

DISTRIBUSI AIR ASIN DALAM TANAH DATARAN PANTAI (STUDI KASUS DI KOTA SEMARANG)

OLEH :

IG.L.SETYAWAN PURNAMA



**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2004**



ABSTRAK

IGNASIUS LOYOLA SETYAWAN PURNAMA. Distribusi Air Asin dalam Tanah Dataran Pantai (Studi Kasus di Kota Semarang). Dibimbing oleh MUCHAMMAD SRI SAENI, SUPIANDI SABIHAM DAN BUNASOR SANIM.

Adanya air asin di daratan telah menjadi permasalahan serius di kota-kota yang terletak di daerah pantai. Orang sering beranggapan bahwa intrusi air garam merupakan satu-satunya faktor penyebab fenomena ini. Padahal sebenarnya ada faktor-faktor lain yang juga mempunyai peranan dalam permasalahan ini.

Penelitian ini mempunyai empat tujuan. Pertama, mengidentifikasi dan menganalisis kondisi kualitas air tanah. Kedua, menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan terdapatnya air asin dalam tanah di daerah penelitian. Ketiga, mengidentifikasi dan menganalisis daerah-daerah yang masih mempunyai kandungan air tawar dan keempat, menghitung dan menganalisis besarnya kesediaan membayar (WTP) penduduk di daerah penelitian dalam perbaikan kualitas air

Untuk mencapai tujuan tersebut dilakukan pengambilan 59 sampel air tanah dan empat sampel air sungai. Disamping itu, juga dilakukan pengukuran geofisika permukaan di 30 titik dan wawancara terhadap 118 responden. Penentuan sampel air tanah dilakukan secara *stratified random sampling*, sedangkan penentuan sampel air sungai, titik pengukuran geofisika permukaan dan pemilihan responden dilakukan secara *purposive sampling*.

Untuk mengidentifikasi dan menganalisis kondisi kualitas air tanah digunakan analisis spasial, diagram Stiff dan analisis statistik. Untuk menganalisis distribusi air asin digunakan metode Revelle dengan menghitung rasio $[Cl^-]/([HCO_3^-] + [CO_3^{2-}])$, sedangkan metode Kloosterman dengan diagram Piper segiempat digunakan untuk menganalisis faktor penyebabnya. Untuk menentukan tipe kimia air tanah digunakan metode Stuyfzand, sedangkan untuk mengidentifikasi keberadaan air tawar dilakukan pendugaan geolistrik yang kemudian dianalisis menggunakan program Schlumberger O'Neil. Selanjutnya, untuk menghitung dan menganalisis besarnya kesediaan membayar (WTP) digunakan analisis CVM.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa air tanah di daerah pantai mengandung DHL, kesadahan, kalsium, magnesium, natrium, kalium, klorida, sulfat dan salinitas dalam konsentrasi tinggi. Kesimpulan ini juga didukung oleh hasil analisis statistik dan diagram Stiff. Diketahui juga bahwa sebagian besar air tanah di daerah penelitian telah tercemar air asin dengan tingkat keterpengaruhan yang bervariasi. Pencemaran air asin tersebut terutama disebabkan oleh air evaporit. Hasil analisis metode Stuyfzand menunjukkan bahwa air tanah di daerah pantai mendapat tambahan air asin yang lebih besar daripada air tawar, sedangkan hasil analisis geolistrik menunjukkan bahwa di bawah lapisan air asin, dapat ditemukan lapisan air tawar dengan kedalaman dan produktivitas yang bervariasi. Selanjutnya, hasil analisis CVM menunjukkan bahwa penduduk daerah penelitian bersedia membayar perbaikan kualitas air lebih tinggi daripada harga air dari PDAM yang berlaku pada saat ini.



ABSTRACT

IGNASIUS LOYOLA SETYAWAN PURNAMA. *The Distribution of Saline Water in Soil at Coastal Plain (Case Study in Semarang City). Under the direction of MUCHAMMAD SRI SAENI, SUPIANDI SABIHAM and BUNASOR SANIM.*

The occurrence of saline water in land, has become serious problem in cities that located in coastal areas. People often assume that salt water intrusion is the only one factor that cause this phenomena, but actually it involves many factors.

There are four objectives of this research. First, to identify and analyse the condition of groundwater quality. Second, to analyse main factors that cause saline water existence in soil. Third, to identify and analyse areas that still have fresh water and fourth, to calculate and analyse willingness to pay (WTP) of population in improving water quality.

To achieve these objectives, 59 groundwater samples and four river water samples were taken. Beside that, 30 points of geophysical sounding were measured and 118 respondents were interviewed. The location of groundwater samples were determined by stratified random sampling, whereas river water samples, geophysical sounding locations and the respondents were determined purposively.

The condition of groundwater quality was identified by spatial analysis, Stiff diagram and statistic. The distribution of saline water was analysed using Revelle method by calculated the ratio of $[Cl]/([HCO_3^-] + [CO_3^{2-}])$, whereas Kloosterman method by applied square Piper diagram was used to analyse the factors that cause it. The chemical types of groundwater was determined by Stuyfzand method, whereas the occurrence of fresh water was identified by geoelectric sounding, and then analysed by Schlumberger O'Neil programme. The WTP was calculated and analysed by contingent valuation method (CVM).

As a result, most groundwater in the coastal areas is identified has high concentration of electrical conductance, hardness, calcium, magnesium, sodium, potassium, chloride, sulfate and salinity. This conclusion is also supported by Stiff diagram and statistic. Most groundwater in the research area is also known has been polluted by saline water with variation of concentration. Evaporite water is the main factor that cause it. The result of Stuyfzand analysis shows that most groundwater in coastal areas has higher supply of saline water than fresh water. The geoelectric sounding shows that below the saline water layer can be founded fresh water with variation of depth and productivity, whereas the result of CVM shows that the WTP value exceed the PDAM.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak mengizinkan pengutipan yang wajar IPB University.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Disertasi : Distribusi Air Asin dalam Tanah Dataran Pantai
(Studi Kasus di Kota Semarang)

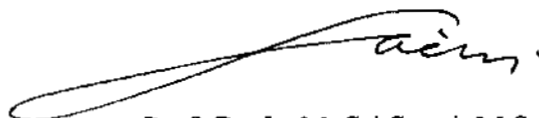
Nama : Ig.L.Setyawan Purnama

NRP : P026010141

Program Studi : Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

Disetujui,

Komisi Pembimbing



Prof. Dr. Ir. M. Sri Saeni, M.S.

Ketua



Prof. Dr. Ir. Supiandi Sabiham, M.Agr

Anggota



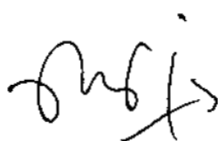
Prof. Dr. Ir. Bunasor Sanim, M.Sc

Anggota

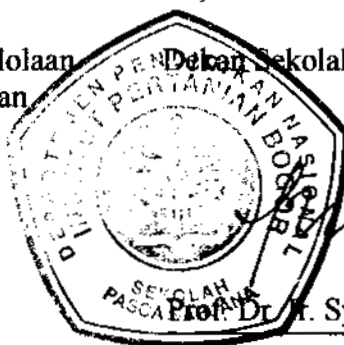
Diketahui,

Ketua Program Studi Ilmu Pengelolaan
Sumberdaya Alam dan Lingkungan

Dekan Sekolah Pascasarjana



Dr. Ir. Surjono H. Sutjahjo, M.S




Prof. Dr. Ir. Syafrida Manuwoto, M.Sc

Tanggal Ujian : 2 November 2004

Tanggal Lulus : 02 DEC 2004



SURAT PERNYATAAN

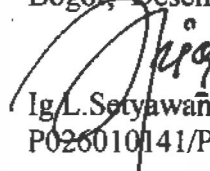
Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi yang berjudul :

Distribusi Air Asin dalam Tanah Dataran Pantai

(Studi Kasus di Kota Semarang)

adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri dan belum pernah dipublikasikan. Semua sumber data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya.

Bogor, Desember 2004


Ig/L. Setyawan Purnama
P026010141/PSL



DISTRIBUSI AIR ASIN DALAM TANAH DATARAN PANTAI (STUDI KASUS DI KOTA SEMARANG)

**OLEH :
IG.L.SETYAWAN PURNAMA**

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2004**



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bantul pada tanggal 31 Agustus 1966 sebagai anak sulung dari pasangan Tarcitius Prawata dan Gertrudis Murdiati. Pendidikan sarjana ditempuh di Program Studi Hidrologi, Jurusan Geografi Fisik dan Lingkungan, Fakultas Geografi UGM, dan lulus pada tahun 1990. Pada tahun 1993, penulis diterima di Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan pada Program Pascasarjana IPB dan menamatkannya pada tahun 1996. Kesempatan untuk melanjutkan ke program doktor pada program studi dan perguruan tinggi yang sama diperoleh pada tahun 2001. Beasiswa pendidikan pascasarjana juga diperoleh dari Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional.

Penulis bekerja sebagai staf pengajar pada Jurusan Geografi Fisik dan Lingkungan, Fakultas Geografi UGM di Yogyakarta sejak tahun 1990. Bidang keahlian yang ditekuni adalah hidrologi. Selama mengikuti program S3, penulis menjadi anggota Ikatan Geografiwan Indonesia (IGI). Sebuah artikel akan segera diterbitkan pada Majalah Geografi Indonesia. Karya ilmiah tersebut merupakan bagian dari disertasi program S3 penulis.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kasih atas segala karunia-Nya, sehingga disertasi ini dapat diselesaikan. Penelitian yang berjudul “Distribusi Air Asin dalam Tanah Dataran Pantai (Studi Kasus di Kota Semarang)” ini, merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar doktor pada Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Dengan selesainya penulisan disertasi ini, diucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. M. Sri Saeni, M.S selaku ketua komisi pembimbing serta Prof. Dr. Ir. Supiandi Sabiham, M.Agr dan Prof. Dr. Ir. Bunasor Sanim, M.Sc selaku anggota komisi atas bimbingannya selama ini.
2. Rektor, Dekan Sekolah Pascasarjana dan Ketua Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (PSL) Institut Pertanian Bogor atas kesempatan yang diberikan untuk mengikuti pendidikan pascasarjana di perguruan tinggi ini.
3. Rektor dan Dekan Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada atas ijin yang diberikan untuk menempuh pendidikan pascasarjana di Institut Pertanian Bogor.
4. Prof. Dr. Ir. Daniel R. Monintja, M.Sc dan Dr. Priyadi Kardono, M.Sc selaku penguji luar komisi atas kritik dan saran yang diberikan.
5. Dr. M. Pramono Hadi, M.Sc, selaku Kepala Laboratorium Hidrologi dan Kualitas Air Fakultas Geografi UGM atas pemberian keringanan biaya dalam analisis sampel air.
6. Isteriku, drg. Rosalina Priani Prasetyanti dan anak-anakku, Vincentia Anindha Primacintya dan Andreas Anditya Purnama serta kedua orangtua, mertua, adik-adik dan kakek-nenek atas pengertian dan dukungan yang diberikan selama ini.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penelitian dan penulisan disertasi ini.

Meskipun telah berusaha dengan sebaik-baiknya, penulis menyadari masih banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan dalam penyusunan disertasi ini, untuk itu kritik dan saran sangat diharapkan.

Bogor, Desember 2004

Penulis

Ig.L.Setyawan Purnama



DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kerangka Pemikiran	5
1.3 Perumusan Masalah	6
1.4 Tujuan Penelitian	8
1.5 Manfaat Penelitian	8
1.6 Ruang Lingkup	9
2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Siklus Hidrologi	10
2.2 Air Tanah	11
2.3 Penyelidikan Air Tanah	13
2.4 Air Asin dalam Tanah	15
2.5 Zat Kimia yang Berkaitan dengan Keasinan Air Tanah	18
2.6 Proses-Proses yang Mempengaruhi Kimia Air Tanah	18
2.7 Kesiediaan Membayar (<i>willingness to pay</i>)	21
2.8 Penelitian Terdahulu	23
3 METODE PENELITIAN	
3.1 Lokasi dan Waktu	27
3.2 Bahan dan Alat	27
3.3 Cara Penelitian	29
3.3.1 Pengambilan sampel dan analisis kualitas air	29
3.3.2 Pengukuran geofisika permukaan	31
3.4 Analisis Data	33
3.4.1 Analisis konsentrasi kimia air tanah secara spasial	33
3.4.2 Analisis konsentrasi kimia air tanah dengan diagram Stiff	34
3.4.3 Analisis konsentrasi kimia air tanah secara statistik	35
3.4.4 Analisis tingkat pengaruh air asin dengan Metode Revelle	35
3.4.5 Analisis tipe kimia air tanah dengan Metode Kloosterman	36
3.4.6 Analisis tipe kimia air tanah dengan Metode Stuyfzand	38
3.4.7 Analisis geofisika permukaan	41
3.4.8 Keadaan sosial ekonomi dan analisis WTP	41

4 DESKRIPSI DAERAH PENELITIAN	
4.1 Sejarah dan Perkembangan Kota Semarang	45
4.2 Letak Geografis dan Keadaan Topografi	48
4.3 Iklim	49
4.4 Geologi	49
4.5 Hidrologi	53
4.6 Tanah	56
4.7 Penggunaan Lahan	58
4.8 Penduduk dan Permukiman	59
4.9 Penyakit	63
5 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
5.1 Distribusi Parameter Fisik	66
5.1.1 Daya Hantar Listrik (DHL)	66
5.1.2 Suhu	69
5.1.3 Kekeruhan	69
5.2 Distribusi Parameter Kimia	72
5.2.1 pH air tanah	72
5.2.2 Kesadahan total	73
5.2.3 Kalsium dan magnesium	76
5.2.4 Natrium dan kalium	81
5.2.5 Bikarbonat	87
5.2.6 Klorida dan sulfat	89
5.2.7 Besi dan mangan	95
5.2.8 Nitrat	101
5.2.9 Salinitas	104
5.3 Distribusi Kualitas Air Tanah dalam Kaitannya dengan Baku Mutu Air	106
5.4 Analisis Sifat Kimia Air Tanah dengan Diagram Stiff	110
5.5 Analisis Sifat Fisik dan Kimia Air Tanah dengan Statistik	112
5.6 Analisis Distribusi Air Asin dengan Metode Revelle	116
5.7 Analisis Faktor Penyebab Adanya Air Asin dalam Tanah	118
5.8 Klasifikasi Tipe Kimia Air dengan Metode Stuyfzand	121
5.8.1 Tipe utama	122
5.8.2 Tipe	122
5.8.3 Sub-tipe	122
5.8.4 Kelas	123
5.9 Hasil Pengukuran Geolistrik	126
5.9.1 Penampang I	126
5.9.2 Penampang II	129
5.9.3 Penampang III	131
5.9.4 Penampang IV	133
5.9.5 Penampang V	135
5.9.6 Penampang VI	138
5.9.7 Penampang VII	140



5.10 Kondisi Sosial Ekonomi Penduduk	142
5.11 Analisis Kesiediaan Membayar (WTP)	145
6 PEMBAHASAN UMUM	147
7 KESIMPULAN DAN SARAN	153
7.1 Kesimpulan	153
7.2 Saran	154
DAFTAR PUSTAKA	156
LAMPIRAN	162





DAFTAR TABEL

No.	Halaman
1. Jumlah dan teknik pengambilan sampel untuk tiap jenis sampel	29
2. Kriteria kelas tingkatan pengaruh air asin menurut Revelle	36
3. Sistem klasifikasi tipe kimia air menurut Stuyfzand	38
4. Pembagian tipe kimia air pada tipe utama	39
5. Pembagian tipe menurut kesadahan yang disebabkan ion Ca^{2+} dan Mg^{2+}	39
6. Pembagian kelas berdasarkan $(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+})_{\text{terkoreksi}}$	40
7. Banyaknya sambungan, pemakaian dan penjualan air minum menurut jenis pelanggan di PDAM Kota Semarang tahun 2002	56
8. Perkembangan banyaknya sambungan, jumlah pemakaian dan penjualan air di PDAM Kota Semarang tahun 1997-2002	58
9. Jenis penggunaan lahan di Kota Semarang menurut Biro Pusat Statistik (BPS) Kota Semarang tahun 2002	59
10. Perubahan penggunaan lahan di Kota Semarang tahun 1983-2002	60
11. Jumlah penduduk di Kota Semarang tahun 2002	60
12. Perkembangan penduduk Kota Semarang tahun 1997-2002	62
13. Kepadatan penduduk Kota Semarang tahun 2002	62
14. Jumlah rumah dan kepadatan permukiman Kota Semarang tahun 2002	63
15. Perkembangan jumlah rumah Kota Semarang tahun 1997-2002	64
16. Delapan besar penyakit yang paling sering diderita penduduk Kota Semarang tahun 2002	64
17. Regresi sifat fisik dan kimia air tanah dengan faktor jarak dari pantai (x1), kedalaman muka air tanah (x2) dan kepadatan penduduk	114
18. Korelasi parameter kualitas air tanah dengan faktor jarak dari pantai, kedalaman muka air tanah dan kepadatan penduduk	115
19. Parameter yang diidentifikasi dalam penelitian sosial ekonomi	144
20. Distribusi WTP dan nilai EWTP responden	146
21. TWTP penduduk untuk perbaikan kualitas air	146
22. Hasil analisis kondisi air tanah menggunakan analisis spasial	149
23. Hasil pengukuran geolistrik untuk mendeteksi adanya air asin dan air tawar ...	152

@Hak cipta milik IPB University



DAFTAR GAMBAR

No.	Halaman
1. Diagram alir kerangka pemikiran	6
2. Skema siklus hidrologi (Martha dan Adidarma 1983)	10
3. Kisaran nilai tahanan jenis pada berbagai jenis batuan (Todd 1980)	14
4. Keadaan air asin dan air tawar pada <i>interface</i> (FAO 1997)	17
5. Peta Administrasi Kota Semarang	28
6. Peta lokasi pengambilan sampel air tanah	30
7. Garis arus dan garis equipotensial pada bahan seragam (Todd 1980)	31
8. Peta lokasi pengukuran geolistrik	32
9. Metode geolistrik rangkaian Schlumberger (Todd 1980)	33
10. Diagram Piper segiempat (Kloosterman 1983)	37
11. Kode penulisan tipe kimia air menurut klasifikasi Stuyfzand	38
12. Penentuan sub-tipe berdasarkan keseimbangan kation dan anion	40
13. Peta Geologi Kota Semarang	51
14. Penampang geologi melalui Gunung Ungaran-Gunung Ampel-Kali Kreo- Laut Jawa, yang menunjukkan pengangkatan Formasi Kalibiuk sebagai horst (Richard 1975)	54
15. Peta Tanah Kota Semarang	57
16. Peta Penggunaan Lahan Kota Semarang tahun 2002	61
17. Peta Kepadatan Penduduk Kota Semarang tahun 2002	65
18. Peta distribusi daya hantar listrik air tanah daerah penelitian	68
19. Peta distribusi tingkat kekeruhan air tanah daerah penelitian	71
20. Peta distribusi kadar kesadahan air tanah daerah penelitian	75
21. Peta distribusi kadar kalsium air tanah daerah penelitian	77
22. Peta distribusi kadar magnesium air tanah daerah penelitian	80
23. Peta distribusi kadar natrium air tanah daerah penelitian	83
24. Peta distribusi kadar kalium air tanah daerah penelitian	86
25. Peta distribusi kadar bikarbonat air tanah daerah penelitian	88
26. Peta distribusi kadar klorida air tanah daerah penelitian	91
27. Peta distribusi kadar sulfat air tanah daerah penelitian	94
28. Peta distribusi kadar besi air tanah daerah penelitian	97
29. Peta distribusi kadar mangan air tanah daerah penelitian	100
30. Peta distribusi kadar nitrat air tanah daerah penelitian	103
31. Peta distribusi kadar salinitas air tanah daerah penelitian	105
32. Peta distribusi diagram Stiff air tanah daerah penelitian	111
33. Peta distribusi air tanah daerah penelitian berdasarkan tingkat keterpengaruhannya terhadap air asin	117
34. Hasil pengaluran sampel air pada diagram Piper segiempat	119
35. Peta distribusi tipe kimia air tanah menurut klasifikasi Kloosterman	120
36. Peta distribusi tipe kimia air tanah menurut klasifikasi Stuyfzand	127
37. Penampang geolistrik I	128
38. Penampang geolistrik II	130



39. Penampang geolistrik III	132
40. Penampang geolistrik IV	134
41. Penampang geolistrik V	136
42. Penampang geolistrik VI	139
43. Penampang geolistrik VII	141

1. Hasil rata-rata pengukuran kedalaman muka air tanah, DHL, suhu dan kekeruhan air tanah di daerah penelitian	163
2. Hasil rata-rata analisis pH, kalsium, magnesium, natrium, kalium, sulfat, dan klorida dalam air tanah di daerah penelitian	164
3. Hasil rata-rata analisis bikarbonat, karbonat, kesadahan, nitrat, besi, mangan dan salinitas dalam air tanah di daerah penelitian	166
4. Hasil perhitungan rasio ion klorida terhadap ion bikarbonat dan karbonat	168
5. Tipe kimia air berdasarkan metode Kloosterman	169
6. Penentuan tipe utama kimia air	171
7. Penentuan tipe kimia air	172
8. Penentuan sub-tipe kimia air	173
9. Penentuan kelas kimia air	175
10. Tipe kimia air tiap-tiap sampel	176
11. Data WTP penduduk daerah penelitian	177
12. Analisis regresi dan korelasi daya hantar listrik	180
13. Analisis regresi dan korelasi suhu	181
14. Analisis regresi dan korelasi kekeruhan	182
15. Analisis regresi dan korelasi pH	183
16. Analisis regresi dan korelasi kesadahan	184
17. Analisis regresi dan korelasi kalsium	185
18. Analisis regresi dan korelasi magnesium	186
19. Analisis regresi dan korelasi natrium	187
20. Analisis regresi dan korelasi kalium	188
21. Analisis regresi dan korelasi klorida	189
22. Analisis regresi dan korelasi bikarbonat	190
23. Analisis regresi dan korelasi sulfat	191
24. Analisis regresi dan korelasi nitrat	192
25. Analisis regresi dan korelasi besi	193
26. Analisis regresi dan korelasi mangan	194
27. Analisis regresi dan korelasi salinitas	195
28. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng1	196
29. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng2	197
30. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng3	198
31. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng4	199
32. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng5	200
33. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng6	201
34. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng7	202
35. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng8	203
36. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng9	204
37. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng10	205



38. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng11	206
39. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng12	207
40. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng13	208
41. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng14	209
42. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng15	210
43. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng16	211
44. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng17	212
45. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng18	213
46. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng19	214
47. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng20	215
48. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng21	216
49. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng22	217
50. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng23	218
51. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng24	219
52. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng25	220
53. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng26	221
54. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng27	222
55. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng28	223
56. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng29	224
57. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng30	225

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam Agenda 21 Indonesia, disebutkan bahwa air merupakan sumberdaya penting dalam menunjang kehidupan semua makhluk yang ada di bumi (Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup 1997). Air juga merupakan sumberdaya vital dalam menunjang pembangunan ekonomi seperti sektor industri, perdagangan, pertanian, perikanan, transportasi, pembangkit tenaga listrik, pariwisata, rumah tangga dan lain sebagainya. Disamping dimanfaatkan untuk hal-hal positif, perairan juga dimanfaatkan sebagai tempat membuang sampah atau limbah sebagai akibat proses produksi maupun konsumsi (Mather 1984).

Di Indonesia, permasalahan sumberdaya air dapat dibagi menjadi tiga hal pokok yaitu masalah kuantitas, masalah kualitas dan masalah distribusi air (Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup 1998). Berdasarkan perbandingan ketersediaan dan kebutuhannya, ketersediaan air di Pulau Jawa, Bali, Nusa Tenggara Barat dan Sulawesi Selatan telah mengalami tingkat kritis. Pada tahun 2000, kebutuhan air di Pulau Jawa telah mencapai 153% dari ketersediaannya. Di Pulau Bali mencapai 73%, sedangkan di Nusa Tenggara Barat mencapai 58%. Ironisnya justru pulau-pulau dengan potensi air tinggi seperti Papua dan Kalimantan, kebutuhan airnya sangat rendah.

Dari segi kualitas, saat ini telah terjadi penurunan kualitas air yang cukup signifikan di beberapa kota besar. Di daerah perkotaan, limbah penduduk dan industri telah menyebabkan penurunan kualitas air sungai di bagian hilir seperti Sungai Ciliwung di Jakarta, Sungai Garang di Semarang, Sungai Brantas, Sungai Surabaya dan Porong di sekitar Surabaya serta Sungai Musi di Palembang (Saeni 1989). Pencemaran akibat

limbah penduduk dan industri bukan saja terjadi pada air sungai, tetapi juga terjadi pada air tanah. Sebagai contoh terjadinya pencemaran air tanah di Kota Surabaya dan Jakarta (Amsyari 1982), Kabupaten Bekasi (Herlambang 1993), Kota Yogyakarta (Sudarmadji 1991) serta Kota Semarang (Purnama 1997). Menurut MetCalf dan Eddy (1979), secara keseluruhan limbah domestik dan limbah industri memang merupakan sumber terbesar dari pencemaran air yang memberikan perubahan sifat air yang dapat berpengaruh terhadap kimiawi air yang menerima limbah tersebut.

Ditinjau dari segi hidrologi, ada tiga jenis air utama yaitu air hujan, air permukaan (sungai, danau, rawa) dan air tanah. Air tanah mempunyai peranan besar dalam kehidupan manusia sehari-hari karena merupakan sumber air minum utama. Menurut Travis dan Etnier (1984), ada lima keuntungan menggunakan air tanah sebagai sumber air minum yaitu :

- 1) Kualitasnya lebih baik dibandingkan air permukaan dan air hujan serta keberadaannya relatif tidak begitu terpengaruh musim.
- 2) Variasi kualitas air berdasarkan waktu relatif kecil.
- 3) Cadangan air tanah lebih besar dan lebih mudah diperoleh, sehingga tidak memerlukan waduk penampung dan terhindar dari evaporasi.
- 4) Distribusi dan luasan air tanah lebih besar daripada air permukaan, sehingga mengurangi biaya penyaluran dan distribusi.
- 5) Lahan di atas akuifer air tanah dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti perumahan, industri, pertanian ataupun rekreasi.

Selain memiliki beberapa keuntungan, penggunaan air tanah sebagai sumber air minum juga memiliki beberapa kerugian yaitu (Travis dan Etnier 1984) :

- 1) Akibat terlalu lama kontak dengan batuan di sekitarnya, air tanah seringkali mengandung konsentrasi senyawa kimia cukup tinggi seperti unsur kalsium, magnesium, natrium, kalium, bikarbonat, klorida, sulfat dan lain sebagainya.
- 2) Dekomposisi anaerobik zat organik yang tertimbun dalam tanah dapat mencemari air tanah, menghasilkan gas metana (CH_4), amonia (NH_3) dan hidrogen sulfida (H_2S).
- 3) Bila air tanah mengalami pencemaran sukar untuk dihilangkan.
- 4) Penggunaan air tanah secara berlebihan dapat menyebabkan terjadinya intrusi air garam di daerah pantai.

Kota Semarang “lama” merupakan salah satu kota tua di Indonesia. Menurut Djawahir (1996), nama Semarang sudah dikenal sejak tahun 1406, yaitu ketika datang utusan dagang dari Cina (*Cheng Ho*) yang mendarat di Gedung Batu (*Sampho Kong*) yang sekarang menjadi klenteng Gedung Batu. Meskipun demikian secara formal hari jadi Kota Semarang diambil dari hari pelantikan Ki Ageng Pandan Arang II sebagai Bupati Semarang pada tanggal 2 Mei 1547, yaitu pada saat pemerintahan Kerajaan Demak. Selanjutnya Ki Ageng Pandan Arang II ini dikenal sebagai Sunan Bayat karena meninggal dan dimakamkan di Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah.

Ditinjau dari topografinya, Kota Semarang mempunyai kondisi topografi datar hingga bergelombang. Topografi datar dengan kemiringan lereng 0 - 2% dijumpai di Kota Semarang bagian bawah yang merupakan wilayah penelitian. Wilayah ini meliputi 18,4 % dari seluruh wilayah kota yang berupa dataran pantai. Menurut FAO (1997), dataran pantai adalah wilayah bertopografi datar yang masih merasakan pengaruh laut dan dibatasi oleh tebing curam.

Ditinjau secara hidrologi, ada dua permasalahan utama yang dihadapi kota ini (Hariyanto 2002). Di daerah perbukitan mempunyai masalah air bersih dalam hal

ketersediaannya yang tidak merata. Air hanya didapatkan di lembah-lembah dan cekungan. Selain itu di beberapa tempat seperti Mateseh, Gunungpati dan Manyaran, air cenderung keruh karena adanya lapisan liat berkapur.

Di daerah pantai kendala air yang dihadapi adalah pada aspek kualitas air, khususnya dengan adanya air asin. Kepadatan penduduk yang tinggi dan banyaknya industri menyebabkan tingginya pencemaran air di pusat kota (dataran pantai), sehingga penduduk di daerah pantai banyak yang menggunakan sumur bor dalam (kedalaman lebih dari 100 meter). Disamping itu berdasarkan hasil penelitian Purnama (2002), eksploitasi air tanah di Kota Semarang memang telah melampaui hasil amannya (*safe yield*). Kedua faktor ini menyebabkan terjadinya perluasan wilayah yang mengalami intrusi air garam. Sumur-sumur penduduk di daerah Poncol, Genuk dan Johor yang dahulu airnya tidak asin, sekarang sudah tidak dapat dijadikan sumber air sehari-hari, karena airnya sudah berasa asin (Hariyanto 2002).

Menurut Kloosterman (1989), pesisir utara Propinsi Jawa Barat dan Jawa Tengah, merupakan dataran aluvial yang terbentuk oleh proses fluvial dan proses marin. Di dalam akuifer pesisir ini terdapat endapan-endapan liat marin yang berupa lensa-lensa. Di dalam lensa-lensa ini terjebak air fosil asin sejak formasi ini terbentuk di daerah laut. Disamping itu, di daerah ini juga banyak terkandung batuan evaporit, yaitu batuan yang mengandung kristal-kristal garam akibat penguapan pada periode kering yang panjang di masa geologi purba. Bila air tanah mengalami kontak dengan batuan ini, akan terjadi pelarutan garam dan air akan berasa payau ataupun asin. Oleh karena Kota Semarang terletak di pesisir utara Propinsi Jawa Tengah dengan kondisi geologi seperti yang telah dijelaskan tersebut, maka keasinan air tanahnya kemungkinan juga dapat disebabkan oleh adanya air fosil dan air evaporit ini.

1.2 Kerangka Pemikiran

Akibat pesatnya perkembangan sektor perindustrian di Kota Semarang, banyak penduduk dari daerah sekitarnya yang berduyun-duyun masuk ke kota tersebut sebagai pekerja industri. Semarang berubah menjadi kota dengan pertumbuhan penduduk yang cepat. Kebutuhan akan sarana dan prasarana hidup makin meningkat, yang diantaranya adalah kebutuhan akan air bersih.

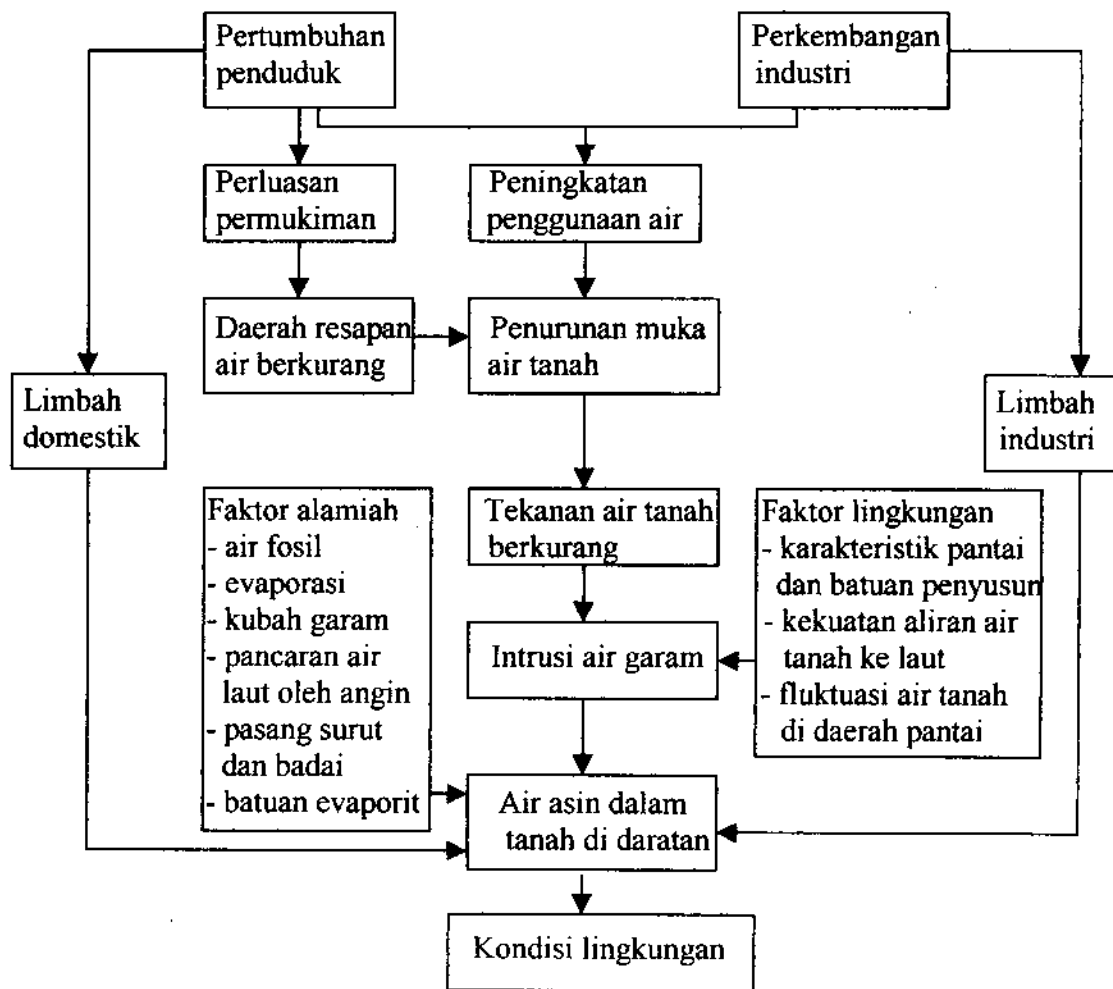
Di sisi lain terjadi pemanfaatan lahan yang semakin intensif. Lahan yang semula kosong diubah peruntukannya menjadi permukiman ataupun bangunan industri. Akibatnya tanah terbuka sebagai tempat peresapan air hujan ke dalam tanah berkurang, sehingga pasokan air tanah juga berkurang.

Dampak dari fenomena ini sungguh amat hebat. Pada tahap awal terjadi penurunan muka air tanah pada sumur-sumur penduduk, sehingga volume air tanah berkurang. Akibatnya tekanan air tawar dalam tanah berkurang, dan air asin dari laut mengalami intrusi ke daratan. Meskipun demikian faktor lingkungan seperti karakteristik pantai dan batuan penyusun, kekuatan aliran air tanah ke laut dan fluktuasi air tanah di daerah pantai dapat pula mempermudah terjadinya intrusi air garam dari laut ke daratan.

Menurut FAO (1997), intrusi air garam bukanlah satu-satunya penyebab keasinan air dalam tanah. Adanya air asin dalam tanah dapat pula disebabkan oleh adanya air fosil, evaporasi dari laguna dan daerah tertutup lainnya, air dari kubah garam, pancaran air laut oleh angin, pasang surut dan badai, air dari pelarutan batuan evaporit, aliran balik air dari daerah irigasi serta pencemaran dari limbah rumah tangga dan pertanian.

Adanya air asin dalam tanah di daratan sangat merugikan masyarakat. Sumur-sumur penduduk tidak dapat lagi digunakan sebagai sumber air minum, sehingga mereka

terpaksa membeli air. Fenomena ini secara sederhana dapat digambarkan dalam diagram alir kerangka penelitian seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir kerangka pemikiran

1.3 Perumusan Masalah

Kondisi wilayah penelitian cukup kompleks. Di bagian barat daerahnya relatif sempit, hanya berkisar antara empat hingga enam kilometer dari garis pantai. Penduduk relatif jarang, dengan penggunaan lahan dominan berupa pertambakan. Di bagian tengah,

daerahnya cukup lebar, menjorok antara delapan hingga 14 km dari garis pantai. Karena merupakan pusat kota, penduduk sangat padat dengan hampir seluruh wilayah merupakan daerah permukiman dan industri, sedangkan di bagian timur merupakan dataran yang luas dengan penduduk yang relatif jarang. Dengan melihat keadaan ini, dimungkinkan adanya variasi kondisi airtanah, termasuk keberadaan air asin dalam tanah yang berbeda antara daerah satu dengan daerah lainnya. Oleh karena itu analisis yang mendalam mengenai distribusi air asin dalam tanah di kota ini perlu dilakukan secara terpadu.

Di samping faktor distribusi yang berbeda, penyebabnya pun mungkin berbeda. Berdasarkan pada latar belakang penelitian, dapat dikemukakan bahwa ada tiga faktor yang kemungkinan dapat menjadi penyebab adanya air asin dalam tanah di daerah penelitian, yaitu intrusi air garam, air fosil dan pelarutan batuan evaporit. Meskipun demikian tidak mengesampingkan pula faktor-faktor penyebab lainnya. Untuk itu perlu dilakukan analisis yang mendalam dengan menggunakan berbagai metode.

Adanya perubahan kondisi lingkungan, tentu akan memberikan dampak pada lingkungan tersebut. Adanya air asin dalam tanah di daerah penelitian, menyebabkan air tanah tidak dapat lagi dimanfaatkan sebagai sumber air minum. Penduduk terpaksa membeli air tawar untuk memenuhi kebutuhannya, sehingga akan menambah pengeluaran keluarga. Disamping itu adanya air asin dimungkinkan juga akan dapat menimbulkan dampak pada kesehatan masyarakat. Untuk itu perlu dilakukan perhitungan sosial ekonomi secara kuantitatif akibat adanya fenomena air asin ini.

Selanjutnya perlu dilakukan langkah-langkah antisipatif untuk mengatasi permasalahan ini. Antara lain dengan mencari sumber-sumber air tanah yang belum tercemar air asin. Berdasarkan konsep Kloosterman (1989), di daerah penelitian kemungkinan dapat ditemukan akuifer semi tertekan. Secara teoritis, meskipun

mengalami kebocoran, akuifer semi tertekan merupakan akuifer yang dilapisi lapisan liat yang relatif kedap air, sehingga akan mampu menahan intrusi air garam dari laut. Oleh karena itu akuifer ini kemungkinan masih mengandung air tawar. Untuk itu perlu dipastikan keberadaan akuifer jenis ini di setiap tempat.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disusun perumusan masalah sebagai berikut :

- 1) Bagaimana kondisi kualitas air tanah di daerah penelitian?
- 2) Apa faktor yang menyebabkan terdapatnya air asin dalam tanah di daerah penelitian?
- 3) Mungkinkah mendapatkan air tawar pada daerah yang telah tercemar air asin?
- 4) Berapa nilai kesediaan membayar (WTP) penduduk di daerah penelitian untuk perbaikan kualitas air?

1.4 Tujuan Penelitian

Dari perumusan masalah tersebut, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Mengidentifikasi dan menganalisis kondisi kualitas air tanah di daerah penelitian.
- 2) Menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan terdapatnya air asin dalam tanah di daerah penelitian.
- 3) Menganalisis daerah-daerah yang masih memungkinkan dijumpainya air tawar.
- 4) Menghitung dan menganalisis besarnya kesediaan membayar penduduk di daerah penelitian untuk perbaikan kualitas lingkungan, khususnya perbaikan kualitas air.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini akan banyak memberikan manfaat kepada masyarakat dan pemerintah daerah. Bagi masyarakat, hasil penelitian ini antara lain akan dapat dijadikan acuan dalam pemilihan tempat tinggal, serta sebagai pilihan alternatif mencari sumber air tawar bagi warga yang telah terlanjur menempati wilayah yang telah tercemar air asin.

Bagi pemerintah daerah, hasil penelitian dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan peruntukan lahan. Khusus bagi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM), hasil penelitian dapat digunakan sebagai acuan dalam perancangan sistem jaringan distribusi air minum baru, sehingga lebih mengena pada sasaran.

1.6 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian adalah air tanah, khususnya yang berkaitan dengan kualitasnya. Kualitas air menjadi aspek yang penting karena di daerah penelitian telah ditemukan air asin dengan distribusi yang cukup luas. Selain aspek ini, kondisi batuan juga mendapat perhatian penting. Batuan, terutama yang berupa bahan lepas merupakan tempat beradanya air, baik air asin maupun air tawar. Dengan mengetahui sifat-sifat dan pola perlapisannya, dapat ditentukan jenis air tanah yang terdapat di dalamnya.

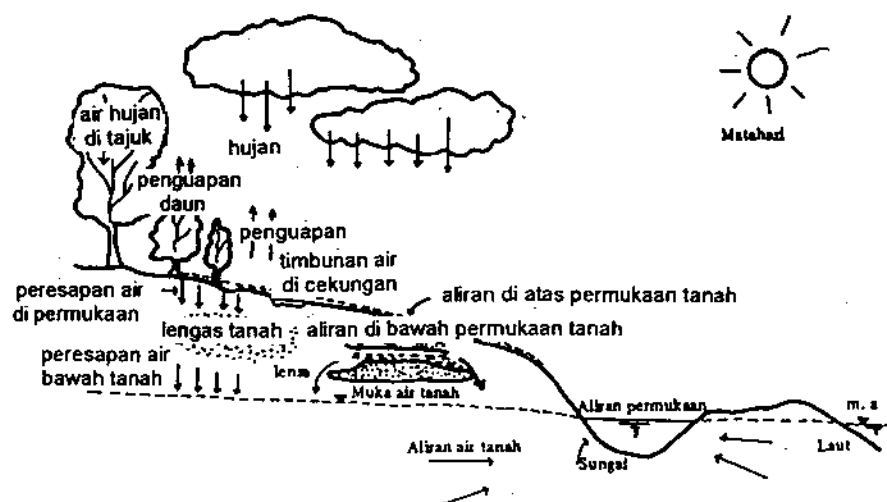
Aspek terakhir, adalah keadaan sosial ekonomi penduduk serta persepsi mereka terhadap kualitas air. Dengan mengetahui aspek ini, dapat ditentukan tingkat kesediaan mereka untuk memperbaikinya.



2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah perjalanan air dari laut ke udara, sungai, danau dan kembali ke laut lagi dengan melalui berbagai proses, tahapan dan perubahan wujud. Proses yang terpenting adalah evaporasi, transpirasi, hujan dan limpasan permukaan (Gilpin 1996). Menurut Linsley dan Franzini (1979), tahap pertama dari siklus hidrologi adalah penguapan air dari lautan. Uap ini dibawa ke atas daratan oleh massa udara yang bergerak. Bila mengalami pendinginan hingga titik embunnya, maka uap tersebut akan membeku menjadi butiran air yang membentuk awan atau kabut. Dalam kondisi meterologis yang sesuai, butiran-butiran air kecil itu akan berkembang cukup besar untuk dapat jatuh ke permukaan bumi sebagai hujan (Garg 1979).



Gambar 2. Skema siklus hidrologi (Martha dan Adidarma 1983)

Air hujan yang jatuh kadang-kadang tertahan oleh pepohonan pada tajuk dan daun atau oleh bangunan, yang disebut intersepsi (Martha dan Adidarma 1983). Air hujan yang mencapai tanah, sebagian berinfiltrasi dan sebagian lagi menjadi aliran air di atas

permukaan tanah, yang kemudian terkumpul pada saluran (Purnama 2004). Hasil infiltrasi sebagian mengalir menjadi aliran air bawah permukaan dan sebagian lagi akan membasahi tanah. Apabila kapasitas kebasahan tanah terlampaui, kelebihan airnya akan mengalami perkolasi mencapai air tanah. Air yang mengalir ini pada suatu situasi dan kondisi tertentu akan mencapai danau, sungai dan pada akhirnya laut.

2.2 Air Tanah

Dari seluruh air tawar yang terdapat di bumi (tidak termasuk es di kutub), 96% merupakan air tanah. Empat persen sisanya terdapat dalam waduk, danau, sungai serta uap air di udara (Chorley 1969, Slaymaker dan Spencer 1998). Air tanah adalah air yang berada di bawah permukaan tanah pada mintakat jenuh, dengan tekanan hidrostatik sama atau lebih besar daripada tekanan udara. Menurut Linsley (1982), sumber air tanah adalah air hujan yang meresap ke dalam tanah mengikuti suatu proses yang merupakan bagian dari siklus hidrologi.

Selain berasal dari air hujan, air tanah dapat pula berasal dari air yang berada di luar siklus hidrologi, yaitu dari magma yang disebut air magma serta dari luar angkasa yang disebut air kosmik. Menurut Todd (1980), kedua jenis air ini disebut air juvenil yang merupakan air “baru”. Disamping kedua jenis air tersebut, ada pula yang disebut air fosil dan air metamorfik.. Air fosil merupakan kantong air yang terjadi akibat air laut terperangkap di suatu cekungan pada suatu peristiwa geologi di masa lalu, sedangkan air metamorfik adalah air yang terdapat dalam batuan selama proses metamorfosis.

Air tanah tidak dijumpai di semua tempat. Keterdapatannya air tanah tergantung dari ada tidaknya lapisan batuan yang dapat mengandung air tanah yang disebut akuifer. Akuifer adalah formasi batuan yang dapat menyimpan dan melalukan air, seperti misalnya pasir dan kerikil lepas (Seyhan 1977). Akuifer sering pula disebut waduk air

atau formasi air. Formasi batuan yang merupakan kebalikan dari akuifer adalah akuifug, seperti misalnya granit. Akuifug merupakan formasi batuan yang tidak dapat menyimpan dan melalukan air (Fetter 1988).

Sifat batuan lain yang berhubungan dengan air tanah adalah akuiklud dan akuitard. Menurut Walton (1970), akuiklud adalah formasi batuan yang dapat menyimpan air tetapi tidak dapat melalukannya dalam jumlah yang berarti, misalnya liat, serpih, tuf halus dan batuan lain yang butirannya berukuran liat, sedangkan akuitard adalah formasi batuan dengan susunan sedemikian rupa, sehingga dapat menyimpan air, tetapi hanya dapat melalukannya dalam jumlah terbatas seperti misalnya pada rembesan atau kebocoran.

Ada berbagai formasi geologi yang dapat berfungsi sebagai akuifer. Formasi geologi tersebut adalah endapan aluvial, batu gamping, batuan vulkanik, batu pasir serta batuan beku dan batuan metamorfose (Todd 1980). Sekitar 90% air tanah terdapat pada endapan aluvial yang merupakan bahan lepas seperti pasir dan kerikil.

Ditinjau dari muka air tanahnya, akuifer dikelompokkan menjadi akuifer bebas dan akuifer tertekan (Bouwer 1978). Air tanah yang berasal dari akuifer bebas umumnya ditemukan pada kedalaman yang relatif dangkal, kurang dari 40 meter. Tinggi permukaan air dan kemiringannya bervariasi, sedangkan fluktuasi muka air tanah berhubungan erat dengan volume air dalam akuifer. Kasus khusus dari akuifer bebas adalah adanya akuifer menggantung (*perched aquifer*), yang terjadi akibat terpisahnya tubuh air tanah dari air tanah utama oleh suatu formasi batuan yang kedap air (Kodoatie 1996). Lensa-lensa liat pada batuan endapan seringkali membentuk akuifer menggantung.

Pada akuifer tertekan, air tanah terletak di bawah lapisan kedap air dan mempunyai tekanan lebih besar daripada tekanan udara. Akuifer jenis ini sering pula disebut akuifer artesis. Air tanah pada akuifer ini, di bagian atas ditekan oleh lapisan batuan kedap air,

sehingga tekanannya melebihi tekanan atmosfer. Bila sumur menembus lapisan akuifer ini, air tanah akan naik melebihi lapisan penekannya atau bahkan muncul di permukaan tanah (Chorley 1969).

Disamping kedua jenis akuifer tersebut, ada pula yang disebut akuifer semi tertekan dan akuifer semi tidak tertekan yang merupakan kombinasi dari kedua jenis akuifer tersebut (Kruseman dan de Ridder 1970). Akuifer semi tertekan sering dijumpai di daerah lembah aluvial dan dataran, yang air tanahnya terletak di bawah lapisan yang setengah kedap.

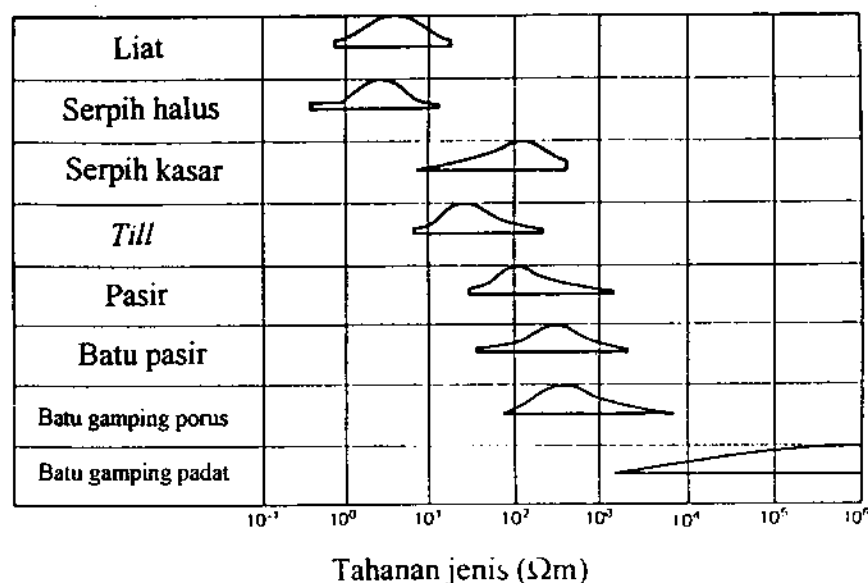
2.3 Penyelidikan Air Tanah

Secara garis besar ada dua jenis penyelidikan air tanah, yaitu penyelidikan dari permukaan tanah dan di bawah permukaan tanah (Todd 1980). Penyelidikan dari permukaan tanah terdiri atas metode geologi, penginderaan jauh serta metode geofisika yang meliputi geolistrik, refraksi seismik, metode gravitasi dan metode magnetik.

Penyelidikan air tanah di bawah permukaan juga terdiri atas beberapa metode yaitu pemboran (logging geologi dan logging waktu pemboran), pengukuran muka air tanah, logging geofisika (logging tahanan jenis dan logging potensial spontan), logging radiasi, pengukuran suhu air, logging lubang pemboran, logging konduktivitas cairan, logging kecepatan cairan, logging televisi, logging akustik dan logging pipa lubang pemboran.

Geolistrik merupakan metode penyelidikan air tanah dari permukaan bumi yang paling populer dalam bidang hidrogeologi (Fetter 1988). Kepopuleran ini disebabkan peralatan geolistrik mudah dibawa, mudah dioperasikan, waktu pengukuran cepat dengan biaya murah serta akurasi data yang dapat diandalkan.

Pada dasarnya geolistrik merupakan alat untuk mendeteksi perlapisan batuan di dalam bumi. Prinsip utamanya adalah bahwa tiap perlapisan batuan mempunyai tahanan yang berbeda-beda bila dialiri listrik yang disebut tahanan jenis (*resistivity*). Hasil pengukuran pada berbagai jenis batuan menunjukkan adanya kisaran nilai tahanan jenis yang bervariasi. Sebagai contoh grafit mempunyai tahanan jenis $10^{-6} \Omega\text{m}$, sedangkan kuarsit mempunyai tahanan jenis lebih dari $10^{12} \Omega\text{m}$ (Zohdy *et al.* 1980). Todd (1980) menyatakan bahwa secara umum batuan metamorf mempunyai tahanan jenis antara 10^2 hingga $10^8 \Omega\text{m}$, sedangkan pada batuan sedimen dan pada bahan lepas (pasir dan kerikil) bervariasi dari 1 hingga $10^4 \Omega\text{m}$. Pada Gambar 3 ditunjukkan kisaran nilai tahanan jenis pada berbagai batuan menurut Todd (1980).



Gambar 3. Kisaran nilai tahanan jenis pada berbagai jenis batuan (Todd 1980)

Selain oleh jenis material, ternyata pada kebanyakan batuan nilai tahanan jenis lebih banyak ditentukan oleh porositas, kandungan air serta kualitas airnya. Pada akuifer yang tersusun oleh bahan lepas, nilai tahanan jenis akan semakin menurun

sesuai dengan tingkat kejenuhan dan keasinan air tanahnya. Adanya lapisan liat juga akan semakin menurunkan (hingga mencapai 2 Ω m) nilai tahanan jenis, karena sifatnya yang sangat menghantarkan listrik.

Menurut Zohdy *et al.* (1980), tahanan jenis pada batuan sedimen seperti pada liat atau pasir yang jenuh air asin nilainya kurang dari 1 Ω m, sedangkan pada batuan basal serta pasir dan kerikil yang kering, nilai tahanan jenisnya dapat mencapai ribuan Ω m. Untuk pasir dan kerikil yang jenuh air tawar tahanan jenisnya antara 15 dan 600 Ω m.

2.4 Air Asin dalam Tanah

Air asin dalam tanah adalah air asin yang ditemukan dalam tanah yang berada di daratan. Menurut Shibasaki (1995) dan Fetter (1988), pada umumnya adanya air asin di daratan disebabkan oleh intrusi air garam dan air fosil. Meskipun demikian, secara teoritis ada sembilan fenomena penyebab keasinan air dalam tanah, yaitu (FAO 1997) :

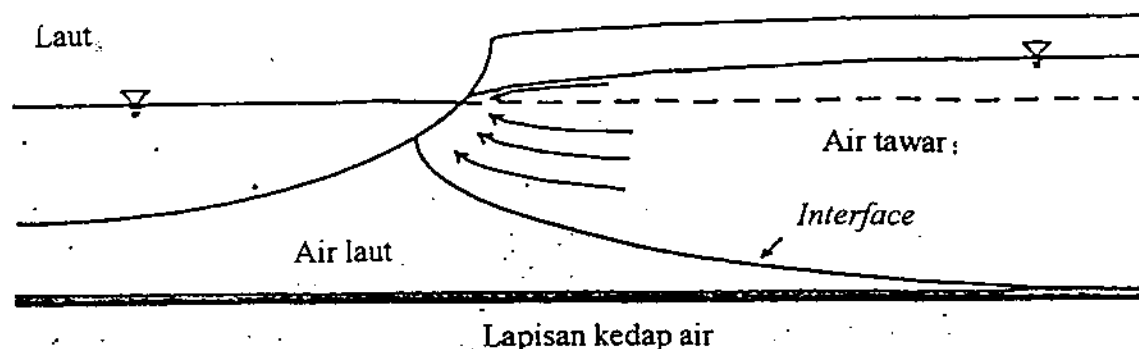
- 1) Intrusi air garam di daerah pantai
- 2) Adanya air fosil yaitu air laut yang terjebak di daratan di masa geologi lampau.
- 3) Penguapan yang intensif pada laguna dan daerah tertutup lainnya.
- 4) Pancaran air laut di sepanjang pantai, akibat angin kencang yang berhembus dari laut.
- 5) Pasang surut serta badai yang terjadi pada pantai yang rendah dan daerah estuaria.
- 6) Pelarutan batuan evaporit oleh air tanah.
- 7) Air asin dari kubah garam.
- 8) Limbah pertanian dan limbah domestik.
- 9) Aliran balik dari air irigasi, terutama bila berada pada tanah yang bersifat asin dan bila sebagian besar air irigasi mengalami penguapan.

Menurut Wagner *et al.* (1992) adanya air asin dalam tanah di daratan merupakan salah satu bentuk pencemaran air, yang umumnya disebabkan oleh intrusi air garam. Aktivitas manusia merupakan penyebab utama fenomena ini, terutama akibat eksploitasi air tanah yang berlebihan, pembangunan permukiman yang sangat pesat di perkotaan, serta usaha tambak udang dan ikan di pantai. Meskipun demikian, faktor lingkungan alami juga dapat mempermudah terjadinya intrusi air garam, seperti karakteristik pantai dan batuan penyusun, kekuatan aliran air tanah ke laut dan fluktuasi air tanah di daerah pantai.

Intrusi air garam merupakan suatu fenomena yang dapat terjadi pada semua wilayah pertemuan antara air tanah tawar dan air laut (UNESCO 1991). Pada keadaan normal, tekanan hidrostatik air tanah mencegah aliran air laut ke daratan. Tetapi ketika tekanan hidrostatik air tanah berkurang, air laut dapat mengalir ke daratan, yang dikenal dengan istilah intrusi air garam (Todd 1959).

Mintakat pertemuan air asin dan air tawar disebut *interface*. Daerah di bawah *interface* merupakan air asin, sedangkan di atasnya air tanah tawar (Gambar 4). Makin kuat desakan air tanah tawar dari daratan terhadap air laut, maka *interface* akan makin ke arah laut atau sangat dalam, sebaliknya bila desakan air tanah berkurang karena pengambilan yang terlalu besar, air laut akan mendesak ke darat dan *interface* akan makin dangkal. Menurut Polo dan Ramis (1983), pergerakan kedua jenis zat cair ini pada *interface* dapat diketahui dengan simulasi menggunakan model matematika.

Disamping terjadi pergerakan antar zat cair, pada mintakat ini juga terjadi beberapa proses kimia. Sering terjadi pertukaran ion antara Ca^{2+} dengan Mg^{2+} serta antara Ca^{2+} dengan Na^+ , demikian pula dengan terjadinya reduksi sulfat (Goldenberg *et al.* 1983).



Gambar 4. Keadaan air asin dan air tawar pada *interface* (FAO 1997)

Kedalaman *interface* dapat diperkirakan dengan persamaan Ghyben Herzberg dan melalui pengukuran geolistrik (Simoen 2000). Secara matematis persamaan Ghyben-Herzberg dapat ditulis sebagai berikut (Bouwer 1978, Wannielista 1997) :

$$z = \frac{\rho_f}{\rho_s - \rho_f} h \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

h : elevasi muka air tanah di atas muka air laut

z : kedalaman *interface* dari muka air laut

ρ_s : densitas air asin ($1,025 \text{ g/cm}^3$)

ρ_f : densitas air tawar ($1,000 \text{ g/cm}^3$).

Berdasarkan persamaan tersebut, kedalaman *interface* di suatu akuifer pantai dapat diperkirakan sebesar $40 h$ (Beukeboom 1978).

Kedalaman *interface* juga dapat ditentukan dengan pengukuran geolistrik. Dengan teknik ini dapat ditentukan stratigrafi batuan dan nilai tahanan jenis air tanah yang terdapat di dalamnya. Air tawar mempunyai nilai tahanan jenis yang berbeda dibandingkan dengan air asin.

2.5 Zat Kimia yang Berkaitan dengan Keasinan Air Tanah

Zat kimia yang paling bertanggung jawab sebagai penyebab keasinan air tanah adalah ion klorida, karena ion kimia ini menyebabkan meningkatnya salinitas air (Saeni 1989). Kation dari garam-garam klorida dalam air terdapat dalam keadaan mudah larut, dan ion klorida umumnya tidak membentuk senyawa kompleks yang kuat dengan ion-ion logam dalam air. Selain itu ion klorida tidak dapat dioksidasi dalam keadaan yang tidak stabil dalam perairan alami.

Ion klorida berasal dari berbagai macam sumber, yaitu dari presipitasi, intrusi air garam, pencemaran air dan batuan. Ion klorida yang berasal dari batuan terutama bersumber dari batuan sedimen yang belum mengalami diagenesis atau batuan sedimen yang belum mengalami konsolidasi. Pada batuan beku, ion klorida bersumber dari feldspathoid sodalite, $\text{Na}_8(\text{AlSiO}_4)_6\text{Cl}_2$ dan mineral fosfat (apatit, $\text{Ca}_5\text{FClOH}(\text{PO}_4)_3$) (Hem 1970). Meskipun demikian, kadar ion klorida dalam batuan beku pada umumnya rendah, sehingga bila dijumpai air dengan kadar ion klorida tinggi dipastikan bahwa air tersebut memperoleh ion klorida yang bersumber dari luar batuan tersebut.

Meskipun ion klorida merupakan sumber utama keasinan air, tetapi tidak boleh dilupakan peran beberapa ion lain terhadap salinitas air. Menurut Matthess (1982), Hendry dan Cherry (1986), Heath dan Kahl (1992) dan Santosa (2001), ion natrium dan sulfat merupakan dua jenis ion yang dapat pula menyebabkan peningkatan salinitas air.

2.6 Proses-Proses yang Mempengaruhi Kimia Air Tanah

Air tanah sebagai salah satu komponen dalam siklus hidrologi, akan mengalami perubahan komposisi kimia, baik berupa penambahan maupun pengurangan konsentrasi unsur kimia (Stauffer dan Canfield 1992). Adapun proses-proses yang dapat mempengaruhi perubahan komposisi kimia tersebut diantaranya adalah hujan, evaporasi

dan transpirasi, pelarutan air fosil, pertukaran kation, pelarutan mineral, proses oksidasi-reduksi serta aktivitas manusia.

Hujan merupakan faktor iklim yang paling berpengaruh terhadap komposisi kimia air. Seperti diketahui air hujan bukanlah air yang murni. Di dalamnya terdapat berbagai zat kimia, yang komposisinya bervariasi dari satu tempat ke tempat lainnya serta dari satu musim ke musim lainnya (Carrol 1982 dan Lynch *et al.* 1986). Menurut Junge (1983), selain gas-gas terlarut, dalam air hujan terdapat pula beberapa jenis ion anorganik seperti Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , NO_3^- dan SO_4^{2-} . Bila air hujan jatuh ke bumi, maka air permukaan maupun air tanah akan terpengaruh komposisi kimianya.

Evaporasi dan transpirasi juga merupakan faktor iklim yang penting peranannya dalam mempengaruhi komposisi kimia air. Evaporasi dan transpirasi adalah kombinasi proses kehilangan air dari permukaan tanah dan vegetasi, dalam bentuk perubahan air dari wujud cairan menjadi uap (Mather 1984). Konsentrasi zat kimia yang ada dalam air akan sebanding dengan jumlah yang diuapkan. Evaporasi akan semakin meningkat dalam perairan yang bergerak lambat atau yang tidak mengalir. Ion sulfat dan klorida akan banyak dijumpai pada air tanah yang terdapat pada daerah dengan tingkat evaporasi dan transpirasi tinggi (Hem 1970).

Pelarutan air fosil adalah proses larutnya air fosil ke dalam air tanah. Seperti diketahui air fosil adalah air yang terjebak di daratan pada suatu masa geologi lampau. Karena sifatnya yang sulit melalukan air, maka air laut yang terjebak dalam lapisan liat akan sulit terbilas, sehingga air tanah yang diperoleh pada lapisan ini akan terasa payau atau asin.

Oksidasi-reduksi merupakan proses geokimia penting, yang bersama-sama dengan pH menentukan kelarutan berbagai zat dalam air tanah (Matthess 1982). Dalam proses oksidasi-reduksi, ada dua reaksi yang penting yaitu reaksi oksidasi dan reaksi reduksi. Reaksi oksidasi merupakan hasil dari hilangnya elektron-elektron bebas oleh unsur yang teroksidasi, sedangkan reaksi reduksi merupakan hasil perolehan dari elektron-elektron bebas oleh unsur yang tereduksi. Kedua reaksi ini harus terjadi bersamaan dan harus saling memberikan kompensasi.

Pelarutan mineral akan membebaskan ion-ion dari senyawanya yang kemudian larut dalam air tanah (Matthess 1982). Sebagai contoh pelarutan mineral yang mengandung karbonat akan membebaskan ion-ion karbonat dari senyawanya dan akan larut dalam air tanah. Pada air tanah sendiri proses pelarutan ini besar sekali pengaruhnya terhadap komposisi kimia air tanah. Pelarutan terjadi akibat kontak antara air tanah dan bahan penyusun akuifer. Bila bahan penyusun akuifer berbeda, maka komposisi kimia air tanahpun akan berbeda pula.

Adanya proses pertukaran kation akan merubah komposisi kimia air, yang dapat merubah tipe kimia air dari satu tipe ke tipe lainnya. Kation yang sering mengalami pertukaran adalah Na^+ , Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Menurut Toth (1984), pertukaran kation umumnya terjadi pada bahan lumpur.

Selain pada lumpur, pertukaran kation juga dapat terjadi pada air tawar di daratan dan air laut. Air tawar di daerah pantai pada umumnya mengandung ion Ca^{2+} dan HCO_3^- sebagai hasil disolusi kalsit (Appelo dan Postma 1993). Di lain pihak Na^+ dan Cl^- merupakan ion yang dominan dalam air laut. Ketika terjadi intrusi air garam, akan terjadi pertukaran kation pada akuifer, berupa penyerapan Ca^{2+} pada permukaan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Pengaruh aktivitas manusia biasanya berupa pencemaran air yang mengakibatkan berubahnya komposisi kimia air yang dicemari. Menurut Fardiaz (1992), pencemaran air adalah penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal, bukan dari kemurniannya. Pencemaran akan meningkatkan konsentrasi zat-zat terlarut dalam air, yang biasanya akan memperburuk kualitas air. Sebagian besar pencemaran air tanah berkaitan dengan cara pembuangan limbah di permukaan tanah atau ke dalam tanah (Sudarmadji 1991).

2.7 Kesiediaan Membayar (*willingness to pay*)

Ada empat metode untuk mengukur nilai ekonomi, yaitu surplus konsumen atau CS (*consumer surplus*), variasi kompensasi atau CV (*compensating variation*), variasi ekuivalen atau EV (*equivalent variation*), kesiediaan membayar atau WTP (*willingness to pay*) dan kesiediaan menerima atau WTA (*willingness to accept*). WTP adalah jumlah yang bersedia dibayar oleh individu atau sekelompok orang untuk mengembalikan kondisi kesejahteraan atau kepuasan yang semula mereka dapatkan (Pearce dan Turner 1990). Preferensi individu terhadap nilai kerusakan lingkungan, ketidaknyamanan maupun peningkatan atau penurunan tingkat kesejahteraan atas pemanfaatan atau pengelolaan suatu sumberdaya tidak sama, sehingga timbul WTP yang beragam untuk tiap orang dalam hubungannya dengan pandangan mereka tentang nilai-nilai yang harga pasarnya tidak ada.

Jordan dan Elnagheeb (1993) menyatakan bahwa WTP seseorang untuk memperoleh kualitas air bersih yang lebih baik dipengaruhi oleh pendapatan rumah tangga, umur kepala keluarga, tingkat pendidikan kepala keluarga, persepsi terhadap kualitas air bersih yang sekarang dikonsumsi dan ketidakpastian tentang kuantitas dan kualitas air bersih yang dikonsumsi seseorang. WTP total dapat digunakan untuk menghitung WTP masyarakat surplus konsumen total.

Menurut Jordan dan Elnagheeb (1993), anggota masyarakat berusia muda umumnya lebih memperhatikan kualitas lingkungan daripada yang usianya tua. Selain itu anggota masyarakat yang berpendidikan tinggi cenderung lebih memperhatikan upaya-upaya pelestarian lingkungan daripada yang berpendidikan rendah. Selanjutnya Pearce dan Turner (1990) menyatakan bahwa gangguan-gangguan yang berupa ketidaknyamanan individu akibat perubahan lingkungan akan mempengaruhi ukuran penilaian yang diberikan oleh individu pada perubahan kesejahteraan yang terjadi. Ukuran penilaian individu dapat diperoleh dari WTP atau WTA yang bersangkutan.

Menurut Munasinghe (1993), ada suatu metode yang disebut metode valuasi kontingensi atau CVM (*contingent valuation method*) yang dapat digunakan untuk mempelajari preferensi masyarakat atau individu terhadap ketidaknyamanan. CVM merupakan suatu teknik yang potensial untuk mengukur nilai barang-barang yang tidak dipertukarkan di pasar atau tidak mempunyai harga pasar. CVM menggunakan survei dan teknik-teknik wawancara untuk menduga nilai yang diberikan individu atau masyarakat terhadap peningkatan atau penurunan mutu lingkungan dalam konteks pasar hipotesis. Whittington *et al.* (1993) menyatakan bahwa CVM semakin sering digunakan oleh para ahli ekonomi sumberdaya dan lingkungan di negara-negara industri untuk menduga manfaat-manfaat dari pengembangan lingkungan dan barang-barang publik.

Menurut Pearce dan Turner (1990), preferensi individu terhadap suatu benda tidak sama. Oleh karena itu konsep manfaat ditafsirkan dengan cara yang berbeda. Dapat diasumsikan bahwa preferensi positif terhadap suatu benda dapat diwujudkan dalam bentuk WTP untuk benda tersebut dan WTP untuk setiap individu tidak sama. WTP total merupakan agregasi dari WTP individu-individu tersebut. Seseorang tidak akan bersedia membayar untuk suatu benda yang tidak mereka inginkan, sehingga mengukur WTP

seseorang dari harga pasar adalah tidak tepat karena dapat terjadi WTP seseorang lebih tinggi daripada harga pasar. Akibatnya konsumen akan menerima kelebihan keuntungan yang disebut surplus konsumen, yang dirumuskan :

$$\text{WTP kotor} = \text{harga pasar} + \text{surplus konsumen}$$

Selanjutnya Pearce dan Turner (1990) menyatakan bahwa konsep keuntungan dapat dibedakan menjadi keuntungan yang didasarkan pada WTP dan keuntungan yang didasarkan pada WTA. WTP berpedoman pada jumlah pembayaran untuk menghindari atau mencegah kerugian, sedangkan WTA berpedoman pada jumlah yang diterima sebagai kompensasi kerugian tersebut, yang akan terus dirasakan dan tidak dapat dihindari. Secara singkat dapat dikatakan bahwa terdapat dua macam pengukuran dari manfaat yang diperoleh karena perbaikan lingkungan serta dua macam pengukuran kerugian akibat kerusakan lingkungan, yaitu :

1. WTP untuk mengamankan manfaat (*WTP to secure a benefit*),
2. WTA untuk manfaat yang hilang (*WTA to forego benefit*),
3. WTP untuk menghindari kerugian (*WTP to prevent a loss*) dan
4. WTA untuk mentolerir kerugian (*WTA to tolerate a loss*)

Pada umumnya, pencegahan kerugian lebih sering dilakukan dibandingkan dengan upaya mengamankan keuntungan.

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian dan tulisan ilmiah dengan topik intrusi air garam telah pernah dilakukan oleh beberapa peneliti di beberapa daerah dan negara. Pada umumnya penelitian tersebut masih bersifat parsial dan hanya menggunakan satu atau dua metode saja. Disamping itu analisis yang digunakan juga tidak begitu mendalam. Berikut ini

disajikan beberapa penelitian tersebut serta penelitian-penelitian lain yang ada kaitannya dengan kondisi daerah penelitian.

FAO (1997) menyatakan bahwa intrusi air garam merupakan fenomena umum yang terjadi pada daerah-daerah yang terletak di wilayah pantai. Dalam laporannya dinyatakan bahwa fenomena intrusi air garam terjadi pada banyak kota di dunia seperti daerah Damsarkho dan Akkar di Suriah, Siwa di Mesir, Beirut di Libanon serta di Siprus, Tunisia, dan Turki. Untuk wilayah Asia Tenggara, Bangkok dan Jakarta merupakan dua kota yang telah mengalami intrusi air garam (Soenarto 1988). Di Bangkok intrusi terjadi dengan kecepatan 50 meter/tahun, sedangkan di Jakarta 3 hingga 50 meter/tahun.

Kloosterman (1989) dalam disertasinya yang berjudul "Groundwater Flow System in The Northern Coastal Lowlands of West and Central Java, Indonesia", yang penelitiannya dilakukan di daerah Kabupaten Karawang, Subang, Indramayu, Cirebon, Brebes dan Tegal, menyatakan bahwa daerah pesisir utara Jawa Barat dan Jawa Tengah merupakan dataran aluvial yang terbentuk oleh proses fluvial dan marin. Akuifer daerah pesisir ini mengandung lensa-lensa endapan liat marin. Pada lensa-lensa kemungkinan dapat dijumpai air fosil asin yang pembentukannya terjadi di lautan. Kloosterman menggunakan analisis kimia air untuk membuktikan pendapat ini, yaitu dengan didapati proses pertukaran kation dalam garam-garam yang terlarut. Proses pertukaran kation ini terjadi dalam waktu ratusan hingga ribuan tahun dalam keadaan anaerob. Sebelumnya, pada tahun 1983 Kloosterman telah mengaplikasikan dan menguji metode diagram Piper segiempat untuk mengetahui sumber keasinan air tanah di dataran pantai Jawa Barat. Dalam hal ini Kloosterman menggunakan ion-ion utama dalam air tanah yaitu Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^- dan SO_4^{2-} sebagai dasar analisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya air asin di daerah penelitian disebabkan oleh

endapan liat yang mengandung air fosil. Selanjutnya Santosa (2001) mencoba menerapkan metode ini di Daerah Rowo Jombor, Kabupaten Klaten. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keasinan air tanah di daerah ini disebabkan oleh batuan evaporit, air sulfat dan air fosil.

Selain dengan analisis kimia, salah satu jenis metode geofisika yaitu geolistrik, juga dapat digunakan untuk menentukan adanya air asin dalam tanah di daratan. Dalam penelitiannya di *White Sand Missile Range* Amerika Serikat, Zohdy *et al.* (1980) menyimpulkan bahwa metode geolistrik dapat digunakan untuk menentukan tempat-tempat yang mengandung air asin dengan akurat. Selanjutnya metode ini dikembangkan oleh Simoen dkk. (1977) dalam penelitiannya di daerah Cilacap, serta oleh Sudaryatno dan Purnama (1997) di Kabupaten Rembang. Hasil penelitian menunjukkan adanya air asin dalam tanah di kedua daerah tersebut.

Dalam penelitiannya di Haiti, Munasinghe (1993) menyimpulkan bahwa survei CVM dapat digunakan untuk mengestimasi WTP individu untuk perbaikan pelayanan air pada daerah perdesaan. Metode ini juga dapat dimanfaatkan untuk mengumpulkan informasi WTP secara luas mengenai perbaikan prasarana umum dan pelayanan umum di negara-negara berkembang.

Dalam kaitannya dengan kondisi daerah penelitian, Hariyanto (2002) menyatakan bahwa pemekaran Kota Semarang cukup pesat yaitu 231,9 hektar per tahun. Indikator yang digunakan adalah peningkatan luas permukiman. Menurut Hariyanto, meningkatnya luas permukiman diikuti dengan penurunan penggunaan lahan lain seperti sawah, tegalan dan kebun serta empang dan rawa. Implikasi dari pemekaran kota ini membawa konsekuensi makin berkurangnya daerah resapan air di daerah pinggiran.

Ditinjau dari segi tata airnya, Tim Fakultas Geografi UGM (1992) menyatakan bahwa tingkat resapan air di Kota Semarang tidak seluruhnya sama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah atas yang merupakan daerah imbuhan air, tingkat resapannya tinggi, sedangkan di daerah bawah yang merupakan dataran aluvial tingkat resapannya rendah.

Purnama (2002), dalam penelitiannya yang berjudul “ Hasil Aman Eksploitasi Air Tanah di Kota Semarang, Propinsi Jawa Tengah”, menyatakan bahwa eksploitasi air tanah di Kota Semarang telah melampaui hasil amannya. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa kebutuhan air tanah untuk air minum, industri dan perhotelan di Kota Semarang mencapai 53.469.508,8 m³/tahun, sedangkan hasil aman eksploitasi air tanah hanya sebesar 41.880.000 m³/tahun. Disamping itu berdasarkan penelitian Purnama pada tahun 1997, juga diketahui bahwa kondisi kualitas air tanah di kota tersebut juga tidak begitu baik. Pada umumnya jumlah bakteri koli dalam air telah melampaui baku mutu air untuk air minum.

3 METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu

Lokasi penelitian di Kota Semarang, yang secara geografis terletak antara $6^{\circ}56'$ – $7^{\circ}07'$ LS serta antara $110^{\circ}16'$ – $110^{\circ}30'$ BT. Secara administratif di sebelah utara dibatasi oleh Laut Jawa, di sebelah selatan oleh Kabupaten Semarang, di sebelah barat Kabupaten Kendal dan di sebelah timur oleh Kabupaten Demak (Gambar 5)

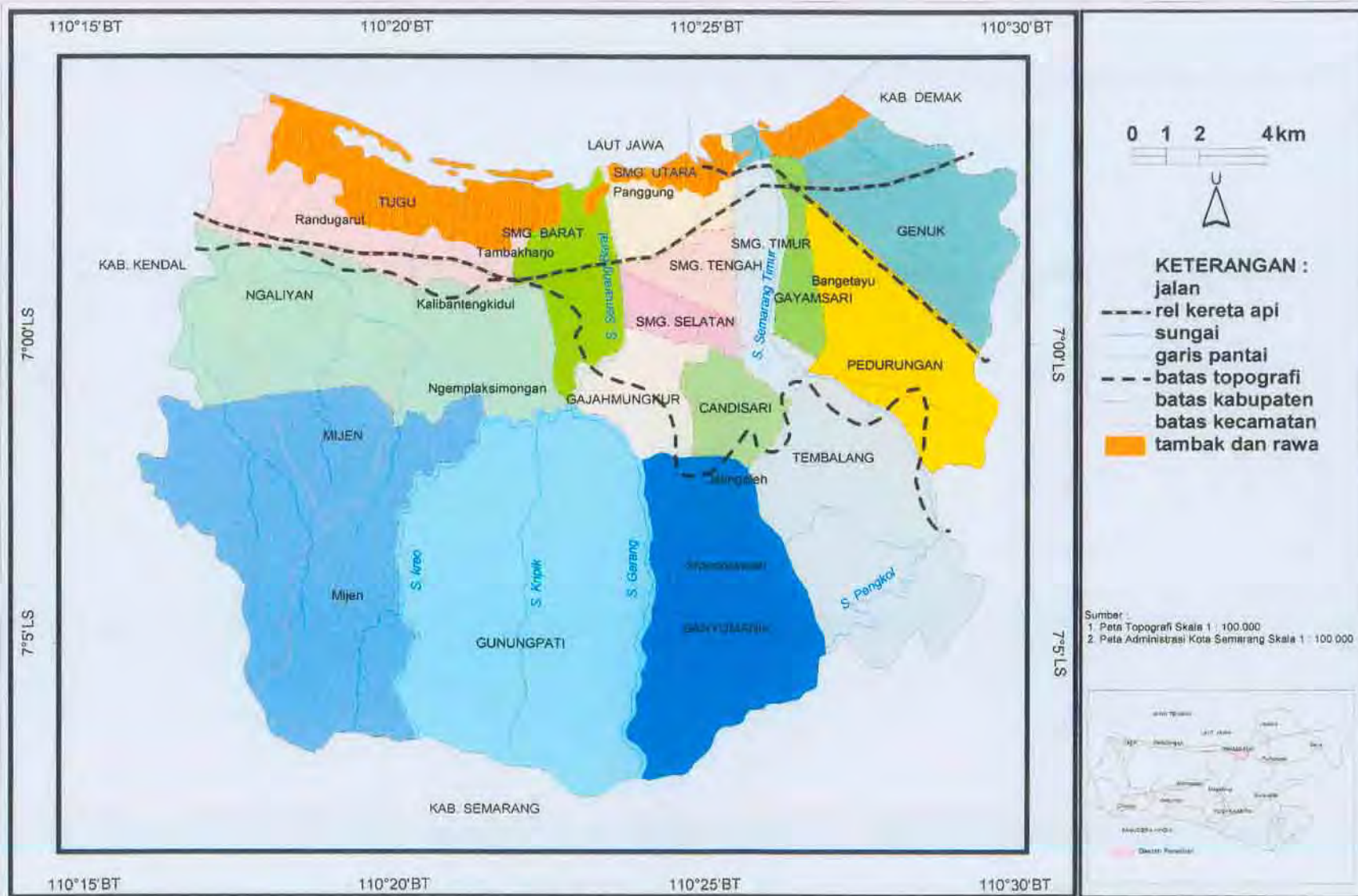
Ditinjau dari keadaan topografinya, pada bagian utara hingga pantai merupakan dataran rendah, sedangkan di bagian selatan merupakan perbukitan. Daerah penelitian meliputi seluruh wilayah dataran rendah tersebut dengan luas wilayah $117,1 \text{ km}^2$.

Penelitian lapangan, analisis sampel air di laboratorium, interpretasi data geofisika permukaan dan perhitungan WTP dilaksanakan selama sembilan bulan, dimulai pada bulan Juni 2003 hingga Februari 2004. Setelah tahap ini selesai dikerjakan, dilanjutkan penulisan disertasi.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air tanah yang diambil di seluruh dataran Kota Semarang. Selain itu digunakan pula peta topografi skala 1 : 25 000 dan 1 : 100.000, peta geologi skala 1 : 100 000, peta hidrogeologi skala 1 : 100 000, peta tanah skala 1 : 100 000 dan peta kepadatan penduduk skala 1 : 100 000. Bahan lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah data karakteristik akuifer, yang diperoleh dari interpretasi data pemboran, sedangkan alat yang digunakan adalah *cemerer water sampler* untuk mengambil sampel air dari berbagai kedalaman sumur serta satu set peralatan geolistrik.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang meminumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 5. Peta Administrasi Kota Semarang

3.3 Cara Penelitian

3.3.1 Pengambilan sampel dan analisis kualitas air

Ada empat jenis sampel yang digunakan dalam penelitian ini. Pertama adalah sampel air tanah yang diambil dari sumur gali, kedua adalah sampel air sungai (untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penyusupan air sungai ke dalam air tanah di sekitarnya), ketiga adalah sampel pengukuran geofisika permukaan dan keempat adalah sampel yang digunakan untuk mengetahui kondisi sosial ekonomi penduduk dan perhitungan WTP atau disebut responden. Pada Tabel 1 ditunjukkan jumlah dan teknik pengambilan sampel untuk tiap jenis sampel yang digunakan dalam penelitian ini (Singarimbun dan Effendi 1989, Casey, Nemetz dan Uyeno 1983).

Untuk menentukan secara tepat lokasi titik sampel di lapangan digunakan GPS (*Global Positioning System*). Dengan alat ini dapat ditentukan koordinat masing-masing titik sampel secara akurat. Selanjutnya pada Gambar 6 ditunjukkan lokasi masing-masing sampel air tersebut, sedangkan pada Lampiran 1 ditunjukkan nama lokasi dan koordinatnya.

Tabel 1. Jumlah dan teknik pengambilan sampel untuk tiap jenis sampel

No.	Jenis sampel	Jumlah sampel	Teknik pengambilan Sampel	Keterangan
1.	Air tanah - DHL < 1000 $\mu\text{mhos/cm}$ - DHL $\geq$ 1000 $\mu\text{mhos/cm}$	29 30	<i>Stratified random sampling</i>	Diambil dari sumur gali, stratifikasi berdasarkan variasi DHL
2.	Air sungai - Sungai Garang - Sungai Semarang Timur	2 2	<i>Purposive sampling</i>	Sebagai kontrol 0,25 & 2,10 km dari muara 0,90 & 2,70 km dari muara
3.	Geofisika permukaan	30	<i>Purposive sampling</i>	Berdasarkan jarak antar titik pengukuran dan kondisi jalan
4.	Responden	118	<i>Purposive sampling</i>	Pemilik sumur dan tetangga terdekat yang memiliki sumur

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

2. Dilarang menyalin dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

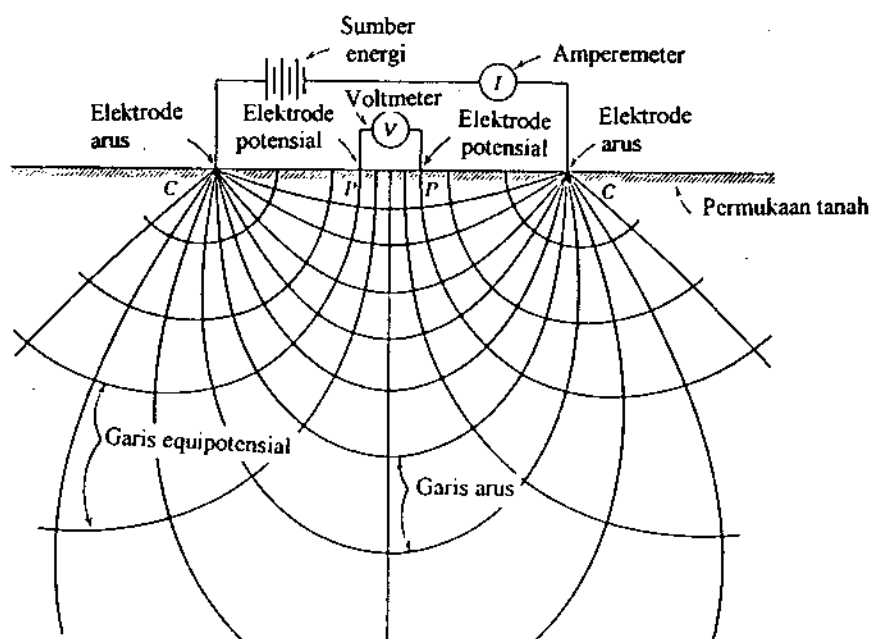


Gambar 6. Peta lokasi pengambilan sampel air tanah

Selanjutnya untuk mengetahui sifat fisik dan kimia air, dilakukan analisis terhadap sifat-sifat ini di Laboratorium Hidrologi dan Kualitas Air, Fakultas Geografi UGM di Yogyakarta. Sifat fisik yang dianalisis adalah kekeruhan, sedangkan untuk sifat kimia adalah kesadahan, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , Fe^{2+} , Mn^{2+} , NO_3^- dan salinitas. Parameter DHL, suhu dan pH telah diukur langsung di lapangan.

3.3.2 Pengukuran geofisika permukaan

Pengukuran geofisika permukaan dilakukan menggunakan metode geolistrik. Dengan menggunakan dua elektrode arus (C) arus listrik dialirkan ke dalam tanah. Perubahan potensial tanah diukur melalui dua elektrode potensial yang ditancapkan di antara dua elektrode arus. Hasil pengukuran lapangan adalah data tahanan jenis semu sebagai dasar untuk menentukan tahanan jenis aktualnya. Jika lapisan tanah mempunyai tahanan jenis seragam, akan terbentuk garis arus dan garis equipotensial seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Selanjutnya pada Gambar 8 ditunjukkan lokasi titik pengukuran geolistrik tersebut.



Gambar 7. Garis arus dan garis equipotensial pada bahan seragam (Todd 1980)

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

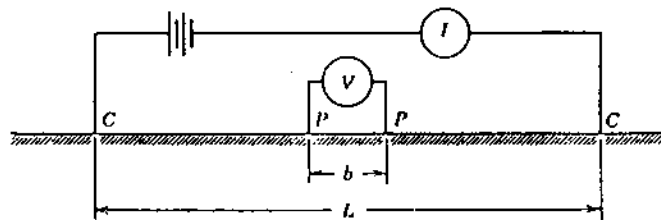
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

2. Dilarang menyalin dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 8. Peta lokasi pengukuran geolistrik

Dalam penelitian ini digunakan metode geolistrik rangkaian Schlumberger (Gambar 9), yaitu suatu rangkaian yang digunakan untuk mengetahui kedalaman dan ketebalan lapisan ke arah dalam atau vertikal. Prinsipnya adalah arus listrik searah dialirkan ke dalam tanah melalui dua buah elektrode arus yang ditancapkan ke dalam tanah. Besarnya kuat arus yang mengalir ke dalam tanah diukur dengan amperemeter. Perubahan potensial tanah (ΔV) akibat arus listrik tersebut diukur melalui dua buah elektrode potensial yang ditancapkan diantara kedua elektrode arus (Simoen 2001). Susunan elektrode arus dan elektrode potensial diubah-ubah mulai jarak 1,5 meter hingga 300 meter. Pada jarak elektrode arus yang pendek berarti tahanan jenis yang terukur hanya pada permukaan tanah saja (sedalam 0,5 jarak elektrode arus). Semakin jauh jarak elektrode arus berarti tahanan jenis lapisan tanah yang terukur juga akan semakin dalam.



Keterangan :

V = potensial tanah	P = elektrode potensial
I = kuat arus	L = jarak antar elektrode arus
C = elektrode arus	b = jarak antar elektrode potensial

Gambar 9. Metode geolistrik rangkaian Schlumberger (Todd 1980)

3.4 Analisis Data

3.4.1 Analisis konsentrasi kimia air tanah secara spasial

Analisis spasial digunakan untuk mengetahui distribusi masing-masing parameter kualitas air tanah di daerah penelitian, sehingga dapat diketahui sumbangan masing-

masing parameter tersebut secara individual. Untuk mencapai tujuan tersebut tiap-tiap parameter fisik dan kimia air tanah dialur pada peta dan dibuat permintakatannya (Meijerink *et al.* 1994). Permintakatan dibuat secara statistik berdasarkan nilai kuartil atas, tengah dan bawah dari kadar masing-masing parameter tersebut. Selain hal tersebut, dalam membuat permintakatan juga memperhatikan nilai baku mutu air untuk air minum dan klasifikasi yang telah baku. Selanjutnya dilakukan analisis dengan memperhatikan kondisi lingkungan yang mempengaruhinya. Cara analisis spasial ini akan lebih mengarah kepada analisis yang bersifat deskriptif.

3.4.2 Analisis konsentrasi kimia air tanah dengan diagram Stiff

Analisis kimia air dengan diagram Stiff digunakan untuk mengetahui sifat kimia air tanah dengan mudah dan cepat secara visual. Parameter kimia air tanah yang digunakan dalam analisis diagram Stiff adalah ion-ion dominan dalam air tanah yaitu Ca^{2+} , Mg^{2+} , $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$, HCO_3^- , Cl^- dan SO_4^{2-} , yang kadarnya terlebih dahulu dinyatakan dalam satuan miligram ekuivalen per liter (meq/l).

Untuk membuat diagram ini, kadar masing-masing ion tersebut digambarkan pada sumbu yang dibuat pada arah kanan dan kiri dari pusat. Kadar ion positif (kation) digambarkan pada sumbu ke arah kiri, sedangkan kadar ion negatif (anion) digambarkan pada sumbu ke arah kanan. Dengan menghubungkan ujung dari sumbu yang menunjukkan kadar ion, akan diperoleh bentuk dan ukuran diagram Stiff.

Penggambaran diagram ini dilakukan untuk setiap sampel air tanah. Selanjutnya diagram tersebut dialurkan dalam peta sesuai dengan titik pengambilannya, sehingga akan diperoleh peta sifat kimia air tanah yang dicerminkan dengan bentuk dan ukuran diagram Stiff pada tiap sampel air. Bila bentuk dan ukuran diagram relatif tidak berubah di seluruh daerah penelitian, berarti tidak terjadi perbedaan sifat kimia air tanah dari satu

tempat ke tempat lainnya. Bila bentuk diagram berubah tetapi ukurannya tetap berarti terjadi perbedaan tipe kimia air dari satu tempat ke tempat lainnya. Bila bentuk diagram tetap tetapi ukurannya berubah, berarti meskipun tipe kimia airnya sama tetapi terdapat perbedaan kadar ion dalam air tanah. Selanjutnya bila bentuk dan ukuran diagram berbeda, berarti terjadi perbedaan tipe kimia dan kadar ion dominan dalam air tanah tersebut (Appelo dan Postma 1993).

3.4.3 Analisis konsentrasi kimia air tanah secara statistik

Analisis statistik digunakan untuk mengetahui secara kuantitatif korelasi dan model hubungan antara kadar zat kimia dalam air tanah dengan faktor-faktor lingkungan. Dalam analisis statistik ini digunakan analisis regresi berganda. Sebagai peubah tergantung adalah sifat fisik dan kimia air, sedangkan sebagai peubah bebas adalah faktor jarak dari pantai, kedalaman air tanah dan kepadatan penduduk. Hasil analisis statistik merupakan pendukung bagi analisis spasial.

3.4.4 Analisis tingkat pengaruh air asin dengan Metode Revelle

Pengaruh air asin dapat dikenali dengan melihat perubahan komposisi kimia air tanah. Perubahan ini dapat terjadi dengan cara :

- 1) Reaksi kimia antara air asin dengan mineral-mineral pada akuifer
- 2) Reduksi ion sulfat dan bertambah besarnya kadar ion karbonat atau asam lemah lain
- 3) Terjadi pelarutan dan pengendapan

Pada proses ketiga akan terjadi perubahan total konsentrasi air asin pada air tanah. Revelle (1941) yang diacu dalam Todd (1980) menyarankan penggunaan nilai rasio antara ion klorida terhadap ion bikarbonat dan karbonat untuk mengevaluasi adanya pengaruh air asin. Seperti diketahui ion klorida merupakan ion utama pada air asin,

sedangkan ion bikarbonat dan karbonat merupakan ion utama pada air tanah tawar.

Secara matematis rasio klorida terhadap bikarbonat dan karbonat tersebut dapat ditulis dengan persamaan :

$$R_{\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}} = \frac{[\text{Cl}^-]}{[\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]} \dots\dots\dots (2)$$

Semakin tinggi nilai rasio, berarti pengaruh air asin semakin besar, sebaliknya bila nilai rasio rendah pengaruh air asin kecil. Secara sistematis Revelle membuat tingkatan besar kecilnya pengaruh air asin seperti yang terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria kelas tingkatan pengaruh air asin menurut Revelle

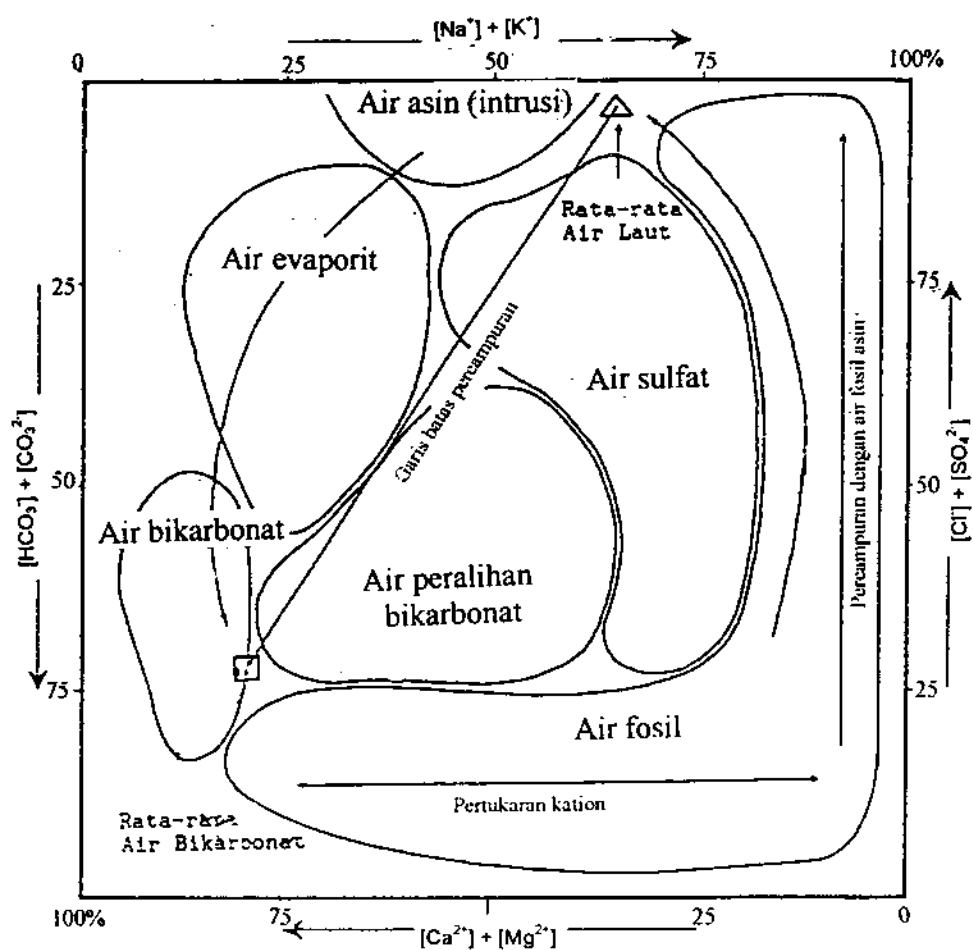
No	$[\text{Cl}^-]/([\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}])$ (meq/l)	Tingkatan
1.	$\leq 0,50$	Air tanah normal di akuifer
2.	0,51 - 1,30	Sedikit pengaruh air asin
3.	1,31 - 2,80	Cukup banyak pengaruh air asin
4.	2,81 - 6,60	Banyak pengaruh air asin
5.	6,61 - 15,50	Sangat banyak pengaruh air asin
6.	$>15,50$	Komposisi kimia seperti air laut

3.4.5 Analisis tipe kimia air tanah dengan Metode Kloosterman

Kloosterman (1983) mengembangkan suatu sistem klasifikasi tipe kimia air tanah berdasarkan metode diagram Piper segiempat. Diagram ini merupakan modifikasi dari diagram trilinier, yang diubah dan diperluas menjadi segiempat (Gambar 10). Diagram ini mempunyai dua titik acuan, yaitu komposisi air bikarbonat rata-rata di dekat sudut kiri bawah dan komposisi air laut rata-rata di dekat sudut kanan atas. Percampuran yang sederhana tanpa reaksi kimia atau pengaruh absorpsi ion antara air bikarbonat dan air laut

murni akan menghasilkan pengaluran komposisi air pada suatu garis lurus yang menghubungkan antara dua titik acuan tersebut.

Selain dapat menentukan tipe kimia air, diagram Piper segi empat juga dapat digunakan untuk menentukan asal air. Diagram ini memiliki enam kelompok tipe air, dengan absis diagram segiempat adalah rasio antara $[Na^+] + [K^+]$ dengan $[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]$, sedangkan ordinatnya adalah rasio antara $[Cl^-] + [SO_4^{2-}]$ dengan $[HCO_3^-] + [CO_3^{2-}]$.



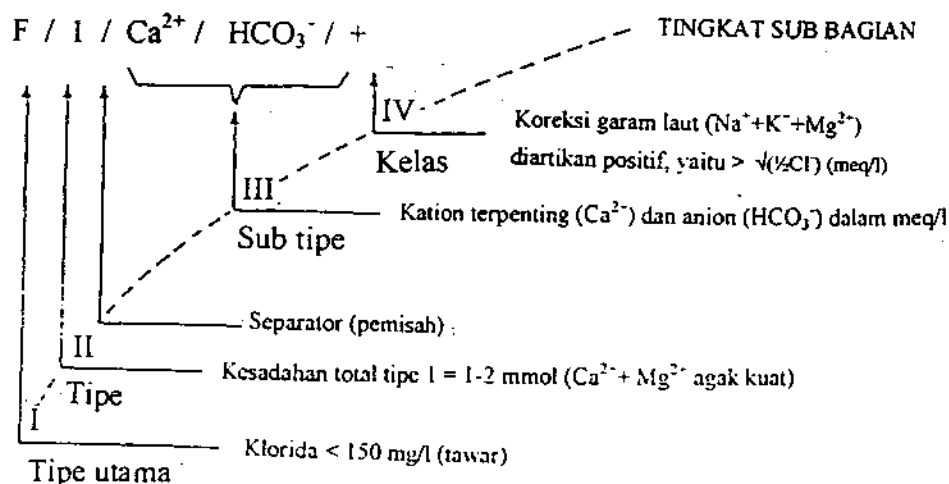
Gambar 10. Diagram Piper segiempat (Kloosterman 1983)

3.4.6 Analisis tipe kimia air tanah dengan Metode Stuyfzand

Dalam klasifikasi Stuyfzand, tipe kimia air dibagi menjadi tipe utama, tipe, sub-tipe dan kelas dari sampel air (Stuyfzand 1986). Secara hirarki pembagian sistem ini ditunjukkan pada Tabel 3, sedangkan kode penulisannya ditunjukkan pada Gambar 11.

Tabel 3. Sistem klasifikasi tipe kimia air menurut Stuyfzand

Tingkat	Nama	Banyaknya sub-divisi	Kriteria
I	Tipe utama	6	Kadar ion Cl^-
II	Tipe	Teoritis maksimal 11	Nilai kesadahan total
III	Sub-tipe	Maksimal 16 dalam praktek sampai saat ini	Kation dan anion yang paling dominan
IV	Kelas	Teoritis maksimal 3	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+})_{\text{terkoreksi}}$



Gambar 11. Kode penulisan tipe kimia air menurut klasifikasi Stuyfzand

(1) Tipe utama

Muatan klorida digunakan sebagai dasar untuk menentukan tipe utama, seperti yang terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pembagian tipe kimia air pada tipe utama

No.	Tipe utama	Kode	Cl ⁻ (mg/l)
1	Air tawar	F	< 150
2	Air tawar-payau	Fb	150-300
3	Air payau	B	300-10 ³
4	Air payau-asin	Bs	10 ³ -10 ⁴
5	Air asin	S	10 ⁴ -2.10 ⁴
6	Air asin kadar tinggi	H	>2.10 ⁴

(2) Tipe

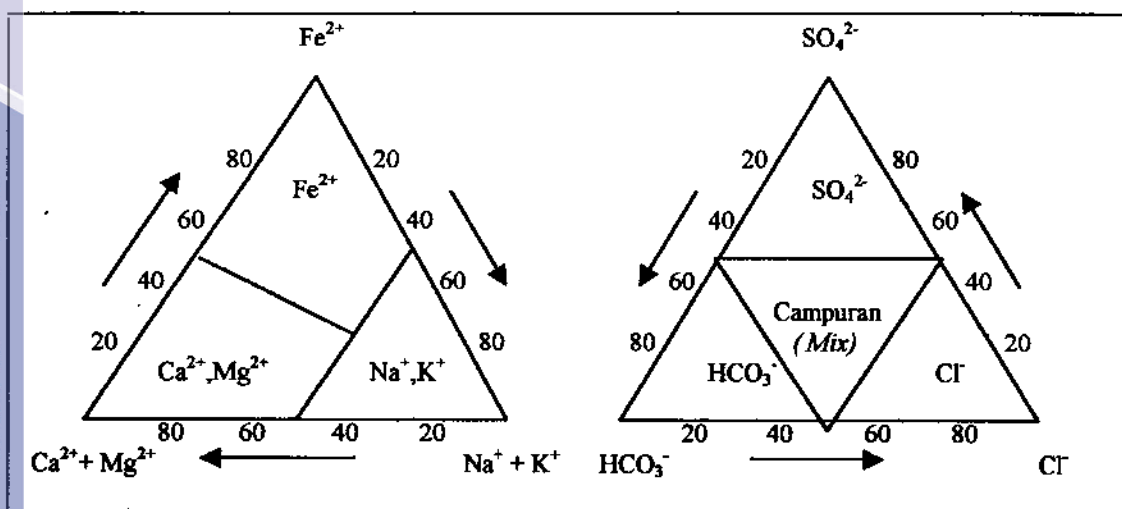
Setiap tipe utama dibagi menjadi 11 tipe (Tabel 5) berdasarkan kesadahan yang disebabkan oleh Ca²⁺ dan Mg²⁺ dalam satuan mmol/liter.

Tabel 5. Pembagian tipe menurut kesadahan yang disebabkan ion Ca²⁺ dan Mg²⁺

No	Tipe	Kode Tipe	Kesadahan Ca ²⁺ dan Mg ²⁺ (mmol/l)	Kejadian umum di alam
-1	Sangat lunak	*	0,0 - 0,5	F
0	Lunak	0	0,5 - 1,0	F Fb B
1	Agak sadah	1	1 - 2	F Fb B Bs
2	Sangat sadah	2	2 - 4	F Fb B Bs
3	Amat sangat sadah	3	4 - 8	F Fb B Bs
4	Amat sangat sadah	4	8 - 16	Fb B Bs S
5	Amat sangat sadah	5	16 - 32	Bs S H
6	Amat sangat sadah	6	32 - 64	Bs S H
7	Amat sangat sadah	7	64 - 128	S H
8	Amat sangat sadah	8	128 - 256	H
9	Amat sangat sadah	9	> 256	H

(3) Sub-Tipe

Pembagian tipe ke dalam sub-tipe didasarkan pada kation dan anion dominan (dalam satuan meq/l). Kation dan anion tersebut dialur pada segitiga sama sisi berdasarkan persentasenya, seperti ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Penentuan sub-tipe berdasarkan keseimbangan kation dan anion

(4) Kelas

Setiap sub-tipe dibagi lagi dalam tiga kelas menurut parameter baru, yaitu jumlah dari kation Na^+ , K^+ dan Mg^{2+} yang dinyatakan dalam satuan meq/l atau epm dan dikoreksi akibat penambahan dari garam dari air asin. Persamaannya adalah :

$$(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+})_{\text{terkoreksi}} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+})_{\text{pengukuran}} - 1,061 \text{Cl}^- \dots\dots\dots(3)$$

Faktor 1,061 adalah konsentrasi $(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+})/\text{Cl}^-$ rata-rata (dalam satuan meq/l) pada air laut (Stuyfzand 1986). Pada Tabel 6 dapat dilihat pembagian sub-tipe menjadi kelas menurut persamaan nomor 3.

Tabel 6. Pembagian kelas berdasarkan $(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+})_{\text{terkoreksi}}$

Kelas	Kode	Kondisi	Keterangan
Kekurangan $(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+})$	-	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+})_{\text{terkoreksi}} < \sqrt{(\frac{1}{2}\text{Cl}^-)}$	1
$(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+})$ seimbang	0	$-\sqrt{(\frac{1}{2}\text{Cl}^-)} < (\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+})_{\text{terkoreksi}} < \sqrt{(\frac{1}{2}\text{Cl}^-)}$	2
Kelebihan $(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+})$	+	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Mg}^{2+})_{\text{terkoreksi}} > \sqrt{(\frac{1}{2}\text{Cl}^-)}$	3

Keterangan :

1. Menunjukkan tambahan air asin lebih besar daripada air tawar
2. Menunjukkan tambahan air tawar dan asin seimbang
3. Menunjukkan tambahan air tawar lebih besar daripada air asin

3.4.7 Analisis geofisika permukaan

Seperti telah dikemukakan dalam cara penelitian, hasil pengukuran geolistrik adalah data kuat arus dan perubahan potensial. Untuk menentukan harga tahanan jenisnya, dihitung dengan rumus (Zohdy 1980) :

$$R = K \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

- R : tahanan jenis (*resistivity*)
 I : kuat arus searah yang dialirkan ke dalam tanah
 ΔV : perubahan potensial yang terjadi
 K : konstanta yang tergantung pada jarak elektrode.

Selanjutnya untuk melakukan interpretasi hasil pengukuran, data hasil pengukuran lapangan yang berupa jarak elektrode arus 0,5 L (dalam meter) dan harga tahanan jenis (dalam Ωm) dimasukkan dalam program Schlumberger O'Neil. Dari hasil pemrograman dapat ditentukan lapisan-lapisan air tanah serta sifat-sifatnya.

3.4.8 Keadaan sosial ekonomi dan analisis WTP

Untuk mengetahui keadaan kondisi sosial ekonomi masyarakat, dilakukan penelitian terhadap responden di daerah penelitian, yaitu pemilik sumur yang diambil sampel airnya dan tetangga sekitarnya. Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara dan menggunakan kuesioner. Adapun data sosial ekonomi yang diidentifikasi adalah tingkat pendidikan, pekerjaan, pendapatan, luas rumah, luas pekarangan, jumlah

penggunaan air, keadaan sumur, kedalaman sumur, keadaan tangki septik, jarak sumur terhadap tangki septik dan penyakit yang berkaitan dengan air yang pernah diderita. Selain data tersebut diidentifikasi pula parameter-parameter lain seperti usia kepala keluarga, persepsi tentang kualitas air tanah, persepsi tentang kuantitas air tanah, kepemilikan sumber air selain sumur air tanah, sikap atas rendahnya kualitas air tanah dan sikap atas rendahnya kuantitas air tanah.

Untuk menganalisis kesediaan membayar diterapkan teori CVM menggunakan ukuran kesejahteraan WTP. Teori CVM menekankan pada suatu teknik valuasi benda lingkungan secara langsung dengan menanyakan kesediaan membayar (WTP) pada penduduk dengan titik berat preferensi individu menilai benda publik dengan standar nilai uang, sehingga semua komoditas yang tidak diperdagangkan dapat diestimasi nilai ekonominya.

Pelaksanaan CVM untuk mengukur nilai ekonomi perubahan kesejahteraan meliputi beberapa tahap berikut ini :

1) Membentuk pasar hipotetik (*hypothetical market*)

Pada penelitian ini pasar hipotetik yang dibentuk adalah suatu pasar dengan kondisi yang berbeda dengan kondisi sumber air yang ada pada saat ini. Untuk itu responden diminta untuk mendengarkan atau membaca pernyataan yang dicantumkan dalam kuesioner sebagai berikut :

Dalam pertanyaan sebelumnya, saudara telah memberikan tanggapan tentang keadaan sumber air yang saudara manfaatkan sehari-hari. Dalam waktu dekat pemerintah, dalam hal ini PDAM Kota Semarang akan membangun instalasi penyediaan air di daerah saudara, dengan cara membuat sumur bor ataupun dengan penyaluran air dari instalasi pengolahan air. Biaya pembangunan instalasi tersebut berasal dari bantuan pinjaman Asian Development Bank dan swadaya masyarakat.



Setelah mendengar atau membaca pernyataan tersebut, selanjutnya responden diminta untuk mendengar atau membaca pernyataan berikutnya :

Bayangkan, bahwa saudara tidak akan mengalami permasalahan air minum lagi. Saudara tidak perlu lagi membeli air dari pedagang air yang harganya sangat tinggi. Saudara juga tidak perlu mengangkut air dari sumber air bersih yang jaraknya sangat jauh. Selain itu kualitas airnya juga terjamin, sehingga tidak perlu khawatir dengan penyakit-penyakit yang disebabkan oleh pemakaian air yang tidak sehat. Meskipun demikian saudara juga perlu memahami bahwa dengan dana yang terbatas, swadaya masyarakat lebih diutamakan untuk mensukseskan program ini.

Berdasarkan pernyataan tersebut, akan diperoleh ukuran perilaku konsumen dalam situasi hipotesis, bukan dalam situasi sebenarnya.

2) Memperoleh nilai penawaran (*bids*)

Setelah responden diberi gambaran secara detil dan jelas tentang kondisi air yang akan diterimanya setelah dibangun instalasi air dari PDAM, maupun kompensasi yang harus ditanggung, maka diberikan nilai penawaran yang bersedia dibayar oleh responden. Dalam penelitian ini digunakan metode penawaran seperti yang dilakukan oleh Jordan dan Elnagheeb (1993), dengan menyediakan berbagai pilihan nilai WTP. Selanjutnya responden diminta melingkari nilai tertinggi yang bersedia dibayar. Bentuk pertanyaannya adalah sebagai berikut :

Untuk pembangunan instalasi air minum di daerah saudara, PDAM memerlukan biaya tambahan dari swadaya masyarakat. Biaya tersebut akan diambil dari harga air yang dibayar konsumen. Besarnya harga per meter kubik air yang bersedia saudara bayar untuk pemakaian air antara 0 – 10 m³ adalah (silahkan melingkari satu jawaban) :

- | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|
| a. Rp 1030,- | b. Rp 1080,- | c. Rp 1130,- | d. Rp 1180,- | e. Rp 1230,- |
| f. Rp 1280,- | g. Rp 1330,- | h. Rp 1380,- | i. Rp 1430,- | j. (sebutkan) |

3) Menghitung dugaan rata-rata WTP (*Expected WTP*)

Dugaan rata-rata WTP ditentukan dengan rumus :

$$EWTP = \sum_{i=1}^n W_i P_{fi} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

EWTP = dugaan rata-rata WTP
 W = batas bawah kelas WTP
 Pf = frekuensi relatif kelas yang bersangkutan
 n = jumlah kelas
 i = kelas ke i

4) Menentukan WTP total (*Total WTP*)

Nilai WTP total berfungsi untuk menduga populasi secara keseluruhan. TWTP responden ditentukan dengan rumus :

$$TWTP = \sum_{i=1}^n WTP_i [n_i / N] P \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

TWTP = kesediaan populasi rumahtangga untuk membayar
 WTP = kesediaan individu (sampel) untuk membayar
 n = jumlah sampel yang bersedia membayar sebesar WTP
 N = jumlah sampel seluruhnya
 P = jumlah populasi rumah tangga
 i = sampel ke i

4 DESKRIPSI DAERAH PENELITIAN

4.1 Sejarah dan Perkembangan Kota Semarang

Secara kronologis, sejarah dan perkembangan Kota Semarang dapat dibagi menjadi tiga masa, yaitu masa prakolonialisme, masa kolonialisme dan masa Pemerintahan Republik Indonesia (Djawahir 1996). Masa prakolonialisme dimulai dari masa Kerajaan Demak hingga kedatangan bangsa Eropa (sebelum abad ke 17). Pada masa itu, permukiman di Kota Semarang hanya terdapat di kaki-kaki bukit seperti di Gisikdrono, Gedungbatu, Tirangamper, Tinjomoyo, Wotgaleh, Gajahmungkur, Sejonilo dan Jurangsuru. Adanya pengendapan bahan aluvium yang terus-menerus di pantai, menyebabkan terbentuknya dataran aluvial, yang akhirnya berubah menjadi daerah permukiman yang berkembang pesat seperti di Bubaan dan Kanjengan (di timur Pasar Johar) serta di sepanjang Kali Semarang Timur.

Seperti telah dikemukakan pada bab pendahuluan, secara formal hari jadi Kota Semarang adalah pada tanggal 2 Mei 1547, yaitu saat pelantikan Ki Ageng Pandan Arang II sebagai Bupati Semarang oleh Sultan Demak. Pada masa itu selain sebagai pusat perdagangan, Kota Semarang juga berfungsi secara politis sebagai salah satu pusat penyebaran agama Islam. Pusat pemerintahan berada di daerah Kanjengan, ditandai dengan adanya peninggalan berupa Masjid Agung Kauman.

Meskipun masih berupa daerah permukiman sederhana, tetapi ternyata telah terdapat keragaman penduduk. Hal ini ditunjukkan oleh adanya pengelompokan permukiman penduduk berdasarkan etnisnya, seperti di kawasan Pekojan yang ditempati orang Persia, kawasan Kampung Darat oleh orang Melayu, kawasan Kembangsari Johar oleh orang Cina dan di sepanjang Kali Semarang Timur oleh penduduk pribumi. Semua

kawasan ini merupakan wilayah di sekitar pelabuhan, dengan sarana transportasi berupa transportasi air dengan memanfaatkan alur sungai. Pelabuhan ini kemudian berkembang menjadi pusat perdagangan regional, yang ramai dikunjungi pedagang dari luar Jawa dan bahkan dari mancanegara seperti Cina, India dan Gujarat.

Ketika bangsa Eropa datang di Kota Semarang, dimulailah perkembangan baru dari kota ini. Bangsa Eropa yang datang pertama kali di kota ini adalah Bangsa Portugis. Portugis tidak lama berada di kota ini karena diusir prajurit Demak. Meskipun tidak lama tinggal, Portugis meninggalkan bangunan yang cukup fenomenal yaitu Gereja Blenduk (1794), yang sekarang termasuk bangunan konservasi dengan klasifikasi A atau bangunan bersejarah yang tidak boleh dibongkar, dirombak dan diubah.

Masa kolonialisme Belanda dimulai sekitar abad ke 17 hingga kedatangan bangsa Jepang dan Pemerintahan Republik Indonesia pada tahun 1945. Pada masa itu fungsi kota sebagai pusat perdagangan lebih dikembangkan lagi. Selain itu, Kota Semarang juga dijadikan sebagai pusat pengumpulan hasil bumi dari seluruh Jawa Tengah. Sarana transportasi darat berupa jaringan kereta api mulai dibangun. Ada jaringan kereta api utama, yaitu ke arah selatan menuju Secang (Magelang) dan Temanggung, ke arah timur menuju Juwana (Pati) dan ke arah barat menuju Cirebon. Jalur kereta api ke arah barat dan timur sampai sekarang masih berfungsi dengan baik. Selain itu dibangun pula kanal-kanal yang berfungsi sebagai penghubung antara pelabuhan dengan daerah pedalaman. Oleh karena banyaknya kanal yang mirip dengan keadaan Kota Amsterdam di Belanda, Kota Semarang dijuluki “The Little Amsterdam”.

Selain sebagai pusat perdagangan dan pengumpul hasil bumi, Semarang juga dikembangkan sebagai pusat militer. Hal ini ditunjukkan oleh adanya benteng pertahanan

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Belanda di daerah Poncol. Benteng tersebut pada tahun 1980 dibongkar, dan kawasan ini dijadikan wilayah perdagangan.

Semarang semakin berkembang menjadi bandar pelabuhan yang ramai dikunjungi oleh para pedagang dari mancanegara, seperti Cina, India, Melayu, Portugis, Spanyol dan Belanda. Kawasan permukiman juga semakin meluas. Belanda membuat permukiman di kawasan “Kota Lama” (sekitar Tawang), yang juga merupakan kawasan permukiman orang Portugis. Kemudian Belanda memperluas lagi permukiman ini ke arah perbukitan seperti di Candi, Jatingaleh dan Mugas, sedangkan penduduk asli masih terpusat di sekitar Kali Semarang Timur. Daerah Candi, Jatingaleh dan Mugas, saat ini berkembang menjadi daerah permukiman mewah, sedangkan bangunan peninggalan Belanda dimanfaatkan sebagai rumah sakit, asrama militer, kantor pemerintah ataupun rumah dinas pejabat pemerintah.

Pada sekitar tahun 1816, terjadi perluasan kota yang semakin menyolok, Permukiman juga berkembang ke arah timur dan barat daya (daerah Poncol). Jaringan jalan raya mulai banyak dibangun dengan pola memusat ke arah kawasan Johar, sehingga perkembangan permukiman sudah tidak terkonsentrasi di tepi sungai, tetapi sudah berorientasi pada jalan. Pada masa itu kegiatan kota memang dipusatkan di kawasan Johar, yang berfungsi sebagai pusat perdagangan, pusat perkantoran, pusat agama (masjid dan gereja), pusat pergudangan dan kegiatan lainnya.

Setelah Indonesia merdeka, Semarang ditetapkan sebagai kotamadya, yang terdiri atas lima kecamatan yaitu Semarang Barat, Semarang Timur, Semarang Utara, Semarang Selatan dan Semarang Tengah. Selanjutnya Semarang juga ditetapkan sebagai ibukota Propinsi Jawa Tengah, sehingga kota ini semakin berkembang pesat.

Pada tahun 1976, Semarang mengalami pemekaran wilayah dengan tambahan dua kecamatan dari Kabupaten Kendal (Kecamatan Tugu dan Mijen), dua kecamatan dari Kabupaten Semarang (Kecamatan Gunungpati dan Banyumanik) serta satu kecamatan dari Kabupaten Demak (Kecamatan Genuk). Dengan perluasan administrasi ini, luas wilayah Semarang berkembang dari 99,40 km² menjadi 364,81 km² atau 3,5 kali luas semula. Selanjutnya melalui PP. No. 50 tahun 1993, terjadi penataan wilayah dengan perubahan jumlah kecamatan dari 10 menjadi 16 kecamatan.

Perkembangan kota selanjutnya semakin kompleks. Semarang bukan lagi hanya sekedar pusat pemerintahan dan perdagangan saja, tetapi berkembang menjadi pusat pendidikan, pusat industri serta pusat transportasi regional di Jawa Tengah. Terjadi spesifikasi wilayah, seperti misalnya kawasan Johar sebagai pusat perdagangan kebutuhan pokok, elektronik dan emas, kawasan Simpang Lima sebagai pusat perbelanjaan produk industri, kawasan Mataram sebagai pusat elektronik dan otomotif serta kawasan Tugu Muda sebagai pusat perkantoran dan jasa. Selanjutnya untuk menghindari penumpukan kegiatan di “Kota Lama” dibangun pusat-pusat kegiatan baru di luar pusat kota seperti di Banyumanik untuk kawasan Semarang Selatan, Pedurungan untuk kawasan Semarang Timur dan Ngaliyan untuk kawasan Semarang Barat. Usaha ini cukup berhasil untuk menjaga keseimbangan antara pusat kota dan pinggiran.

4.2 Letak Geografis dan Keadaan Topografi

Seperti dikemukakan pada metode penelitian, secara geografis Kota Semarang terletak antara 6°56' – 7°07' LS dan antara 110°16' – 110°30' BT. Secara administratif di sebelah utara dibatasi oleh Laut Jawa, di sebelah selatan oleh Kabupaten Semarang, di sebelah barat oleh Kabupaten Kendal dan di sebelah timur oleh Kabupaten Demak.

Ditinjau dari keadaan topografinya, pada bagian utara hingga pantai merupakan dataran rendah, sedangkan di bagian selatan merupakan perbukitan. Daerah penelitian meliputi seluruh wilayah dataran rendah tersebut dengan luas wilayah 117,1 km².

4.3 Iklim

Berdasarkan data iklim dari Stasiun Klimatologi di Kota Semarang dan sekitarnya, Kota Semarang beriklim Am (menurut tipe iklim Koppen). Tipe iklim Am adalah tipe iklim yang mempunyai suhu bulan terdingin lebih dari 18 °C, dengan total curah hujan tahunan dalam satuan milimeter lebih dari 20 kali suhunya (20t). Tipe iklim Am juga menunjukkan bahwa daerah ini memiliki satu atau dua bulan kering, namun demikian curah hujan di bulan lainnya cukup tinggi, sehingga vegetasi yang ada tidak begitu terpengaruh oleh periode kering pendek tersebut.

Ditinjau dari suhu udaranya, suhu udara rata-rata tahunan di Kota Semarang adalah 27,9 °C, dengan suhu rata-rata bulanan terendah 26,7 °C terjadi pada bulan Januari dan suhu rata-rata bulanan tertinggi 28,9 °C terjadi pada bulan Desember. Ditinjau dari segi curah hujan, berdasarkan pembagian curah hujan Schmidt-Ferguson termasuk tipe C, yaitu tipe curah hujan dengan rasio antara jumlah bulan kering dan jumlah bulan basah sebesar 0,333 sampai 0,600. Ditinjau dari kelembaban udaranya, Kota Semarang memiliki kelembaban udara antara 71% dan 84%.

4.4 Geologi

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Semarang-Magelang skala 1 : 100.000, ada empat formasi geologi di Kota Semarang. Tiga formasi geologi menyusun daerah perbukitan mulai dari bawah yaitu Formasi Damar, Formasi Kalibiuk dan Formasi Breksi

Vulkanik. Formasi keempat terletak di sepanjang pantai, berupa endapan aluvium yang merupakan wilayah penelitian (Gambar 13).

Formasi Damar tersusun dari batu pasir bertufa, konglomerat, breksi vulkanik dan tufa. Batu pasir terdiri atas feldspar dan butir-butir mineral mafik dengan sedikit kuarsa. Kebanyakan tufa dan batu pasir termampatkan. Breksi terdiri atas batuan vulkanik basa, yang sebagian diendapkan sebagai lahar. Formasi ini sebagian besar bukan endapan laut, meskipun demikian pada tempat tertentu dapat ditemukan moluska dan sisa vertebrata. Lapisan pengandung fosil ini dianggap sebagai peralihan, yaitu sebagai lapisan Formasi Damar terbawah yang menutupi lapisan marin dari Formasi Kalibiuk.

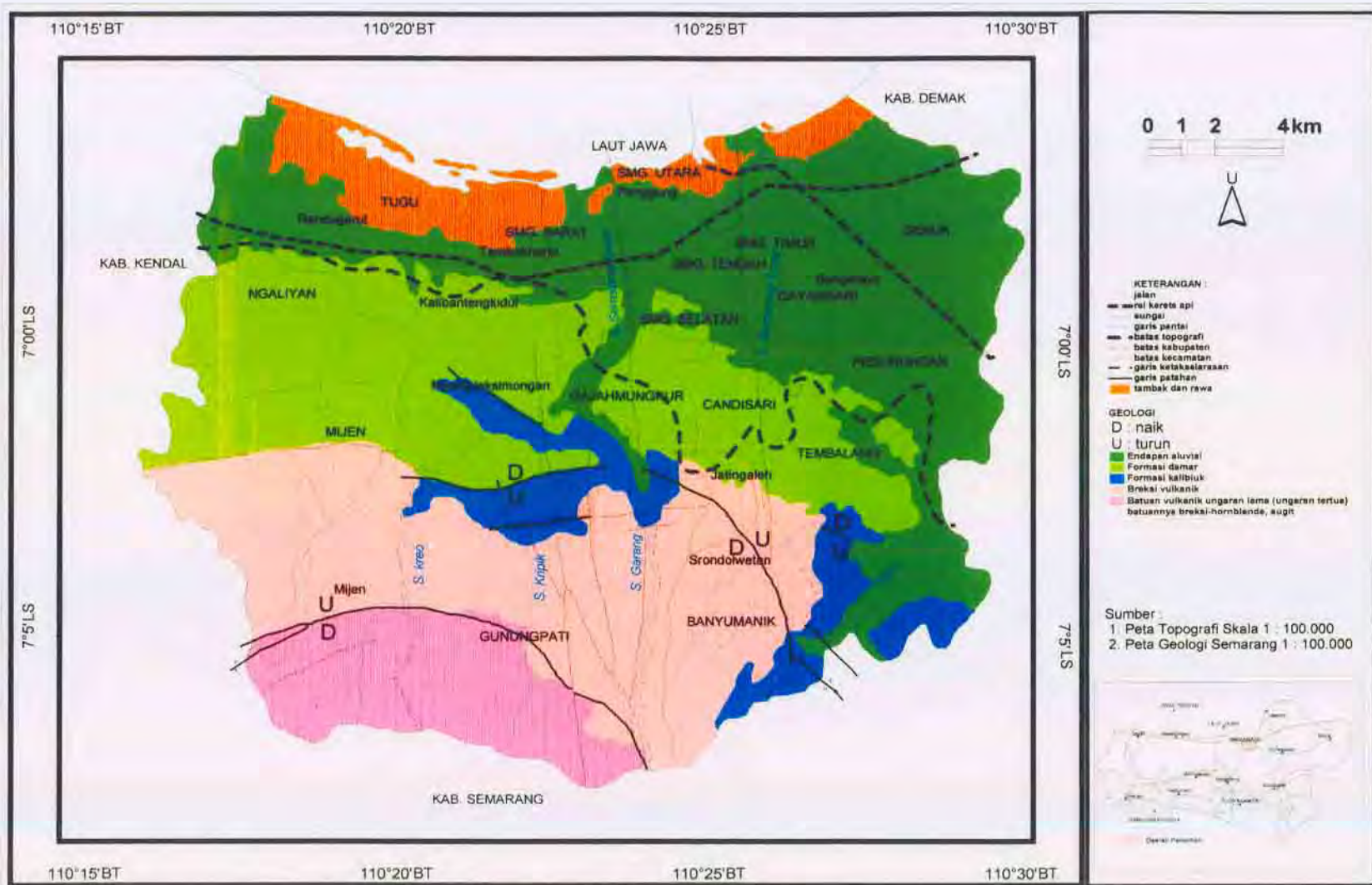
Formasi Kalibiuk tersusun dari selang-seling batu liat, napal, batu pasir, konglomerat, breksi vulkanik dan batu gamping. Dari beragam batuan penyusun lapisan ini, bagian terbesar berupa batu liat, sebagian bergamping dan napal berwarna abu-abu kebiruan atau kehijauan sampai ke abu-abu tua. Beberapa lapisan, seperti di tempat penemuan fosil berumur Miosen akhir (sekitar 17 juta tahun yang lalu) di sepanjang Kali Pengkol, mengandung butir-butir kuarsa yang sangat halus. Sebagian bersisipan dengan batu lanau atau batu pasir yang secara setempat mengandung konkresi dolomit yang melapuk berwarna merah jingga, kebanyakan berfosil foraminifera, plankton dengan sedikit moluska dan koral-koral koloni. Sebagian lagi bersisipan dengan batu pasir berbutir halus sampai kasar yang kebanyakan mengandung tufa, sedangkan kuarsa tidak banyak dijumpai. Ketebalan lapisan batu pasir bervariasi dari tipis sampai tebal, dengan lapisan berbutir halus berupa batu gamping, sedangkan lapisan konglomerat tipis yang beberapa diantaranya bersisipan dengan butir kuarsa bundar dijumpai pada batu liat di sepanjang Kali Kripik.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 13. Peta Geologi Kota Semarang

Formasi Breksi Vulkanik tersusun dari breksi vulkanik, aliran lava, tufa, batu pasir bertufa dan batu liat. Kebanyakan breksi berupa breksi aliran lahar dengan sisipan aliran kecil lava dan tufa halus sampai kasar. Satuan ini secara setempat mencakup batu pasir bertufa dan batu liat dengan moluska, yang terutama terdapat di bagian dasar dan kebanyakan tertutup oleh runtuh. Batuan vulkanik melapuk amat dalam, membentuk tanah coklat kemerahan, berbongkah besar dan keras serta mempunyai pinggiran yang melapuk. Satuan ini ketebalannya berkisar dari 50 meter di sebelah timur laut sampai lebih dari 200 meter di sebelah barat, yang mencerminkan sebagian karakteristik topografi dari tempat pengendapan satuan ini. Di bagian utara daerah ini, letak satuan ini hampir datar, membentuk gawir-gawir di atas batu liat dan napal dalam lapisan marin.

Endapan aluvium terdiri atas endapan dataran pantai, endapan sungai dan endapan danau. Endapan dataran pantai sebagian besar terdiri atas liat dan pasir dengan ketebalan yang bervariasi, umumnya 50 meter atau lebih. Delta Kali Garang terdiri atas sisipan-sisipan pasir dan liat, dengan lapisan pasir sebagai sumber air artesis jernih. Lebih dari 50% dari sumur bor yang ada, terletak pada delta ini. Kebanyakan sumur bor ini kedalamannya melampaui kedalaman lapisan air yang terdangkal, mencapai 80 meter atau lebih.

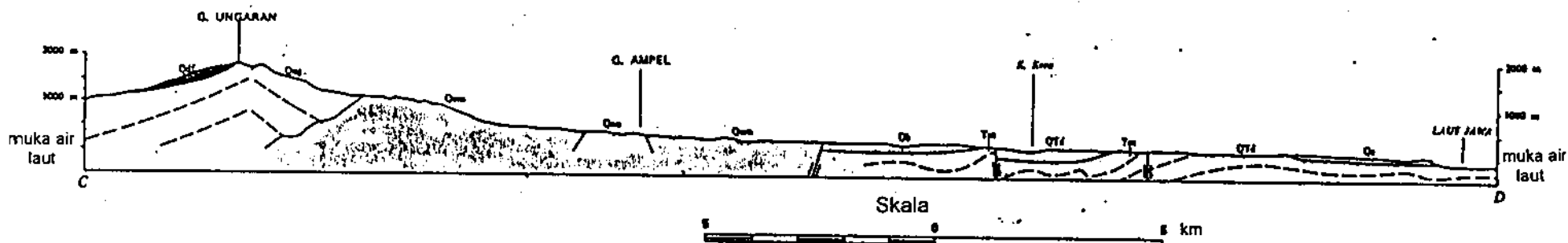
Berdasarkan pemerian geologi yang dibuat oleh Direktorat Geologi ini, dapat disimpulkan bahwa Kota Semarang sebagian besar berada pada dataran aluvial dan Formasi Damar yang berumur Pleistosen (satu juta tahun yang lalu). Formasi Damar berada menumpang pada Formasi Kalibiuk yang berumur Miosen (26 juta tahun yang lalu) dan Pliosen (12 juta tahun yang lalu). Di daerah sebelah selatan Jatingaleh, Formasi Kalibiuk mengalami pengangkatan dengan garis sesar agak melingkar mengelilingi

Gunungapi Ungaran. Pengangkatan Formasi Kalibiuk membentuk horst yang dibatasi oleh dua sesar di bagian selatan di dekat Karangjati, dan di bagian utara di dekat Jatingaleh (Gambar 14). Dari Gambar 14 ini, tampak bahwa Formasi Kalibiuk yang berbatuan liat marin memisahkan Formasi Vulkanik Ungaran dengan daerah Semarang. Akibatnya aliran air tanah dari Formasi Vulkanik Ungaran tertahan oleh Formasi Kalibiuk yang relatif kedap air, sehingga daerah Gunungapi Ungaran bukan merupakan daerah resapan bagi air tanah di Semarang. Berdasarkan keadaan ini, dapat disimpulkan bahwa daerah resapan bagi air tanah di Kota Semarang adalah dari Formasi Damar.

4.5 Hidrologi

Berdasarkan satuan wilayah hidrologinya, Kota Semarang masuk dalam wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang. DAS ini mempunyai daerah tangkapan hujan di Gunung Ungaran dan bermuara di Laut Jawa, dengan beberapa anak sungai seperti Sungai Kreo, Sungai Kripik dan Sungai Garang sendiri. Di bagian muara, Sungai Garang sering disebut sebagai Banjir Kanal Barat atau Sungai Semarang Barat. Dengan debit sebesar $45,51 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan mengalir sepanjang tahun (*perennial stream*), Sungai Garang merupakan sumber air untuk berbagai keperluan kota seperti PDAM, irigasi, industri dan sebagainya.

Disamping Sungai Garang, di Kota Semarang juga mengalir sungai-sungai kecil yang aliran airnya sangat tergantung pada musim (*intermittent*), seperti Sungai Plumbon, Sungai Beringin, Sungai Karanganyar, Sungai Penggung dan Sungai Siringin. Selain itu di bagian timur kota, mengalir sungai yang cukup besar yang disebut Banjir Kanal Timur atau Sungai Semarang Timur. Sistem hidrologi lain yang menarik di Kota Semarang adalah sistem drainase buatan yang alirannya dimasukkan ke Banjir Kanal Barat

**KETERANGAN**

- Qa : endapan aluvium
- Qtd : Formasi Damar
- Tm : Formasi Kalibuwuk
- Qb : breksi vulkanik
- Qum : batuan vulkanik "Ungaran Lama"
- Qou : Gunung Ampel
- Qug : Gunung Ungaran

Gambar 14. Penampang geologi melalui Gunung Ungaran-Gunung Ampel-Kali Kreo-Laut Jawa, yang menunjukkan pengangkatan Formasi Kalibuwuk sebagai horst (Richard 1975)

dan Banjir Kanal Timur seperti Sungai Baru, Sungai Asin, Saluran Sriwijaya dan saluran air di Jalan Kartini. Selain itu dibangun pula sejenis penampungan air (*polder*) seluas 6000 m² di depan Stasiun Kereta Api di Tawang. Meskipun demikian, ternyata bencana banjir masih sering terjadi di Kota Semarang.

Bencana banjir di Kota Semarang merupakan fenomena tahunan yang hampir selalu terjadi di musim penghujan. Selain karena disebabkan oleh genangan air akibat hujan deras yang lama, banjir juga disebabkan oleh luapan air sungai. Setidaknya ada enam sungai yang berpotensi menimbulkan banjir yaitu Sungai Garang atau Banjir Kanal Barat, Banjir Kanal Timur, Sungai Babon, Sungai Beringin, Sungai Silandak dan Sungai Penggung, sedangkan daerah-daerah yang sering mengalami banjir adalah Jalan Layur, Tanah Mas, Tambakrejo (sekitar Terminal Bus Terboyo), Muktiharjo Lor, Mangkang Wetan, Kintelan, Jalan Mpu Tantular, Jalan Sriwijaya, Mangunharjo, Wonosari, Krobokan, Pengapon, Sawah Besar, sekitar Sungai Penggung, sekitar Sungai Babon, Pasar Waru, Telogosari, Jalan Sirajudin dan Penggaron Lor.

Ditinjau dari kondisi air tanahnya, di Kota Semarang terdapat dua jenis akuifer, yaitu akuifer bebas (*unconfined aquifer*) dan akuifer semi tertekan (*semi unconfined aquifer*). Akuifer bebas menempati dataran aluvial pantai, asosiasi kipas aluvial, dan dataran banjir. Kedalaman akuifer ini antara satu hingga lima meter dari permukaan tanah, yang semakin mendekati pantai kedalaman air tanahnya semakin dangkal. Daerah resapan air (*recharge area*) bagi akuifer bebas ini berasal dari Formasi Damar.

Akuifer semi tertekan atau yang sering pula disebut akuifer bocor terdapat di delta Kali Garang. Karena telah tercemarnya air tanah di akuifer bebas oleh air asin, saat ini penduduk banyak membuat sumur bor dengan kedalaman lebih dari 50 meter

menembus lapisan akuifer ini. Berdasarkan data dari Direktorat Geologi Tata Lingkungan Bandung, pada tahun 1990 saja telah terdapat 700-800 sumur bor dalam.

Selain dari sumur gali dan sumur bor, sumber air untuk keperluan sehari-hari di Kota Semarang adalah dari Perusahaan Air Minum Daerah (PDAM). Sayangnya, selama ini PDAM hanya mampu melayani sekitar 38,4% dari seluruh penduduk Semarang, dan itupun umumnya hanya terdapat di pusat kota. Pada Tabel 7 ditunjukkan banyaknya sambungan, pemakaian dan penjualan air minum di PDAM Kota Semarang, yang dirinci menurut jenis pelanggan.

Tabel 7. Banyaknya sambungan, pemakaian dan penjualan air minum menurut jenis pelanggan di PDAM Kota Semarang tahun 2002

Jenis pelanggan	Jumlah pelanggan	Pemakaian air (m ³)	Penjualan air (rupiah)
Sosial	2.253	1.239.590	792.118.000
Non Niaga	102.707	26.101.918	20.231.567.000
Niaga	5.406	1.832.247	4.162.241.000
Industri	171	165.849	695.361.000
Lembaga Pendidikan	0	0	0
Warung Air	0	0	0
Instansi Pemerintah	785	1.183.476	1.703.848.000
Pelabuhan	2	17.734	77.143.000
Hilang saat penyaluran		19.795.789	
Jumlah	111.324	50.336.603	27.572.278.000

Sumber : PDAM Kota Semarang, 2002

Dilihat dari jumlah sambungannya, ternyata dari tahun ke tahun tidak terjadi peningkatan yang berarti. Pada Tabel 8 ditunjukkan perkembangan banyaknya sambungan, jumlah pemakaian air dan penjualan air dari tahun 1997-2002.

4.6 Tanah

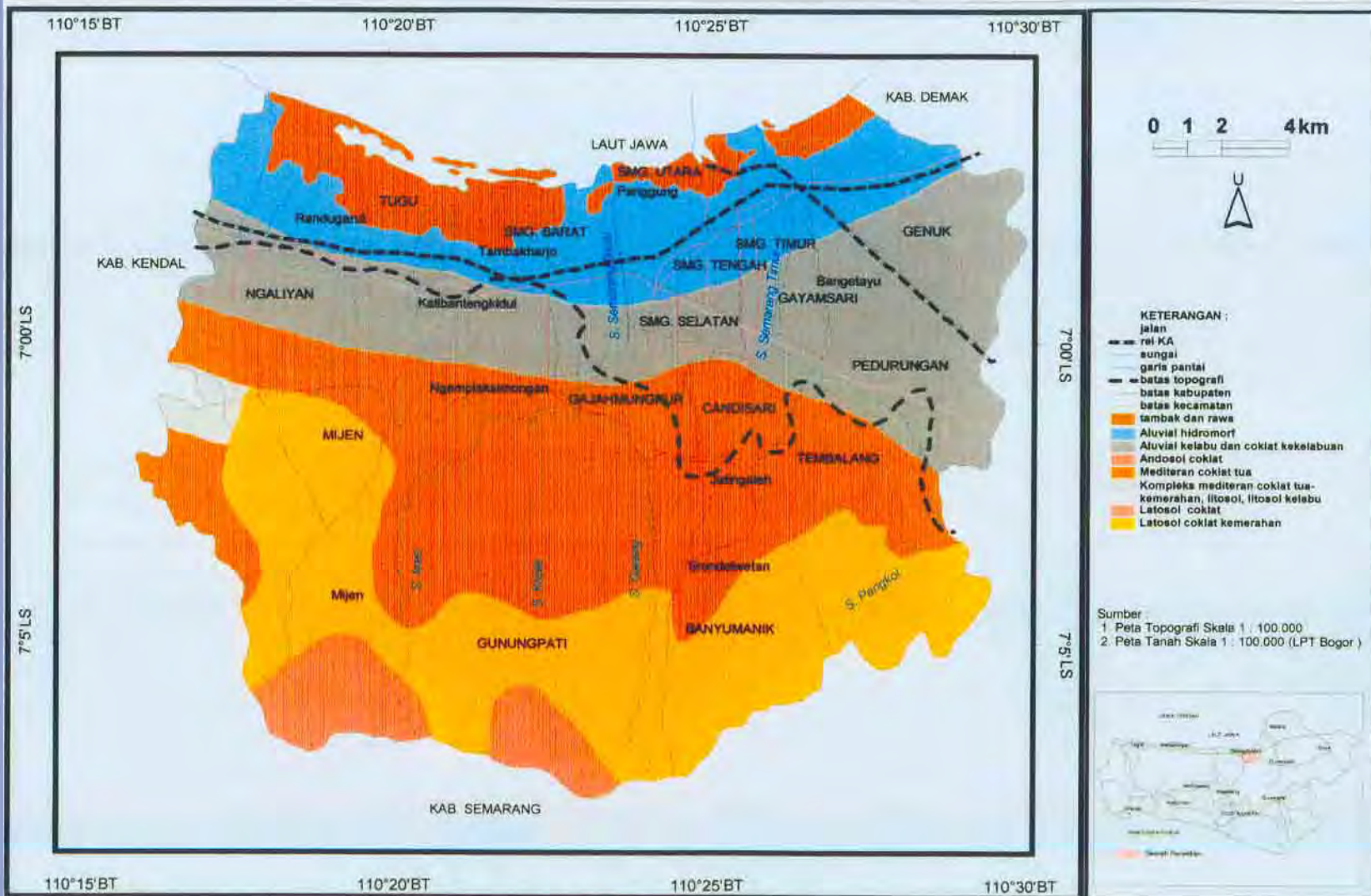
Di daerah penelitian terdapat tiga macam tanah, yaitu aluvial hidromorf, aluvial kelabu serta aluvial coklat (Gambar 15). Jenis aluvial hidromorf merupakan tanah muda,

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University



Gambar 15. Peta Tanah Kota Semarang

Tabel 8. Perkembangan banyaknya sambungan, jumlah pemakaian dan penjualan air di PDAM Kota Semarang tahun 1997-2002

Tahun	Jumlah pelanggan	Pemakaian air (m ³)	Penjualan air (rupiah)
1997	105.168	50.066.667	22.653.469.000
1998	107.112	48.407.307	26.030.014.215
1999	108.728	49.185.471	29.612.326.225
2000	110.536	51.211.385	29.489.638.000
2001	111.324	50.336.603	27.572.278.000
2002	111.324	50.336.603	27.572.278.000

Sumber : PDAM Kota Semarang, 2002

sehingga belum terbentuk pembagian horison yang jelas. Tekstur liat hingga berpasir dengan struktur pejal dan sangat peka erosi. Konsistensi teguh dengan pH antara 4,5 dan 6,0. Endapan sungai waktu banjir adalah bahan asal dari tanah yang terdapat pada daerah dengan topografi dataran ini. Di daerah penelitian, tanah ini tersebar di sepanjang pantai, dengan lebar antara 1,75 km dan 2,25 km dari garis pantai.

Jenis aluvial kelabu dan aluvial coklat berasal dari aluvium. Struktur tanah pejal, tekstur geluh berpasir (*sandy loam*) hingga geluh berliat (*clay loam*). Konsistensi teguh dan permeabilitas sedang. Di daerah penelitian tanah ini tersebar pada topografi dataran mulai batas selatan aluvial hidromorf hingga kaki perbukitan rendah bagian utara.

4.7 Penggunaan Lahan

Berdasarkan data dari Biro Pusat Statistik (BPS) Kota Semarang tahun 2002, penggunaan lahan terbesar di Kota Semarang adalah permukiman yang mencapai 13.298,07 ha atau 35,59% dari total wilayah kota (Tabel 9). Urutan kedua adalah sebagai tegalan dan kebun yaitu sebesar 9.376,66 ha atau 25,09%, disusul tanah kering lainnya sebesar 9.040,16 ha atau 24,199%, sawah sebesar 3.658,46 ha atau 9,79%, dan terakhir tambak dan rawa sebesar 1.997,15 atau 5,34%. Selanjutnya pada Tabel 10 ditunjukkan

Tabel 9. Jenis penggunaan lahan di Kota Semarang menurut Biro Pusat Statistik (BPS) Kota Semarang tahun 2002

Kecamatan	Sawah (ha)	Permukiman (ha)	Tegalan & kebun (ha)	Tambak & rawa (ha)	Tanah kering lainnya (ha)	Jumlah (ha)
Mijen	1.008,89	822,88	2.056,79	17,34	2.309,35	6.215,25
Gunungpati	1.386,00	1.195,00	2.693,0	0	125,09	5.399,09
Banyumanik	99	430,00	656,58	0	1.327,48	2.513,06
Gajahmungkur	0	691,63	6,97	0	66,38	764,98
Smg Selatan	0	474,39	2,50	0	371,16	848,05
Candisari	0	494,39	19,98	0	41,14	555,51
Tembalang	432,00	2.085,40	1.120,80	0	781,80	4.420,00
Pedurungan	67,00	1.507,00	388,00	0	110,00	2.072,00
Genuk	38,00	1.118,71	1.124,14	208,40	249,19	2.738,44
Gayamsari	19,00	414,84	2,50	10,65	102,48	549,47
Smg Timur	0	693,58	0	0	76,67	770,25
Smg Utara	0	837,37	0	87,82	208,09	1.133,28
Smg Tengah	0	527,55	5,48	0	71,96	604,99
Smg Barat	18,57	1.079,61	53,61	94,41	1.140,51	2.386,71
Tugu	460,00	418,00	48,20	1.578,53	624,62	3.129,35
Ngaliyan	130,00	507,73	1.198,00	0	1.434,24	3.269,98
Jumlah	3.658,46	13.298,07	9.376,55	1.997,15	9.040,16	37.370,39
Persentase	9,79%	35,59%	25,09%	5,34%	24,19%	100%

perubahan penggunaan lahan antara tahun 1983 – 2002, sedangkan distribusinya ditunjukkan pada Gambar 16.

Berdasarkan Tabel 10, terlihat bahwa dari tahun 1983-2002 terjadi pertambahan wilayah permukiman sebesar 2.116,07 ha serta tegalan dan kebun sebesar 2.313,18 ha. Di lain pihak terjadi pengurangan lahan sawah sebesar 2.359,54 ha, rawa dan tambak sebesar 426,85 ha dan tanah kering lainnya sebesar 1642,86 ha.

4.8 Penduduk dan Permukiman

Berdasarkan data dari Kantor Statistik Kota Semarang, pada tahun 2002 penduduk Kota Semarang telah mencapai 1.350.005 jiwa, dengan 671.113 laki-laki dan 678.892 perempuan. Jumlah penduduk terbesar di Kecamatan Semarang Barat yaitu 148.753 jiwa, sedangkan jumlah penduduk terkecil di Kecamatan Tugu dengan 24.400

Tabel 10. Perubahan penggunaan lahan di Kota Semarang tahun 1983-2002

Tahun	Sawah (ha)	Permukiman (ha)	Tegalan & kebun (ha)	Tambak & rawa (ha)	Tanah kering lainnya (ha)	Jumlah (ha)
1983	6.018,00	11.182,00	7.063,37	2.424,00	10.683,02	37.370,39
1984	6.045,47	11.198,76	6.822,37	2.389,52	10.914,27	37.370,39
1985	6.470,75	12.093,27	4.735,41	2.378,01	11.692,95	37.370,39
1986	6.380,73	12.201,95	8.131,37	2.329,82	8.326,52	37.370,39
1987	6.369,73	11.903,49	6.089,66	2.270,46	10.737,05	37.370,39
1988	5.283,26	13.204,32	4.436,96	2.244,24	12.201,61	37.370,39
1989	4.794,95	14.021,87	6.203,03	2.167,24	10.183,30	37.370,39
1990	4.681,59	14.719,06	4.195,41	2.074,18	11.700,15	37.370,39
1995	4.176,50	13.914,00	9.567,10	2.127,67	7.585,12	37.370,39
1996	4.039,90	13.628,08	8.599,21	2.931,63	8.171,57	37.370,39
1997	4.174,65	13.906,11	8.522,29	1.203,72	9.563,63	37.370,39
1998	4.046,33	14.808,90	8.591,55	1.994,35	7.929,26	37.370,39
1999	4.003,83	14.809,15	8.500,26	2.004,28	8.052,97	37.370,39
2000	3.778,43	15.124,15	7.402,57	1.988,54	9.075,70	37.370,39
2001	3.455,71	15.126,23	8.496,40	1.996,88	8.295,17	37.370,39
2002	3.658,46	13.298,07	9.376,55	1.997,15	9.040,16	37.370,39

jiwa. Pada Tabel 11 ditunjukkan jumlah penduduk di Kota Semarang berdasarkan pencatatan tahun 2002, sedangkan pada Tabel 12 ditunjukkan perkembangan penduduk dari tahun 1997 hingga 2002.

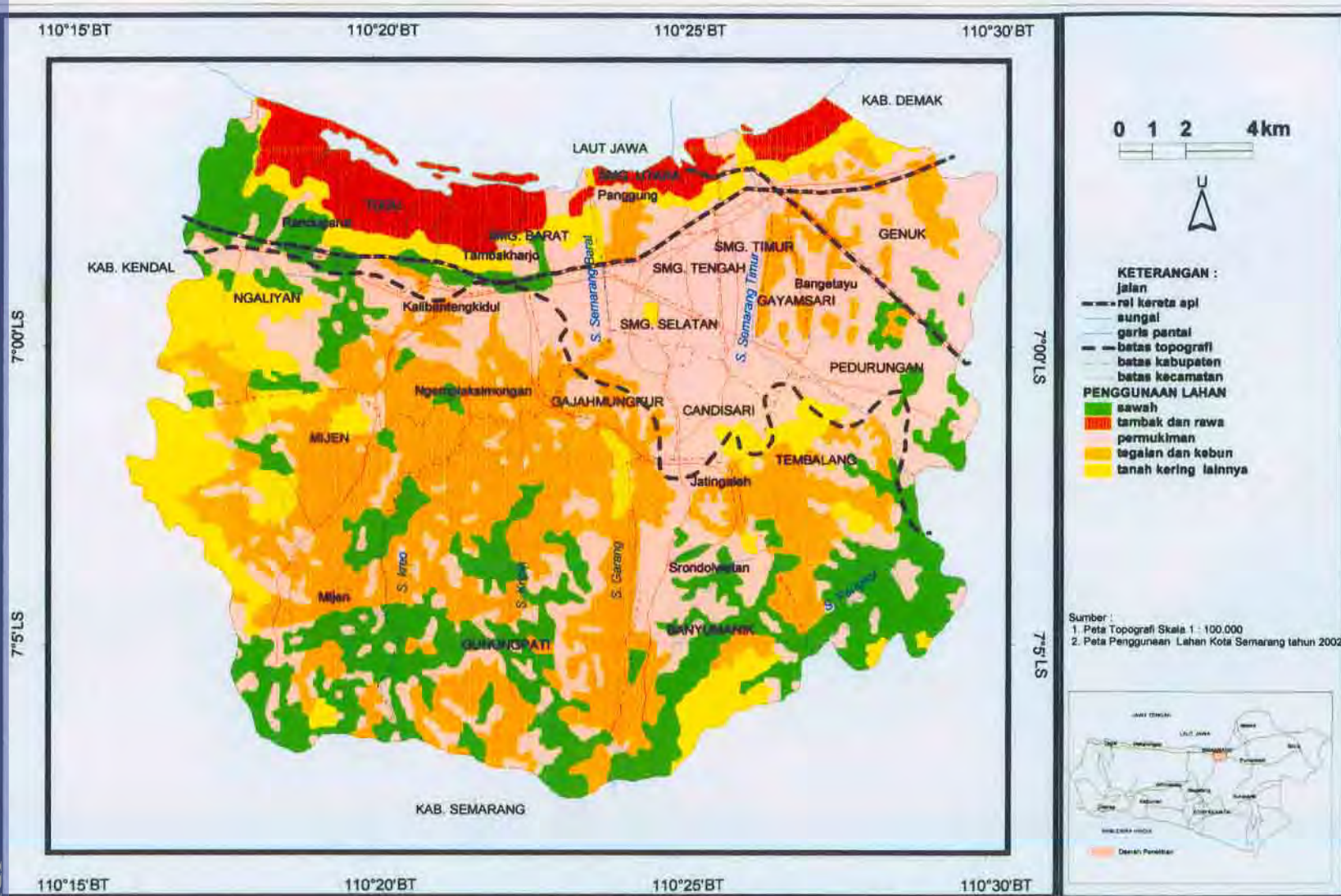
Tabel 11. Jumlah penduduk di Kota Semarang tahun 2002

No.	Kecamatan	Laki-laki (jiwa)	Perempuan (jiwa)	Jumlah penduduk (jiwa)
1.	Mijen	19.587	19.256	38.843
2.	Gunungpati	29.012	29.118	58.130
3.	Banyumanik	53.993	52.841	106.834
4.	Gajahmungkur	29.254	29.228	58.482
5.	Smg Selatan	42.115	41.988	84.103
6.	Candisari	39.139	39.197	78.336
7.	Tembalang	53.425	52.665	106.090
8.	Pedurungan	70.323	71.372	141.695
9.	Genuk	31.920	31.984	63.904
10.	Gayamsari	31.662	32.442	64.104
11.	Smg Timur	41.187	42.857	84.044
12.	Smg Utara	59.456	63.473	122.929
13.	Smg Tengah	37.270	39.540	76.810
14.	Smg Barat	74.302	74.451	148.753
15.	Tugu	12.236	12.164	24.400
16.	Ngaliyan	46.232	46.316	92.548
	Jumlah	671.113	678.892	1.350.005

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Dilarang meminumunikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 16. Peta Penggunaan Lahan Kota Semarang Tahun 2002

Tabel 12. Perkembangan penduduk Kota Semarang tahun 1997-2002

Tahun	Penduduk laki-laki (jiwa)	Penduduk perempuan (jiwa)	Jumlah penduduk (jiwa)
1997	626.450	635.479	1.261.929
1998	632.654	640.896	1.273.550
1999	641.493	648.666	1.290.159
2000	651.315	658.352	1.309.667
2001	657.274	665.046	1.322.320
2002	671.113	678.892	1.350.005

Berdasarkan kepadatan penduduknya, penduduk terpadat terdapat di Kecamatan Candisari, dengan kepadatan 14.243 jiwa/km². Penduduk terenggang terdapat di Kecamatan Mijen, dengan kepadatan 626 jiwa/km². Pada Tabel 13 ditunjukkan data kepadatan penduduk Kota Semarang menurut BPS Kota Semarang tahun 2002.

Tabel 13. Kepadatan penduduk Kota Semarang tahun 2002

No.	Kecamatan	Luas (km ²)	Kepadatan penduduk (jiwa/km ²)
1.	Mijen	62,1	626
2.	Gunungpati	53,9	1.079
3.	Banyumanik	25,1	4.256
4.	Gajahmungkur	7,7	7.595
5.	Smg Selatan	8,5	9.895
6.	Candisari	5,5	14.243
7.	Tembalang	44,2	2.400
8.	Pedurungan	19,8	7.156
9.	Genuk	27,4	2.332
10.	Gayamsari	6,4	10.016
11.	Smg Timur	7,7	10.915
12.	Smg Utara	11,3	10.879
13.	Smg Tengah	6,0	12.802
14.	Smg Barat	23,9	6.224
15.	Tugu	31,3	780
16.	Ngaliyan	32,6	2.839
	Jumlah	373,4	

Dilihat dari kondisi permukimannya, Kecamatan Pedurungan mempunyai jumlah perumahan terbesar yaitu 32.420 rumah, sedangkan Kecamatan Tugu memiliki jumlah rumah paling sedikit yaitu 5.000 rumah. Ditinjau dari kepadatan perumahannya, Kecamatan Candisari mempunyai kepadatan terbesar yaitu 2.830 rumah/km², sedangkan Kecamatan Tugu mempunyai kepadatan terkecil yaitu 160 rumah/km². Data selengkapnya mengenai kepadatan permukiman dan perkembangan jumlah rumah berdasarkan data tahun 2002 ditunjukkan pada Tabel 14 dan 15, sedangkan pada Gambar 17 ditunjukkan distribusi kepadatan penduduk menurut data tahun 2002.

Tabel 14. Jumlah rumah dan kepadatan permukiman Kota Semarang tahun 2002

No.	Kecamatan	Jumlah rumah	Kepadatan permukiman (rumah/km ²)
1.	Mijen	10.582	170
2.	Gunungpati	12.935	240
3.	Banyumanik	18.530	738
4.	Gajahmungkur	10.447	1.357
5.	Smg Selatan	16.225	1.909
6.	Candisari	15.566	2.830
7.	Tembalang	29.882	676
8.	Pedurungan	32.420	1.637
9.	Genuk	12.269	448
10.	Gayamsari	11.749	1.836
11.	Smg Timur	18.085	2.349
12.	Smg Utara	28.209	2.496
13.	Smg Tengah	15.237	2.540
14.	Smg Barat	31.141	1.303
15.	Tugu	5000	160
16.	Ngaliyan	22.788	699
	Jumlah	291.167	

4.9 Penyakit

Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Dinas Kesehatan Kota Semarang tahun 2002, penyakit diare merupakan jenis penyakit yang paling sering diderita oleh penduduk Kota Semarang, yaitu sebanyak 27.952 kasus. Kemudian disusul penyakit malaria

Tabel 15. Perkembangan jumlah rumah Kota Semarang tahun 1997-2002

Tahun	Jumlah rumah
1997	262.968
1998	270.061
1999	275.895
2000	277.956
2001	285.527
2002	291.167

dan pneumonia sebesar 1107 kasus dan 695 kasus (Tabel 16). Disamping kedelapan jenis penyakit tersebut, penyakit lain hanya terjadi di bawah 10 kasus seperti HIV 3 kasus dan AFP sebanyak 8 kasus, sedangkan kolera, disentri, tifoid, pertusis, tetanus, AIDS dan polio tidak ditemui pada tahun tersebut.

Tabel 16. Delapan besar penyakit yang paling sering diderita penduduk Kota Semarang tahun 2002

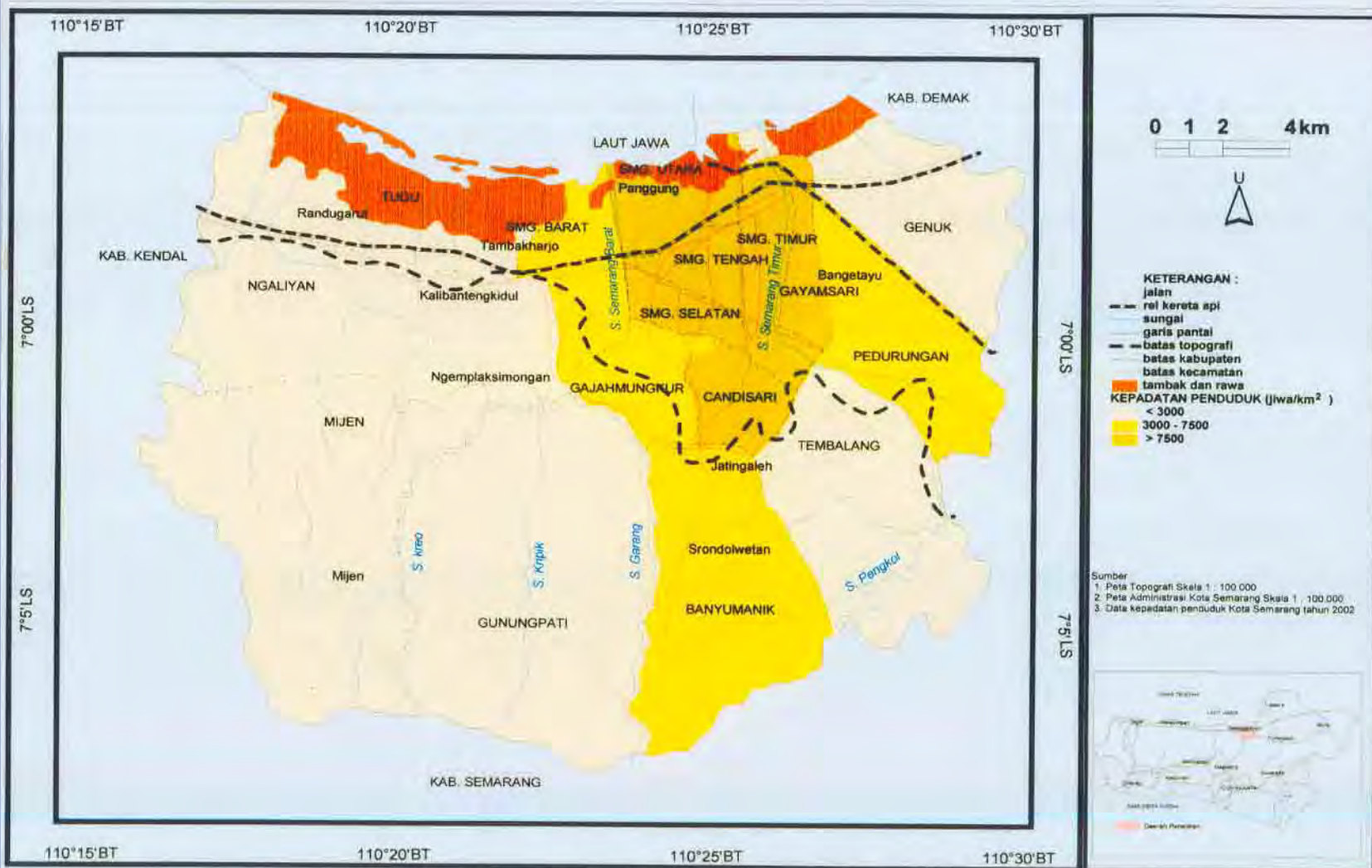
Kecamatan	Jumlah kasus							
	DHF	Malaria	TB Paru	Kusta	Diare	Pneumonia	Difteri	Hepatitis
Mijen	3	0	25	0	606	52	0	0
Gunungpati	9	0	20	2	727	30	0	0
Banyumanik	42	0	19	0	2375	83	3	10
Gajahmungkur	22	0	5	1	557	0	1	0
Smg Selatan	53	154	12	0	1267	0	5	0
Candisari	59	0	10	1	1760	0	1	0
Tembalang	71	0	9	2	1836	0	1	20
Pedurungan	80	0	15	0	5528	57	10	0
Genuk	55	713	31	3	1651	292	0	0
Gayamsari	31	1	9	1	1127	31	0	0
Smg Timur	26	0	13	1	2140	15	1	0
Smg Utara	43	62	19	0	1453	32	1	0
Smg Tengah	27	0	9	0	1394	0	1	0
Smg Barat	47	139	40	0	2367	80	4	0
Tugu	12	0	16	0	467	23	0	0
Ngaliyan	27	38	41	0	1327	0	1	0
RSU	0	0	0	0	1367	0	0	0
Jumlah	607	1107	292	11	27952	695	29	30
Σkasus/100000 penduduk	45,5	83,1	21,9	0,8	2097,8	52,2	2,1	2,2

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

2. Dilarang menyalin dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 17. Peta Kepadatan Penduduk Kota Semarang Tahun 2002

5 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Sebelum sampai pada pembahasan mengenai distribusi air asin di daerah penelitian, akan dilakukan terlebih dahulu deskripsi distribusi tiap-tiap parameter fisik dan kimia air tanah. Hal ini perlu dilakukan untuk mengetahui sumbangan masing-masing parameter tersebut terhadap kondisi kualitas air tanah di daerah penelitian secara keseluruhan. Pembahasan fenomena ini menggunakan analisis spasial (*spatial approach*).

5.1 Distribusi Parameter Fisik

5.1.1 Daya Hantar Listrik (DHL)

Daya hantar listrik (DHL) menunjukkan kemampuan air untuk menghantarkan listrik, yang tergantung dari besarnya konsentrasi ion dan suhu air (Saeni 1989). Oleh karena itu kenaikan padatan terlarut akan mempengaruhi kenaikan DHL. Suatu perairan alami mempunyai kisaran DHL antara 50 $\mu\text{mhos/cm}$ dan 1500 $\mu\text{mhos/cm}$. Menurut Walton (1970), air yang mempunyai nilai DHL lebih dari 2000 $\mu\text{mhos/cm}$ akan terasa asin, sehingga tidak dapat digunakan sebagai sumber air minum.

Hasil pengukuran di lapangan menunjukkan air tanah di daerah penelitian mempunyai nilai DHL terendah sebesar 393 $\mu\text{mhos/cm}$, dan tertinggi mencapai 9210 $\mu\text{mhos/cm}$. Nilai DHL rata-rata sebesar 2128,6 $\mu\text{mhos/cm}$ dengan standar deviasi 2164,5. Untuk menunjukkan distribusi air tanah berdasarkan daya hantar listriknya, air tanah di daerah penelitian diklasifikasikan menjadi empat kelompok. Kelompok I adalah air tanah dengan DHL ≤ 600 $\mu\text{mhos/cm}$, kelompok II adalah air tanah dengan DHL 601 – 1200 $\mu\text{mhos/cm}$, kelompok III adalah air tanah dengan DHL 1201 - 3000 $\mu\text{mhos/cm}$ dan kelompok IV adalah air tanah dengan DHL > 3000 $\mu\text{mhos/cm}$.

Distribusi air tanah berdasarkan nilai DHL nya ditunjukkan pada Gambar 18. Dari gambar tersebut terlihat bahwa air tanah dengan DHL sangat tinggi (kelompok IV) meliputi daerah penelitian bagian utara, yaitu di Kecamatan Tugu bagian utara, Semarang Barat bagian utara, Semarang Utara bagian utara, Semarang Timur bagian utara, Gayamsari bagian utara dan Genuk bagian utara. Daerah dengan DHL tinggi (kelompok III), terdapat di Kecamatan Tugu bagian tengah, Semarang Utara bagian selatan, Semarang Tengah bagian utara, Semarang Timur bagian tengah, Gayamsari bagian tengah, Genuk bagian selatan dan Pedurungan bagian timur. Daerah dengan DHL agak tinggi (kelompok II) terdapat pada air tanah di Kecamatan Semarang Tengah bagian selatan, Semarang Selatan, Semarang Timur bagian selatan, Gayamsari bagian selatan dan Pedurungan bagian barat. Daerah dengan DHL rendah (kelompok I) umumnya terdapat di bagian selatan daerah penelitian, yaitu di Kecamatan Tugu bagian selatan, Semarang Barat bagian selatan, Gajahmungkur dan Candisari. Berdasarkan deskripsi ini, dapat diketahui bahwa faktor jarak dari pantai sangat menentukan tinggi rendahnya nilai DHL air tanah di daerah penelitian. Semakin dekat jarak suatu daerah dari pantai, nilai DHL air tanahnya akan semakin tinggi.

Ada dua faktor yang menyebabkan tingginya nilai DHL air tanah di daerah dekat pantai. Faktor pertama adalah pengaruh laut (baik di masa lalu maupun sekarang), yang menyebabkan peningkatan kadar ion natrium dan klorida dalam air tanah, sehingga salinitas air meningkat. Seperti diketahui semakin tinggi salinitas air tanah, nilai DHL juga akan semakin meningkat.

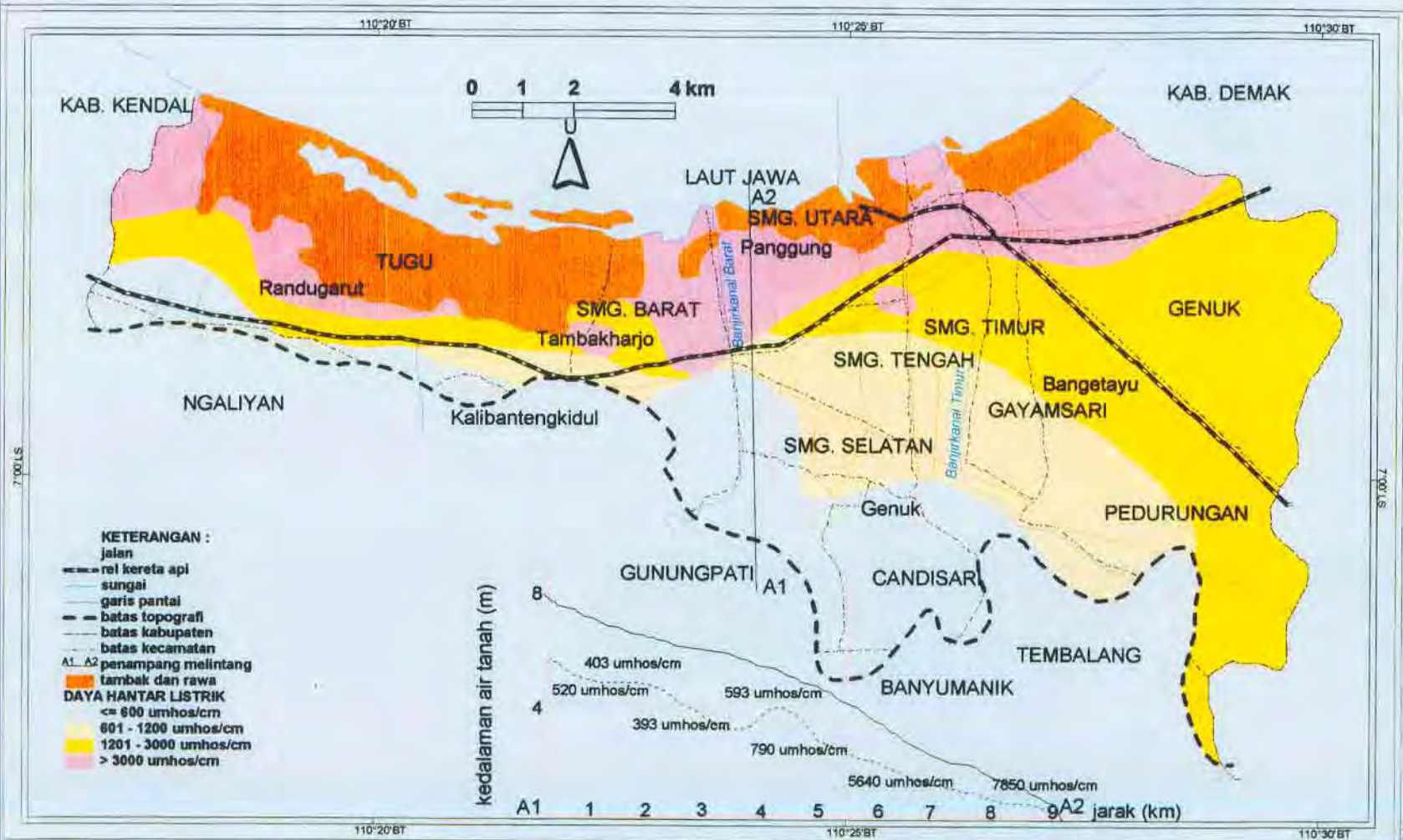
Faktor kedua adalah akibat akumulasi ion-ion dalam air tanah di daerah pantai. Dari pengamatan di lapangan, diketahui bahwa aliran air tanah di Kota Semarang mengarah ke utara atau ke arah laut. Akibatnya daerah pantai merupakan tempat

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

2. Dilarang menyalin dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 18. Peta distribusi daya hantar listrik air tanah daerah penelitian

akumulasi ion-ion yang terbawa aliran air tanah dari daerah hulu. Dengan tingginya kadar ion dalam air, DHL air tanah akan semakin meningkat.

5.1.2 Suhu

Suhu juga merupakan parameter fisik yang penting dalam penelitian tentang sifat fisik dan kimia air. Kenaikan suhu perairan antara lain dapat mempengaruhi kecepatan reaksi kimia dalam air serta kelarutan gas.

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan diketahui suhu air tanah di seluruh daerah penelitian menunjukkan variasi yang kecil. Hasil pengukuran menunjukkan air tanah di daerah penelitian mempunyai suhu terendah 28,1 °C, dan tertinggi 31,2 °C. Suhu rata-rata sebesar 28,61 °C, dengan standar deviasi 0,85. Karena kecilnya variasi suhu parameter ini tidak dianalisis secara spasial, karena tidak akan banyak artinya jika dianalisis dengan metode ini.

Meskipun variasinya kecil, tetapi ada kecenderungan bahwa semakin dalam muka air tanah pada sumur, akan semakin tinggi suhu airnya. Fenomena ini kemungkinan hanya disebabkan oleh faktor kebetulan saja, yaitu sampel air yang terdapat pada sumur dengan muka air tanah lebih dangkal terukur pada pagi atau sore hari, sedangkan sampel pada muka air yang lebih dalam terukur pada tengah hari.

5.1.3 Kekeruhan

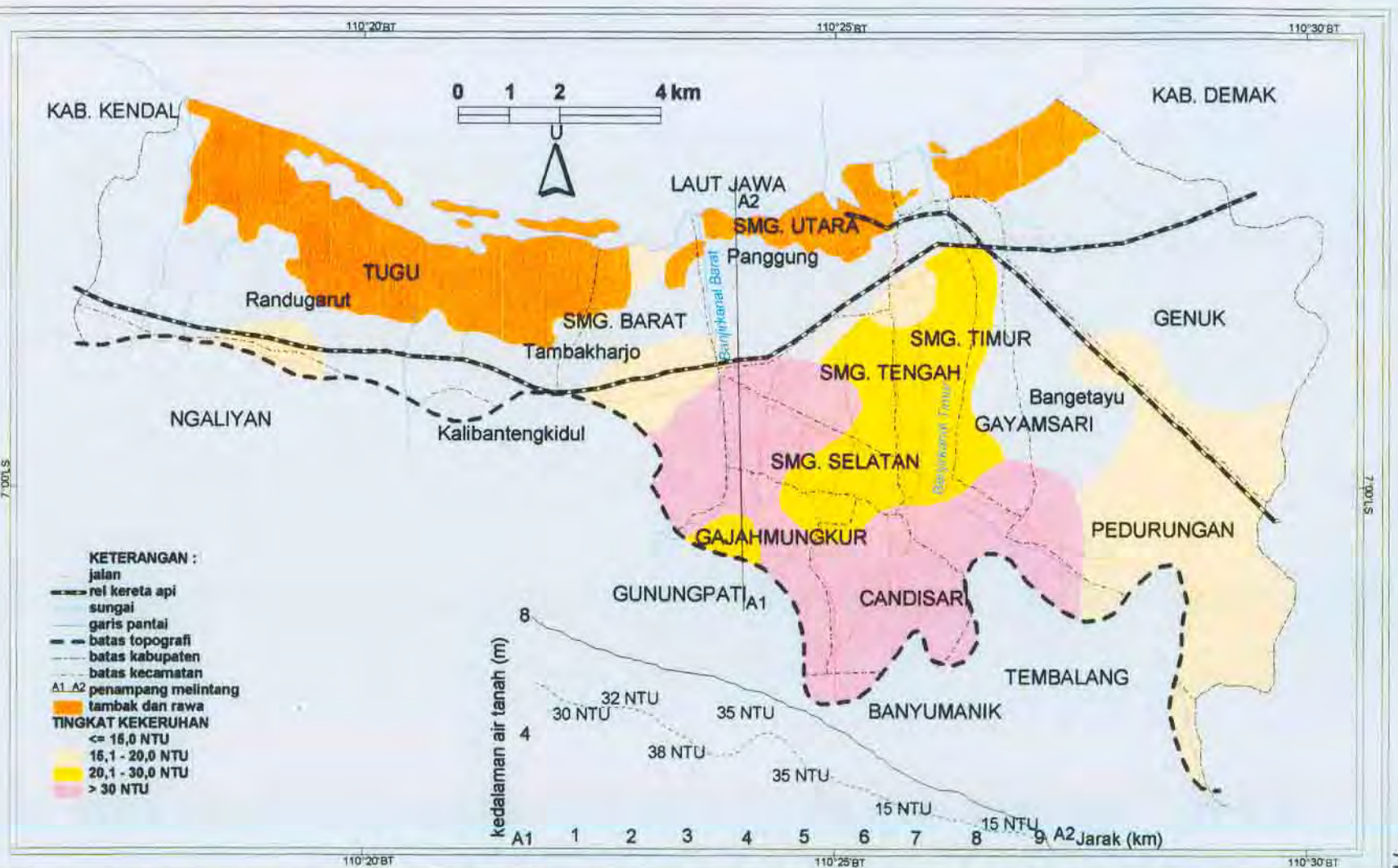
Kekeruhan air merupakan ukuran yang menunjukkan banyaknya zat tersuspensi dalam air, baik yang bersifat anorganik maupun yang organik (Sumirat 1992). Zat anorganik biasanya berasal dari pelapukan batuan dan logam, sedangkan yang organik dapat berasal dari pelapukan tanaman atau hewan. Buangan industri juga dapat

merupakan sumber kekeruhan. Pada umumnya air tanah mempunyai kekeruhan yang lebih rendah daripada air permukaan.

Hasil analisis di laboratorium menunjukkan air tanah daerah penelitian memiliki nilai kekeruhan terendah 10 NTU, dan tertinggi 45 NTU. Nilai kekeruhan rata-rata 21,8 NTU, dengan standar deviasi 9,1. Untuk menunjukkan distribusi air tanah berdasarkan kekeruhannya, air tanah di daerah penelitian diklasifikasikan menjadi empat kelompok. Kelompok I adalah air tanah dengan kekeruhan kurang atau sama dengan 15,0 NTU, kelompok II mempunyai kekeruhan 15,1 – 20,0 NTU, kelompok III mempunyai kekeruhan 20,1 – 30,0 NTU dan kelompok IV mempunyai kekeruhan lebih dari 30 NTU.

Selanjutnya distribusi air tanah berdasarkan kelompok kekeruhannya ditunjukkan pada Gambar 19. Dari gambar tersebut terlihat bahwa air tanah dengan tingkat kekeruhan sangat tinggi (kelompok IV) terdapat di daerah penelitian bagian selatan, meliputi Kecamatan Semarang Barat bagian selatan, Semarang Tengah dan Semarang Selatan bagian barat, Gajahmungkur, Candisari dan sebagian kecil wilayah Kecamatan Semarang Timur, Gayamsari dan Pedurungan. Air tanah dengan tingkat kekeruhan tinggi (kelompok III) terdapat di Kecamatan Semarang Tengah dan Semarang Selatan bagian timur, Semarang Timur dan Gayamsari bagian barat. Air tanah dengan tingkat kekeruhan agak tinggi (kelompok II) terdapat di Kecamatan Semarang Barat bagian tengah serta Pedurungan bagian selatan. Air tanah berkekeruhan rendah (kelompok I) terdapat di daerah penelitian bagian utara, meliputi Kecamatan Tugu, Semarang Barat bagian utara, Semarang Utara, Gayamsari bagian timur, Pedurungan bagian utara dan Genuk.

Hasil analisis spasial menunjukkan adanya kecenderungan bahwa air tanah dengan nilai kekeruhan tinggi dan sangat tinggi terdapat di daerah dengan kepadatan penduduk tinggi (disebabkan oleh limbah domestik maupun industri). Disamping itu ada



Gambar 19. Peta distribusi tingkat kekeruhan air tanah daerah penelitian

pula kecenderungan bahwa semakin jauh jarak suatu tempat dari pantai atau semakin mendekati perbukitan, kekeruhan air tanah akan semakin tinggi (disebabkan oleh aliran air tanah dari Formasi Kalibiuk yang mengandung gamping). Berdasarkan hasil analisis ini, kemungkinan perbedaan kepadatan penduduk dan jarak dari pantai merupakan dua faktor yang paling berpengaruh terhadap tinggi rendahnya nilai kekeruhan dalam air tanah di daerah penelitian.

5.2 Distribusi Parameter Kimia

5.2.1 pH air tanah

pH menunjukkan kadar asam atau basa dalam suatu larutan, melalui pengukuran konsentrasi ion hidrogen (Alaerts dan Santika 1984). Menurut Saeni (1989), adanya karbonat, hidroksida dan bikarbonat akan menaikkan kebasaan air, sementara adanya asam-asam mineral bebas dan asam karbonat akan menaikkan kemasaman. pH air dapat mempengaruhi jenis dan susunan zat dalam lingkungan perairan dan mempengaruhi tersedianya hara-hara serta toksisitas dari unsur-unsur renik.

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi pH. Pada umumnya pH perairan tawar berkisar antara 5,0 dan 9,0. Pada kisaran pH ini ikan air tawar masih dapat hidup. Meskipun demikian, pada keadaan alami perairan yang bersifat asam lebih banyak dibandingkan dengan perairan yang bersifat alkalis.

Hasil pengukuran di lapangan menunjukkan pH terendah pada air tanah di daerah penelitian sebesar 7,24 dan tertinggi 8,89. Nilai pH rata-rata 7,83 dengan standar deviasi 0,31. Dilihat dari nilai ini, air tanah di daerah penelitian cenderung bersifat basa, berbeda dengan kebanyakan perairan di muka bumi. Meskipun demikian, dilihat dari standar deviasinya menunjukkan variasi yang kecil, sehingga seperti halnya suhu, pH air tanah di daerah penelitian tidak dianalisis secara spasial.

Meskipun variasinya kecil, tetapi ada suatu kecenderungan bahwa semakin jauh dari pantai, pH air tanah akan semakin tinggi. Demikian pula terlihat adanya kecenderungan bahwa daerah dengan tingkat kepadatan penduduk tinggi, mempunyai air tanah dengan nilai pH yang lebih tinggi daripada yang tingkat kepadatan penduduknya rendah. Fenomena ini kemungkinan disebabkan oleh limbah rumah tangga yang pada umumnya bersifat alkalis. Jika memang demikian halnya, maka perbedaan jarak dari pantai dan kepadatan penduduk merupakan dua faktor yang sangat mempengaruhi tinggi rendahnya pH air tanah. Signifikansi pernyataan ini akan dibuktikan dalam analisis statistik.

5.2.2 Kesadahan total

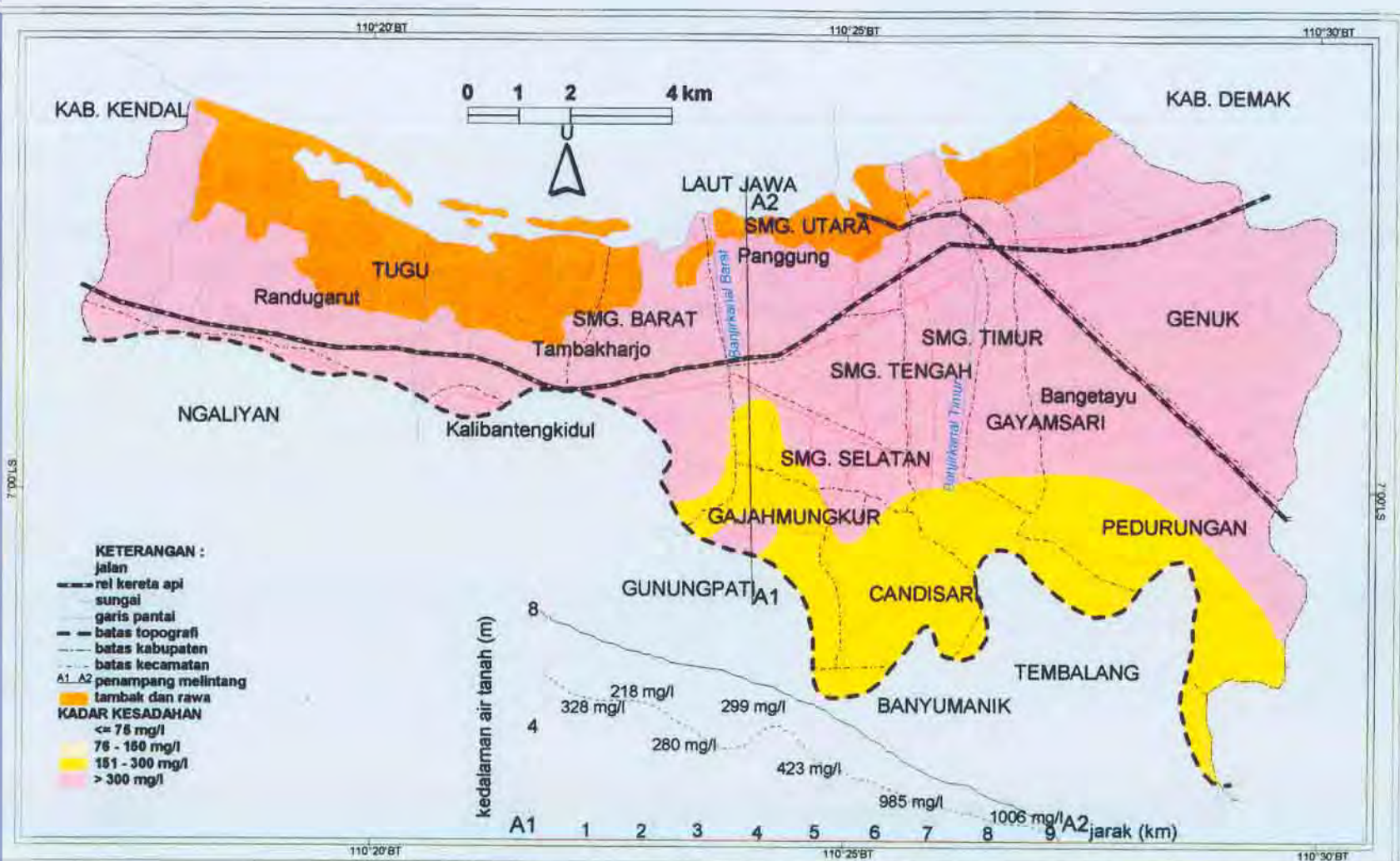
Kesadahan total dalam air terutama disebabkan oleh adanya ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} , selain itu juga oleh ion Fe^{2+} dan Mn^{2+} serta semua kation yang bermuatan dua (Alaerts dan Santika 1984). Air dengan kesadahan tinggi biasanya terdapat pada air tanah di daerah berbatuan gamping, karena merupakan sumber ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Air sadah mengakibatkan konsumsi sabun lebih tinggi, karena adanya hubungan kimiawi antara ion kesadahan dengan molekul sabun, sehingga sifat deterjen sabun hilang. Disamping itu kelebihan ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} dapat menyebabkan terbentuknya kerak pada dinding pipa oleh endapan CaCO_3 . Kerak ini akan mengurangi penampang basah pipa dan menyulitkan pemanasan air dalam ketel.

Berdasarkan konsentrasinya, Sawyer dan McCarty (1978) mengklasifikasikan nilai kesadahan menjadi empat tingkat. Air disebut mempunyai kesadahan lunak bila konsentrasinya antara 0 – 75 mg/l, agak sadah bila konsentrasinya 75 – 150 mg/l, sadah bila konsentrasinya 150 – 300 mg/l serta disebut sangat sadah bila konsentrasinya lebih dari 300 mg/l.

Hasil analisis di laboratorium menunjukkan air tanah di daerah penelitian mempunyai nilai kesadahan terendah sebesar 204 mg/l, dan kesadahan tertinggi mencapai 2380 mg/l. Nilai kesadahan rata-rata sebesar 550,6 mg/l dengan standar deviasi 336,59. Berdasarkan besarnya nilai kesadahan di dalamnya, air tanah di daerah penelitian dikelompokkan menjadi empat kelompok menurut klasifikasi Sawyer & McCarty. Kelompok I adalah air tanah dengan nilai kesadahan antara 0 – 75 mg/l, kelompok II mempunyai nilai kesadahan antara 75 – 150 mg/l, kelompok III mempunyai nilai kesadahan antara 150 – 300 mg/l serta kelompok IV mempunyai nilai kesadahan lebih dari 300 mg/l.

Distribusi air tanah berdasarkan kelompok kesadahannya ditunjukkan pada Gambar 20. Dari gambar tersebut terlihat bahwa air tanah dengan kesadahan sangat tinggi (kelompok IV) terdapat di sebagian besar daerah penelitian, meliputi Kecamatan Tugu, Semarang Barat, Semarang Utara, Semarang Tengah, Semarang Selatan, Semarang Timur bagian utara, sebagian besar Gayamsari, Pedurungan bagian utara dan Genuk. Air tanah dengan kesadahan tinggi (kelompok III), umumnya terdapat di bagian selatan daerah penelitian, yaitu di Kecamatan Gajahmungkur, sebagian kecil Semarang Timur (di bagian selatan), Pedurungan bagian selatan dan Candisari. Air tanah dengan kesadahan rendah (kelompok I) dan agak tinggi (kelompok II) tidak dijumpai di daerah penelitian.

Berdasarkan deskripsi ini, dapat diketahui bahwa faktor jarak dari pantai sangat mempengaruhi tinggi rendahnya nilai kesadahan air tanah daerah penelitian. Hasil analisis spasial menunjukkan bahwa semakin dekat jarak suatu tempat dari pantai, semakin tinggi nilai kesadahan air tanahnya. Fenomena ini disebabkan oleh pengaruh air asin di pantai yang bersifat sadah.



Gambar 20. Peta distribusi kadar kesadahan air tanah daerah penelitian

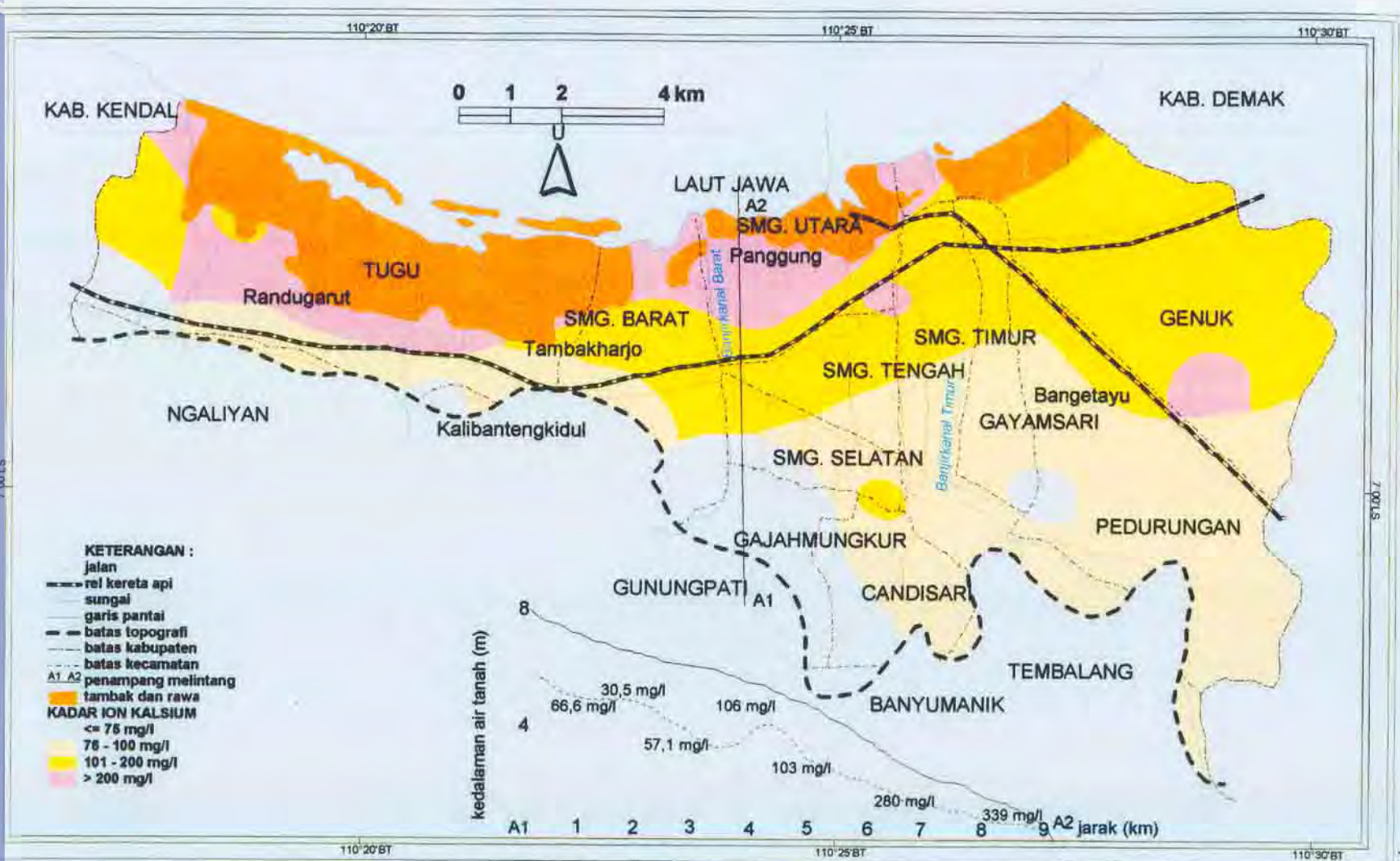
5.2.3 Kalsium dan magnesium

Pada kebanyakan air tawar, kalsium merupakan kation yang utama (Hem 1970). Kalsium banyak terkandung dalam mineral-mineral batuan beku, terutama dari rantai silikat, piroksin, amfibol dan feldspar. Kelompok mineral plagioklas feldspar, $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ mencerminkan percampuran dalam berbagai proporsi dari albit, $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ dan anortit, $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$. Kalsium juga terdapat dalam mineral silikat lain yang dihasilkan melalui metamorfose. Oleh karena itu, meskipun dengan kadar yang rendah, kalsium diperkirakan juga terdapat dalam air yang telah mengalami kontak dengan batuan metamorf. Rendahnya kadar kalsium disebabkan oleh lambatnya tingkat dekomposisi sebagian besar mineral batuan tersebut.

Menurut Todd (1980), kalsium dalam air juga dapat bersumber dari mineral gips, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; anhidrit, CaSO_4 ; kalsit, CaCO_3 ; aragonit, CaCO_3 ; dolomit, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ dan mineral liat. Kadar kalsium pada air tawar umumnya kurang dari 100mg/l.

Hasil analisis di laboratorium menunjukkan air tanah di daerah penelitian mempunyai kadar kalsium terendah sebesar 30,5 mg/l, dan tertinggi mencapai 393 mg/l. Kadar kalsium rata-rata sebesar 130,61 mg/l dengan standar deviasi 76,41. Untuk menunjukkan distribusi air tanah berdasarkan kadar kalsiumnya, air tanah di daerah penelitian diklasifikasikan menjadi empat kelompok. Kelompok I adalah air tanah dengan kadar kalsium kurang atau sama dengan 75 mg/l, kelompok II mempunyai kadar kalsium antara 75,1 – 100 mg/l, kelompok III mempunyai kadar kalsium antara 100,1 – 200 mg/l serta kelompok IV mempunyai kadar kalsium lebih dari 200 mg/l.

Selanjutnya distribusi air tanah berdasarkan kelompok kadar kalsiumnya ditunjukkan pada Gambar 21. Dari gambar tersebut terlihat bahwa air tanah dengan kadar kalsium sangat tinggi (kelompok IV) meliputi daerah penelitian bagian utara kecuali di



Gambar 21. Peta distribusi kadar kalsium air tanah daerah penelitian

bagian timur Sungai Semarang Timur. Daerah yang menunjukkan air tanah dengan kadar kalsium kelompok IV terdapat di Kecamatan Tugu bagian utara, Semarang Barat bagian utara dan Semarang Utara bagian utara. Air tanah dengan kadar kalsium tinggi (kelompok III), umumnya terdapat di bagian tengah daerah penelitian, yaitu di Kecamatan Tugu bagian barat, Semarang Barat bagian tengah, Kecamatan Semarang Utara bagian selatan, Semarang Tengah bagian utara, Semarang Timur dan Gayamsari bagian utara serta Genuk. Daerah dengan air tanah berkadar kalsium agak tinggi (kelompok II) terdapat di Kecamatan Tugu bagian selatan, sebagian kecil Semarang Barat, Semarang Timur dan Gayamsari bagian selatan, Candisari bagian timur dan Kecamatan Pedurungan. Daerah dengan air tanah berkadar kalsium rendah (kelompok I) terdapat di Kecamatan Gajahmungkur dan Kecamatan Candisari bagian barat.

Berdasarkan deskripsi ini dapat diketahui bahwa faktor jarak dari pantai sangat mempengaruhi tinggi rendahnya kadar kalsium dalam air tanah di daerah penelitian. Hasil analisis spasial menunjukkan bahwa semakin dekat jarak suatu daerah dari pantai, kadar kalsium dalam air tanah akan semakin tinggi. Kemungkinan ada tiga faktor yang menjadi penyebabnya. Pertama, faktor aliran air tanah sebagai pembawa ion kalsium dari daerah hulu (terutama dari Formasi Kalibiuk yang berbatuan gamping) dan terakumulasi di pantai. Kedua, akibat terjadinya pertukaran kation oleh air asin yang telah berada di daratan dan ketiga, akibat pelarutan mineral gips dan anhidrit dari batuan evaporit.

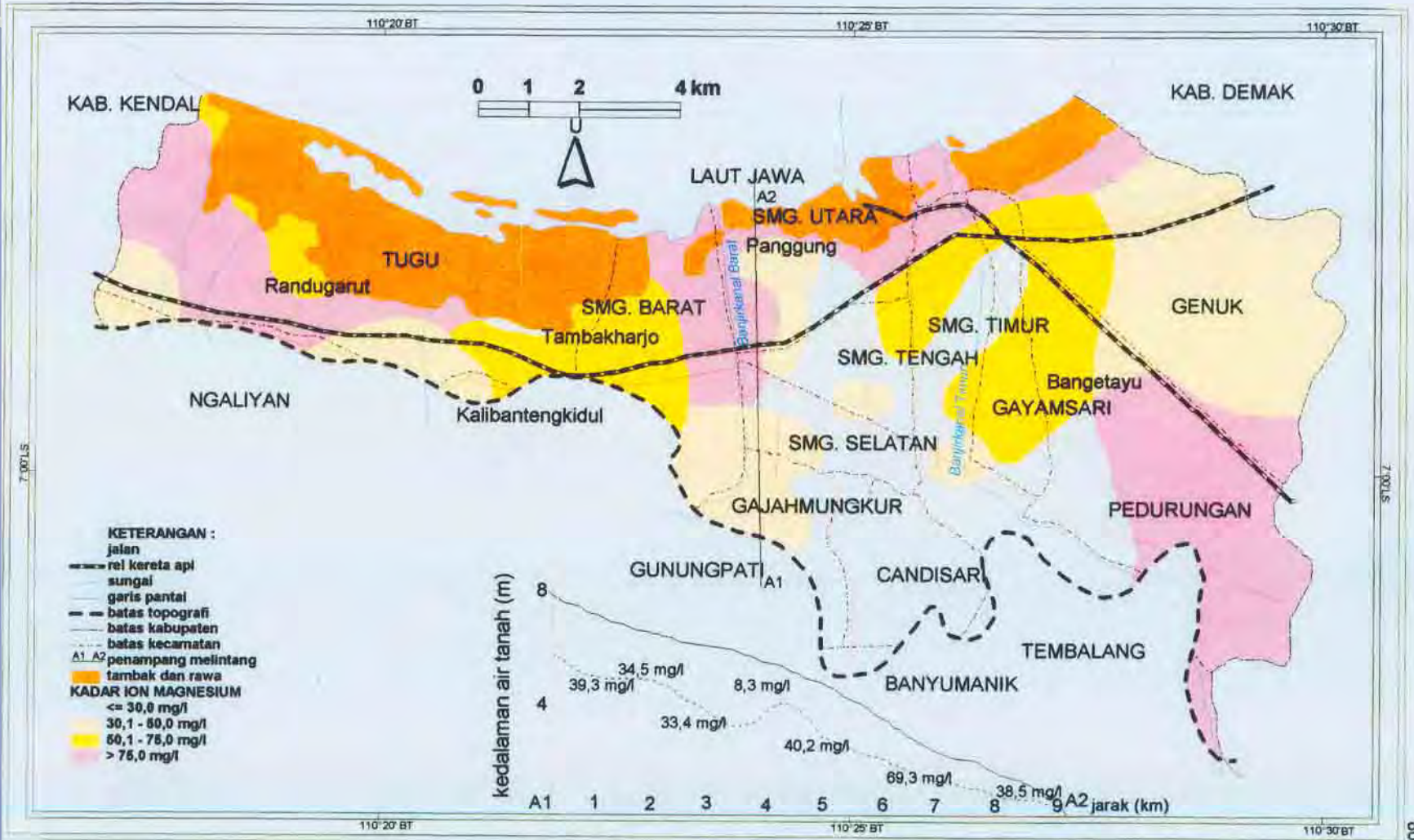
Selain kalsium, magnesium juga merupakan penyebab utama kesadahan air. Oleh karena itu, seringkali ahli-ahli kimia air cenderung menganggap bahwa sifat-sifat magnesium serupa dengan kalsium, meskipun sebenarnya sifat-sifat geokimia magnesium dan kalsium berbeda secara substantif. Sebagai contoh, ukuran ion magnesium lebih kecil daripada ion kalsium, sehingga mempunyai densitas muatan yang

lebih besar serta lebih atraktif berikatan dengan molekul air. Sumber magnesium dalam batuan beku adalah mineral ferromagnesian berwarna gelap, terutama olivin, piroksin, amfibol serta mika berwarna gelap (Hem 1970).

Menurut Todd (1980), selain mineral-mineral tersebut sumber magnesium lainnya adalah dolomit, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$; magnesit, MgCO_3 dan mineral liat. Pada air tawar, konsentrasi magnesium biasanya kurang dari 50 mg/l, sedangkan pada air laut dapat mencapai 1000 mg/l. Adanya magnesium yang berlebihan dalam air minum menimbulkan efek laksatif (seperti obat usus atau pencahar), terutama bagi pemakai baru. Meskipun demikian, kecuali pada kasus-kasus yang tidak biasanya, konsentrasi magnesium dalam air tawar hanya sekitar 10 mg/l (Saeni 1989).

Hasil analisis di laboratorium menunjukkan air tanah di daerah penelitian mempunyai kadar magnesium terendah sebesar 6,8 mg/l, dan tertinggi mencapai 417 mg/l. Kadar magnesium rata-rata sebesar 62,96 mg/l dengan standar deviasi 61,62. Untuk menunjukkan distribusi air tanah berdasarkan kadar magnesiumnya, air tanah di daerah penelitian diklasifikasikan menjadi empat kelompok. Kelompok I adalah air tanah dengan kadar magnesium kurang atau sama dengan 30,0 mg/l, kelompok II mempunyai kadar magnesium antara 30,1 - 50 mg/l, kelompok III mempunyai kadar magnesium antara 50,1 - 75 mg/l serta kelompok IV mempunyai kadar magnesium lebih dari 75 mg/l.

Selanjutnya distribusi air tanah berdasarkan kelompok kadar magnesiumnya ditunjukkan pada Gambar 22. Dari gambar tersebut terlihat bahwa air tanah dengan kadar magnesium sangat tinggi (kelompok IV) terdapat di daerah penelitian bagian utara, meliputi sebagian besar wilayah Kecamatan Tugu, Semarang Barat bagian timur, Semarang Utara bagian utara, Genuk bagian utara, sebagian kecil Semarang Timur dan Gayamsari serta Pedurungan bagian timur. Air tanah dengan kadar magnesium tinggi



Gambar 22. Peta distribusi kadar magnesium air tanah daerah penelitian

(kelompok III), terdapat di sebagian kecil wilayah Kecamatan Tugu, Semarang Barat bagian barat, Gayamsari serta sebagian kecil Semarang Timur, Genuk dan Pedurungan.

Air tanah berkadar magnesium agak tinggi (kelompok II) terdapat di sebagian kecil Kecamatan Tugu bagian selatan, Semarang Barat bagian selatan, Gajahmungkur, Semarang Utara bagian selatan, sebagian Semarang Timur dan Genuk bagian selatan.

Daerah dengan air tanah berkadar magnesium rendah (kelompok I) terdapat di Kecamatan Semarang Tengah, sebagian Semarang Timur, Semarang Selatan, Candisari, Pedurungan bagian barat dan sebagian kecil Gayamsari.

Berdasarkan deskripsi ini diketahui bahwa seperti halnya kalsium, jarak dari pantai sangat berpengaruh terhadap tinggi rendahnya kadar magnesium dalam air tanah di daerah penelitian. Semakin dekat jaraknya, semakin tinggi kadarnya. Fenomena ini disebabkan oleh adanya pengaruh air asin di pantai (yang mempermudah terjadinya pertukaran kation) serta akumulasi ion magnesium di daerah pantai yang terbawa aliran air tanah dari daerah hulu, terutama dari Formasi Kalibiuk yang berbatuan gamping.

Disamping faktor jarak dari pantai, terlihat juga adanya kecenderungan bahwa daerah yang penduduknya padat mempunyai air tanah dengan kadar magnesium yang lebih rendah daripada yang penduduknya renggang. Hal ini menunjukkan bahwa faktor alami lebih berpengaruh terhadap kadar magnesium daripada antropogenik. Fenomena ini akan dibuktikan signifikansinya secara kuantitatif menggunakan statistik.

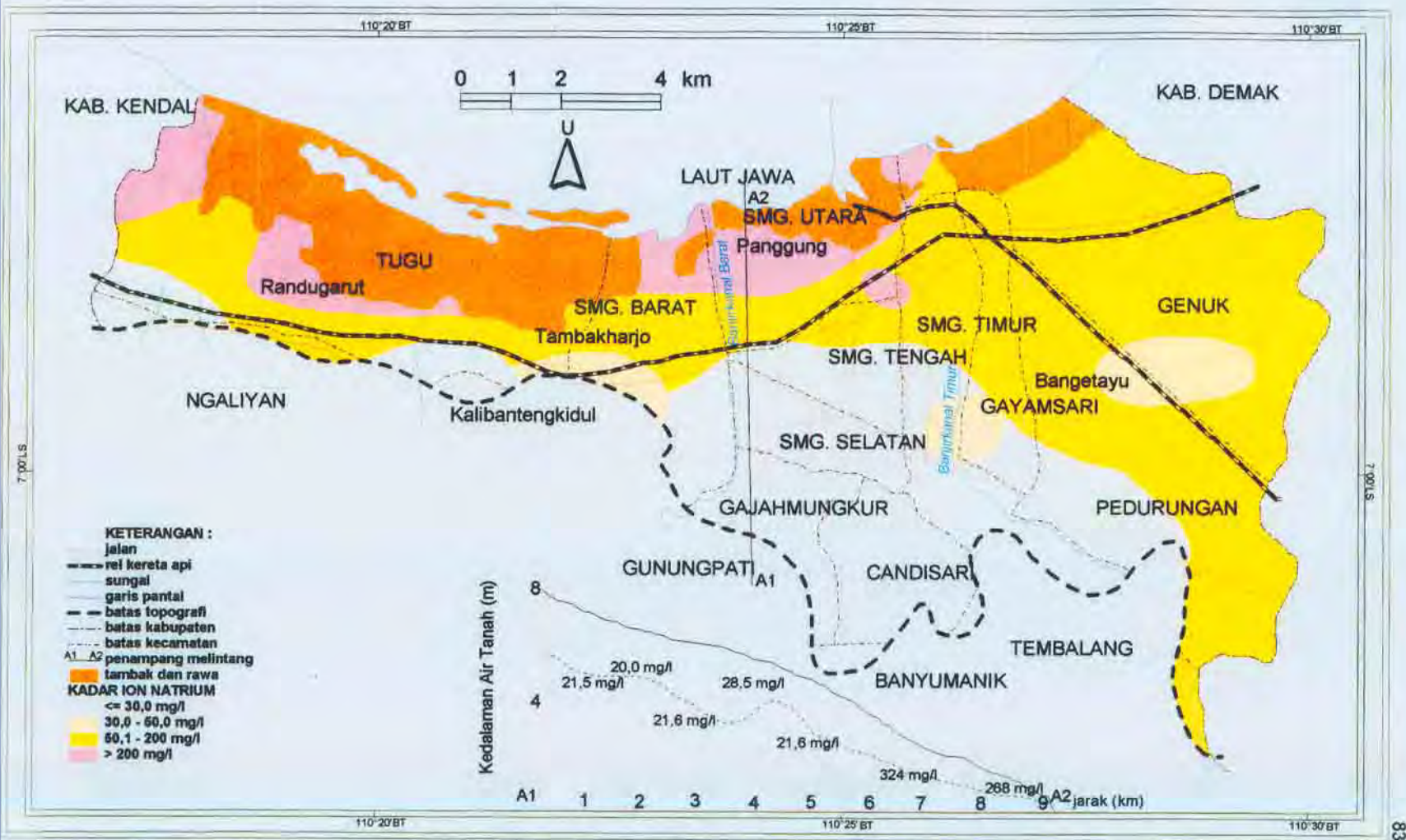
5.2.4 Natrium dan kalium

Natrium merupakan unsur logam alkali yang jumlahnya paling banyak (Hem 1970). Sumber natrium dalam air dapat berasal dari feldspar (albit, $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), mineral liat, batuan evaporit, khususnya halit, NaCl dan mirabilit, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ serta dari limbah industri. Pada air alami, konsentrasi natrium biasanya kurang dari 200 mg/l,

sedangkan pada air laut dapat mencapai 10000 mg/l (Todd 1980). Menurut Saeni (1989), konsentrasi natrium yang ditemukan dalam perairan umumnya dapat mencapai 10 mg/l atau lebih. Adanya natrium yang berlebihan dalam air, sering berasosiasi dengan salinitas yang berlebihan, sehingga dapat menyebabkan penurunan kualitas air yang serius.

Hasil analisis di laboratorium menunjukkan air tanah di daerah penelitian mempunyai kadar natrium terendah 15,3 mg/l, dan tertinggi mencapai 778,0 mg/l. Kadar natrium rata-rata sebesar 96,50 mg/l, dengan standar deviasi 140,35. Untuk menunjukkan distribusi air tanah berdasarkan kadar natriumnya, air tanah di daerah penelitian diklasifikasikan menjadi empat kelompok. Kelompok I adalah air tanah dengan kadar natrium kurang atau sama dengan 30,0 mg/l, kelompok II mempunyai kadar natrium antara 30,1 – 50,0 mg/l, kelompok III mempunyai kadar natrium antara 50,1 – 200 mg/l dan kelompok IV mempunyai kadar natrium lebih dari 200 mg/l.

Selanjutnya distribusi air tanah berdasarkan kelompok kadar natriumnya ditunjukkan pada Gambar 23. Dari gambar tersebut terlihat bahwa air tanah dengan kadar natrium sangat tinggi (kelompok IV) meliputi daerah penelitian bagian utara kecuali di bagian timur Sungai Semarang Timur. Fenomena ini serupa dengan distribusi ion kalsium. Air tanah dengan kadar natrium kelompok IV terdapat di Kecamatan Tugu bagian utara, Semarang Barat bagian utara dan Semarang Utara bagian utara. Air tanah dengan kadar natrium tinggi (kelompok III), umumnya terdapat di bagian tengah dan timur daerah penelitian, yaitu di Kecamatan Tugu bagian tengah, Semarang Barat bagian tengah, Semarang Utara bagian selatan, Semarang Tengah dan Semarang Timur bagian utara, Gayamsari, Genuk dan Pedurungan bagian timur. Daerah dengan air tanah dengan kadar natrium agak tinggi (kelompok II) hanya terdapat pada sebagian kecil daerah penelitian, yaitu di sebagian kecil Kecamatan Genuk dan Gayamsari serta sebagian kecil



Gambar 23. Peta distribusi kadar natrium air tanah daerah penelitian

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University

Semarang Barat dan Semarang Timur. Air tanah berkadar natrium rendah (kelompok I) terdapat di daerah penelitian bagian selatan, meliputi sebagian Kecamatan Tugu bagian selatan, Semarang Barat dan Semarang Tengah bagian selatan, Semarang Timur bagian selatan, Semarang Selatan, Gajahmungkur, Candisari serta Pedurungan bagian barat.

Berdasarkan deskripsi ini, dapat diketahui bahwa jarak dari pantai sangat mempengaruhi tinggi rendahnya kadar natrium dalam air tanah di daerah penelitian. Semakin mendekati pantai, kadar natrium dalam air tanah akan semakin tinggi. Penyebab utamanya adalah pengaruh air asin yang telah berada di daratan yang mengandung natrium sangat tinggi.

Seperti halnya natrium, kalium juga merupakan unsur yang termasuk logam alkali. Sumber kalium adalah feldspar (ortoklas, $KAlSi_3O_8$ dan mikrolin, $KAlSi_3O_8$), feldspathoid, mika dan mineral liat (Todd 1980). Menurut Hem (1970), konsentrasi kalium pada batuan beku umumnya lebih rendah dibandingkan natrium, tetapi pada batuan sedimen konsentrasinya lebih tinggi dibandingkan natrium.

Pada air tanah maupun air laut, konsentrasi kalium umumnya jauh lebih rendah daripada natrium. Menurut Davis dan de Weist (1966), rendahnya konsentrasi kalium di air tanah disebabkan oleh resistensi mineral kalium terhadap pelapukan serta karena kalium masuk dalam struktur liat tertentu selama pelapukan. Selain itu, sulitnya ion kalium terbebas dari mineral silikat yang merupakan sumber utama dari unsur tersebut juga dapat merupakan penyebab dari keadaan ini. Menurut Todd (1980), konsentrasi kalium di perairan alami umumnya kurang dari 10 mg/l, sedangkan pada mata air panas dapat mencapai 100 mg/l.

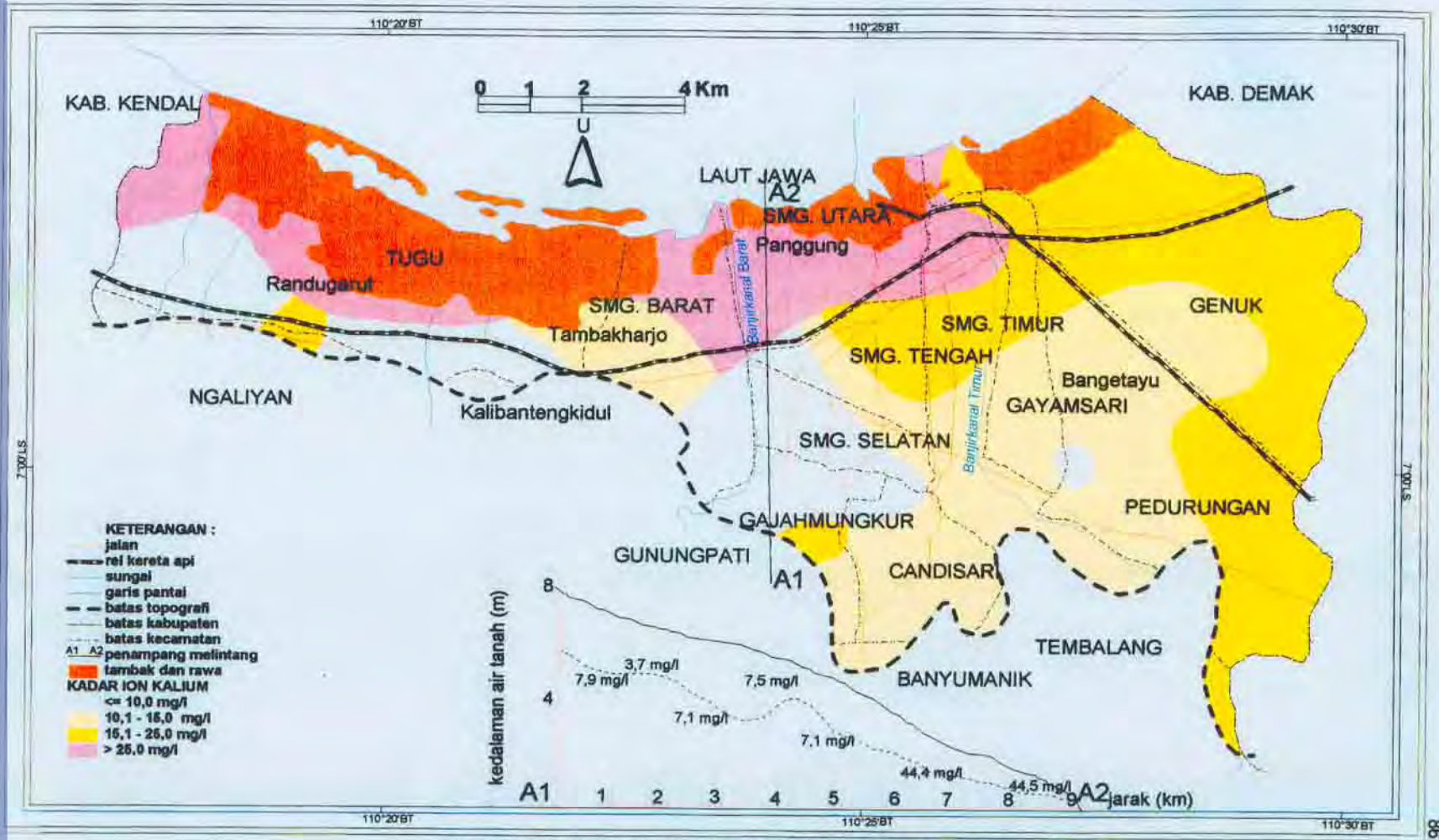
Hasil analisis di laboratorium menunjukkan air tanah di daerah penelitian mempunyai kadar kalium terendah sebesar 3,7 mg/l, dan tertinggi mencapai 147,0 mg/l.

Kadar kalium rata-rata sebesar 20,13 mg/l, dengan standar deviasi 20,92. Untuk menunjukkan distribusi air tanah berdasarkan kadar kaliumnya, air tanah di daerah penelitian diklasifikasikan menjadi empat kelompok. Kelompok I adalah air tanah dengan kadar kalium kurang atau sama dengan 10,0 mg/l, kelompok II mempunyai kadar kalium antara 10,1 – 15,0 mg/l, kelompok III mempunyai kadar kalium antara 15,1 – 25,0 mg/l serta kelompok IV mempunyai kadar kalium lebih dari 25,0 mg/l.

Selanjutnya distribusi air tanah berdasarkan kelompok kadar kaliumnya ditunjukkan pada Gambar 24. Dari gambar tersebut terlihat bahwa air tanah dengan kadar kalium sangat tinggi (kelompok IV) meliputi daerah penelitian bagian utara kecuali di bagian timur Sungai Semarang Timur. Pola ini hampir serupa dengan distribusi ion kalsium dan natrium. Daerah yang menunjukkan air tanah dengan kadar kalium kelompok IV meliputi Kecamatan Tugu bagian utara, Semarang Barat bagian utara, Semarang Utara serta Semarang Timur bagian utara. Daerah dengan air tanah berkadar kalium tinggi (kelompok III) terdapat di Kecamatan Semarang Tengah bagian utara, Semarang Timur bagian tengah, Pedurungan bagian timur, Gayamsari bagian utara dan sebagian besar Genuk. Daerah dengan air tanah berkadar kalium agak tinggi (kelompok II) terdapat di sebagian Kecamatan Semarang Barat bagian selatan, Gajahmungkur bagian selatan, Candisari, Pedurungan bagian barat dan Gayamsari bagian selatan. Daerah dengan air tanah berkadar kalium rendah (kelompok I) terdapat di Kecamatan Tugu bagian selatan, Gajahmungkur bagian utara dan Semarang Selatan.

Dari deskripsi tersebut terlihat bahwa semakin dekat suatu tempat dari pantai, air tanahnya mempunyai kadar kalium yang semakin tinggi. Dengan memperhatikan sumber kalium di alam, fenomena ini terjadi karena adanya akumulasi ion kalium di pantai akibat aliran air tanah dari daerah hulu yang membawa sejumlah besar ion ini.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak mengaitkan kepentingan yang merugikan IPB University.
 2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 24. Peta distribusi kadar kalium air tanah daerah penelitian

5.2.5 Bikarbonat

Ion bikarbonat merupakan salah satu senyawa penyebab kebasaaan air. Sumber bikarbonat pada air tanah adalah batuan gamping, CaCO_3 dan dolomit, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, sedangkan sumber dari batuan beku umumnya rendah karena rendahnya kandungan mineral karbonat dalam batuan tersebut (Todd 1980). Perairan alami umumnya mempunyai kadar bikarbonat kurang dari 500 mg/l. Meskipun demikian, pada air dengan kandungan karbondioksida tinggi, konsentrasinya dapat mencapai 1000 mg/l.

Hasil analisis di laboratorium menunjukkan air tanah di daerah penelitian mempunyai kadar bikarbonat terendah 124 mg/l, dan tertinggi mencapai 2088 mg/l. Kadar bikarbonat rata-rata sebesar 405,73 mg/l, dengan standar deviasi 275,95. Untuk menunjukkan distribusi air tanah berdasarkan kadar bikarbonatnya, air tanah di daerah penelitian diklasifikasikan menjadi empat kelompok. Kelompok I adalah air tanah dengan kadar bikarbonat kurang atau sama dengan 250,0 mg/l, kelompok II mempunyai kadar bikarbonat antara 250,1 – 400,0 mg/l, kelompok III mempunyai kadar bikarbonat antara 400,1 – 500,0 mg/l dan kelompok IV mempunyai kadar bikarbonat lebih dari 500,0 mg/l.

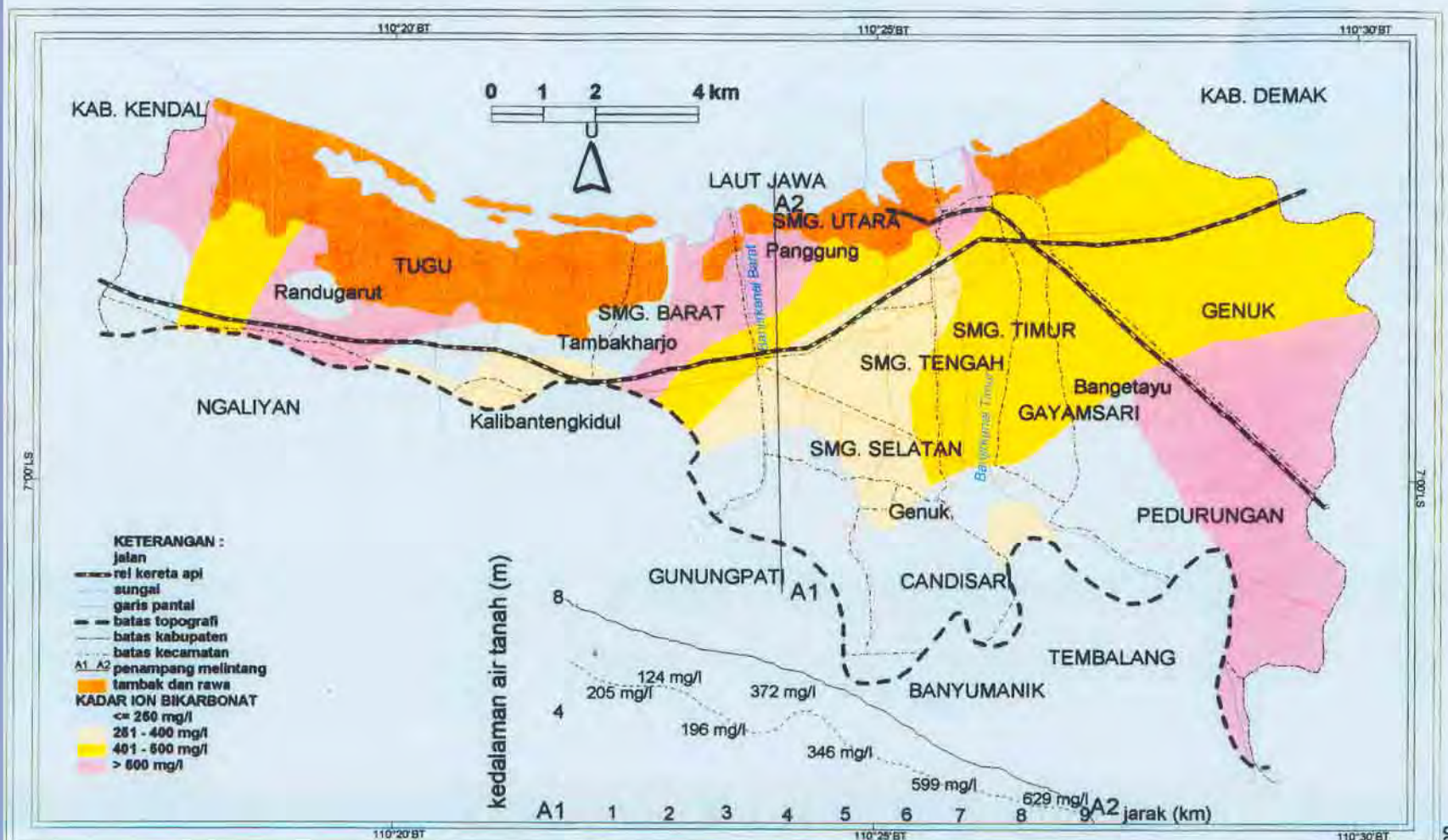
Selanjutnya distribusi air tanah berdasarkan kadar bikarbonatnya ditunjukkan pada Gambar 25. Dari gambar tersebut terlihat bahwa air tanah dengan kadar bikarbonat sangat tinggi (kelompok IV) meliputi sebagian Kecamatan Tugu bagian barat dan tengah, Semarang Barat dan Semarang Utara bagian utara, Genuk bagian selatan dan Pedurungan bagian timur. Air tanah dengan kadar bikarbonat tinggi (kelompok III), terdapat di sebagian Kecamatan Tugu bagian barat, Semarang Barat bagian tengah, Semarang Utara bagian selatan, Semarang Timur, Gayamsari serta Genuk dan Pedurungan bagian utara. Air tanah dengan kadar bikarbonat agak tinggi (kelompok II) terdapat di Kecamatan Semarang Barat bagian selatan, Semarang Tengah dan Semarang Selatan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 25. Peta distribusi kadar bikarbonat air tanah daerah penelitian

Daerah dengan air tanah berkadar bikarbonat rendah (kelompok I) umumnya terdapat di bagian selatan daerah penelitian meliputi Kecamatan Tugu bagian timur, Gajahmungkur, Candisari dan Pedurungan bagian barat.

Teoritis, seharusnya air tanah dengan kadar bikarbonat tinggi akan terdapat di daerah yang jauh dari pantai atau daerah yang airnya masih tawar. Tetapi berdasarkan deskripsi tersebut, diketahui bahwa bikarbonat telah tersebar merata pada air tanah di daerah penelitian. Tidak ada pola yang jelas, sehingga tidak dapat diketahui faktor dominan yang mempengaruhi. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh banyaknya faktor lingkungan lokal yang mempengaruhi, seperti misalnya penggunaan lahan, sehingga terjadi pencampuran yang intensif antara ion bikarbonat dengan ion-ion lainnya.

5.2.6 Klorida dan sulfat

Di dalam air, klorida ditemukan dalam bentuk ion Cl^- . Sumber utama klorida adalah batuan evaporit (halit, NaCl), sedangkan dalam kadar rendah dapat ditemukan pada batuan beku (Todd 1980). Kadar klorida dalam air di daerah humid (basah) umumnya kurang dari 10 mg/l, tetapi di daerah arid (kering) dapat mencapai 1000 mg/l.

Menurut Sawyer dan McCarty (1978), ion Cl^- dalam air akan meningkat bila kandungan mineral meningkat. Klorida dengan konsentrasi tinggi umumnya ditemukan di sekitar muara sungai, air tanah serta air laut, sedangkan di daerah pegunungan umumnya rendah. Klorida masuk ke perairan tawar melalui proses pelarutan tanah atau batuan, hujan, arus pasang serta intrusi air garam. Manusia juga menghasilkan klorida melalui urine yang dikeluarkannya, yaitu sekitar enam gram/hari/orang. Sebenarnya klorida dalam jumlah banyak tidak membahayakan kesehatan, meskipun demikian pada konsentrasi lebih dari 100 mg/l saja ion ini sudah memberikan rasa asin, sehingga sudah memberikan efek psikologis.

Hasil analisis di laboratorium menunjukkan air tanah di daerah penelitian mempunyai kadar klorida terendah 25,8 mg/l, dan tertinggi mencapai 9701,0 mg/l. Kadar klorida rata-rata sebesar 980,35 mg/l, dengan standar deviasi 1794,96. Untuk menunjukkan distribusi air tanah berdasarkan kadar kloridanya, air tanah di daerah penelitian diklasifikasikan menjadi empat kelompok. Kelompok I adalah air tanah dengan kadar klorida kurang atau sama dengan 50,0 mg/l, kelompok II mempunyai kadar klorida antara 50,1 – 250,0 mg/l, kelompok III mempunyai kadar klorida antara 250,1 – 1000 mg/l serta kelompok IV mempunyai kadar klorida lebih dari 1000 mg/l.

Selanjutnya distribusi air tanah berdasarkan kelompok kadar kloridanya ditunjukkan pada Gambar 26. Dari gambar tersebut terlihat bahwa air tanah dengan kadar klorida sangat tinggi (kelompok IV) meliputi daerah penelitian bagian utara, dengan pola serupa dengan distribusi DHL. Daerah yang menunjukkan air tanah dengan kadar klorida kelompok IV terdapat di Kecamatan Tugu bagian utara, Semarang Barat bagian utara, Semarang Utara bagian utara, Semarang Timur bagian utara, Gayamsari bagian utara dan Genuk bagian utara. Air tanah dengan kadar klorida tinggi (kelompok III), terdapat pada air tanah di Kecamatan Semarang Barat bagian barat, sebagian kecil Semarang Utara bagian selatan, sebagian Genuk bagian selatan dan Pedurungan bagian selatan. Daerah dengan air tanah berkadar klorida agak tinggi (kelompok II) terdapat di Kecamatan Tugu bagian selatan, Semarang Tengah, Semarang Selatan, Semarang Timur bagian selatan, Gayamsari bagian selatan, sebagian kecil Genuk dan Pedurungan bagian utara. Daerah dengan air tanah berkadar klorida rendah (kelompok I) terdapat di Kecamatan Semarang Barat bagian selatan, Gajahmungkur dan Candisari.

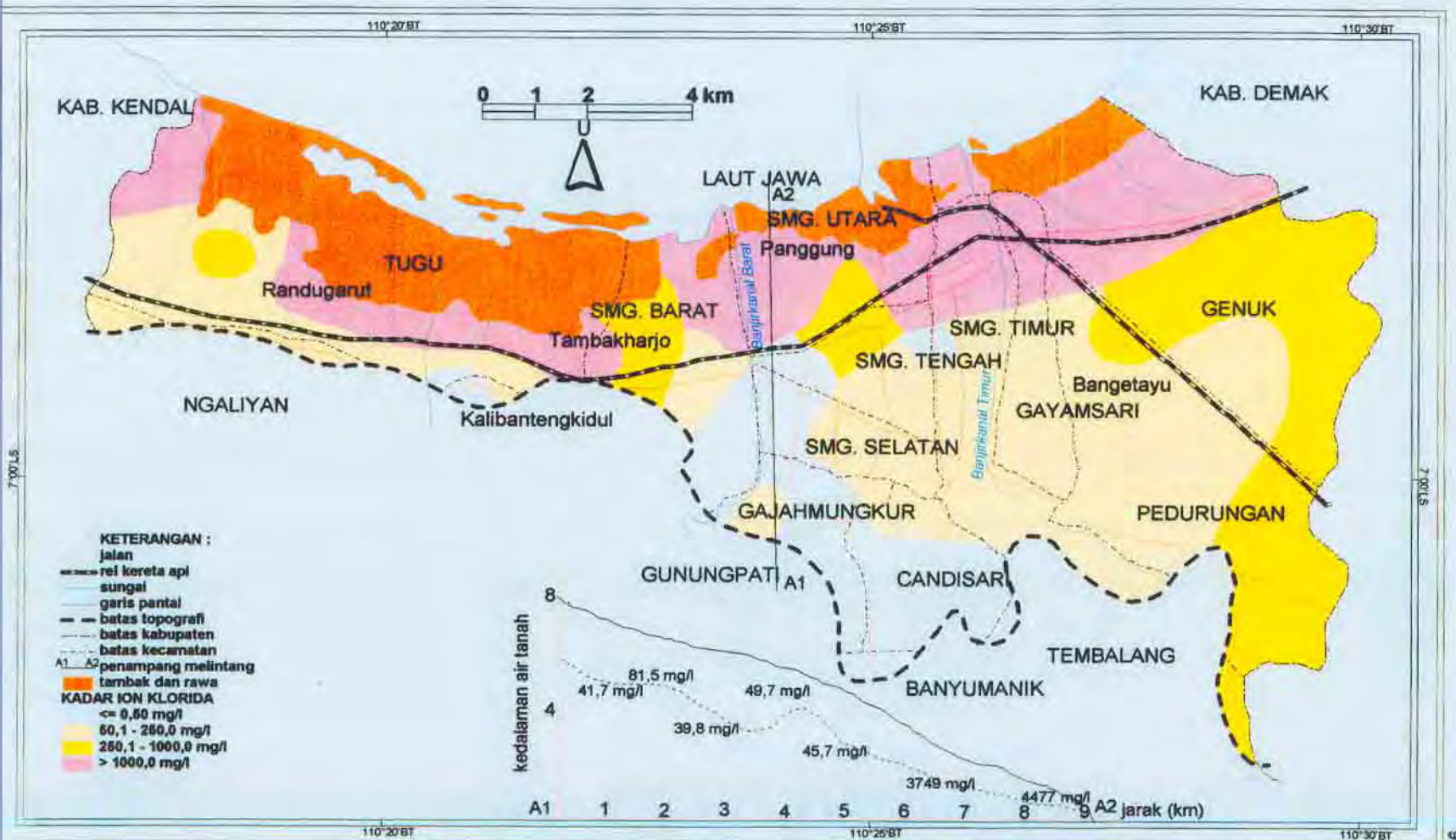
Berdasarkan deskripsi ini dapat diketahui bahwa daerah-daerah yang letaknya lebih dekat dengan pantai, mempunyai air tanah dengan kadar klorida lebih tinggi dari

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

2. Dilarang menyalin dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



pada daerah yang letaknya lebih jauh. Fenomena ini disebabkan oleh pengaruh air asin yang telah berada di daratan sepanjang pantai.

Meskipun bukan penyusun utama kulit bumi, sulfat tersebar luas dalam bentuk reduksi sebagai sulfida logam pada batuan beku dan sedimen. Dalam batuan beku, sulfat didapatkan dalam mineral kelompok feldspathoid, sedangkan dalam batuan sedimen pada batuan evaporit (gips, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan anhidrit, CaSO_4) (Hem 1970). Menurut Todd (1980), selain batuan evaporit, sumber sulfat lainnya adalah dari oksidasi mineral sulfida.

Konsentrasi sulfat dalam air tanah umumnya kurang dari 300 mg/l, kecuali pada sumur-sumur yang terpengaruh oleh sistem drainase dari tambang-tambang yang bersifat asam, sedangkan pada air garam konsentrasinya dapat mencapai 200.000 mg/l. Air yang mengandung sulfat sekitar 500 mg/l sudah akan terasa pahit, sedangkan bila konsentrasinya sekitar 1000 mg/l dapat menyebabkan efek laksatif. Menurut Sutrisno dan Suciastuti (1991), apabila terjadi penggabungan dengan ion Mg^{2+} dan Na^+ efek laksatif sulfat sudah dapat terjadi pada konsentrasi 600 – 1000 mg/l. Akibatnya orang yang mengkonsumsi air yang mengandung sulfat pada konsentrasi tersebut, perutnya akan berasa mual serta ingin muntah karena terbentuknya MgSO_4 atau Na_2SO_4 .

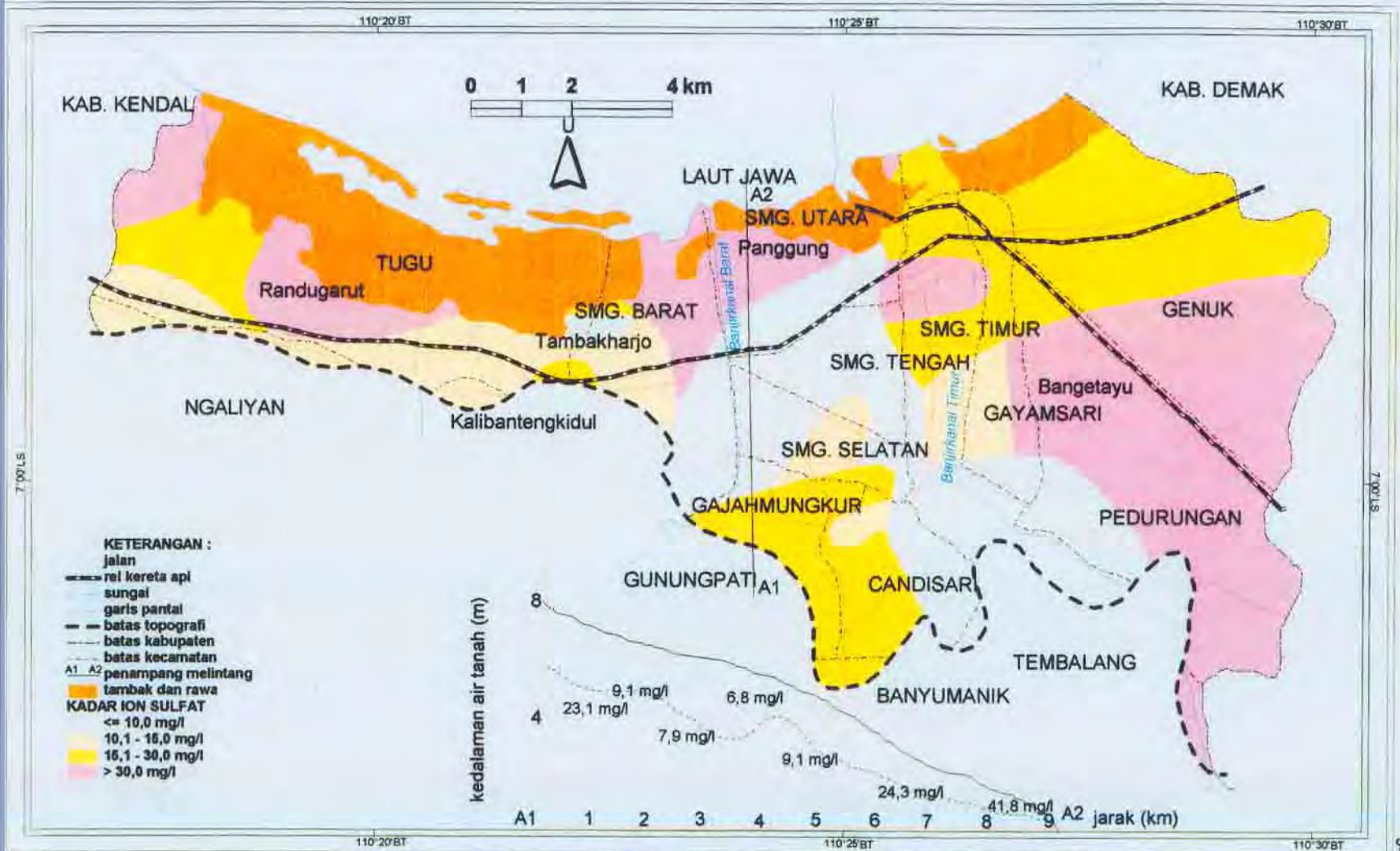
Selain berkaitan dengan kesehatan manusia, adanya sulfat dengan konsentrasi tinggi secara tidak langsung bertanggung jawab terhadap bau dan korosi pada saluran air kotor (Sawyer dan McCarty 1978). Bau dan korosi tersebut disebabkan oleh reduksi sulfat menjadi hidrogen sulfida dalam kondisi anaerobik.

Hasil analisis di laboratorium menunjukkan air tanah di daerah penelitian mempunyai kadar sulfat terendah 5,6 mg/l, dan tertinggi 326 mg/l. Kadar sulfat rata-rata sebesar 40,07 mg/l, dengan standar deviasi 61,45. Untuk menunjukkan distribusi air tanah berdasarkan kadar sulfatnya, air tanah di daerah penelitian diklasifikasikan menjadi

empat kelompok. Kelompok I adalah air tanah dengan kadar sulfat kurang atau sama dengan 10,0 mg/l, kelompok II mempunyai kadar sulfat antara 10,1 – 15,0 mg/l, kelompok III mempunyai kadar sulfat antara 15,1 – 30,0 mg/l serta kelompok IV mempunyai kadar sulfat lebih dari 30,0 mg/l.

Selanjutnya distribusi air tanah berdasarkan kelompok kadar sulfatnya ditunjukkan pada Gambar 27. Dari gambar tersebut terlihat bahwa air tanah dengan kadar sulfat sangat tinggi (kelompok IV) meliputi daerah penelitian bagian utara (kecuali di bagian timur Sungai Semarang Timur) dan bagian tenggara daerah penelitian. Daerah yang menunjukkan air tanah berkadar sulfat kelompok IV terdapat di Kecamatan Tugu bagian utara, Semarang Barat bagian utara, Semarang Utara bagian utara, ditambah daerah Genuk bagian selatan dan Pedurungan. Air tanah berkadar sulfat tinggi (kelompok III) terdapat di Kecamatan Gajahmungkur, Candisari bagian barat, Semarang Timur bagian utara, Gayamsari bagian utara dan Genuk bagian utara. Air tanah berkadar sulfat agak tinggi (kelompok II) hanya meliputi sebagian kecil daerah penelitian yaitu di Kecamatan Tugu bagian selatan, Semarang Barat bagian selatan dan Gayamsari bagian selatan. Air tanah dengan kadar sulfat rendah (kelompok I) terdapat di Kecamatan Semarang Barat bagian selatan, Semarang Utara bagian selatan, Semarang Selatan, Semarang Tengah, sebagian kecil Pedurungan dan Semarang Timur bagian selatan.

Berdasarkan deskripsi ini dapat diketahui bahwa, air tanah dengan kadar sulfat tinggi dan sangat tinggi terdapat di daerah pantai serta di Kecamatan Genuk bagian selatan dan Pedurungan. Pola distribusi ini hampir serupa dengan distribusi salinitas, yang berarti tingginya kadar sulfat pada air tanah di daerah ini disebabkan oleh pengaruh air asin, terutama oleh air asin hasil pelarutan batuan evaporit (gips dan anhidrit). Seperti diketahui salah satu sumber ion sulfat adalah dari air dengan kadar garam tinggi.



Gambar 27. Peta distribusi kadar sulfat air tanah daerah penelitian

5.2.7 Besi dan mangan

Besi adalah unsur yang banyak terdapat pada batuan dan tanah (Hem 1970). Air dengan konsentrasi besi beberapa puluh miligram per liter saja, sudah tidak layak digunakan untuk beberapa keperluan. Oleh sebab itu, dalam studi kualitas air seringkali selalu menyertakan analisis unsur ini. Disamping itu, meskipun konsentrasinya dalam air rendah, pembahasan yang berkaitan dengan unsur besi selalu menjadi perhatian utama.

Sumber besi adalah mineral-mineral penyusun batuan beku, yaitu piroksin; amfibol; biotit, $(K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$; magnetit, Fe_3O_4 ; dan olivin, $(Mg,Fe)_2SiO_4$. Komposisi olivin berkisar dari Mg_2SiO_4 ke Fe_2SiO_4 atau dari forsterit ke fayalit, dengan besi berbentuk ferro sebagai pengganti bebas unsur magnesium. Meskipun kebanyakan besi pada batuan beku berbentuk ferri, tetapi juga dapat bercampur dengan besi berbentuk ferro, seperti misalnya magnetit (Fe_3O_4).

Menurut Todd (1980), selain mineral-mineral tersebut sumber besi pada batuan beku lainnya adalah mineral ferromagnesian mika, ferro sulfida, FeS dan ferri sulfida atau besi pirit, FeS_2 . Besi juga dapat bersumber dari mineral-mineral batu pasir seperti oksida (hematit, Fe_2O_3), sulfida (pirit, FeS_2) serta mineral-mineral liat besi. Pada batuan sedimen, besi juga terdapat dalam bentuk ferro seperti pada markasit, Fe_3O_4 ; karbonat siderit, $FeCO_3$ serta dalam bentuk campuran oksida magnetit yang merupakan mineral batuan beku atau metamorfose.

Dalam air tanah, besi umumnya terlarut sebagai ion Fe^{2+} . Pada air yang mengalami aerasi sempurna, konsentrasi besi umumnya kurang dari 0,5 mg/l, sedangkan pada air tanah yang mempunyai pH kurang dari delapan dapat mempunyai kandungan besi hingga 10 mg/l. Air asam dari mata air panas, limbah pertambangan minyak serta limbah industri dapat mempunyai kandungan besi hingga lebih dari 6000 mg/l. Menurut

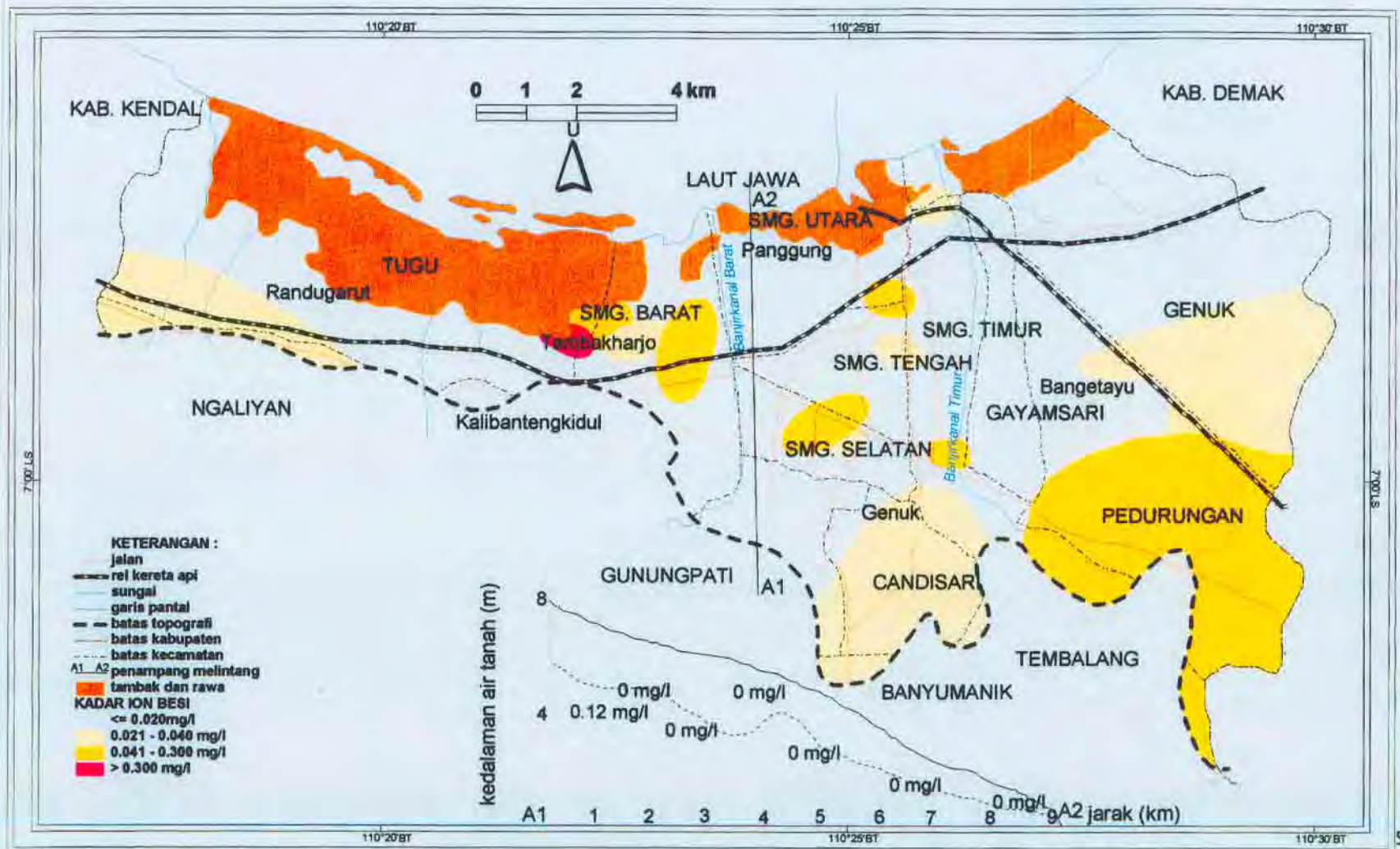
Alaerts dan Santika (1984), pada air permukaan sangat jarang ditemukan besi dengan konsentrasi lebih dari 1 mg/l, tetapi dalam air tanah konsentrasinya dapat lebih tinggi.

Air dengan kandungan besi lebih dari 0,31 mg/l sudah tidak layak digunakan untuk keperluan rumah tangga karena dapat menimbulkan berkarat pada pakaian dan porselin serta menimbulkan rasa yang tidak enak pada air minum (Saeni 1989, Alaerts dan Santika 1984). Menurut Sutrisno dan Suciastuti (1991), air dengan kandungan besi 0,1 – 0,2 mg/l dapat merangsang pertumbuhan bakteri besi, yang dapat menimbulkan warna, lendir dan sumbatan pada pipa saringan sumur.

Hasil analisis di laboratorium menunjukkan air tanah di daerah penelitian mempunyai kadar besi terendah 0,0 mg/l, dan tertinggi mencapai 3,0 mg/l. Kadar besi rata-rata sebesar 0,13 mg/l, dengan standar deviasi 0,54. Untuk menunjukkan distribusi air tanah berdasarkan kadar besinya, air tanah di daerah penelitian diklasifikasikan menjadi empat kelompok. Kelompok I adalah air tanah berkadar besi kurang atau sama dengan 0,020 mg/l, kelompok II berkadar besi antara 0,021 – 0,040 mg/l, kelompok III berkadar besi 0,041 – 0,300 mg/l dan kelompok IV berkadar besi lebih dari 0,300 mg/l.

Selanjutnya distribusi air tanah berdasarkan kelompok kadar besinya ditunjukkan pada Gambar 28. Dari gambar tersebut terlihat bahwa air tanah dengan kadar besi sangat tinggi (kelompok IV) hanya terdapat di Kelurahan Tambakharjo. Air tanah berkadar besi tinggi (kelompok III) juga hanya meliputi wilayah yang sempit yaitu di Kecamatan Pedurungan bagian selatan dan sebagian kecil wilayah Kecamatan Semarang Barat. Daerah dengan air tanah berkadar besi agak tinggi (kelompok II) terdapat di Kecamatan Candisari, Genuk bagian selatan dan sebagian kecil Tugu bagian barat daya. Daerah dengan air tanah berkadar besi rendah (kelompok I) meliputi hampir seluruh wilayah penelitian, yaitu Kecamatan Tugu, Semarang Barat, Semarang Utara, Semarang Tengah,

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang menemunikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 28. peta distribusi kadar besi air tanah daerah penelitian

Semarang Selatan, Semarang Timur, Gayamsari, Genuk bagian utara, Pedurungan bagian utara dan Gajahmungkur.

Berdasarkan deskripsi tersebut, dapat diketahui bahwa sebagian besar air tanah di daerah penelitian mempunyai kadar besi rendah. Hal ini disebabkan mineral-mineral penyusun batuan di daerah tersebut mengandung kadar besi yang rendah. Tingginya kadar besi pada beberapa tempat kemungkinan hanya disebabkan oleh pengaruh lingkungan lokal. Sebagai contoh di Tambakharjo, yang kemungkinan disebabkan oleh industri di daerah tersebut yang menghasilkan limbah mengandung besi.

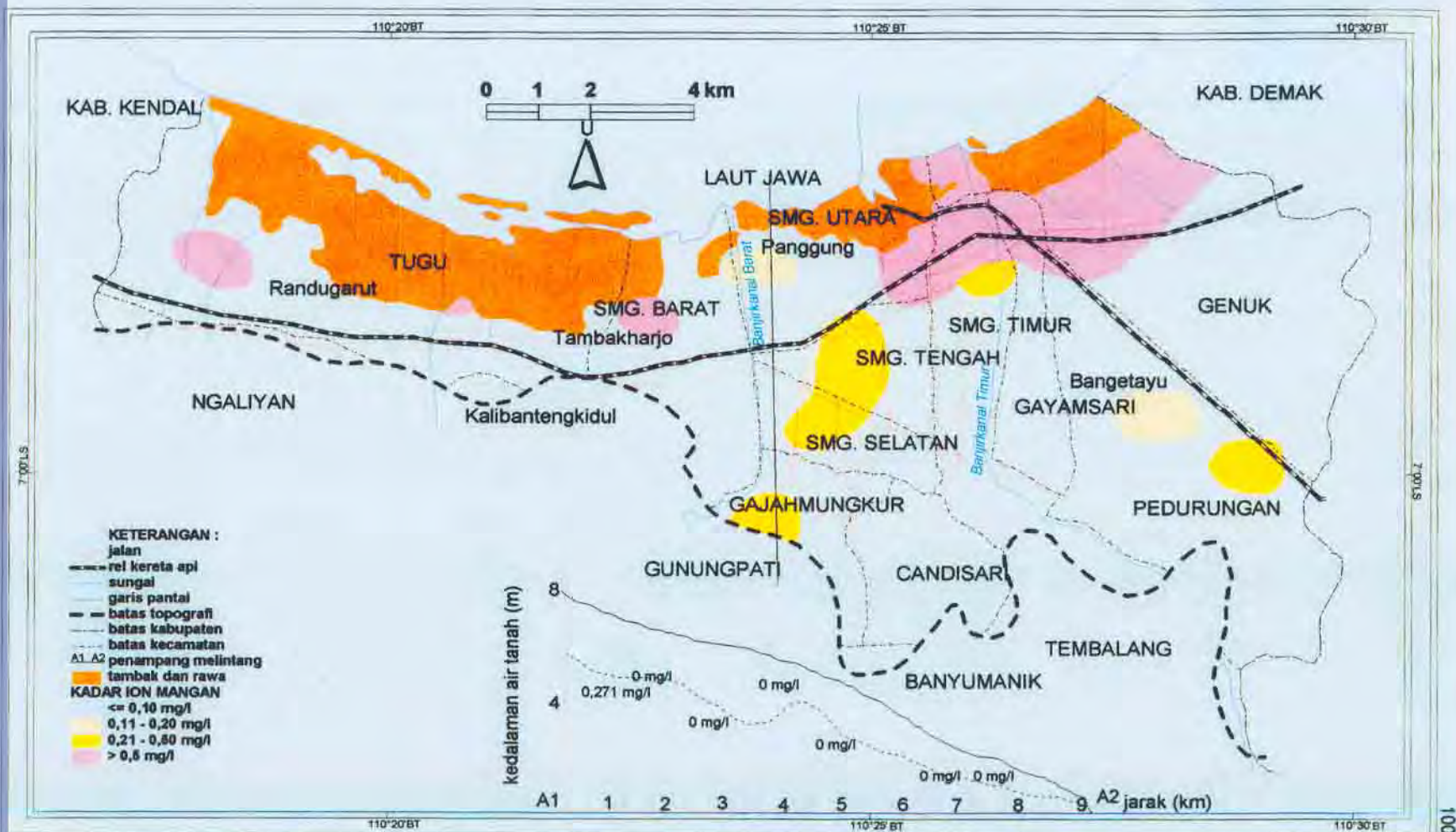
Adanya mangan dalam air sudah akan terasa mengganggu meskipun dengan konsentrasi rendah. Dengan alasan ini, kebanyakan studi kualitas air selalu menyertakan analisis dari ion ini (Hem 1970). U.S Public Services menyarankan air dengan kadar mangan lebih dari 0,05 mg/l untuk tidak digunakan sebagai sumber air sehari-hari. Menurut Todd (1980), mangan yang terdapat pada air alami sebagian besar bersumber dari tanah dan sedimen. Batuan metamorf, batuan sedimen serta mineral biotit mika dan hornblende amfibol $(Na,K)_{0-1}Ca_2(Mg,Fe^{2+},Al,Fe^{3+},Mn,Ti)_5(Al,Si)_8O_{22}(O,OH,F)_2$ dapat mengandung mangan dengan jumlah besar. Konsentrasi mangan dalam air alami biasanya sekitar 0,2 mg/l atau bahkan kurang, sedangkan pada air tanah asam yang berasal dari daerah-daerah pertambangan dapat mengandung mangan lebih dari 10 mg/l.

Efek mangan hampir sama dengan besi, meskipun dengan konsentrasi yang lebih rendah. Menurut Saeni (1989), tingkat kandungan mangan yang diijinkan dalam air yang digunakan untuk keperluan domestik adalah di bawah 0,05 mg/l, karena pakaian yang dicuci dan peralatan kamar mandi dapat berkarat oleh mangan yang ada dalam air dengan konsentrasi tersebut.

Hasil analisis di laboratorium menunjukkan air tanah di daerah penelitian mempunyai kadar mangan terendah 0,000 mg/l, dan tertinggi mencapai 14,236 mg/l. Kadar mangan rata-rata sebesar 0,4262 mg/l, dengan standar deviasi 1,8736. Untuk menunjukkan distribusi air tanah berdasarkan kadar mangannya, air tanah di daerah penelitian diklasifikasikan menjadi empat kelompok. Kelompok I adalah air tanah dengan kadar mangan kurang atau sama dengan 0,10 mg/l, kelompok II mempunyai kadar mangan antara 0,11 – 0,20 mg/l, kelompok III mempunyai kadar mangan antara 0,21 – 0,50 mg/l dan kelompok IV mempunyai kadar mangan lebih dari 0,50 mg/l.

Selanjutnya distribusi air tanah berdasarkan kadar mangannya ditunjukkan pada Gambar 29. Dari gambar tersebut terlihat bahwa air tanah dengan kadar mangan sangat tinggi (kelompok IV) hanya terdapat di Kecamatan Genuk bagian utara serta sebagian wilayah Tugu, Semarang Barat, Semarang Utara, Semarang Timur dan Gayamsari. Air tanah dengan kadar mangan tinggi (kelompok III) terdapat di sebagian wilayah Kecamatan Semarang Tengah dan Semarang Selatan serta sebagian kecil Pedurungan, Gajahmungkur dan Semarang Timur. Air tanah dengan kadar mangan agak tinggi (kelompok II) terdapat di sebagian kecil wilayah Kecamatan Pedurungan dan Semarang Utara, sedangkan air tanah dengan kadar mangan rendah (kelompok I) meliputi hampir seluruh daerah penelitian.

Berdasarkan deskripsi ini dapat diketahui bahwa seperti halnya besi, kadar mangan dalam air tanah di sebagian besar daerah penelitian tergolong rendah. Tingginya kadar mangan di beberapa tempat kemungkinan juga hanya disebabkan oleh faktor lingkungan lokal, seperti misalnya di Tambakharjo yang merupakan daerah industri. Meskipun demikian, di bagian utara Semarang Timur dan Genuk terdapat hal yang berbeda. Di kedua daerah yang merupakan daerah pelabuhan dan industri tersebut, kadar



Gambar 29. Peta distribusi kadar mangan air tanah daerah penelitian

besi dalam air tanah rendah, tetapi kadar mangannya tinggi. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan jenis limbah yang dihasilkan, yaitu bahwa kegiatan industri di daerah tersebut, lebih banyak mengandung mangan daripada besi.

5.2.8 Nitrat

Nitrat adalah salah satu bentuk nitrogen yang larut dalam air. Kadar nitrat dalam air tanah yang bersumber dari batuan pada umumnya kecil. Nitrat dalam air tanah umumnya berasal limbah pertanian, limbah rumah tangga dan industri (Sawyer dan McCarty 1978). Nitrat dari limbah pertanian berasal dari pupuk yang digunakan para petani, sedangkan pencemaran yang berasal dari kotoran hewan dan manusia merupakan bentuk limbah domestik yang dapat meningkatkan kadar ion nitrat dalam air tanah.

Dibandingkan bentuk nitrogen lainnya (nitrit dan amonia), nitrat adalah bentuk yang paling stabil (Todd 1980). Konsentrasinya dalam air di alam pada umumnya kurang dari 10 mg/l. Bila air mengandung nitrat lebih dari 100 mg/l, dapat menyebabkan rasa getir di lidah serta perasaan tegang. Air yang mengandung nitrat lebih dari 45 mg/l dapat menyebabkan methemoglobinemia (penyakit bayi biru)

Hasil analisis di laboratorium menunjukkan kadar nitrat rata-rata air tanah di daerah penelitian sebesar 4,09 mg/l dengan standar deviasi 3,99. Kadar nitrat minimum 0,0 mg/l, sedangkan maksimumnya mencapai 14,0 mg/l. Untuk menunjukkan distribusi air tanah berdasarkan kadar nitratnya, air tanah di daerah penelitian diklasifikasikan menjadi empat kelompok. Kelompok I adalah air tanah dengan kadar nitrat kurang atau sama dengan 1,0 mg/l, kelompok II mempunyai kadar nitrat antara 1,1 – 5,0 mg/l, kelompok III mempunyai kadar nitrat antara 5,1 – 10,0 mg/l dan kelompok IV mempunyai kadar nitrat lebih dari 10,0 mg/l.

Selanjutnya distribusi air tanah berdasarkan kelompok kadar nitratnya ditunjukkan pada Gambar 30. Dari gambar tersebut terlihat bahwa air tanah berkadar nitrat sangat tinggi (kelompok IV) hanya meliputi sebagian kecil daerah penelitian yaitu di sebagian kecil wilayah Kecamatan Semarang Utara, Semarang Tengah dan Semarang Selatan serta sebagian kecil wilayah Semarang Timur dan Gayamsari. Air tanah berkadar nitrat tinggi (kelompok III) terdapat pada air tanah di sebagian kecil wilayah Kecamatan Tugu bagian selatan, Semarang Barat bagian selatan, Gajahmungkur bagian utara dan Genuk bagian timur. Daerah-daerah tersebut merupakan kawasan industri. Air tanah berkadar nitrat agak tinggi (kelompok II) meliputi sebagian besar daerah penelitian yaitu Kecamatan Semarang Barat bagian tengah, Semarang Utara, Semarang Tengah, Semarang Selatan, Semarang Timur, Gayamsari, Genuk bagian barat, Gajahmungkur bagian tengah, Candisari dan Pedurungan. Air tanah berkadar nitrat rendah (kelompok I) terdapat di daerah penelitian bagian utara yang kepadatan penduduknya rendah, yaitu Kecamatan Tugu, Semarang Barat bagian utara dan Semarang Utara bagian utara, yang merupakan daerah rawa dan tambak. Selain itu, air tanah berkadar nitrat rendah juga ditemui di sebagian kecil wilayah Gajahmungkur dan Candisari.

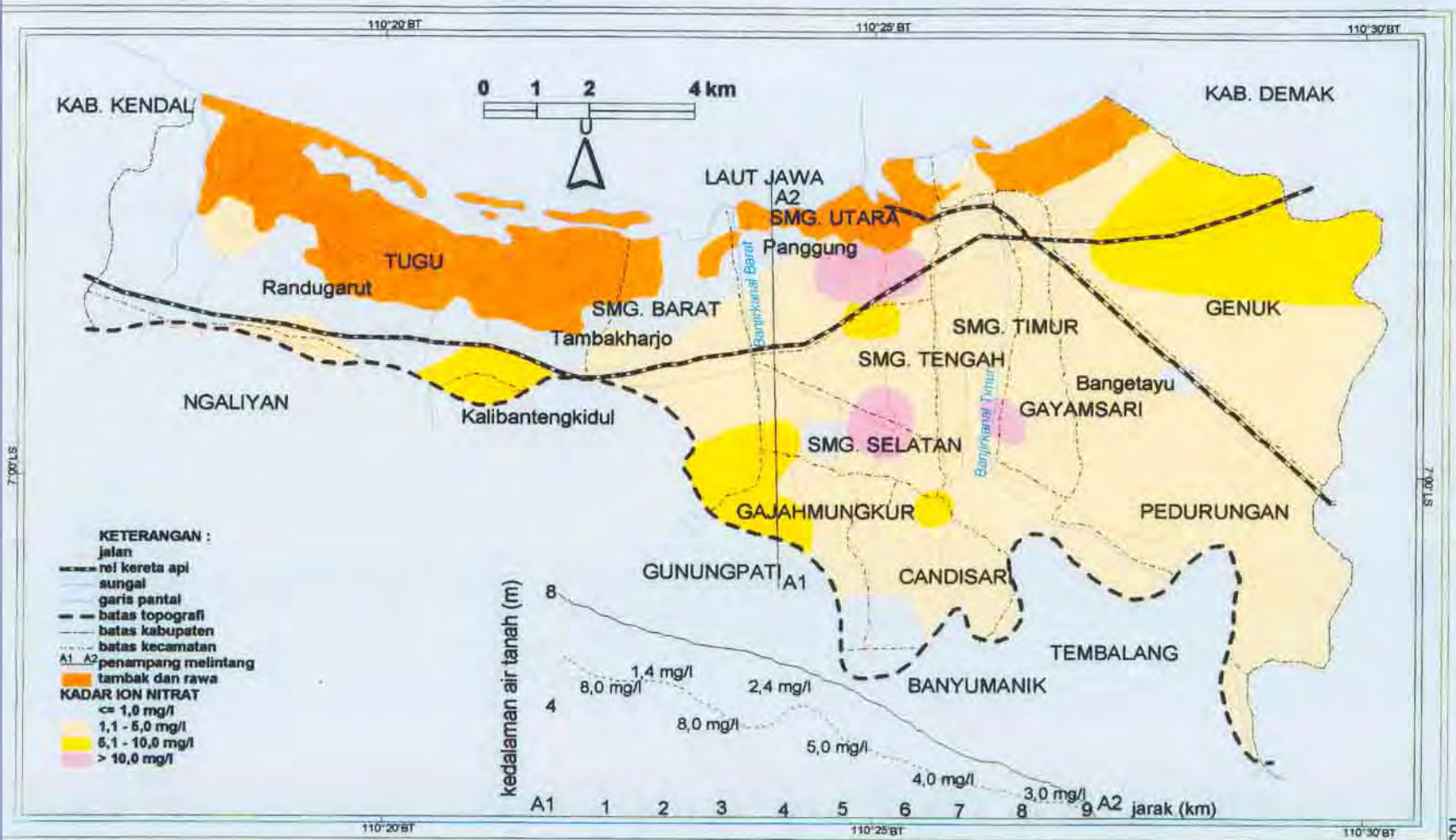
Berdasarkan deskripsi tersebut, diketahui bahwa pola distribusi nitrat pada air tanah di daerah penelitian tidak begitu jelas. Meskipun demikian, ada kecenderungan daerah-daerah dengan kepadatan penduduk tinggi (Semarang Utara, Semarang Tengah dan Semarang Selatan) dan daerah industri (Tugu bagian selatan, Gajahmungkur dan Genuk) mempunyai kadar nitrat yang lebih tinggi daripada daerah lainnya. Fenomena ini kemungkinan disebabkan oleh tingginya kadar nitrat dalam limbah domestik dan industri yang dihasilkan oleh daerah-daerah tersebut. Seperti diketahui, disamping limbah pertanian, sumber utama nitrat adalah dari kedua jenis limbah tersebut.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang menyalin dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



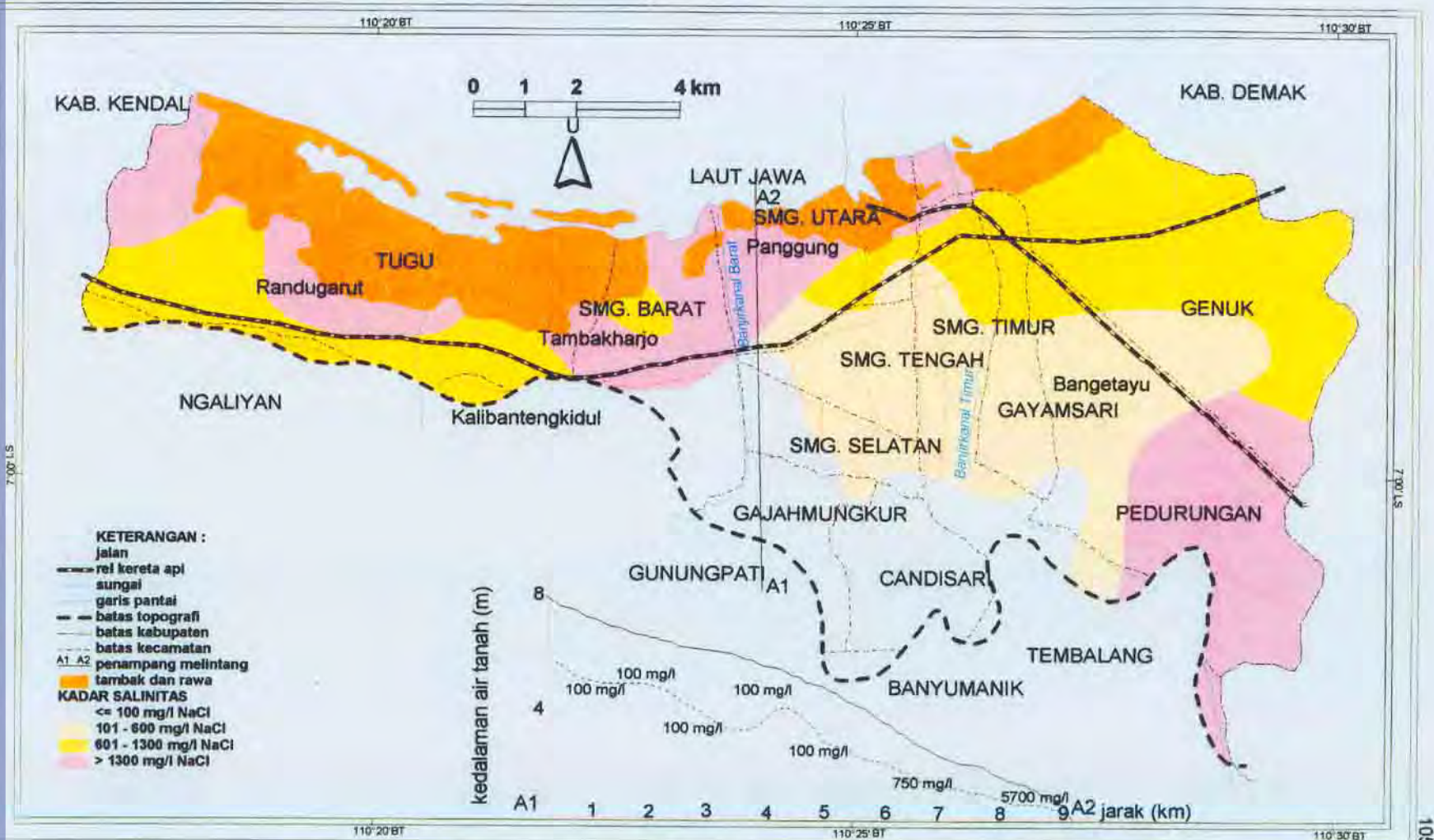
Gambar 30. Peta distribusi kadar nitrat air tanah daerah penelitian

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang meminumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 31. Peta distribusi kadar salinitas air tanah daerah penelitian

Selatan, Semarang Tengah, Semarang Timur bagian selatan, Gayamsari bagian selatan dan Pedurungan bagian utara. Air tanah berkadar salinitas rendah (kelompok I) terdapat di Kecamatan Semarang barat bagian selatan, Gajahmungkur, Candisari serta sebagian kecil Semarang Selatan, Semarang Timur dan Pedurungan.

Berdasarkan deskripsi tersebut, diketahui bahwa air tanah di daerah dekat pantai mempunyai kadar salinitas yang lebih tinggi daripada daerah hulu. Hal ini berarti bahwa di daerah pantai telah terjadi pengaruh air asin yang cukup hebat. Jika diperhatikan lebih seksama, pola distribusi salinitas air tanah di daerah penelitian hampir serupa dengan distribusi natrium, klorida dan sulfat. Hal ini disebabkan sumber utama salinitas adalah dari ketiga jenis ion tersebut. Di sisi lain, tinggi rendahnya kadar salinitas akan berpengaruh terhadap nilai DHL, sehingga pola distribusinya juga akan relatif sama.

5.3 Distribusi Kualitas Air Tanah dalam Kaitannya dengan Baku Mutu Air

Setelah menganalisis distribusi masing-masing parameter air kualitas air secara spasial, dalam sub bab 5.3 ini, akan dibahas distribusi parameter-parameter tersebut ditinjau dari kelayakannya untuk air minum. Sebagai acuan adalah baku mutu air Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416 Tahun 1990 (PERMENKES No. 416 Tahun 1990), Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 1990 (PP. 20 Tahun 1990), Surat Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor 2 Tahun 1988 (SK. Meneg. KLH No. 2 Tahun 1988) dan hasil pengamatan lapangan. Berikut ini disajikan pembahasannya untuk masing-masing parameter tersebut.

- 1) Ditinjau dari nilai DHLnya, dari pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa air tanah dengan DHL kelompok III dan IV sudah tidak digunakan lagi sebagai sumber air minum sehari-hari. Bahkan untuk kelompok IV sudah tidak digunakan lagi untuk mandi ataupun mencuci pakaian.

- 2) Ditinjau dari suhu airnya seluruh air tanah di daerah penelitian layak untuk dijadikan sumber air minum karena masih dalam kisaran normal. PERMENKES No. 416 Tahun 1990 mensyaratkan nilai (suhu udara normal $\pm 3^{\circ}\text{C}$) untuk penggunaan ini.
- 3) Ditinjau dari tingkat kekeruhannya, air tanah di daerah penelitian tidak layak untuk digunakan sebagai sumber air minum sehari-hari. PERMENKES No. 416 Tahun 1990, mensyaratkan nilai 5 NTU sebagai kekeruhan maksimum yang diperbolehkan dalam air minum.
- 4) Ditinjau dari pHnya, seluruh air tanah di daerah penelitian layak untuk dijadikan sumber air minum karena nilai pHnya masih dalam kisaran kadar maksimum yang diperbolehkan. PERMENKES No. 416 Tahun 1990 mensyaratkan nilai pH antara 6,5 dan 9,0 untuk air yang akan digunakan sebagai sumber air minum.
- 5) Ditinjau dari kesadahan, 26 sampel sudah tidak layak untuk sumber air minum, yaitu sampel nomor 3, 4, 5, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 22, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 36, 38, 39 dan 43. Sampel-sampel tersebut pada umumnya terdapat di daerah dekat pantai membujur dari barat ke timur, dengan jarak sekitar 4 km dari garis pantai, tetapi di Kecamatan Genuk dan Pedurungan menjorok hingga 12 km. PERMENKES No.416 Tahun 1990 mensyaratkan kadar kesadahan kurang dari 500 mg/l untuk air yang akan digunakan sebagai sumber air minum.
- 6) Ditinjau dari kadar kalsiumnya, SK. Meneg. KLH No. 2 Tahun 1988, mensyaratkan kadar kalsium 75 mg/l sebagai batas maksimum yang dianjurkan dan kadar kalsium 200 mg/l sebagai batas maksimum yang diperbolehkan. Berdasarkan kriteria ini, air tanah kelompok I mengandung kalsium di bawah batas maksimum yang dianjurkan. Air tanah kelompok II dan III mengandung kalsium di bawah batas yang



diperbolehkan, sedangkan air tanah yang mengandung kalsium kelompok IV tidak layak untuk dijadikan sumber air minum.

- 7) Ditinjau dari kadar magnesiumnya, SK. Meneg. KLH. No. 2 Tahun 1988, mensyaratkan kadar magnesium 30 mg/l sebagai batas maksimum yang dianjurkan dan kadar magnesium 150 mg/l sebagai batas maksimum yang diperbolehkan. Berdasarkan kriteria ini, daerah dengan air tanah kelompok I mengandung magnesium di bawah batas maksimum yang dianjurkan dan air tanah kelompok II, III dan IV mengandung magnesium di bawah batas yang diperbolehkan. Meskipun demikian ada tiga sampel yang kadar magnesiumnya melebihi batas yang diperbolehkan yaitu sampel nomor 10, 29 dan 30, yang masing-masing berkadar magnesium 175, 206 dan 417 mg/l.
- 8) Ditinjau dari kadar natriumnya, PERMENKES No. 416 Tahun 1990, menetapkan nilai 200 mg/l sebagai kadar natrium maksimum yang diperbolehkan terdapat dalam sumber air minum. Berdasarkan kriteria tersebut, air tanah berkadar natrium kelompok IV tidak layak untuk dijadikan sumber air minum.
- 9) Ditinjau dari kadar kaliumnya, ketiga baku mutu yang diacu tidak satupun yang mencantumkan batas maksimum kadar kalium yang boleh berada dalam air yang akan digunakan sebagai sumber air minum. Oleh karena itu berdasarkan kadar kaliumnya, seluruh air tanah di daerah penelitian layak untuk digunakan sebagai sumber air minum.
- 10) Ditinjau dari kadar bikarbonatnya, sama seperti pada kasus kalium, ketiga baku mutu juga tidak mencantumkan batas maksimum kadar bikarbonat dalam sumber air minum. Oleh karena itu seluruh air tanah di daerah penelitian layak dijadikan sumber air minum sehari-hari ditinjau dari kadar bikarbonatnya.

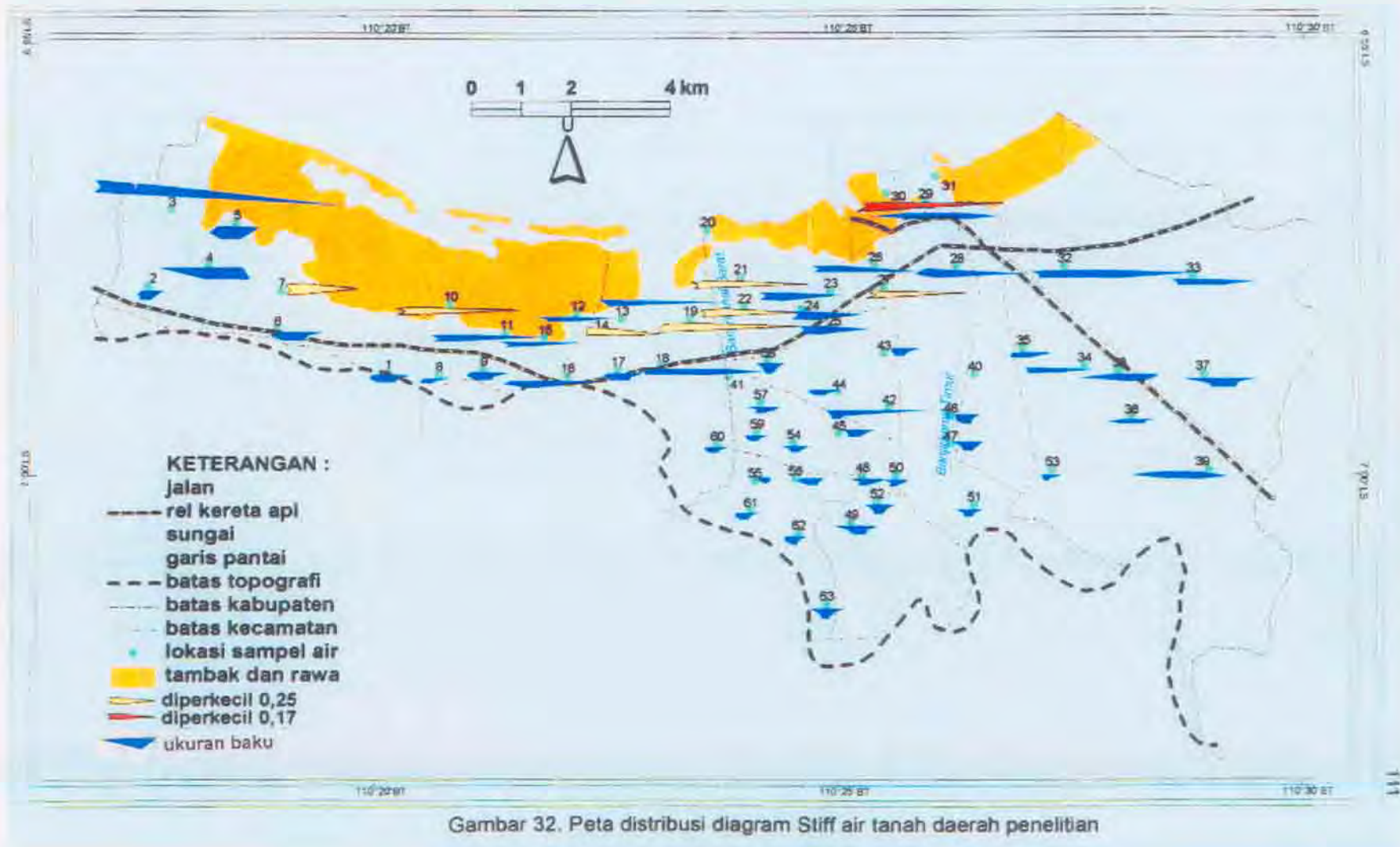
- 11) Ditinjau dari kadar kloridanya, PERMENKES No. 416 Tahun 1990, mensyaratkan kadar klorida 250 mg/l sebagai batas maksimum yang diperbolehkan. Berdasarkan kriteria tersebut, air tanah dengan kadar klorida kelompok III dan IV tidak layak untuk digunakan sebagai sumber air minum sehari-hari.
- 12) Ditinjau dari kadar sulfatnya, PERMENKES No. 416 Tahun 1990, mensyaratkan kadar sulfat 400 mg/l sebagai batas maksimum yang diperbolehkan. Berdasarkan kriteria ini, seluruh air tanah di daerah penelitian layak untuk digunakan sebagai sumber air minum sehari-hari.
- 13) Ditinjau dari kadar besinya, PERMENKES No. 416 Tahun 1990, mensyaratkan kadar besi 0,3 mg/l sebagai batas maksimum yang diperbolehkan. Berdasarkan kriteria ini, air tanah dengan kadar besi kelompok IV tidak layak untuk dijadikan sumber air minum.
- 14) Ditinjau dari kadar mangannya, PERMENKES No. 416 Tahun 1990, mensyaratkan kadar mangan 0,1 mg/l sebagai batas maksimum yang diperbolehkan. Berdasarkan kriteria ini, air tanah dengan kadar mangan kelompok II, III dan IV tidak layak untuk digunakan sebagai sumber air minum sehari-hari.
- 15) Ditinjau dari kadar nitratnya, PERMENKES No. 416 Tahun 1990, mensyaratkan air tanah dengan kadar nitrat 10 mg/l sebagai batas maksimum yang diperbolehkan. Berdasarkan kriteria tersebut, daerah dengan air tanah berkadar nitrat kelompok IV tidak layak untuk dijadikan sumber air minum.
- 16) Ditinjau dari kadar salinitasnya, berdasarkan pengamatan di lapangan, air tanah dengan kadar salinitas kelompok III dan IV umumnya sudah tidak digunakan lagi oleh penduduk setempat sebagai sumber air minum sehari-hari.



5.4 Analisis Sifat Kimia Air Tanah dengan Diagram Stiff

Selain dengan cara mengalkurkan kadar ion dalam peta seperti telah dibahas pada sub bab 5.1 dan 5.2, sifat kimia air tanah di daerah penelitian juga dianalisis menggunakan diagram Stiff. Dengan diagram ini dapat dilihat secara cepat, distribusi ion-ion dominan di daerah penelitian secara serempak. Hasil pengaluran diagram Stiff ditunjukkan pada Gambar 32. Dari gambar tersebut terlihat bahwa bentuk dan ukuran diagram Stiff berubah dari satu tempat ke tempat lain.

Dengan melihat luas masing-masing diagram, secara umum diagram Stiff yang terdapat di daerah penelitian bagian utara memiliki ukuran yang lebih besar daripada diagram Stiff di daerah penelitian bagian selatan. Hal itu berarti, kadar ion dominan dalam air tanah di daerah penelitian bagian utara lebih besar daripada kadar ion dominan dalam air tanah di daerah penelitian bagian selatan. Secara lebih rinci, terlihat bahwa perbedaan tersebut terutama disebabkan oleh luasan diagram Stiff pada bagian kanan sumbu, yang artinya disebabkan oleh besarnya kadar anion atau ion negatif. Dengan melihat panjang garis pada anion, terlihat bahwa di daerah penelitian bagian utara ion klorida merupakan ion dengan kadar tertinggi, sedangkan di bagian selatan yang air tanahnya tawar, ion bikarbonat merupakan ion dengan kadar tertinggi. Untuk kation, dengan melihat bentuk diagram pada sumbu bagian kiri, terlihat bahwa di daerah penelitian bagian utara kadar ion kalsium relatif sama dengan ion natrium ditambah dengan kalium, sedangkan di bagian selatan kadar ion kalsium dan juga magnesium jauh lebih tinggi daripada ion natrium ditambah kalium. Berdasarkan hasil ini dapat diketahui bahwa pada daerah air asin, kadar ion natrium dan kloridanya tinggi, sedangkan pada daerah air tawar yang dominan adalah ion kalsium, magnesium dan bikarbonat. Fenomena ini cukup menarik, karena ternyata faktor perbedaan kepadatan penduduk



tidak berpengaruh secara signifikan terhadap tingginya kadar ion dominan di daerah penelitian.

Ditinjau dari bentuknya, ternyata bentuk diagram Stiff di daerah penelitian sangat bervariasi, sehingga karakteristik kimia air tanahnya pun akan sangat bervariasi. Meskipun demikian secara garis besar, daerah-daerah yang berdekatan memperlihatkan bentuk diagram Stiff yang relatif sama, yang menunjukkan tipe kimia air tanah yang sama, disebabkan oleh kondisi lingkungan yang sama. Sebagai contoh diagram Stiff di Kecamatan Candisari yang memperlihatkan ukuran dan bentuk yang relatif serupa, demikian pula dengan diagram Stiff di daerah Panggung dan Kecamatan Semarang Selatan. Meskipun demikian, kadang-kadang pada daerah yang berdekatan pun terdapat diagram Stiff yang bentuk dan ukurannya berbeda. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh pengaruh lingkungan lokal, seperti misalnya tata guna lahan dan kegiatan industri.

5.5 Analisis Sifat Fisik dan Kimia Air Tanah dengan Statistik

Pengaruh kondisi lingkungan terhadap sifat fisik dan kimia air tanah di daerah penelitian, dapat dianalisis dengan cara statistik yang merupakan analisis kuantitatif untuk mendukung hasil analisis spasial. Analisis statistik digunakan untuk mengetahui model hubungan antara sifat fisik dan kimia air tanah dengan keadaan lingkungannya. Faktor-faktor lingkungan yang diperkirakan mempunyai pengaruh terhadap sifat fisik dan kimia air tanah di daerah penelitian adalah jarak dari pantai, kedalaman muka air tanah dan kepadatan penduduk.

Jarak dari pantai berpengaruh terhadap kualitas air karena besar-kecilnya kadar ion-ion tertentu sering ditentukan oleh pengaruh laut, seperti misalnya intrusi air laut yang akan menambah besarnya kadar ion natrium dan klorida. Selain itu pantai seringkali

merupakan wilayah akumulasi zat-zat yang terbawa oleh aliran air tanah, sehingga kadar ionnya secara umum lebih tinggi daripada daerah hulu.

Kedalaman muka air tanah menentukan mudah tidaknya suatu tempat terkena pencemaran. Pada daerah yang muka air tanahnya dangkal, pencemaran yang terjadi di permukaan tanah lebih cepat dan mudah mencapai air tanah, sedangkan daerah dengan muka air tanah yang dalam, limbah dari permukaan tanah akan lebih lama mencapai air tanah serta lebih intensif tersaring lapisan tanah. Faktor kepadatan penduduk berpengaruh terhadap sifat fisik dan kimia air tanah, disebabkan oleh jumlah limbah yang dihasilkannya. Pada daerah dengan kepadatan penduduk tinggi, biasanya akan menghasilkan jumlah limbah domestik yang tinggi pula.

Pada analisis statistik ini digunakan model regresi berganda yang memberikan nilai F dari korelasi parameter-parameter yang mempunyai nilai nyata pada taraf nyata 5% (Hadi 1987, Sudjana 1992). Sebagai variabel tergantung adalah konsentrasi sifat fisik dan kimia air tanah, sedangkan sebagai variabel bebas adalah jarak dari pantai (x_1), kedalaman muka air tanah (x_2) dan kepadatan penduduk (x_3). Hasil analisis regresi berganda dari parameter fisik dan kimia air tanah yang diteliti dan memenuhi syarat untuk analisis ini ditunjukkan pada Tabel 17.

Dari Tabel 17 tersebut diketahui bahwa variabel jarak dari pantai sangat berpengaruh terhadap sifat fisik dan kimia air tanah di daerah penelitian. Untuk DHL, variabel ini memberikan nilai F terhitung sebesar 9,85, sedangkan F kritikal sebesar 2,78, sehingga hipotesis nol ditolak, yang berarti terdapat sumbangan nyata dari variabel jarak dari pantai terhadap besarnya nilai DHL. Variabel jarak dari pantai juga memberikan sumbangan nyata terhadap besar kecilnya nilai kesadahan, kadar kalsium,

Tabel 17. Regresi sifat fisik dan kimia air tanah dengan faktor jarak dari pantai (x1) kedalaman muka air tanah (x2) dan kepadatan penduduk (x3)

No.	Parameter	Persamaan Regresi	F terhitung
1.	DHL	$Y = 5702,36 - 598,35 (x_1)$	9,85
2.	Suhu	$Y = 28,46 + 2,90 (x_2)$	4,36
3.	Kekeruhan	$Y = 2,29 + 2,44 (x_1) + 4,80 (x_3)$	19,77
4.	pH	$Y = 7,24 + 0,08 (x_1) + 0,13 (x_3)$	14,12
5.	Kesadahan	$Y = 1073,79 - 83,45 (x_1)$	7,80
6.	Kalsium	$Y = 238,02 - 20,659 (x_1)$	7,77
7.	Magnesium	$Y = 150,48 - 9,73 (x_1) - 22,63 (x_3)$	4,84
8.	Natrium	$Y = 308,42 - 32,49 (x_1)$	6,79
9.	Kalium	$Y = 49,03 - 5,09 (x_1)$	6,45
10.	Klorida	$Y = 3535,99 - 466,23 (x_1)$	7,48
11.	Salinitas	$Y = 2543,28 - 302,77 (x_1)$	4,88

natrium, kalium, klorida dan salinitas, dengan F terhitung masing-masing sebesar 7,80, 7,77, 6,79, 6,45, 7,48 dan 4,88. Untuk kekeruhan, pH dan magnesium, selain ditentukan oleh variabel tersebut, juga oleh variabel kepadatan penduduk yang masing-masing memberikan nilai F terhitung sebesar 19,77, 14,12 dan 4,84, sedangkan suhu hanya ditentukan oleh variabel kedalaman muka air tanah dengan nilai F terhitung 4,36. Selanjutnya untuk mengetahui seberapa besar pengaruh ketiga variabel tersebut terhadap sifat fisik dan kimia air tanah di daerah penelitian, dilakukan korelasi antar faktor. Hasil analisis korelasi ditunjukkan pada Tabel 18.

Uji dua sisi dengan nilai kritis korelasi Spearman $\pm 0,25614$ pada tingkat signifikansi 5% menunjukkan bahwa ketiga variabel tidak selalu mempunyai korelasi terhadap sifat fisik dan kimia air tanah. Variabel jarak dari pantai mempunyai korelasi

Tabel 18. Korelasi parameter kualitas air tanah dengan faktor jarak dari pantai, kedalaman muka air tanah dan kepadatan penduduk

No.	Parameter	Besarnya Korelasi		
		x1	x2	x3
1.	DHL	- 0,55	- 0,11	- 0,25
2.	Suhu	0,11	0,41	- 0,21
3.	Kekeruhan	0,57	0,06	0,52
4.	pH	0,55	- 0,07	0,45
5.	Kesadahan	- 0,49	- 0,12	- 0,24
6.	Kalsium	- 0,52	- 0,12	- 0,16
7.	Magnesium	- 0,34	- 0,03	- 0,33
8.	Natrium	- 0,46	- 0,09	- 0,25
9.	Kalium	- 0,48	- 0,12	- 0,18
10.	Klorida	- 0,50	- 0,14	- 0,17
11.	Salinitas	- 0,44	- 0,11	- 0,12

positif terhadap nilai kekeruhan dan pH, tetapi mempunyai korelasi negatif terhadap DHL, kadar kesadahan, kalsium, magnesium, natrium, kalium, klorida dan salinitas. Mempunyai korelasi positif artinya semakin jauh jarak dari pantai nilainya semakin besar, sedangkan mempunyai korelasi negatif artinya semakin jauh dari pantai nilainya semakin kecil.

Variabel kedalaman muka air tanah hanya mempunyai korelasi dengan suhu air tanah. Bentuk korelasinya adalah korelasi positif, yang artinya semakin dalam muka air tanah, suhunya semakin tinggi. Untuk variabel kepadatan penduduk, mempunyai korelasi positif terhadap nilai kekeruhan dan pH, tetapi mempunyai korelasi negatif terhadap kadar ion magnesium.

5.6 Analisis Distribusi Air Asin dengan Metode Revelle

Seperti telah dikemukakan dalam metode penelitian, adanya air asin dalam air tanah dapat dikenali dengan melihat perubahan komposisi kimia air tanah, yaitu rasio antara ion klorida terhadap ion bikarbonat dan karbonat. Pada Lampiran 4 dapat dilihat hasil perhitungan nilai rasio tersebut untuk masing-masing sampel air.

Dari Lampiran 4 dapat diketahui bahwa dari 59 sampel air tanah, 20 sampel adalah air tanah normal atau belum terpengaruh air asin, 13 sampel sedikit terpengaruh air asin, enam sampel cukup banyak terpengaruh air asin, delapan sampel banyak terpengaruh air asin, delapan sampel sangat banyak terpengaruh air asin dan empat sampel komposisi kimianya sudah seperti air laut. Pada Gambar 33 ditunjukkan distribusi air tanah berdasarkan tingkat keterpengaruhannya terhadap air asin.

Dari Gambar 33 tersebut terlihat bahwa daerah dengan air tanah sangat banyak terpengaruh air asin terdapat di Kecamatan Tugu bagian utara, Semarang Barat bagian utara, Semarang Utara bagian utara dan Semarang Timur bagian utara. Daerah dengan air tanah banyak terpengaruh air asin terdapat di Kecamatan Genuk dan Semarang Tengah bagian utara, sebagian Tugu bagian barat dan Semarang barat bagian tengah. Daerah dengan air tanah cukup banyak terpengaruh air asin meliputi Kecamatan Pedurungan bagian selatan, Semarang Utara bagian selatan serta sebagian kecil Tugu. Daerah dengan air tanah sedikit terpengaruh air asin meliputi Kecamatan Gajahmungkur bagian utara, Semarang Selatan bagian selatan, Pedurungan bagian utara, Genuk bagian selatan serta sebagian kecil Semarang Timur dan Gayamsari. Air tanah normal dijumpai di Kecamatan Tugu, Semarang Barat dan Gajahmungkur bagian selatan, Candisari, Semarang Selatan bagian utara serta Semarang Tengah, Semarang Timur dan Gayamsari bagian selatan.



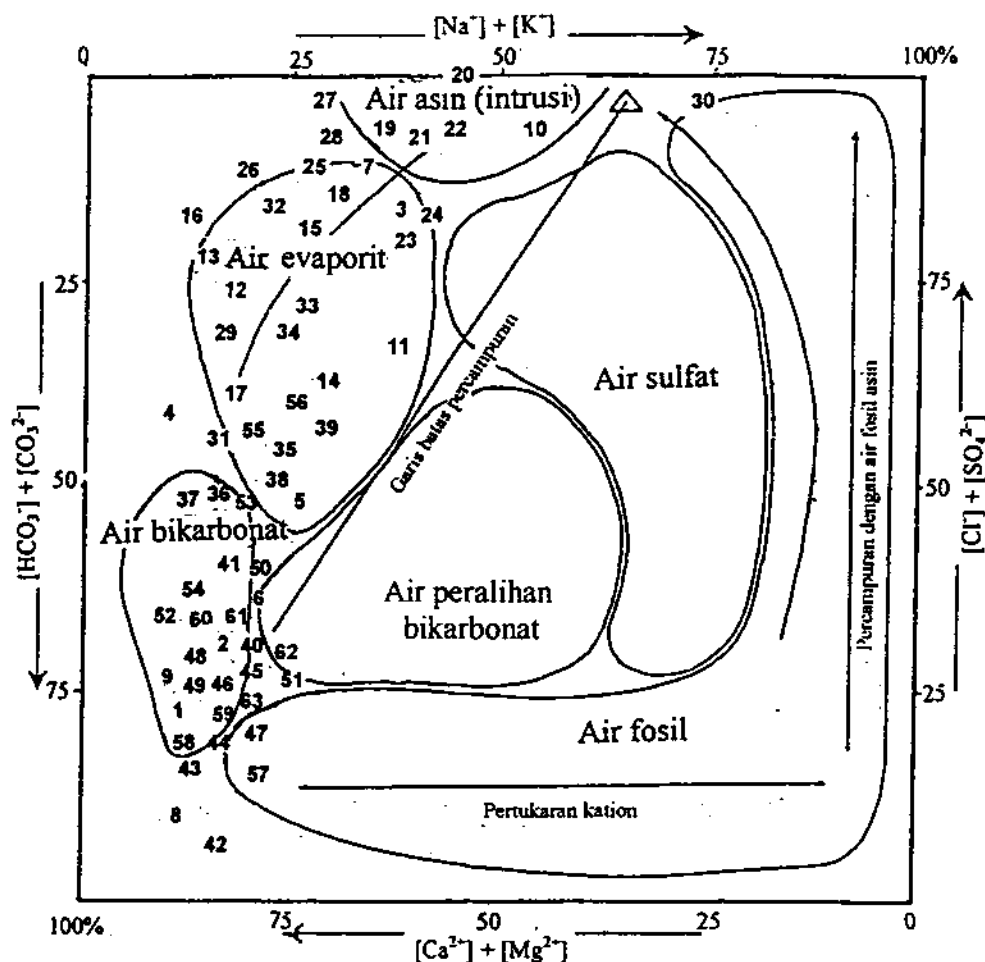
Gambar 33. Peta distribusi air tanah daerah penelitian berdasarkan tingkat keterpengaruhannya terhadap air asin

Daerah-daerah yang air tanahnya telah terpengaruh air asin, baik banyak ataupun sangat banyak, ada kecenderungan terdapat di sepanjang pantai, sedangkan yang sedikit terpengaruh air asin ada kecenderungan terdapat di daerah penelitian bagian timur (sekitar Genuk). Air tanah normal ada kecenderungan ditemukan pada jarak yang lebih jauh dari pantai (di kaki perbukitan dan di sekitar Candisari). Namun demikian ditemukan pula air tanah yang cukup banyak terpengaruh air asin, meskipun berada di wilayah yang terletak jauh dari pantai (sekitar daerah Pedurungan). Fenomena ini mengindikasikan bahwa kemungkinan intrusi air garam bukan satu-satunya penyebab keasinan air tanah di daerah penelitian

5.7 Analisis Faktor Penyebab Adanya Air Asin dalam Tanah

“Asal air” dapat diketahui dengan menggunakan diagram segiempat Kloosterman. Diagram ini mempunyai enam kelompok tipe air, yang ditentukan berdasarkan rasio antara $[Na^+]+[K^+]$ terhadap $[Ca^{2+}]+[Mg^{2+}]$ dan rasio antara $[Cl^-]+[SO_4^{2-}]$ terhadap $[HCO_3^-]+[CO_3^{2-}]$. Hasil pengaluran sampel air pada diagram piper segi empat ditunjukkan pada Gambar 34, sedangkan hasil penentuan tipe kimia ditunjukkan pada Lampiran 5. Berdasarkan Lampiran 5 tersebut dapat diketahui bahwa dari 59 sampel air yang diambil, tiga sampel merupakan air peralihan bikarbonat tawar, 27 sampel air bikarbonat tawar, satu sampel air fosil asin, 20 sampel air evaporit, dua sampel air fosil tawar dan hanya enam sampel air tanah yang terkena intrusi air garam. Dari hasil ini dapat diketahui bahwa intrusi air garam bukan penyebab utama keasinan air tanah di daerah penelitian.

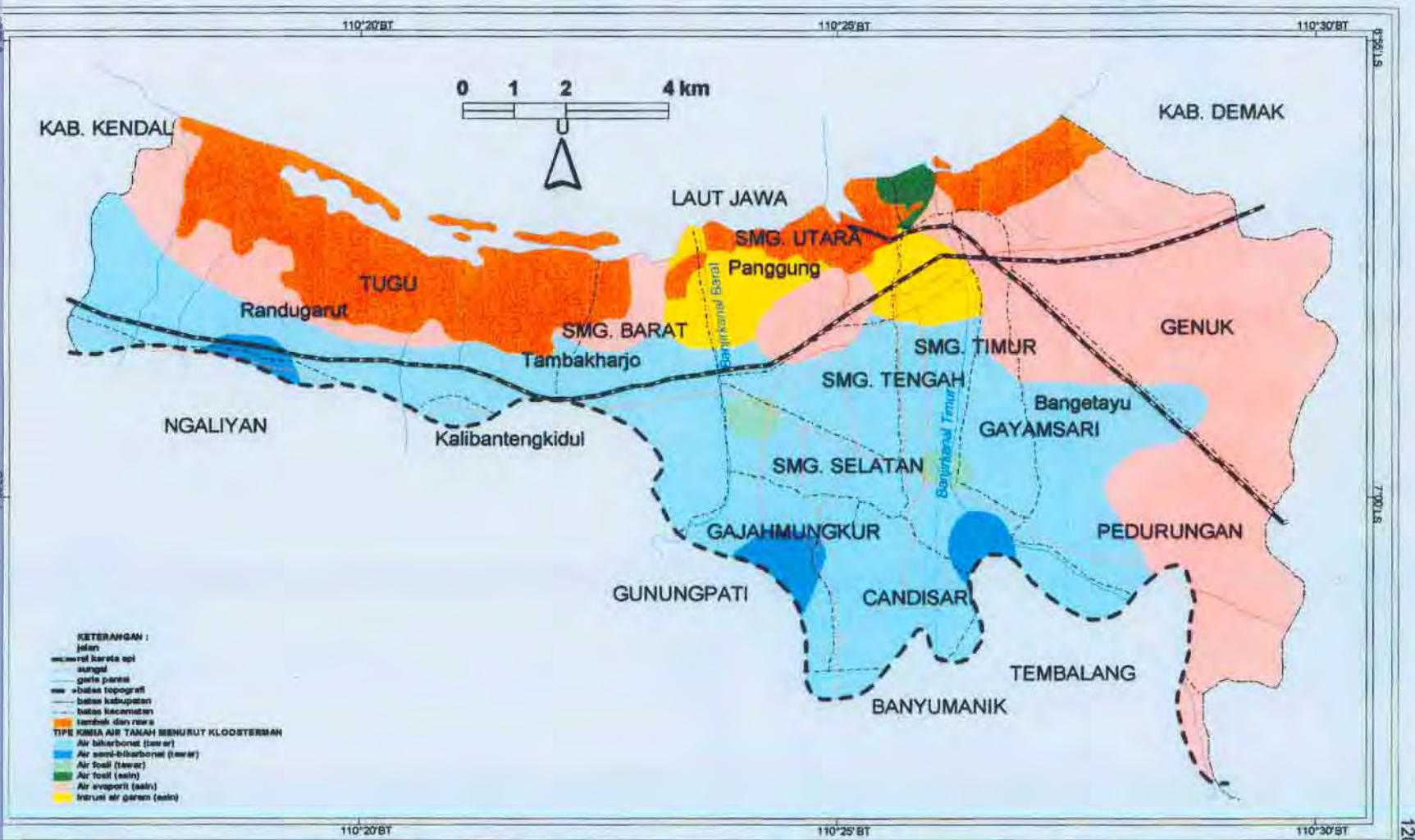
Selanjutnya pada Gambar 35 ditunjukkan distribusi air tanah berdasarkan asal airnya. Dari Gambar 35 tersebut terlihat adanya enam tipe kimia air di daerah penelitian yaitu air peralihan bikarbonat, air bikarbonat, air evaporit, air fosil (tawar maupun asin)



Gambar 34. Hasil pengaluran sampel air pada diagram Piper segiempat

dan air dari intrusi air garam. Hampir separuh daerah penelitian merupakan air tanah tipe air bikarbonat. Air bikarbonat merupakan salah satu jenis air berasa tawar dengan bikarbonat sebagai ion dominan. Daerah-daerah dengan air tanah tipe air bikarbonat adalah Kecamatan Tugu bagian selatan, Semarang Barat bagian selatan, Semarang Tengah, Semarang Selatan, Semarang Timur bagian selatan, Gayamsari bagian selatan, Candisari, Pedurungan bagian tengah dan sebagian besar Gajahmungkur.

Air tanah tipe peralihan bikarbonat meliputi sebagian Kecamatan Gajahmungkur, Tugu dan Semarang Timur bagian selatan. Air tanah dengan tipe ini berasa tawar



Gambar 35. Peta distribusi tipe kimia air tanah menurut klasifikasi Kloosterman

dengan kadar bikarbonat lebih rendah daripada air bikarbonat. Air evaporit tersebar luas di daerah penelitian. Air tanah dengan tipe ini berasa asin, sehingga diperkirakan merupakan penyebab utama keasinan air tanah di daerah penelitian. Daerah-daerah dengan air tanah tipe evaporit meliputi Kecamatan Tugu bagian utara, sebagian Semarang Barat bagian utara, Semarang Utara bagian selatan, Genuk, Pedurungan bagian utara dan selatan serta Gayamsari bagian utara.

Penyebab keasinan air tanah lainnya adalah air fosil. Air jenis ini terdapat di sebagian kecil wilayah Kecamatan Semarang Utara bagian utara dan sebagian kecil wilayah Kecamatan Genuk bagian utara. Meskipun demikian ada hal menarik, yaitu adanya air fosil tawar yang ditunjukkan oleh sampel nomor 47 (daerah sekitar Tugu Muda) dan sampel nomor 57 (sekitar jalan Halmahera). Pada suatu masa tertentu, oleh terjadinya reaksi kimiawi, air jenis ini akan dapat berubah menjadi air asin.

Intrusi air garam yang selama ini dianggap sebagai penyebab keasinan air tanah di Kota Semarang ternyata hanya terjadi di sebagian kecil daerah, yaitu di sebagian wilayah Kecamatan Semarang Barat bagian utara, Semarang Utara bagian utara dan Semarang Timur bagian utara. Daerah-daerah ini merupakan wilayah dengan tingkat kepadatan penduduk tinggi.

5.8 Klasifikasi Tipe Kimia Air dengan Metode Stuyfzand

Seperti telah dikemukakan dalam metode penelitian, dalam klasifikasi Stuyfzand tipe kimia air dibedakan menjadi tipe utama, tipe, sub tipe dan kelas. Berikut ini disajikan perhitungan untuk masing-masing pembagian tersebut.

5.8.1 Tipe utama

Untuk menentukan tipe utama, digunakan besarnya konsentrasi ion klorida sebagai dasar perhitungan, yang hasilnya ditunjukkan pada Lampiran 6. Berdasarkan Lampiran 6 tersebut dapat diketahui bahwa dari 59 sampel air tanah yang diambil, 27 sampel tergolong air tawar, lima sampel tergolong air tawar-payau, 12 sampel tergolong air payau dan 15 sampel tergolong air payau-asin. Sampel-sampel yang tergolong air payau-asin umumnya terdapat di dekat pantai, sedangkan sampel-sampel yang tergolong air tawar umumnya terdapat pada jarak yang lebih jauh dari pantai.

5.8.2 Tipe

Dalam klasifikasi hidrokimia metode Stuyfzand, penentuan tipe kimia air tanah mendasarkan pada nilai kesadahan yang disebabkan oleh ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Pada Lampiran 7 ditunjukkan hasil perhitungan tersebut untuk masing-masing sampel.

Dari Lampiran 7 tersebut dapat diketahui bahwa dari 59 sampel air yang diambil, 38 sampel tergolong dalam tipe amat sangat sadah dan 21 sampel tergolong dalam tipe sangat sadah. Tipe amat sangat sadah umumnya terdapat pada sampel air yang diambil di dekat pantai, sedangkan tipe sangat sadah umumnya terdapat pada sampel air yang berada lebih jauh dari pantai.

5.8.3 Sub-tipe

Penentuan sub tipe didasarkan pada konsentrasi kation dan anion yang dominan. Pada Lampiran 8 ditunjukkan hasil penentuan sub tipe berdasarkan kriteria tersebut. Berdasarkan Lampiran 8 tersebut dapat diketahui bahwa dari 59 sampel air yang diambil, 23 sampel bersub-tipe $\text{Ca}^{2+}/\text{HCO}_3^-$, lima sampel bersub-tipe $\text{Mg}^{2+}/\text{HCO}_3^-$, empat sampel

bersub-tipe Mg^{2+}/Mix , 18 sampel bersub-tipe Ca^{2+}/Cl^- , delapan sampel bersub-tipe Mg^{2+}/Cl^- dan satu sampel mempunyai sub-tipe Na^+/Cl^- .

5.8.4 Kelas

Untuk tiap sub-tipe dibagi menjadi tiga kelas menurut jumlah kation Na^+ , K^+ dan Mg^{2+} . Pada Lampiran 9 ditunjukkan hasil penentuan kelas untuk masing-masing sampel. Selanjutnya dari Lampiran 9 tersebut dapat diketahui bahwa dari 59 sampel yang diambil, 24 sampel termasuk kelas (+) atau memiliki tambahan air tawar yang lebih besar daripada air laut, 10 sampel termasuk kelas (0) atau memiliki tambahan air tawar dan laut seimbang dan 25 sampel termasuk kelas (-) atau memiliki tambahan air laut lebih besar daripada air tawar. Selanjutnya berdasarkan hasil penentuan tipe utama, tipe, sub-tipe dan kelas tersebut, dapat ditentukan tipe kimia tiap sampel air yang ditunjukkan pada Lampiran 10.

Dari Lampiran 10 tersebut dapat diketahui bahwa dari 59 sampel air tanah yang diambil, 13 sampel mempunyai tipe kimia $F/2/Ca^{2+}/HCO_3^-/+$, tujuh sampel tipe $B/3/Ca^{2+}/Cl^-/-$, enam sampel tipe $F/2/Ca^{2+}/HCO_3^-/0$, lima sampel tipe $Bs/4/Ca^{2+}/Cl^-/-$, empat sampel bertipe $Bs/3/Ca^{2+}/Cl^-/-$, tiga sampel bertipe $Bs/3/Mg^{2+}/Cl^-/-$, masing-masing dua sampel bertipe $F/3/Ca^{2+}/HCO_3^-/+$, $F/3/Mg^{2+}/HCO_3^-/+$, $Bs/4/Mg^{2+}/Cl^-/-$, $Fb/3/Mg^{2+}/Mix/+$ dan masing-masing satu sampel bertipe hidrokimia $F/2/Mg^{2+}/HCO_3^-/+$, $B/4/Ca^{2+}/Cl^-/-$, $Fb/3/Ca^{2+}/HCO_3^-/+$, $F/2/Mg^{2+}/HCO_3^-/0$, $F/3/Mg^{2+}/HCO_3^-/-$, $Bs/4/Na^+/Cl^-/-$, $Bs/4/Ca^{2+}/Cl^-/-$, $B/3/Mg^{2+}/Cl^-/-$, $B/4/Mg^{2+}/Cl^-/-$, $Fb/3/Mg^{2+}/Mix/0$, $Fb/4/Ca^{2+}/HCO_3^-/0$, $B/3/Mg^{2+}/Mix^-/-$, $F/2/Mg^{2+}/Cl^-/+$.

Air tanah bertipe $F/2/Ca^{2+}/HCO_3^-/+$ sebagai tipe hidrokimia yang paling banyak dijumpai, adalah air tanah dengan kadar klorida kurang dari 150 mg/l atau air tawar,

airnya sangat sadah, ion yang dominan kalsium dan bikarbonat serta adanya tambahan air tawar. Air tanah tipe ini umumnya terdapat di daerah yang jauh dari pantai.

Air tanah dengan tipe hidrokimia $B/3/Ca^{2+}/Cl^{-}$ adalah air tanah dengan kadar klorida 300 – 1000 mg/l atau air payau, airnya amat sangat sadah, ion yang dominan kalsium dan klorida serta adanya tambahan air asin yang lebih besar daripada air tawar. Air tanah bertipe $F/2/Ca^{2+}/HCO_3^{-}/0$ adalah air tanah dengan kadar klorida kurang dari 150 mg/l atau air tawar, sangat sadah, ion yang dominan kalsium dan bikarbonat serta adanya tambahan air asin dan air tawar yang seimbang.

Berikutnya adalah tipe $Bs/4/Ca^{2+}/Cl^{-}$ dan $Bs/3/Ca^{2+}/Cl^{-}$ yang artinya air tanah berkadar klorida antara 1000-10.000 mg/l atau air payau-asin, amat sangat sadah, ion yang dominan kalsium dan klorida serta adanya tambahan air asin yang lebih besar daripada air tawar. Tipe $Bs/3/Mg^{2+}/Cl^{-}$ juga serupa dengan kedua tipe tersebut, tetapi kation yang dominan adalah magnesium. Air tanah pada ketiga tipe hidrokimia ini merupakan air asin.

Air tanah dengan tipe hidrokimia $F/3/Ca^{2+}/HCO_3^{-}/+$ adalah air tanah dengan kadar klorida kurang dari 150 mg/l, amat sangat sadah dengan ion dominan kalsium dan magnesium serta terjadi penambahan air tawar. Tipe $F/3/Mg^{2+}/HCO_3^{-}/+$ serupa dengan $F/3/Ca^{2+}/HCO_3^{-}/+$ tetapi kation yang dominan adalah magnesium. Air tanah dengan kedua tipe hidrokimia ini merupakan air tawar.

Berikutnya adalah tipe $Bs/4/Mg^{2+}/Cl^{-}$, yaitu air tanah dengan kadar klorida antara 1000 – 10000 mg/l, airnya amat sangat sadah dengan ion dominan magnesium dan klorida. Pada tipe ini terjadi penambahan air asin yang lebih besar daripada air tawar, sehingga air akan berasa payau-asin. Tipe $Fb/3/Mg^{2+}/Mix/+$ adalah tipe hidrokimia dengan kadar klorida 150 – 300 mg/l dan airnya amat sangat sadah. Kation yang

dominan pada tipe ini magnesium, sedangkan anionnya mempunyai kadar yang berimbang. Pada tipe ini juga terjadi penambahan air tawar yang cukup besar, sehingga air berasa tawar.

Tipe hidrokimia $F/2/Mg^{2+}/HCO_3^-/+$ serupa dengan $F/3/Mg^{2+}/HCO_3^-/+$, tetapi airnya sangat sadah, sedangkan tipe $B/4/Ca^{2+}/Cl^-/-$ serupa dengan $Bs/4/Ca^{2+}/Cl^-/-$, tetapi kadar kloridanya antara 300 – 1000 mg/l, sehingga berasa payau. Untuk tipe $Fb/3/Ca^{2+}/HCO_3^-/+$ serupa dengan $F/3/Ca^{2+}/HCO_3^-/+$, tetapi kadar kloridanya 150 – 300 mg/l, sehingga airnya berasa tawar-payau.

Selanjutnya adalah tipe $F/2/Mg^{2+}/HCO_3^-/0$ yaitu tipe hidrokimia dengan kadar klorida kurang dari 150 mg/l, airnya sangat sadah dengan ion dominan magnesium dan bikarbonat serta terjadi penambahan air tawar dan asin yang seimbang. Tipe hidrokimia $F/3/Mg^{2+}/HCO_3^-/-$ serupa dengan $F/3/Mg^{2+}/HCO_3^-/+$, hanya saja terjadi penambahan air asin yang lebih besar daripada air tawar. Air tanah dengan tipe ini masih berasa tawar, tetapi kemungkinan akan berasa payau hingga asin di masa mendatang.

Air tanah dengan tipe hidrokimia $Bs/4/Na^+/Cl^-/-$ serupa dengan $Bs/4/Mg^{2+}/Cl^-/-$, tetapi kation yang dominan adalah natrium, sedangkan tipe $B/4/Ca^{2+}/Cl^-/0$ serupa dengan $Bs/4/Ca^{2+}/Cl^-/-$ tetapi kadar kloridanya 1000 – 10000 mg/l. Tipe $B/3/Mg^{2+}/Cl^-/-$ dan $B/4/Mg^{2+}/Cl^-/-$ serupa dengan $B/3/Ca^{2+}/Cl^-/-$, tetapi kation yang dominan kalsium.

Selanjutnya adalah air tanah dengan tipe hidrokimia $Fb/3/Mg^{2+}/Mix/0$, yaitu air tanah dengan kadar klorida 150 – 300 mg/l, airnya amat sangat sadah dan kation yang dominan magnesium. Kadar anion untuk air tanah tipe ini seimbang, demikian pula terjadi keseimbangan tambahan air tawar dan asin, sehingga air berasa tawar payau. Tipe hidrokimia $Fb/4/Ca^{2+}/HCO_3^-/0$ adalah tipe air dengan kadar klorida 150 – 300 mg/l, airnya amat sangat sadah dengan ion dominan kalsium dan bikarbonat. Terjadi

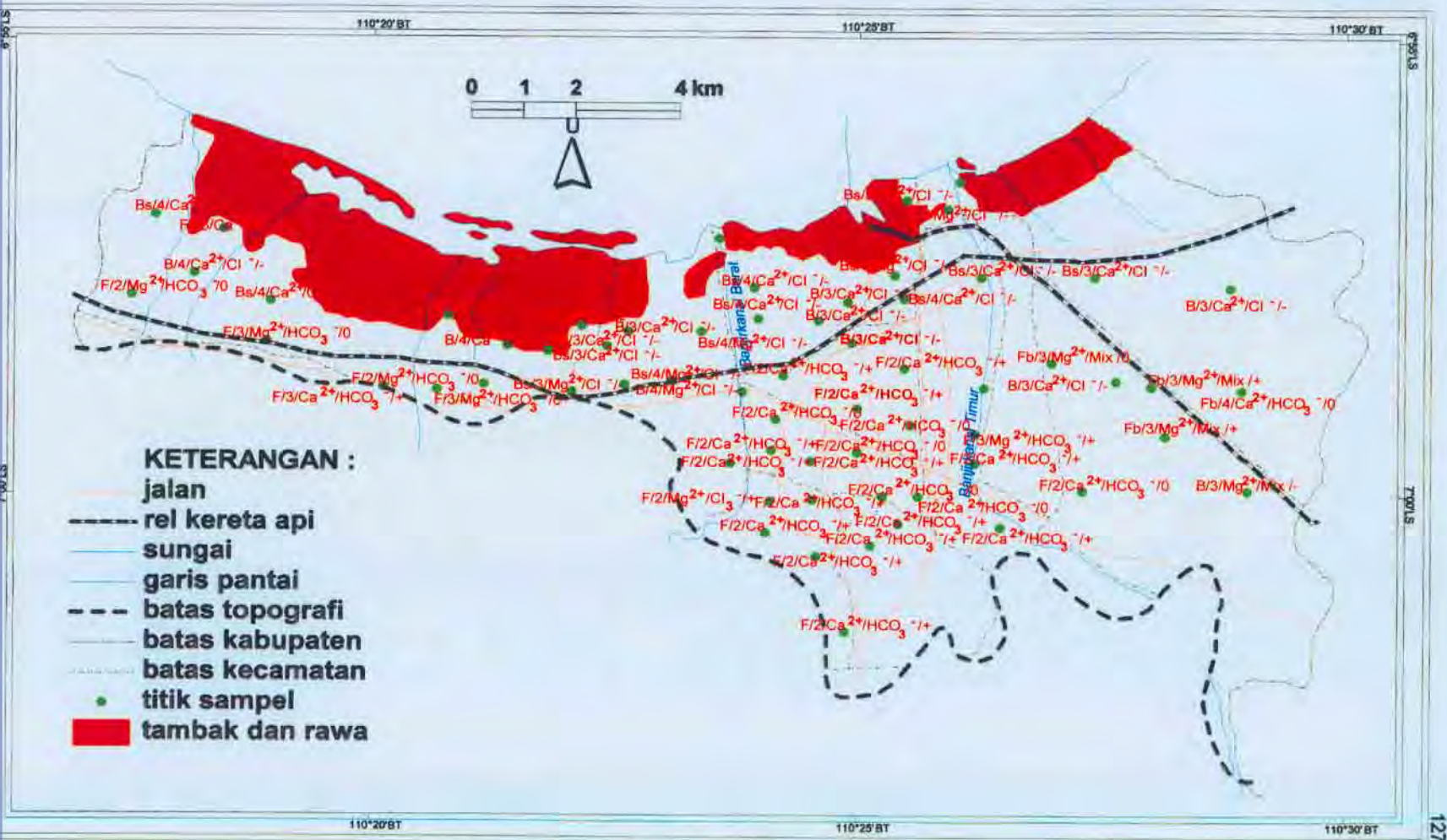
penambahan air tawar dan asin yang seimbang, sehingga air tanah dengan tipe ini berasa tawar-payau. Tipe B/3/Mg²⁺/Mix/- serupa dengan B/3/Mg²⁺/Cl⁻/-, tetapi kadar anionnya seimbang. Untuk tipe F/2/Mg²⁺/Cl⁻/+ serupa dengan F/2/Mg²⁺/HCO₃⁻/+, tetapi anion yang dominan klorida. Selanjutnya pada Gambar 36 ditunjukkan distribusi masing-masing tipe kimia air tanah di daerah penelitian.

5.9 Hasil Pengukuran Geolistrik

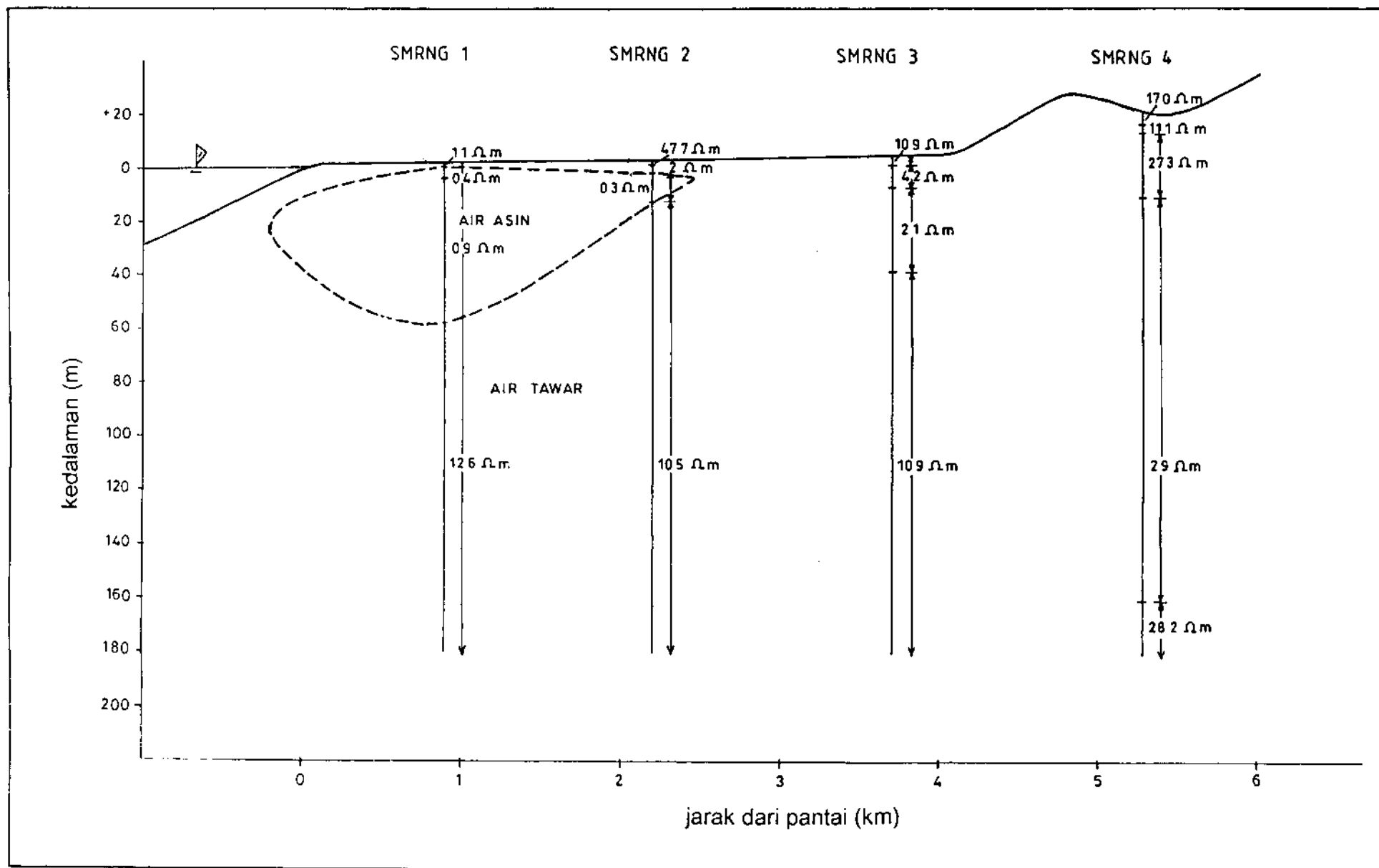
5.9.1 Penampang I

Penampang I terdiri atas empat titik pengukuran, yaitu titik dengan kode Smrng1 dan Smrng2 yang terletak di daerah Mangunharjo, titik dengan kode Smrng3 yang terletak di daerah Mangkang Wetan dan titik dengan kode Smrng4 yang terletak di daerah Mangkang Kulon (Gambar 37). Pada titik Smrng1 yang terletak 0,9 km dari pantai, dijumpai lapisan air asin di kedalaman 0,9 hingga 59,5 m dari permukaan tanah, dengan nilai tahanan jenis 0,4 dan 0,9 Ω m. Di bawah lapisan ini ditemukan lapisan air tawar dengan nilai tahanan jenis 12,6 Ω m. Berdasarkan pola perlapisan air ini, disimpulkan bahwa air asin yang terdapat di titik pengukuran ini bukan disebabkan oleh intrusi air garam, tetapi oleh air hasil pelarutan batuan evaporit.

Pada titik Smrng2 yang terletak 2,2 km dari pantai juga dijumpai adanya lapisan air asin. Pada titik ini, air asin ditemukan pada tempat yang lebih dalam yaitu 3,8 m dari permukaan tanah dengan nilai tahanan jenis 0,3 Ω m dengan ketebalan lapisan mencapai 8,3 m. Di bawahnya terdapat lapisan batuan dengan tahanan jenis 10,5 Ω m. Berdasarkan pola perlapisannya, air asin yang ditemukan pada titik ini diperkirakan juga merupakan air evaporit.



Gambar 36. Peta distribusi tipe kimia air tanah menurut klasifikasi Stuyfzand



Gambar 37. Penampang geolistrik 1

Pada titik Smrng3 dan Smrng4 yang terletak 3,7 km dan 5,3 km dari pantai tidak dijumpai air asin. Pada titik Smrng3, hingga kedalaman 1,4 m dari permukaan tanah dijumpai lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 10,9 Ωm yang diperkirakan berupa liat dengan sedikit pasir. Di bawahnya terdapat lapisan liat dengan tahanan jenis antara 2,1 – 4,2 Ωm , yang dijumpai hingga kedalaman 40,1 meter, dilanjutkan oleh lapisan liat dan pasir lagi hingga kedalaman yang tidak diketahui.

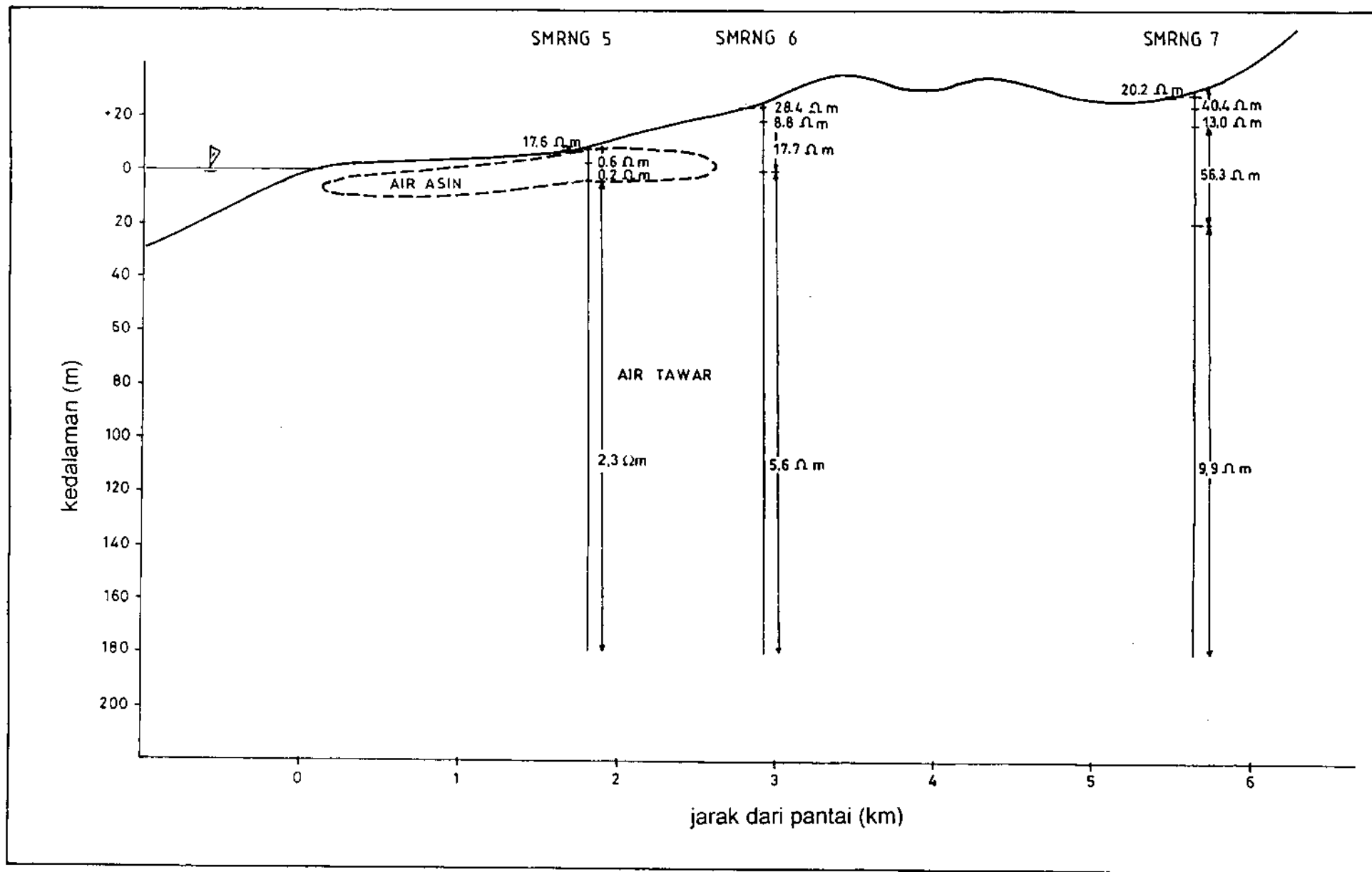
Di titik Smrng4, pada kedalaman 4,1 hingga 31,3 meter ditemukan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis 11,1 – 27,3 Ωm , yang diduga merupakan lapisan batuan yang mengandung air tawar. Di bawahnya, hingga kedalaman 180,1 meter dijumpai lapisan liat dengan tahanan jenis 2,9 Ωm . Selanjutnya ditemukan lagi lapisan air tawar hingga kedalaman yang tidak diketahui. Lapisan air tawar ini diperkirakan merupakan air artesis yang terdapat pada akuifer semi tertekan.

5.9.2 Penampang II

Penampang II terdiri atas tiga titik pengukuran. Titik Smrng5 yang berjarak 1,8 km dan titik Smrng6 yang berjarak 2,9 km dari pantai terletak di daerah Karanganyar, sedangkan titik Smrng7 yang berjarak 5,6 km dari pantai terletak di daerah Beringin (Gambar 38). Dari ketiga titik pengukuran, hanya satu titik yang terdeteksi mengandung lapisan air asin yaitu titik Smrng5. Pada titik ini air asin dijumpai pada kedalaman 0,8 hingga 4,3 meter dari permukaan tanah dengan nilai tahanan jenis antara 0,2 dan 0,6 Ωm . Di bawahnya ditemukan lapisan liat dengan nilai tahanan jenis 2,3 Ωm . Air asin yang dijumpai pada titik ini juga merupakan air evaporit.

Pada titik Smrng6, dapat ditemukan lapisan akuifer bebas yang mengandung air tawar pada kedalaman 5 hingga 25,9 meter dari permukaan tanah. Di bawahnya dijumpai





Gambar 38. Penampang geolistrik II

lapisan liat dengan nilai tahanan jenis 5,6 Ωm . Pada titik Smrng7, air tawar baru dapat ditemukan pada kedalaman 14,7 meter dari permukaan tanah. Keberadaan air tawar ini dibatasi oleh lapisan liat dan pasir dengan tahanan jenis 9,9 Ωm , yang terdapat pada kedalaman 44,8 meter dari permukaan tanah.

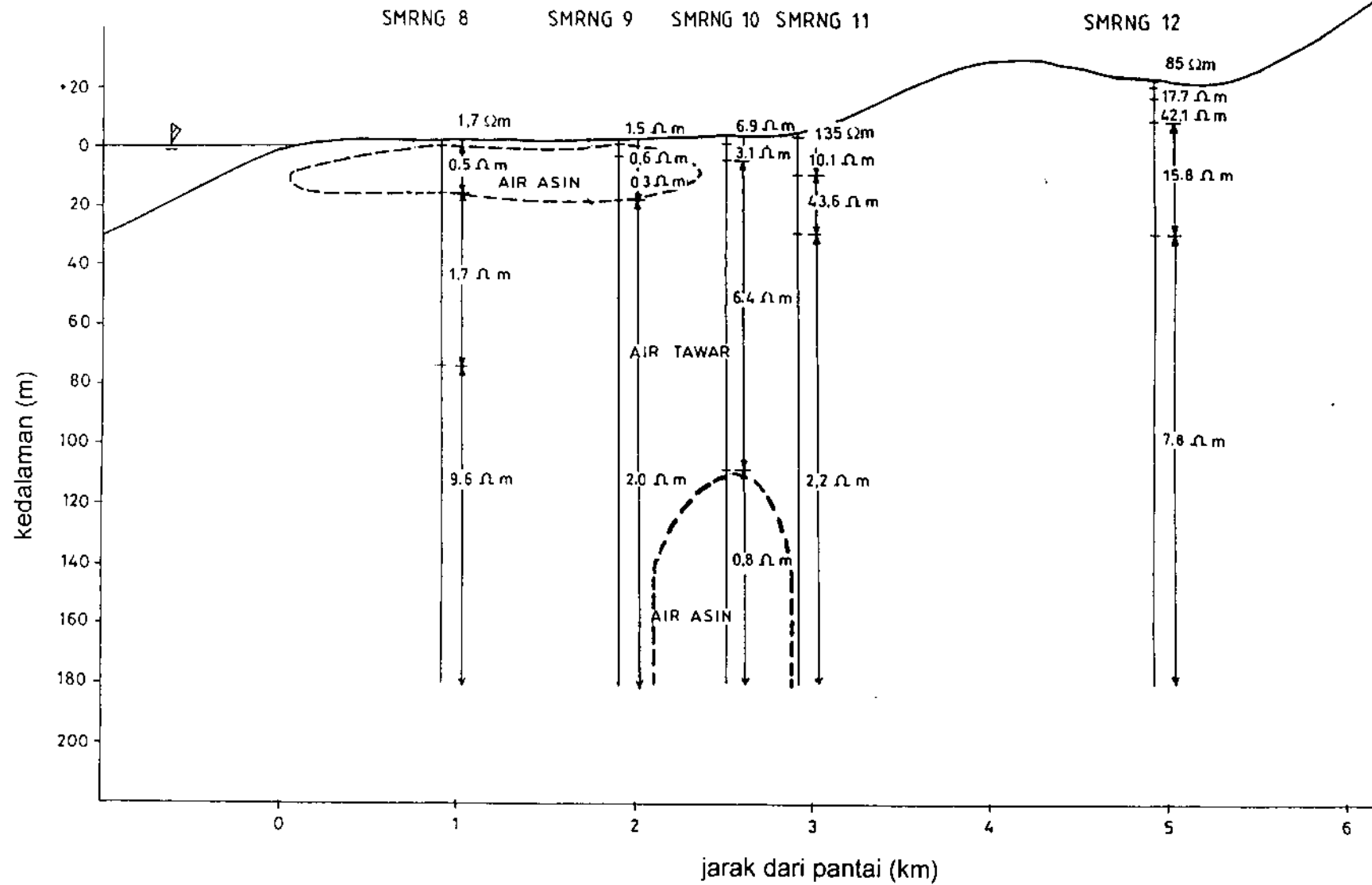
5.9.3 Penampang III

Penampang III terdiri atas lima titik pengukuran, yaitu titik Smrng8 dan Smrng9 yang terletak di daerah Tugurejo, titik Smrng10 di Jerakah, titik Smrng11 di Tugu dan titik Smrng12 di Manyaran (Gambar 39). Di titik Smrng8 yang berjarak 0,9 km dari garis pantai, air asin dijumpai mulai dari kedalaman 0,9 hingga 16,2 km dari permukaan tanah, dengan nilai tahanan jenis 0,5 Ωm . Di bawahnya, hingga kedalaman 76,5 meter dari permukaan tanah ditemukan lapisan liat dengan nilai tahanan jenis 1,7 Ωm . Lapisan air tawar baru dapat ditemukan setelah berakhirnya lapisan liat tersebut.

Di titik Smrng9 yang berjarak 1,9 km dari garis pantai, ditemukan air asin mulai dari kedalaman 0,9 hingga 19 meter dari permukaan tanah. Nilai tahanan jenis lapisan air asin ini antara 0,3 dan 0,6 Ωm . Di bawahnya, dijumpai akuifer semi tertekan yang mengandung air tawar artesis dengan produktivitas tinggi yang akhir kedalamannya tidak diketahui. Pada titik Smrng10 yang berjarak 2,5 km dari garis pantai, air asin ditemukan pada kedalaman 110 meter dari permukaan tanah, dengan nilai tahanan jenis 0,8 Ωm .

Air asin yang ditemukan di ketiga titik tersebut, letaknya terpisah dari tubuh air asin utama yaitu laut. Bahkan air asin yang ditemukan di titik Smrng10 terpisah sama sekali dengan air asin yang dijumpai di titik Smrng8 dan Smrng9. Oleh karena itu, air asin yang ditemukan di ketiga titik pengukuran geolistrik ini merupakan air evaporit.





Gambar 39. Penampang geolistrik III

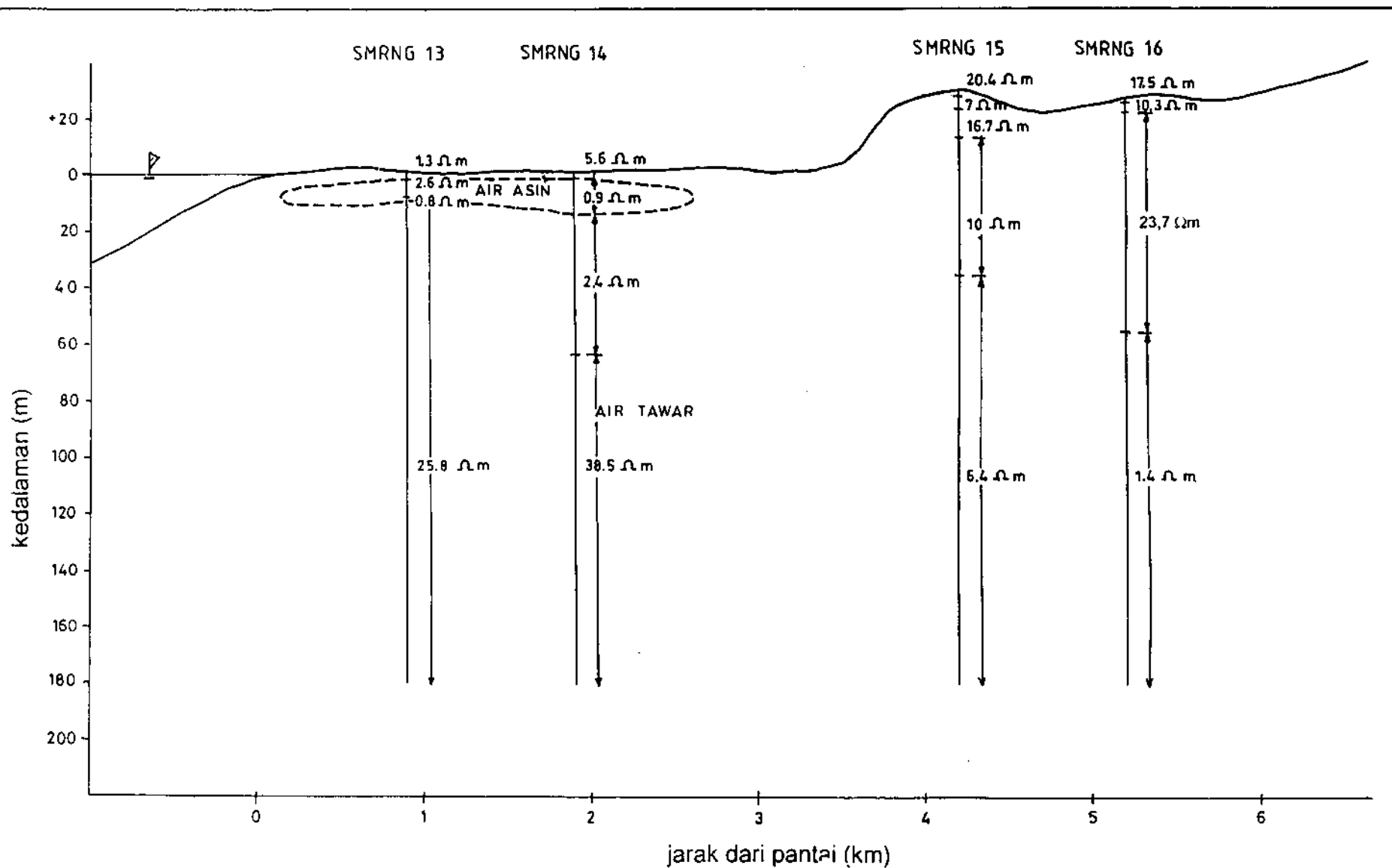
Ada fenomena menarik dilihat dari pola perlapisan air evaporit di penampang geolistrik ini. Air evaporit ditemukan terpisah satu sama lain dengan kedalaman yang sangat jauh berbeda. Hal ini berarti bahwa terjebaknya air laut purba di daerah ini terjadi pada periode yang berbeda, sehingga sangat dimungkinkan bahwa telah terjadi lebih dari satu periode penggenangan air laut serta pengendapan bahan aluvium di daerah ini.

Di titik Smrng11 dan Smrng12 yang masing-masing berjarak 2,9 km dan 4,9 km dari garis pantai, tidak terdeteksi adanya air asin. Di titik Smrng11, air tawar dijumpai mulai kedalaman 1,4 hingga 32,1 meter dari permukaan tanah, dengan produktivitas akuifer cukup baik. Di bawahnya ditemukan lapisan liat yang kedap air hingga kedalaman yang tidak diketahui. Di titik Smrng12, air tawar baru dapat ditemukan pada kedalaman 7,5 meter dari permukaan tanah. Pada kedalaman 51,3 meter, lapisan air ini tidak ditemukan lagi, digantikan oleh lapisan dengan nilai tahanan jenis 7,8 Ωm yang diperkirakan merupakan lapisan liat dengan sedikit pasir.

5.9.4 Penampang IV

Penampang IV terdiri atas empat titik pengukuran. Titik Smrng13 yang berjarak 0,9 km dari pantai terletak di Pantai Marina, titik Smrng14 yang berjarak 1,9 km terletak di Tawangsari, titik Smrng15 yang berjarak 4,2 km terletak di Bongsari dan titik Smrng16 yang berjarak 5,2 km dari garis pantai terletak di Manyaran (Gambar 40). Di titik Smrng13, air asin ditemukan mulai kedalaman 2,4 meter hingga 7,3 meter dari permukaan tanah dengan nilai tahanan jenis 0,8 Ωm . Di bawah lapisan ini dapat dijumpai lapisan dengan tahanan jenis 25,8 Ωm yang merupakan akuifer semi tertekan dengan kandungan air tawar artesis cukup baik.





Gambar 40. Penampang geolistrik IV

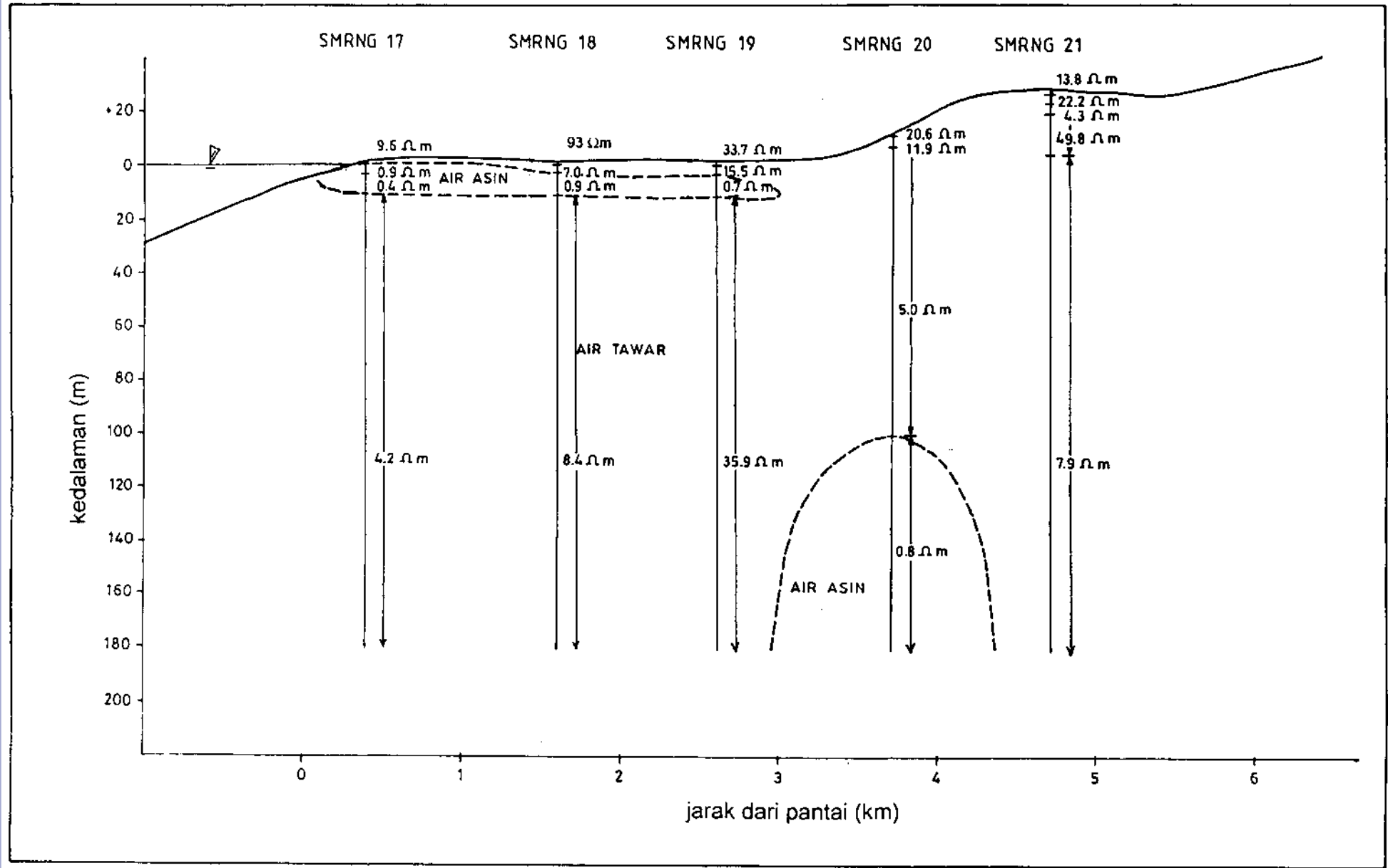
Pada titik pengukuran dengan kode Smrng14, air asin ditemukan mulai dari kedalaman 1,9 meter hingga 15,4 meter dari permukaan tanah dengan nilai tahanan jenis 0,9 Ω m. Di bawahnya, dijumpai lapisan dengan nilai tahanan jenis 2,4 Ω m yang diperkirakan merupakan lapisan liat. Air tawar baru dapat dijumpai pada kedalaman 64 meter dari permukaan tanah, yang terdapat dalam akuifer semi tertekan. Berdasarkan polanya, adanya air asin di kedua titik pengukuran ini disebabkan oleh air evaporit.

Pada titik pengukuran Smrng15 dan Smrng16 tidak dijumpai adanya air asin. Di titik Smrng15, dijumpai air tawar mulai kedalaman 3,6 meter hingga 61,3 meter dari permukaan tanah dengan nilai tahanan jenis antara 10 dan 16,7 Ω m. Di bawahnya terdapat lapisan liat dengan nilai tahanan jenis 6,4 Ω m. Di titik pengukuran dengan kode Smrng16, air tawar baru mulai dijumpai pada kedalaman 5,7 meter dari permukaan tanah dengan nilai tahanan jenis 23,7 Ω m. Produktivitas akuifer cukup tinggi, karena adanya lapisan pasir yang cukup dominan. Lapisan air ini berakhir pada kedalaman 80,1 meter dari permukaan tanah, digantikan oleh lapisan liat dengan nilai tahanan jenis 1,4 Ω m.

5.9.5 Penampang V

Penampang V terdiri atas lima titik pengukuran, yaitu titik dengan kode Smrng17 dan Smrng18 yang terletak di daerah Panggung, titik Smrng19 yang terletak di daerah Krobokan, titik Smrng20 yang terletak di daerah Bulustalan dan titik Smrng21 yang terletak di daerah Petompon (Gambar 41). Pada titik Smrng17 yang berjarak 0,4 km dari garis pantai, air asin ditemukan mulai kedalaman 0,8 meter hingga 11,4 meter dari permukaan tanah dengan nilai tahanan jenis antara 0,4 dan 0,9 Ω m. Di bawah lapisan ini dijumpai lapisan liat dengan nilai tahanan jenis 4,2 Ω m.





Gambar 41. Penampang geolistrik V

Pada titik Smrng18 yang berjarak 1,6 km dari pantai, air asin ditemukan mulai kedalaman 3,2 meter hingga 11,6 meter dari permukaan tanah dengan nilai tahanan jenis 0,9 Ω m. Di bawahnya terdapat lapisan liat dan pasir dengan nilai tahanan jenis 8,4 Ω m.

Lapisan ini diperkirakan mengandung air tawar, meskipun dengan produktivitas rendah.

Pada titik Smrng19 yang berjarak 2,6 km dari pantai, air asin dijumpai mulai kedalaman 3,0 meter hingga 11,6 meter dari permukaan tanah, dengan nilai tahanan jenis 0,7 Ω m. Di bawah lapisan ini dijumpai lapisan air tawar artesis yang terdapat pada akuifer semi tertekan dengan produktivitas yang cukup tinggi.

Pada titik Smrng20 yang berjarak 3,7 km dari garis pantai, juga ditemukan air asin meskipun terletak sangat dalam yaitu 112 meter dari permukaan tanah. Nilai tahanan jenis lapisan air asin ini 0,8 Ω m. Sebelumnya, di atas lapisan ini mulai kedalaman 2,1 hingga 5,8 m ditemukan lapisan air tawar dengan nilai tahanan jenis 11,9 Ω m, dilanjutkan dengan lapisan liat setebal 106,2 m yang merupakan pemisah antara lapisan air tawar dan air asin.

Berdasarkan polanya, keterdapatan air asin di titik Smrng 17, Smrng 18 dan Smrng 19 diperkirakan disebabkan oleh kombinasi dari air evaporit dan intrusi air garam. Jadi air evaporit memang sudah terbentuk di daerah ini seperti pada wilayah-wilayah lain di daerah penelitian. Tetapi karena padatnya penduduk dan industri dengan kebutuhan air yang sangat tinggi, terjadi pengurangan volume air tanah. Muka air tanah semakin menurun dan tekanan air juga berkurang. Akibatnya air laut mampu menerobos masuk ke daratan bercampur dengan air evaporit. Untuk air asin di titik Smrng20 disebabkan oleh air evaporit pada periode penggenangan air laut purba yang berbeda dengan tiga titik sebelumnya (diperkirakan sama dengan periode penggenangan air laut purba pada titik Smrng 10 di Penampang III)

Pada titik pengukuran kelima berkode Smrng21 yang berjarak 4,7 km dari pantai tidak terdeteksi air asin. Pada titik ini ditemukan lapisan air tawar mulai kedalaman 5,1 m hingga 24,7 m dari permukaan tanah dengan nilai tahanan jenis 49,8 Ω m. Di bawah lapisan ini terdapat lapisan liat dengan nilai tahanan jenis 7,9 Ω m.

5.9.6 Penampang VI

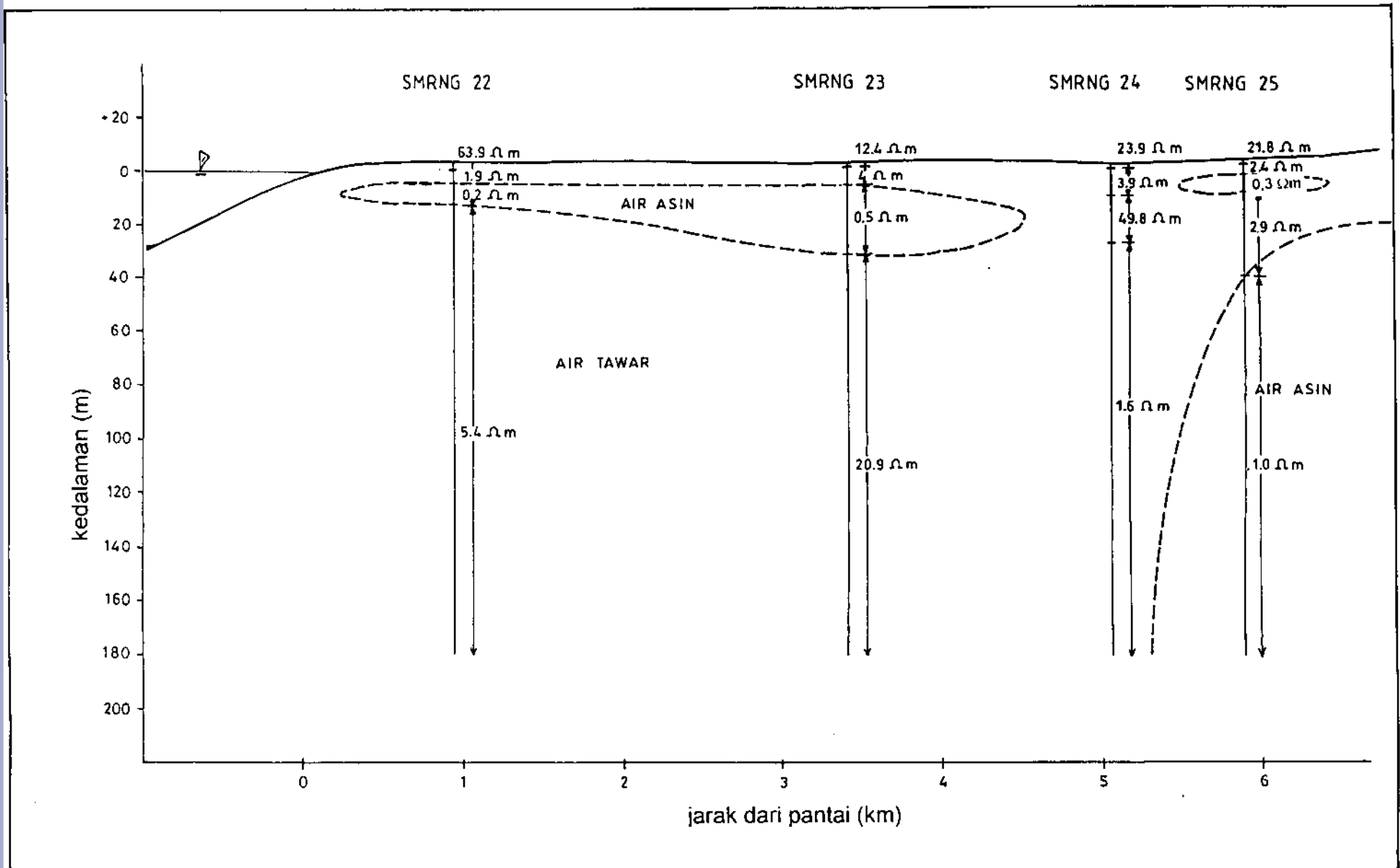
Penampang VI terdiri atas empat titik pengukuran, yaitu titik dengan kode Smrng22 yang terletak di daerah Tambakrejo, titik Smrng23 di Muktiharjo serta titik Smrng24 dan Smrng25 di Sambirejo (Gambar 42). Di titik Smrng22 yang berjarak 0,9 km dari pantai, air asin ditemukan mulai kedalaman 3,6 hingga 11,5 m dari permukaan tanah dengan nilai tahanan jenis 0,2 Ω m. Di bawahnya, hingga kedalaman yang tidak diketahui terdapat lapisan liat dengan nilai tahanan jenis 5,4 Ω m.

Di titik Smrng23 yang berjarak 3,4 km dari garis pantai, air asin ditemukan pada kedalaman 5,8 meter dari permukaan tanah dengan nilai tahanan jenis 0,5 Ω m. Setelah adanya lapisan liat yang tipis, pada kedalaman 32,4 meter dijumpai air tawar artesis dengan nilai tahanan jenis 20,9 Ω m. Produktivitas akuifer ini cukup baik. Berdasarkan polanya, air asin di titik Smrng22 dan Smrng23 ini merupakan air evaporit.

Di titik Smrng24 yang terletak 5,1 km dari pantai tidak ditemukan air asin. Pada titik ini dijumpai air tawar mulai kedalaman 8,9 meter hingga 27,7 meter dari permukaan tanah. Dengan nilai tahanan jenis sebesar 49,8 Ω m, produktivitas akuifer diperkirakan sangat baik. Di bawah lapisan ini terdapat lapisan liat dengan nilai tahanan jenis 1,6 Ω m.

Meskipun di titik Smrng24 tidak ditemukan air asin, tetapi di titik Smrng25 yang berjarak lebih jauh dari pantai ditemukan air asin. Di titik Smrng25 yang berjarak 5,9 km dari pantai, air asin ditemukan pada kedalaman 2,6 meter dari permukaan tanah dengan





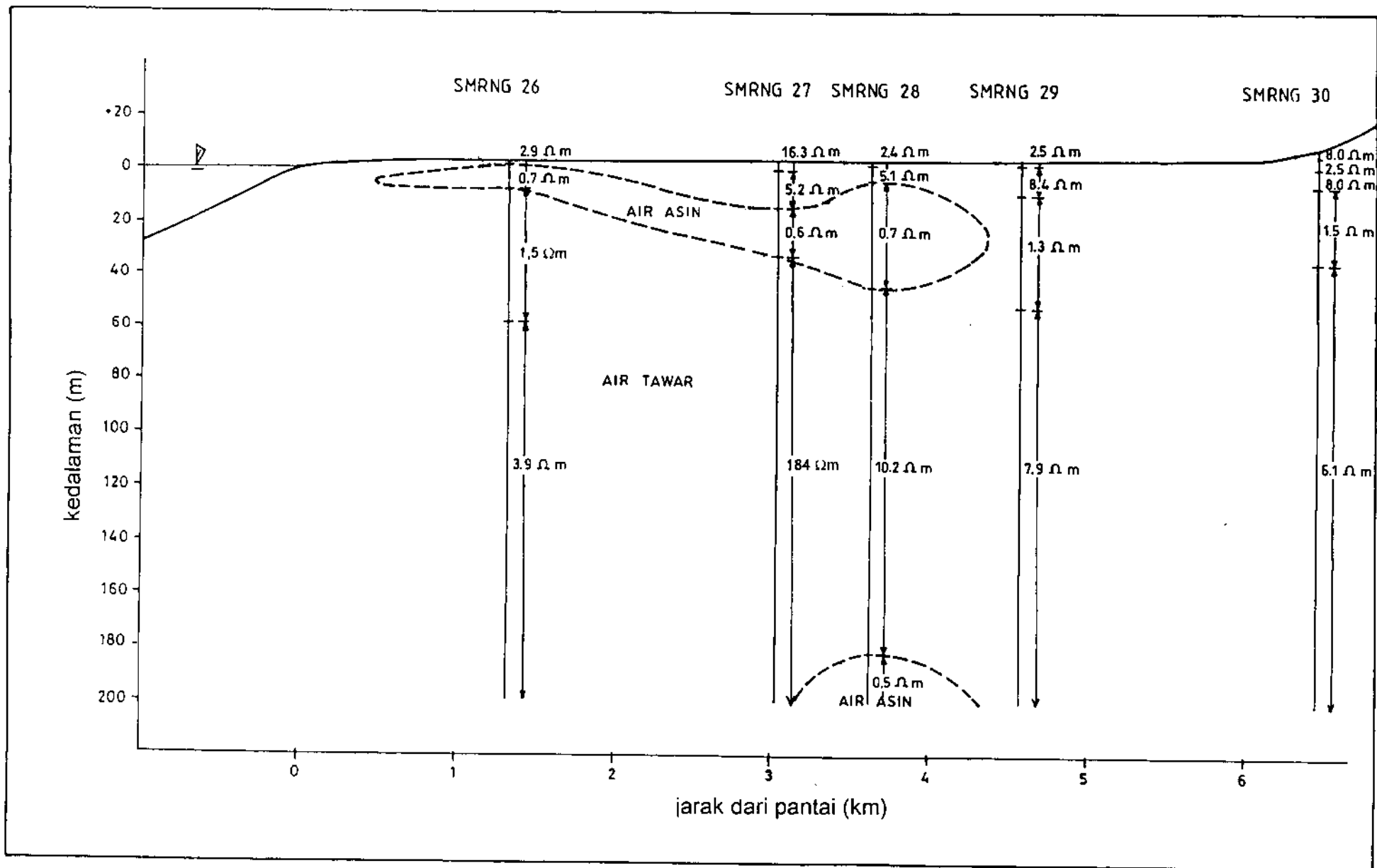
Gambar 42. Penampang geolistrik VI

nilai tahanan jenis 0,3 Ω m. Di bawah lapisan ini terdapat lapisan liat setebal 35,4 meter dengan nilai tahanan jenis 2,9 Ω m. Setelah lapisan liat ini, ditemukan lagi air asin dengan nilai tahanan jenis 1,0 Ω m pada kedalaman 41,9 m dari permukaan tanah. Pola perlapisan air tanah di penampang ini sangat menarik, dan jelas bahwa air asin di daerah ini (terutama di titik Smrng 25) bukan disebabkan oleh intrusi air garam. Melihat pola keterdapatannya, air asin di titik pengukuran Smrng22 dan Smrng23 merupakan air evaporit, sedangkan di titik Smrng25 merupakan air fosil tawar yang secara kimiawi mulai berubah menjadi air asin.

5.9.7 Penampang VII

Penampang VII terdiri atas lima titik pengukuran. Titik pengukuran dengan kode Smrng26 yang berjarak 1,3 km dari pantai terletak di daerah Trimulyo, titik Smrng27 yang berjarak 3,0 km terletak di Genuksari, titik Smrng28 yang berjarak 3,6 km terletak di Gebangsari, titik Smrng29 yang berjarak 4,5 km terletak di Muktiharjo, serta titik Smrng30 yang berjarak 6,4 km dari garis pantai terletak di daerah Tlogomulyo (Gambar 43). Di titik Smrng26, air asin ditemukan pada kedalaman 0,9 meter dari permukaan tanah, dengan nilai tahanan jenis 0,7 Ω m. Di bawahnya, mulai kedalaman 8,1 meter hingga kedalaman yang tidak diketahui ditemukan lapisan liat dengan nilai tahanan jenis antara 1,5 dan 3,9 Ω m.

Di titik Smrng27, air asin ditemukan pada kedalaman 15,7 meter dari permukaan tanah, dengan nilai tahanan jenis 0,6 Ω m. Berbeda dengan lokasi titik pengukuran lainnya, di bawah lapisan air asin ini langsung ditemukan batuan kompak dan keras dengan nilai tahanan jenis 184 meter dari permukaan tanah. Diperkirakan lapisan tersebut berupa batuan konglomerat dan breksi vulkanik dari Formasi Damar.



Gambar 43. Penampang geolistrik VII



Di titik Smrng28, air asin ditemukan pada dua lapisan. Lapisan pertama terdapat mulai kedalaman 5,1 meter hingga 47,9 meter dari permukaan tanah dengan nilai tahanan jenis 0,7 Ω m. Lapisan kedua terdapat mulai kedalaman 182 meter dari permukaan tanah dengan nilai tahanan jenis 0,5 Ω m. Diantara kedua lapisan ini, terdapat akuifer semi tertekan setebal 134,1 meter yang mengandung air tawar artesis. Dilihat dari pola perlapisannya, air asin yang terdapat di titik pengukuran Smrng26 dan Smrng27 dan Smrng28 merupakan air evaporit. Khusus untuk titik Smrng28, karena di titik ini terdapat dua lapisan air evaporit, maka diperkirakan di penampang ini telah terjadi lebih dari satu periode penggenangan air asin oleh air laut purba.

Di titik Smrng29 dan Smrng30 tidak ditemukan air asin. Di titik Smrng29, meskipun dengan produktivitas yang kurang baik, air tawar ditemukan pada kedalaman 0,9 meter dari permukaan tanah. Nilai tahanan jenis lapisan ini sebesar 8,4 Ω m. Di bawah lapisan air tawar ini terdapat lapisan liat setebal 44,6 meter dengan nilai tahanan jenis 1,3 Ω m. Kemudian, pada kedalaman 54,9 m ditemukan lagi lapisan air tawar dengan nilai tahanan jenis 7,9 Ω m. Melihat nilai tahanan jenis yang tidak begitu tinggi, produktivitas akuifer ini diperkirakan juga kurang begitu baik.

Di titik Smrng30, pada kedalaman empat meter dari permukaan tanah ditemukan air tawar dengan nilai tahanan jenis 8,0 Ω m. Lapisan ini dijumpai hingga kedalaman 10 meter dari permukaan tanah. Di bawahnya, mulai kedalaman 10 meter terdapat lapisan liat dengan nilai tahanan jenis antara 1,5 dan 6,1 Ω m.

5.10 Kondisi Sosial Ekonomi Penduduk

Seperti dijelaskan dalam bab metode penelitian, dalam penelitian ini juga dilakukan pengamatan keadaan sosial ekonomi penduduk dan menghitung WTP



penduduk untuk perbaikan kondisi sumber air. Jumlah responden dalam penelitian ini mencapai 118 orang, dengan 59 responden merupakan pemilik sumur yang airnya diambil sebagai sampel dan 59 lainnya merupakan tetangga terdekat yang memiliki sumur. Hasil penelitian ditunjukkan pada Tabel 19.

Dari Tabel 19 tersebut diketahui bahwa seluruh responden dalam penelitian sosial ekonomi ini tinggal di rumah permanen dengan 65,2% luas rumah lebih dari 36 m² dan 70,3% luas tanah lebih dari 100 m². Pendidikan responden 64,4% tamatan SD dan SMP, dengan 59,9% responden berprofesi sebagai petani, buruh dan nelayan. Ditinjau dari penghasilannya, 34,8% responden mempunyai penghasilan di bawah Rp 500.000,00/bulan, 52,5% antara Rp 50.000,00/bulan – Rp 1.000.000,00/bulan, sisanya berpenghasilan lebih dari Rp 1.000.000,00/bulan.

Dari hasil pengamatan, 81,3% sumur telah dibeton, dengan 50% sumur berjarak lebih dari 10 meter dari tangki septik. Seluruh tangki septik yang dijumpai selama penelitian lapangan, telah dibeton. Berdasarkan hasil wawancara, 67,8% responden menyatakan keadaan air sumurnya jernih, 32,2% sisanya menyatakan berwarna kekuningan. Demikian pula dengan bau air, 67,8% responden menyatakan sumurnya tidak berbau, sedangkan 32,2% sisanya menyatakan berbau. Dalam hal rasa, 50,8% responden menyatakan air sumurnya berasa payau atau asin, sehingga 50,8% responden mempunyai persepsi bahwa kualitas air sumur mereka jelek, dan terhadap keadaan ini 50,8% responden merasa berkeberatan. Untuk kuantitas air, seluruh responden menyatakan tidak menjadi permasalahan. Air tanah tersedia dalam jumlah cukup dan berkesinambungan, sehingga seluruh responden merasa tidak berkeberatan ditinjau dari ketersediaan air tanahnya.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tabel 19. Parameter yang diidentifikasi dalam penelitian sosial ekonomi

Parameter sosial ekonomi yang diidentifikasi	Jumlah responden	Persentase (%)
Pendidikan		
- tidak tamat SD	14	11,9
- tamat SD	48	40,7
- tamat SMP	28	23,7
- tamat SMA	14	11,9
- tamat PT	14	11,8
Pekerjaan		
- Pegawai negeri, TNI, POLRI	8	6,8
- Pegawai swasta	8	6,8
- Wiraswasta	23	19,5
- Petani	8	6,8
- Buruh	16	13,6
- Nelayan	39	33,0
- Jasa	16	13,5
Pendapatan		
- < Rp 500.000,00/bln	41	34,8
- Rp 500.000,00–Rp 1.000.000,00/bln	62	52,5
- > Rp 1.000.000,00/bln	15	12,7
Luas rumah		
- < 36 m ²	38	32,2
- > 36 m ²	80	67,8
Luas tanah		
- < 100 m ²	35	29,7
- > 100 m ²	83	70,3
Jumlah penggunaan air		
- < 60 liter/(orang.hari)	40	33,9
- > 60 liter/(orang.hari)	78	66,1
Keadaan sumur		
- dibeton	98	83,1
- tidak dibeton	20	16,9
Keadaan tangki septik		
- dibeton	118	100,0
- tidak dibeton	0	0,0
Jarak sumur-tangki septik		
- < 5 meter	9	7,6
- 5 – 10 meter	50	42,4
- > 10 meter	59	50,0
Keadaan air		
1) Kejernihan		
- jernih	80	67,8
- tidak jernih	38	32,2
2) Bau		
- tidak berbau	80	67,8
- berbau	38	32,2
3) Rasa		
- tidak berasa	58	49,2
- berasa	60	50,8
Penyakit		
- kulit	6	5,1
- perut	5	4,2
- tidak kedua-duanya	107	90,7

Dalam kaitannya dengan penggunaan air, 66,1% responden menyatakan menggunakan air lebih dari 60 liter/(orang.hari). Untuk penyakit yang ada hubungannya dengan air yang dikonsumsi, 4,2% responden menyatakan pernah menderita penyakit perut (diare) dan 5,1% responden pernah menderita penyakit kulit (gatal-gatal).

5.11 Analisis Kesiediaan Membayar (WTP)

Hasil pelaksanaan CVM dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1) Pasar hipotetik (*hypothetical market*)

Responden memperoleh gambaran tentang kualitas dan kuantitas sumber air pada saat ini, dan perbandingannya apabila PDAM telah membangun instalasi air minum di daerah tersebut.

2) Perolehan nilai penawaran (*bids*)

Berdasarkan pertanyaan pada kuesioner, diperoleh jawaban responden tentang tawaran nilai untuk air yang kualitasnya lebih baik, berupa sejumlah uang yang bersedia mereka bayar (WTP) untuk membeli air dari PDAM (Lampiran 11).

3) Dugaan rata-rata WTP (EWTP)

WTP yang sebenarnya dari responden ke-i diduga berada antara pilihan jawaban yang diberikan (batas bawah kelas WTP, t_{li}) dengan pilihan jawaban berikutnya (batas atas kelas WTP, t_{ui}). Pada Tabel 20 ditunjukkan distribusi WTP responden menurut kelas-kelas WTP, sebagai dasar untuk menentukan dugaan rata-rata WTP (EWTP) responden. Menurut Jordan dan Elnagheeb (1993) EWTP dapat dihitung dengan menggunakan rumus (5) berdasarkan data pada Tabel 20 tersebut. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai dugaan rata-rata WTP (EWTP) sebesar Rp 1.072,20/m³.

Tabel 20. Distribusi WTP dan nilai EWTP responden

Kelas WTP (Rp/m ³)	Frekuensi	Persentase (Pf) (%)	EWTP (Rp/m ³)
1030 – 1080	72	63	648,9
1080 – 1130	19	16	172,8
1130 – 1180	12	10	113,0
1180 – 1230	3	2	23,6
1230 – 1280	5	4	49,2
1280 – 1330	3	2	25,6
> 1330	4	3	39,9
Jumlah	118	100	1.072,2

4) WTP total (TWTP)

WTP total atau TWTP penduduk untuk setiap m³ air bersih yang akan diperoleh dihitung dengan rumus (6) dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 21. Berdasarkan Tabel 21 tersebut diketahui bahwa TWTP penduduk di daerah penelitian untuk perbaikan kualitas air adalah sebesar Rp 223.434.215,00/m³.

Tabel 21. TWTP penduduk untuk perbaikan kualitas air

Kelas WTP (Rp/m ³)	Sampel (n)	Populasi *)	Jumlah **) (Rp/m ³)
1030 – 1080	72	121.322	127.994.710
1080 – 1130	19	32.016	35.377.680
1130 – 1180	12	20.220	23.354.100
1180 – 1230	3	5.055	6.091.275
1230 – 1280	5	8.425	10.573.375
1280 – 1330	3	5.055	6.596.775
> 1330	4	6.740	13.446.300
Jumlah	118	198.833	223.434.215

Keterangan :

*) jumlah populasi rumah tangga daerah penelitian

**) populasi x titik tengah WTP (untuk WTP > Rp 1.330,00 titik tengah = 1995)

6 PEMBAHASAN UMUM

Hasil analisis geologi menunjukkan bahwa Pulau Jawa bagian tengah beberapa kali mengalami proses pengangkatan dan penenggelaman akibat bekerjanya tenaga endogen dari dalam bumi (Bemmelen 1970). Pada masa Aquitanian dan Miosen awal, geosinklinal di pantai utara Pulau Jawa mengalami penenggelaman sebagai kompensasi dari kenaikan geantiklinal di Jawa bagian selatan. Pada masa Pliosen akhir, terjadi hal sebaliknya yaitu pengangkatan pantai utara Jawa yang diikuti dengan proses erosi dan sedimentasi di daerah pantai. Pada masa ini juga telah mulai berlangsung berbagai aktivitas vulkanisme, ditandai dengan ditemukannya berbagai jenis batuan beku di beberapa tempat.

Berbagai proses geologi juga terjadi di lautan (Bhatt 1978). Pada masa Pliosen, permukaan air laut berada sangat dalam dari permukaan daratan saat ini (sekitar 100 meter). Pada masa Holosen (10.000 tahun yang lalu), terjadi kenaikan permukaan air laut hingga mencapai ketinggian seperti yang terlihat pada saat ini. Ketinggian permukaan air laut ternyata tidak bersifat statis, ditunjukkan oleh adanya osilasi akibat adanya proses transgresi dan inggresi yang terjadi pada setiap 2500 tahun. Pada saat ini proses transgresi sedang berlangsung, ditunjukkan oleh fenomena kenaikan permukaan air laut di permukaan bumi.

Daerah penelitian juga mengalami berbagai proses geologi tersebut. Pada proses inggresi terakhir, air laut mengalami penurunan menyebabkan terbentuknya laguna di daratan. Laguna adalah cekungan berisi air asin, yang terpisah dari perairan air asin utama (laut). Hal ini ditunjukkan dengan ditemukannya fosil foraminifera, moluska, plankton dan koral-koral koloni di beberapa tempat. Oleh proses sedimentasi yang terus-

menerus, laguna tertutup oleh lapisan aluvium berupa liat, pasir dan kerikil, membentuk dataran aluvial pantai seperti yang terlihat pada saat ini.

Pada saat terjadi sedimentasi tersebut, air asin yang terdapat di laguna tidak dapat mengalir ke laut karena terserap oleh lapisan aluvium yang menimbunnya. Oleh suatu periode kering yang panjang, air tersebut menguap meninggalkan kristal-kristal garam yang terperangkap dalam sedimen membentuk beberapa jenis batuan evaporit, seperti gips, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, anhidrit, CaSO_4 dan halit, NaCl . Jenis-jenis batuan evaporit ini umumnya terdapat dalam keadaan murni dan berlapis-lapis. Proses selanjutnya terjadi pelarutan mineral batuan tersebut oleh air hujan yang jatuh dan meresap ke dalam tanah. Rangkaian proses-proses ini diperkirakan pada akhirnya akan mempengaruhi kondisi kualitas air tanah seperti yang akan dibahas berikut ini.

Ditinjau dari segi kualitas airnya, secara umum kondisi air tanah di daerah penelitian tidak begitu baik. Hal ini ditunjukkan tingginya nilai kekeruhan di seluruh daerah penelitian serta nilai DHL dan kesadahan, kadar kalsium, natrium, klorida dan salinitas di sebagian daerah. Ditinjau dari distribusinya, hasil analisis spasial menunjukkan bahwa air tanah di sepanjang pantai mempunyai nilai DHL dan kesadahan yang sangat tinggi, serta kadar kalsium, magnesium, natrium, kalium, klorida, sulfat dan salinitas yang tinggi hingga sangat tinggi (Tabel 22).

Tinggi rendahnya nilai DHL sangat tergantung oleh besarnya konsentrasi ion dan suhu air. Karena hasil penelitian menunjukkan suhu air tanah masih dalam kisaran normal, maka besarnya konsentrasi ion diperkirakan merupakan faktor yang paling bertanggung jawab terhadap tingginya nilai DHL. Ion-ion tersebut adalah kalsium, magnesium, natrium, kalium, klorida dan sulfat. Selain menyebabkan tingginya nilai

Tabel 22. Hasil analisis kondisi air tanah menggunakan analisis spasial

No.	Parameter	Tingkat konsentrasi berdasarkan wilayah geografis		
		Bagian utara (pantai)	Bagian tengah	Bagian selatan (hulu)
1.	DHL	Sangat tinggi	Agak tinggi-tinggi	Rendah-tinggi
2.	Kekeruhan	Rendah-agak tinggi	Rendah-tinggi	Agak tinggi-sangat tinggi
3.	Kesadahan	Sangat tinggi	Sangat tinggi	Tinggi-sangat tinggi
4.	Kalsium	Tinggi-sangat tinggi	Agak tinggi-tinggi	Rendah-agak tinggi
5.	Magnesium	Tinggi-sangat tinggi	Rendah-sangat tinggi	Rendah-sangat tinggi
6.	Natrium	Tinggi-sangat tinggi	Rendah-tinggi	Rendah-tinggi
7.	Kalium	Tinggi-sangat tinggi	Rendah-tinggi	Rendah-tinggi
8.	Bikarbonat	Rendah-sangat tinggi	Rendah-sangat tinggi	Rendah-sangat tinggi
9.	Klorida	Sangat tinggi	Agak tinggi-sangat tinggi	Rendah-tinggi
10.	Sulfat	Tinggi-sangat tinggi	Rendah-sangat tinggi	Rendah-sangat tinggi
11.	Besi	Rendah-agak tinggi	Rendah-sangat tinggi	Rendah-tinggi
12.	Mangan	Rendah-sangat tinggi	Rendah-sangat tinggi	Rendah-tinggi
13.	Nitrat	Rendah-agak tinggi	Rendah-sangat tinggi	Rendah-sangat tinggi
14.	Salinitas	Tinggi-sangat tinggi	Agak tinggi-sangat tinggi	Rendah-sangat tinggi

DHL, ion natrium dan klorida juga bertanggung jawab terhadap tingginya salinitas air tanah di sepanjang pantai.

Salinitas adalah suatu parameter yang menunjukkan besarnya kadar garam dalam air. Bila suatu air mempunyai kadar salinitas tinggi, berarti air tersebut mempunyai kadar garam yang tinggi yang menyebabkan air tersebut berasa asin. Hasil tumpang susun (*superimpose*) antara peta distribusi kadar salinitas air tanah dan peta distribusi air tanah berdasarkan tingkat keterpengaruhannya terhadap air asin (metode Revelle) menunjukkan pola yang kurang lebih sesuai. Artinya, daerah dengan tingkat keterpengaruhan air asin tinggi, kadar salinitasnya juga tinggi. Fenomena ini menjadi lebih menarik bila dikaitkan dengan hasil analisis metode Kloosterman.

Hasil tumpang susun antara peta distribusi tipe kimia air tanah menurut klasifikasi Kloosterman dengan kedua peta tersebut, juga menunjukkan pola yang kurang lebih sesuai. Secara lebih spesifik hasil analisis metode Kloosterman menunjukkan bahwa air asin yang terdapat di pantai bagian barat dan timur (Kecamatan Tugu dan Genuk)



disebabkan oleh air evaporit, sedangkan air asin yang terdapat di pantai bagian tengah (Kecamatan Semarang Barat dan Semarang Utara) disebabkan oleh intrusi air garam dan sebagian kecil oleh air fosil. Jika hasil ini dikaitkan dengan kepadatan penduduknya, bagian tengah daerah penelitian merupakan pusat kota dengan kepadatan penduduk tinggi dengan kebutuhan air yang tinggi pula. Berdasarkan hasil wawancara dengan penduduk serta memperhatikan batuan penyusun dan kebutuhan air penduduk, diperkirakan kecepatan penjalaran intrusi air garam di daerah ini mencapai satu hingga 10 m/tahun. Untuk air asin yang disebabkan oleh air fosil, kemungkinan disebabkan oleh pengaruh aliran sungai Semarang Timur yang mampu menetralsir periode kering yang terjadi pada saat itu, sehingga air asin dari laut yang terjebak di daratan tidak sampai membentuk kristal garam seperti halnya pada air evaporit.

Hasil analisis spasial yang menunjukkan tingginya konsentrasi ion-ion pada air tanah di daerah pantai, juga didukung oleh hasil analisis diagram Stiff dan statistik. Hasil analisis diagram Stiff menunjukkan bahwa ukuran diagram di daerah pantai lebih besar daripada ukuran diagram di daerah hulu, berarti kadar ion-ion utama dalam air tanah di daerah pantai lebih tinggi daripada kadar ion-ion tersebut di daerah hulu. Secara lebih spesifik, hasil analisis diagram ini juga menunjukkan bahwa diantara ion-ion utama lainnya, ion klorida mempunyai kadar tertinggi.

Hasil analisis metode Stuyfzand juga menunjukkan hasil yang serupa. Ion klorida selalu mewarnai tipe kimia kimia air tanah di daerah pantai, sedangkan di daerah hulu anion yang dominan adalah bikarbonat. Untuk kation, terjadi variasi antara ion kalsium dan magnesium. Analisis tipe kimia air dengan metode ini juga menunjukkan bahwa air tanah di daerah pantai mempunyai tambahan air asin yang lebih besar daripada air tawar.

Artinya bila kondisinya masih sama seperti saat ini, adanya air asin di daerah pantai akan terus terjadi atau bahkan akan semakin berkembang.

Hasil analisis statistik menunjukkan secara signifikan bahwa faktor jarak dari pantai mempunyai korelasi negatif terhadap nilai DHL dan kesadahan, ion kalsium, ion magnesium, ion natrium, ion kalium, ion klorida dan salinitas. Artinya semakin mendekati pantai, nilai dan kadar parameter-parameter tersebut semakin tinggi. Hasil analisis ini secara kuantitatif mendukung hasil analisis spasial dan analisis diagram Stiff.

Hasil pengukuran geolistrik menunjukkan bahwa di bawah lapisan air asin, dapat ditemukan air tawar dengan kedalaman dan produktivitas yang bervariasi (Tabel 23). Dengan melihat pola keterdapatan dan batuan penyusunnya, lapisan air tawar ini menempati akuifer semi tertekan. Selanjutnya dengan memperhatikan kedalaman dan produktivitasnya, akan dapat dilakukan pemboran air dengan biaya yang lebih efisien, sehingga sumber air PDAM yang selama ini sangat tergantung terhadap instalasi penjernihan air dari Sungai Garang akan berkurang.

Dikaitkan dengan persepsi penduduk terhadap kondisi air tanah, 50,8% penduduk menyatakan kurang baik dengan alasan airnya berasa payau atau asin. Terhadap keadaan ini mereka merasa berkeberatan dan berkeinginan kuat untuk memperbaikinya. Kuatnya keinginan ini ditunjukkan oleh hasil analisis WTP. Dari hasil perhitungan diketahui nilai WTP penduduk untuk perbaikan kualitas air sebesar Rp 1.072,20/m³, sedangkan harga air dari PDAM yang berlaku pada saat ini adalah Rp 1.030,00/m³. Hasil ini menunjukkan bahwa penduduk bersedia membayar lebih untuk mendapatkan air yang baik, yang mengindikasikan bahwa penduduk di daerah penelitian sangat berkeinginan kuat dalam perbaikan lingkungan, khususnya perbaikan kualitas air yang dikonsumsi. Terhadap hasil ini, sebetulnya PDAM dapat segera menindaklanjutinya.

7 KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

- 1) Air tanah di daerah pantai mempunyai nilai DHL dan kesadahan tinggi, serta kadar ion kalsium, ion magnesium, ion natrium, ion kalium, ion klorida, ion sulfat dan salinitas yang tinggi pula. Tingginya kadar ion-ion tersebut (terutama natrium dan klorida) serta salinitas mengindikasikan bahwa air tanah telah tercemar air asin. Rasio antara klorida terhadap bikarbonat dan karbonat sebesar 0,51 meq/l hingga lebih dari 15,50 meq/l membuktikan hal serupa. Selanjutnya, dengan memperhatikan nilai $(Na^+ + K^+ + Mg^{2+})_{\text{terkoreksi}}$ yang lebih kecil daripada nilai $\sqrt{(\frac{1}{2}Cl)}$ atau bernilai negatif, menunjukkan bahwa keberadaan air asin dalam tanah di daerah pantai akan terus terjadi dan bahkan akan semakin berkembang.
- 2) Adanya air asin dalam tanah di daerah penelitian sebagian besar bukan disebabkan oleh intrusi air garam, melainkan oleh air evaporit, yaitu air hasil pelarutan kristal-kristal garam dari batuan evaporit. Akan tetapi, meskipun intrusi air garam hanya terjadi di pantai bagian tengah atau di pusat kota, faktor ini perlu diwaspadai karena sifatnya yang dinamis, dengan kecepatan penjalaran antara satu hingga 10 m/tahun.
- 3) Hasil pengukuran geofisika permukaan menggunakan metode geolistrik menunjukkan bahwa di bawah lapisan air asin dapat ditemukan lapisan air tawar dengan kedalaman dan produktivitas yang bervariasi. Daerah-daerah dengan produktivitas akuifer tinggi antara lain Kecamatan Semarang Barat bagian utara dan Semarang Utara bagian barat daya (delta Sungai Garang) serta di Kecamatan Semarang Timur bagian tengah (hilir Sungai Semarang Timur). Air tawar tersebut berada pada akuifer semi tertekan.

- 4) Dugaan WTP rata-rata penduduk di daerah penelitian untuk perbaikan kualitas air sebesar Rp 1.072,20/m³, dengan WTP total sebesar Rp 223.434.215,00/m³. Nilai WTP rata-rata ini lebih tinggi daripada harga air PDAM yang berlaku pada saat ini, yang mengindikasikan begitu kuatnya keinginan penduduk di daerah penelitian untuk mendapatkan air tawar dengan kualitas yang lebih baik.

7.2 Saran

- 1) Untuk menjaga kesehatan masyarakat, air tanah di daerah pantai sebaiknya tidak digunakan lagi sebagai sumber air untuk keperluan rumah tangga, meskipun hanya untuk keperluan mandi dan mencuci. Pemakaian air payau atau asin untuk kedua keperluan tersebut secara terus-menerus, dapat mengakibatkan timbulnya berbagai jenis penyakit kulit.
- 2) Perlu segera dilakukan berbagai tindakan untuk membatasi perluasan distribusi air asin yang disebabkan oleh intrusi air garam pada akuifer bebas di daerah penelitian. Untuk itu perlu dilakukan pembatasan pembangunan permukiman di perbukitan (di Kota Semarang bagian selatan), karena wilayah tersebut merupakan daerah resapan air hujan. Penghijauan dan pembuatan sumur resapan perlu juga segera dilakukan untuk lebih mengintensifkan peresapan air hujan sebagai air tanah.
- 3) Agar lebih efisien, diperlukan penataan pembuatan sumur bor dalam yang selama ini telah dilakukan oleh PDAM dan sebagian penduduk, yaitu dengan lebih memperhatikan kedalaman dan produktivitas akuifernya. Selain upaya tersebut perlu juga diperhatikan masalah pelestarian air tanah di akuifer semi tertekan ini. Jangan sampai karena pengambilan yang berlebihan, air tanah di akuifer ini juga akan tercemar air asin akibat intrusi air garam.



- 4) Memperhatikan nilai WTP rataannya, PDAM perlu segera menindaklanjutinya dengan memperluas jaringan pipa air minum. Selain dari Sungai Garang dan air tawar dari akuifer semi tertekan, alternatif sumber air tawar lain yang dapat digunakan adalah dari mata air - mata air yang muncul pada mintakat patahan di Formasi Kalibiuk. Debit mata air pada umumnya cukup tinggi, karena berasal dari aliran air tanah dari Formasi Vulkanik Ungaran yang tertahan lapisan batu liat dari Formasi Kalibiuk.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G dan S. S. Santika. 1984. Metode Penelitian Air. Surabaya : Usaha Nasional.
- Amsyari, F. 1982. Prinsip-Prinsip Masalah Pencemaran Lingkungan. Jakarta : Ghalia.
- Appelo, C. A. J and D. Postma. 1993. Geochemistry, Groundwater and Pollution. Rotterdam : A.A. Balkema.
- Bemmelen, R. W. V. 1970. The Geology of Indonesia : General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes. The Hague : Martinus Nijhoff.
- Beukeboom, T. J. 1978. Some theories on fresh-salt groundwater relationship in coastal aquifers. The Indonesian Journal of Geography 8 (35) : 1-18.
- Bhatt, J. J. 1978. Oceanography : Exploring The Planet Ocean. New York : Litton Educational Publishing Inc.
- Bouwer, H. 1978. Groundwater Hydrology. New York : McGraw-Hill Book Company.
- Carrol, D. 1982. Rainwater as a Chemical Agent of Geologic Processes-A Review. Washington : United States Government Printing Office.
- Casey, D., P. N. Nemetz and D. H. Uyeno. 1983. Sampling frequency for water monitoring : measures of effectiveness. Water Resources Research 19 (5) : 22-41.
- Chorley. 1969. Introduction to Physical Hydrology. New York : Barnes and Noble Inc.
- Davis, S. N and R. J. M. de Weist. 1966. Hydrogeology. New York : John Wiley and Sons.
- Djawahir, M. 1996. Semarang Sepanjang Jalan Kenangan. Semarang : Pemda Kodia Semarang.
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Yogyakarta : Penerbit Kanisius.
- FAO. 1997. Seawater Intrusion in Coastal Aquifers. Guidelines for Study, Monitoring and Control. Rome : FAO.
- Fetter, C. W. 1988. Applied Hydrogeology. New York : Macmillan Publishing Company.
- Garg, S. K. 1979. Water Resources and Hydrology. New Delhi : Khanna Publishers.
- Gilpin, A. 1996. Dictionary of Environment. New York : John Wiley and Sons.

- Goldenberg, L. C., M. Magaritz and S. Mandel. 1983. Experimental investigation on irreversible changes of hydraulic conductivity on the seawater-freshwater interface in coastal aquifers. *Water Resources Research* 19 (1) : 225-242.
- Hadi, S. 1987. Analisis Regresi. Yogyakarta : Andi Offset.
- Hariyanto. 2002. Tipologi dan Faktor Determinan Pemekaran Pinggiran Kota Semarang Tahun 1980-2000. Thesis S2. Yogyakarta : Program Pascasarjana UGM.
- Heath, R. H and J. S. Kahl. 1992. Episodic stream acidification caused by atmospheric deposition of sea salt at Acadia National Park, Maine, United States. *Water Resources Research* 28 (4) : 223-239.
- Hem, J. D. 1970. Study and Interpretation of The Chemical Characteristics of Natural Wa-ter. Washington : United States Government Printing Office.
- Hendry, M. J and J. A. Cherry. 1986. Origin and distribution of sulfate in a fractured till in Southern Alberta, Canada. *Water Resources Research* 22 (1) : 235-258.
- Herlambang, A. 1993. Kualitas Air Tanah Dangkal Daerah Permukiman di Kecamatan Bekasi Barat, Timur dan Selatan, Kabupaten Bekasi. Tesis S2. Bogor : Program Pascasarjana IPB.
- Jordan, J. L and A. H. Elnagheeb. 1993. Willingness to pay for improvement in drinking water quality. *Water Resources Research* 29 (2) : 237-245.
- Junge, E. 1983. Air Chemistry and Radioactivity. London : Academic Press.
- Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. 1997. Ringkasan Agenda 21 Indonesia, Strategi Nasional untuk Pembangunan Berkelanjutan. Jakarta : Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup-UNDP.
- Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. 1998. Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Lingkungan Hidup dalam Pembangunan Jangka Panjang Kedua (1994/1995-2019/2020). Jakarta : Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- Kloosterman, F. H. 1983. Reconnaissance Study of Groundwater Resources in The Kabupaten Cirebon. Bandung : Provincial Health Services Directorate CDC.
- Kloosterman, F. H. 1989. Groundwater Flow System in The Northern Coastal Lowlands of West and Central Java, Indonesia. Yogyakarta : Kanisius.
- Kodoatie, R. J. 1996. Pengantar Hidrogeologi. Yogyakarta : Penerbit Andi.

- Kruseman, G. P and N. A. de Ridder. 1970. Analysis and Evaluation of Pumping Test Data. Wageningen : International Institute for Land Reclamation and Improvement.
- Linsley, R. K and J. B. Franzini. 1979. Water Resources Engineering. New York : McGraw-Hill Inc.
- Linsley, R. K. 1982. Hydrology for Engineers. New York : McGraw-Hill Inc.
- Lynch, J. A., C. M. Hanna and E. S. Corbett. 1986. predicting pH, alkalinity and total acidity in stream water during episodic events. Water Resources Research 22 (6) 478-499.
- Martha, J dan W. Adidarma. 1983. Mengenal Dasar-Dasar Hidrologi. Bandung : Penerbit Nova.
- Mather, J. R. 1984. Water Resources. Distribution, Use and Management. New York : John Wiley & Sons.
- Matthess, G. 1982. The Properties of Groundwater. New York : John Wiley & Sons.
- Meijerink, A. M. J., H. A. M. de Brouwer, C. M. Mannaerts and C. Valenzuela. 1994. Introduction to The Use of Geographic Information System for Practical Hydrology. Enschede : International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC).
- MetCalf and Eddy. 1979. Wastewater Engineering. Treatment/Disposal/Reuse. New York : McGraw-Hill Inc.
- Munasinghe, M. 1993. Environmental Economics and Sustainable Development. Washington : IBRD/The Word Bank.
- Pearce, D. W and R. K. Turner. 1990. Economics of Natural Resources and The Environment. London : Harvester Wheatsheaf
- Polo, J. F and J. R. Ramis. 1983. Simulation of salt water-fresh water interface motion. Water Resources Research 19 (1) : 911-931.
- Purnama, S. 1997. Pengaruh Kepadatan Penduduk dan Kepadatan Industri terhadap Kualitas Air Tanah di Kotamadia Semarang. Yogyakarta : Lembaga Penelitian UGM.
- Purnama, S. 2002. Hasil aman eksploitasi air tanah di Kota Semarang, Propinsi Jawa Tengah. Majalah Geografi Indonesia 16 (2) : 1-10..



- Purnama, S. 2004. Infiltrasi tanah di Kecamatan Nguter, Kabupaten Sukoharjo, Propinsi Jawa Tengah. *Majalah Geografi Indonesia* 18 (1) : 1-14.
- Richard, W. P. 1975. Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang Jawa. Bandung : Direktorat Geologi.
- Saeni, M. S. 1989. Kimia Lingkungan. Bogor : Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat, IPB.
- Santosa, L. W. 2001. Hidrostratigrafi dan hidrokimia air tanah sekitar Rowo Jombor, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten. *Majalah Geografi Indonesia* 15 (2) : 165-184.
- Sawyer, C. N and P. L. McCarty. 1978. Chemistry for Environmental Engineer. New York : McGraw Hill Book Company.
- Seyhan, E. 1977. Fundamentals of Hydrology. Utrecht : Geografisch Instituut der Rijks-universiteit te Utrecht.
- Shibasaki, T. 1995. Environmental Management of Groundwater Basins. Tokyo : Tokai University Press.
- Simoen, S., D. Darmanto and S. Darsomartoyo. 1977. A short note on a geoelectric survey in The Cilacap Area, Central Java. *The Indonesian Journal of Geography* 7 (34) : 102-114.
- Simoen, S. 2000. Monitoring of sea water intrusion into coastal aquifer using geoelectrical sounding : a case studi of The Northern-Coastal Area of Central Java, Indonesia. *The Indonesian Journal of Geography* 32 (80) : 167-187.
- Simoen, S. 2001. Sistem akuifer di lereng Gunungapi Merapi bagian timur dan tenggara : studi kasus di kompleks Mataair Sungsang Boyolali Jawa Tengah. *Majalah Geografi Indonesia* 15 (1) : 141-152.
- Singarimbun, M dan S. Effendi. 1989. Metode Penelitian Survei. Jakarta : LP3S
- Slaymaker, O and T. Spencer. 1998. Physical Geography and Global Environment Change. Essex : Addison Wesley Longman Limited.
- Soenarto, B. 1988. Penyusupan air asin dalam air tanah Jakarta. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pengairan* 8 (4) : 123-139.
- Stauffer, R. E and D. E. Canfield. 1992. Hydrology and alkalinity regulation of soft flourida waters : an integrated asesment. *Water Resources Research* 28 (6) : 1901- 1923.

- Stuyfzand, P. J. 1986. A New Hydrochemical Classification of Water Types: Principles and Application to The Coastal Dunes Aquifer System of The Netherlands. Salt Water Intrusion Meeting 9. Delf : The Netherland Waterwork Testing and Research Institute KIWA Ltd.
- Sudarmadji. 1991. Agihan Geografi Sifat Kimiawi Air Tanah Bebas di Kotamadya Yogyakarta. Disertasi S3. Yogyakarta : Program Pascasarjana UGM.
- Sudaryatno dan S. Purnama. 1997. Pemetaan Intrusi Air Laut di Kabupaten Rembang, Propinsi Jawa Tengah. Yogyakarta : Lembaga Penelitian UGM.
- Sudjana. 1992. Metoda Statistika. Bandung : Penerbit Transito.
- Sumirat, J. 1992. Kesehatan Lingkungan. Surabaya : Usaha Nasional.
- Sutrisno dan Suciastuti. 1991. Teknologi Penyediaan Air Bersih. Jakarta : PT. Rineka Cipta.
- Tim Fakultas Geografi UGM. 1992. Tata Air dan Sistem Akuifer di Kotamadya Semarang. Semarang : Pemerintah Daerah Tingkat II Kotamadya Semarang.
- Todd, D. K. 1959. Groundwater Hydrology. Tokyo : John Wiley & Sons Toppan Company Ltd.
- Todd, D. K. 1980. Groundwater Hydrology. New York : John Wiley & Sons.
- Toth, J. 1984. The Role of Regional Gravity Flow in Chemical and Thermal Evolution of Groundwater. Proceeding First Canadian/American Conference on Hydrology. Practical Application of Groundwater Geochemistry. Edmonton : Alberta Research Council.
- Travis, C. C and E. L. Etnier. 1984. Groundwater Pollution Environmental and Legal Problems. Colorado : Westview Press Inc.
- UNESCO. 1991. Guidelines on The Study of Seawater Intrusion into Rivers. Paris : UNESCO.
- Wagner, J. M., U. Shamir and H. R. Nemat. 1992. Groundwater quality management under uncertainty : stochastic programming approach and the value of Information. Water Resources Research 28 (5) : 1511-1530.
- Walton. 1970. Groundwater Resources Evaluation. Kogakusha : McGraw-Hill Inc.
- Wannielista, M., R. Kersten and R. Eaglen. 1997. Hydrology : Water Quantity and Quality Control. New York : John Wiley and Sons Inc.

- Whittington, D., D. T. Lauria, A. M. Wright, K. Choe, J. A. Hughes and V. Swarna. 1993. Household demand for improvement sanitation services in Kumasi, Ghana : a contingent valuation study. *Water Resources Research* 29 (6) : 1539-1560.
- Zohdy, A. A. R., G. P. Eaton and D. R. Mabey. 1980. *Application of Surface Geophysics to Groundwater Investigation*. Washington : United States Department of The Interior.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



LAMPIRAN

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 1. Hasil pengukuran kedalaman muka air tanah, DHL, suhu dan kekeruhan air tanah di daerah penelitian

Nomor sampel	Lokasi	Koordinat	Kedalaman muka air tanah (m)	DHL (μ mhos/cm)	Suhu ($^{\circ}$ C)	Kekeruhan (NTU)
1.	Tambakhaji	06°58'54,1"LS-110°20'05,8"BT	12,5	526	28,1	14
2.	Mangkang Kulon	06°57'50,1"LS-110°18'06,7"BT	2,0	487	27,8	14
3.	Mangunharjo	06°57'16,2"LS-110°18'18,6"BT	3,9	5010	28,5	14
4.	Mangkang Wetan	06°57'28,7"LS-110°18'46,1"BT	2,0	1260	28,6	15
5.	Mangkang Wetan	06°57'16,4"LS-110°18'57,5"BT	2,5	1725	29,1	12
6.	Randugarut	06°58'25,8"LS-110°19'07,6"BT	47,0	1202	28,8	16
7.	Randugarut	06°58'10,6"LS-110°19'11,9"BT	1,3	5480	28,3	15
8.	Tugurejo	06°58'53,4"LS-110°20'38,5"BT	28,0	395	30,4	14
9.	Tugurejo	06°58'38,2"LS-110°20'42,6"BT	7,7	628	28,4	14
10.	Tugurejo	06°58'11,8"LS-110°20'44,3"BT	8,0	9210	28,3	15
11.	Tugurejo	06°58'20,2"LS-110°21'15,2"BT	7,1	8891	28,4	17
12.	Jerakah	06°58'39,4"LS-110°22'00,6"BT	33,0	1960	30,4	20
13.	Tambakharijo	06°58'40,6"LS-110°22'15,1"BT	23,6	2540	30,2	15
14.	Jerakah	06°58'44,3"LS-110°21'52,9"BT	1,7	3050	29,2	15
15.	Jerakah	06°58'40,9"LS-110°21'35,7"BT	1,6	2910	30,0	15
16.	Jerakah	06°59'00,9"LS-110°21'48,9"BT	5,8	850	28,3	15
17.	Krapyak	06°59'15,2"LS-110°22'25,1"BT	6,2	810	28,2	18
18.	Tawang Sari	06°58'47,4"LS-110°23'05,5"BT	2,1	4300	26,8	18
19.	Tawang Sari	06°58'15,1"LS-110°23'30,4"BT	2,6	4900	27,2	15
20.	S.Garang	06°57'11,8"LS-110°23'50,2"BT	-	24800*	28,3*	15*
21.	Panggung Kidul	06°57'40,8"LS-110°24'10,2"BT	2,0	7850	28,7	15
22.	Bulu Lor	06°58'01,1"LS-110°24'10,3"BT	2,3	5640	28,7	15
23.	Melayu Barat	06°57'56,5"LS-110°25'10,3"BT	1,0	2200	29,0	15
24.	Purwosari	06°58'15,9"LS-110°24'50,2"BT	1,4	1850	28,4	14
25.	Dadapsari	06°58'23,3"LS-110°25'16,4"BT	3,5	1900	27,7	13
26.	Bandarharjo	06°57'52,3"LS-110°25'30,2"BT	4,1	1870	27,8	12
27.	Kemijen	06°57'49,0"LS-110°25'54,6"BT	0,8	5960	27,6	20
28.	Mlatiharjo	06°57'41,1"LS-110°26'31,3"BT	0,7	2800	28,6	25
29.	Tambakrejo	06°57'19,0"LS-110°26'26,9"BT	1,2	3030	26,8	15
30.	Kemijen	06°57'17,7"LS-110°26'07,2"BT	1,5	5270	27,3	14
31.	S.Semarang Timur	06°57'12,3"LS-110°26'26,9"BT	-	19540**	25,8**	17**
32.	Mukthiharjo Lor	06°57'51,3"LS-110°27'42,1"BT	0,5	3130	29,7	15
33.	Banjardowo	06°58'08,3"LS-110°28'43,2"BT	0,7	2910	29,8	15
34.	Tlogosari	06°58'49,5"LS-110°28'19,4"BT	3,1	1412	29,2	16
35.	Mukthiharjo	06°58'48,2"LS-110°27'30,7"BT	2,9	1515	29,5	13
36.	Tlogosari	06°58'54,3"LS-110°28'24,4"BT	3,1	1320	28,6	13
37.	Sambungharjo	06°58'54,8"LS-110°29'11,3"BT	3,0	2720	28,8	10
38.	Tlogomulyo	06°59'19,9"LS-110°28'26,8"BT	6,0	2500	28,8	20
39.	Tlogomulyo	06°59'58,9"LS-110°28'50,8"BT	5,8	2390	29,6	20
40.	S.Garang	06°58'42,5"LS-110°26'30,6"BT	-	697*	33,6*	20*
41.	S.Semarang Timur	06°58'52,2"LS-110°24'07,1"BT	-	690**	33,9**	25**
42.	Jagalan	06°59'00,3"LS-110°25'48,8"BT	1,5	760	28,4	28
43.	Kanggan	06°58'30,7"LS-110°25'34,2"BT	1,6	790	28,7	30
44.	Brumbung	06°59'00,3"LS-110°25'15,9"BT	2,0	653	28,6	35
45.	Pekunden	06°59'28,7"LS-110°25'13,2"BT	1,9	668	28,4	30
46.	Rejosari	06°59'06,7"LS-110°26'24,8"BT	2,4	735	28,3	25
47.	Karangtempel	06°59'30,3"LS-110°26'16,8"BT	2,7	685	28,9	28
48.	Wonodri	07°00'03,5"LS-110°25'45,5"BT	5,6	680	29,0	30
49.	Wonotunggal	07°00'15,2"LS-110°25'07,8"BT	5,4	530	28,9	30
50.	Wonodri	07°00'05,8"LS-110°25'56,5"BT	1,8	548	27,4	25
51.	Lamper Kidul	07°00'23,2"LS-110°26'33,9"BT	2,3	540	27,8	36
52.	Wonodri	07°00'16,9"LS-110°25'42,3"BT	23,0	519	29,7	35
53.	Sendangguwo	06°59'47,7"LS-110°27'39,2"BT	22,4	810	29,6	38
54.	Randusari	06°59'41,7"LS-110°24'30,2"BT	1,1	480	28,5	32
55.	Petompon	06°59'43,9"LS-110°24'17,2"BT	1,6	403	28,8	32
56.	Randusari	06°59'40,8"LS-110°24'45,2"BT	1,3	631	27,8	30
57.	Barusari	06°59'17,8"LS-110°24'29,4"BT	1,0	593	29,6	35
58.	Padrikan Baru	06°58'40,1"LS-110°24'35,9"BT	2,1	790	30,0	35
59.	Lemahgempal	06°59'17,2"LS-110°24'19,1"BT	2,9	393	27,4	38
60.	Bojongsalaman	06°59'22,8"LS-110°24'00,9"BT	2,4	410	27,7	33
61.	Karangkumpul	07°00'14,3"LS-110°24'08,3"BT	2,3	520	28,5	30
62.	Gajahmungkur	07°00'46,3"LS-110°24'37,5"BT	3,0	531	28,3	35
63.	Kaliwiro	07°01'16,3"LS-110°25'00,2"BT	2,7	510	28,2	45

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

**Lampiran 2. Hasil analisis pH, kalsium, magnesium, natrium, kalium, sulfat
dan klorida dalam air tanah di daerah penelitian**

Nomor Sampel	pH	Kalsium (mg/l)	Magnesium (mg/l)	Natrium (mg/l)	Kalium (mg/l)	Sulfat (mg/l)	Klorida (mg/l)
1.	7,71	88,6	47,8	17,9	7,5	12,6	77,6
2.	7,53	59,0	46,3	30,0	4,9	10,3	61,6
3.	7,52	174,0	97,7	218,0	40,3	99,4	1671,0
4.	7,45	285,0	84,0	54,0	5,1	16,1	348,0
5.	7,71	130,0	60,1	70,3	29,0	21,9	179,0
6.	7,66	100,0	78,6	62,6	21,8	71,0	105,0
7.	7,45	253,0	66,0	215,0	38,9	129,0	2437,0
8.	7,93	61,5	41,9	15,3	7,6	11,5	25,8
9.	7,84	81,5	71,4	25,0	9,0	14,9	73,6
10.	7,47	233,0	175,0	686,0	54,2	68,5	4626,0
11.	7,45	236,0	127,0	278,0	53,8	24,3	819,0
12.	7,36	174,0	54,2	68,9	12,1	19,6	776,0
13.	7,51	162,0	53,9	69,4	12,1	11,5	736,0
14.	7,64	128,0	61,3	99,9	13,3	7,9	2268,0
15.	7,47	174,0	27,2	99,5	13,7	6,8	1223,0
16.	7,24	95,9	85,2	39,0	13,2	18,5	1093,0
17.	7,61	88,6	61,4	38,8	12,9	13,2	348,0
18.	7,57	179,0	121,0	200,0	26,6	110,0	1701,0
19.	7,71	128,0	130,0	199,0	26,5	174,0	7114,0
20.	7,60	165,0	131,0	222,0	242,0	640,0	16417,0
21.	7,90	339,0	38,5	268,0	44,5	41,8	4477,0
22.	7,90	280,0	69,3	324,0	44,4	24,3	3749,0
23.	7,77	135,0	27,8	95,4	31,7	7,9	659,0
24.	7,78	115,0	27,1	92,8	26,8	5,6	567,0
25.	7,78	135,0	14,9	72,0	22,5	9,7	696,0
26.	7,61	147,0	100,0	86,4	28,3	7,9	1044,0
27.	7,46	393,0	53,4	204,0	38,4	40,6	3741,0
28.	8,02	174,0	23,8	82,4	35,9	24,3	1114,0
29.	7,74	105,0	206,0	92,7	19,5	24,3	985,0
30.	7,35	266,0	417,0	778,0	147,0	21,9	9701,0
31.	7,54	201,0	138,0	92,6	19,6	47,6	606,0
32.	7,76	120,0	56,7	79,3	20,6	15,5	1307,0

(dilanjutkan)

(lanjutan)

Nomor Sampel	pH	Kalsium (mg/l)	Magnesium (mg/l)	Natrium (mg/l)	Kalium (mg/l)	Sulfat (mg/l)	Klorida (mg/l)
33.	7,84	144,0	46,7	79,0	20,6	16,1	666,0
34.	7,90	116,0	39,4	61,9	12,2	92,4	672,0
35.	8,08	95,2	57,9	61,7	11,9	125,0	252,0
36.	7,98	116,0	108,0	48,3	14,9	92,4	252,0
37.	8,07	274,0	45,2	48,3	14,6	121,0	181,0
38.	8,25	97,1	131,0	88,6	15,9	261,0	181,0
39.	8,24	83,8	99,3	88,3	16,1	326,0	604,0
40.	8,07	76,2	50,7	29,1	17,8	11,5	65,6
41.	7,94	70,4	33,5	29,1	17,9	12,6	101,0
42.	7,86	95,2	29,9	28,1	18,0	9,1	99,5
43.	7,80	103,0	59,9	27,9	17,6	9,1	39,8
44.	7,94	80,0	39,1	27,9	10,9	10,3	51,7
45.	7,96	93,3	20,6	28,0	11,1	11,5	81,5
46.	8,05	78,1	57,2	32,6	14,2	12,6	77,6
47.	8,06	95,2	32,3	33,2	14,3	14,9	73,6
48.	7,94	114,0	14,6	27,8	8,7	19,6	65,6
49.	8,03	112,0	26,7	27,0	7,8	14,9	73,6
50.	7,89	95,2	6,8	27,3	10,4	9,1	71,6
51.	7,88	76,2	18,4	27,8	10,4	9,1	55,0
52.	7,76	76,2	26,4	19,8	7,1	6,8	53,7
53.	8,80	43,8	22,9	19,7	7,0	7,9	67,6
54.	8,89	66,6	38,1	19,7	3,7	6,8	69,6
55.	7,65	30,5	34,5	20,0	3,7	9,1	81,5
56.	8,52	55,2	23,1	28,6	7,6	11,5	47,7
57.	8,27	106,0	8,3	28,5	7,5	6,8	49,7
58.	7,89	103,0	40,2	21,6	7,1	9,1	45,7
59.	7,82	57,1	33,4	21,6	7,1	7,9	39,8
60.	7,92	62,8	36,9	21,3	7,4	7,9	39,8
61.	7,89	66,6	39,3	21,5	7,9	23,1	41,7
62.	7,87	57,1	28,8	23,0	15,4	19,6	37,8
63.	7,95	72,4	25,3	23,0	14,4	28,9	45,7

@Hak cipta milik IPB University



Lampiran 3. Hasil analisis bikarbonat, karbonat, kesadahan, nitrat, besi, mangan dan salinitas dalam air tanah di daerah penelitian

Nomor Sampel	Bikarbonat (mg/l)	Karbonat (mg/l)	Kesadahan (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Besi (mg/l)	Mangan (mg/l)	Salinitas (mg/l)
1.	252	0	418	1,0	0,00	0,000	800
2.	239	0	338	0,0	0,04	0,000	800
3.	556	0	837	0,0	0,02	0,000	3250
4.	426	0	1057	4,0	0,02	1,232	790
5.	436	0	547	2,0	0,00	0,000	730
6.	599	0	424	1,6	0,04	0,000	750
7.	398	0	904	0,2	0,02	0,000	3650
8.	239	0	326	8,0	0,02	0,205	620
9.	252	0	498	14,0	0,00	0,000	650
10.	676	0	572	0,4	0,00	1,905	920
11.	693	0	547	0,2	0,02	0,373	700
12.	188	0	658	0,6	0,30	0,000	700
13.	196	0	627	0,8	0,04	1,064	700
14.	128	0	572	5,0	3,00	0,000	1600
15.	201	0	547	0,0	3,00	0,000	2300
16.	259	0	590	0,0	0,00	0,000	800
17.	813	0	474	1,8	0,00	0,000	3300
18.	496	0	947	3,0	0,06	0,000	3600
19.	526	0	856	5,0	0,06	0,000	3700
20.	141	0	952	0,0	0,08	0,215	5700
21.	629	0	1006	3,0	0,00	0,000	5700
22.	599	0	985	4,0	0,00	0,000	750
23.	487	0	452	12,0	0,02	0,000	600
24.	419	0	399	12,0	0,02	0,000	600
25.	376	0	399	8,0	0,00	0,448	600
26.	428	0	780	11,0	0,00	1,597	600
27.	350	0	952	3,0	0,08	14,239	2300
28.	239	0	533	0,2	0,00	0,252	1600
29.	612	0	1113	2,6	0,04	0,961	1300
30.	235	0	2380	0,0	0,02	0,709	800
31.	612	0	1071	8,0	1,20	0,504	700
32.	402	0	533	8,0	0,00	0,709	350

(dilanjutkan)

(lanjutan)

Nomor Sampel	Bikarbonat (mg/l)	Karbonat (mg/l)	Kesadahan (mg/l)	Nitrat (mg/l)	Besi (mg/l)	Mangan (mg/l)	Salinitas (mg/l)
33.	406	0	552	10,0	0,00	0,000	500
34.	492	0	452	6,0	0,04	0,000	500
35.	484	0	476	1,8	0,02	0,000	500
36.	547	0	737	0,0	0,02	0,000	1600
37.	509	0	499	5,0	0,04	0,000	1600
38.	607	0	785	1,0	0,00	0,196	200
39.	629	0	618	1,2	0,12	0,350	200
40.	312	0	399	0,2	0,00	0,000	200
41.	255	0	314	0,2	0,02	0,401	200
42.	2088	0	361	2,0	0,00	0,000	200
43.	372	0	504	5,0	0,04	0,000	200
44.	363	0	361	10,0	0,12	0,233	100
45.	350	0	318	12,0	0,04	0,000	100
46.	402	0	433	14,0	0,00	0,000	100
47.	402	0	371	4,0	0,12	0,000	100
48.	350	0	366	2,0	0,00	0,000	100
49.	355	0	390	1,8	0,00	0,000	100
50.	218	0	266	2,2	0,00	0,000	100
51.	312	0	266	1,8	0,00	0,000	100
52.	252	0	299	8,0	0,08	0,000	100
53.	154	0	204	6,0	0,12	0,000	100
54.	243	0	323	0,2	0,10	0,205	100
55.	124	0	218	1,4	0,00	0,000	100
56.	145	0	233	1,6	0,00	0,000	100
57.	372	0	299	2,4	0,00	0,000	100
58.	346	0	423	5,0	0,00	0,000	100
59.	196	0	280	8,0	0,00	0,000	100
60.	158	0	309	7,0	0,00	0,000	100
61.	205	0	328	8,0	0,12	0,271	100
62.	235	0	261	2,2	0,00	0,000	100
63.	273	0	285	0,2	0,04	0,000	100

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Lampiran 4. Hasil perhitungan rasio ion klorida terhadap ion bikarbonat dan karbonat

Nomor Sampel	DHL ($\mu\text{mhos/cm}$)	Cl ⁻ (meq/l)	HCO ₃ ⁻ +CO ₃ ²⁻ (meq/l)	Nilai Rasio	Tingkatan
1	526	2,2	4,1	0,5	Sedikit pengaruh air asin
2	487	1,7	3,9	0,4	Air tanah normal
3	5010	47,1	9,1	5,2	Banyak pengaruh air asin
4	1260	9,8	6,9	1,4	Cukup banyak pengaruh air asin
5	1725	5,0	7,1	0,7	Sedikit pengaruh air asin
6	1202	2,9	9,8	0,3	Air tanah normal
7	5480	68,7	6,5	10,6	Sangat banyak pengaruh air asin
8	395	0,7	3,9	0,2	Air tanah normal
9	628	2,1	4,1	0,5	Sedikit pengaruh air asin
10	9210	130,1	11,1	11,7	Sangat banyak pengaruh air asin
11	8891	23,1	11,4	2,0	Cukup banyak pengaruh air asin
12	1960	21,9	3,1	7,1	Sangat banyak pengaruh air asin
13	2540	20,8	3,2	6,5	Banyak pengaruh air asin
14	3050	63,9	2,1	30,4	Komposisi kimia seperti air laut
15	2910	34,5	3,3	10,4	Sangat banyak pengaruh air asin
16	850	30,8	4,2	7,3	Sangat banyak pengaruh air asin
17	810	9,8	13,3	0,7	Sedikit pengaruh air asin
18	4300	47,9	8,1	5,9	Banyak pengaruh air asin
19	4900	200,7	8,6	23,3	Komposisi kimia seperti air laut
20	24800	463,1	2,3	201,3	Komposisi kimia seperti air laut*
21	7850	126,3	10,3	12,3	Sangat banyak pengaruh air asin
22	5640	105,8	9,8	10,8	Sangat banyak pengaruh air asin
23	2200	18,6	7,9	2,3	Cukup banyak pengaruh air asin
24	1850	15,9	6,9	2,3	Cukup banyak pengaruh air asin
25	1900	19,6	6,2	3,2	Banyak pengaruh air asin
26	1870	29,4	7,0	4,2	Banyak pengaruh air asin
27	5960	105,5	5,7	18,5	Komposisi kimia seperti air laut
28	2800	31,4	3,9	8,0	Sangat banyak pengaruh air asin
29	3030	27,8	10,0	2,8	Banyak pengaruh air asin
30	5270	273,7	3,9	70,2	Komposisi kimia seperti air laut
31	19540	17,1	10,0	1,7	Cukup banyak pengaruh air asin**
32	3130	36,9	6,9	5,3	Banyak pengaruh air asin
33	2910	18,9	6,6	2,9	Banyak pengaruh air asin
34	1412	18,9	8,1	2,3	Cukup banyak pengaruh air asin
35	1515	7,1	7,9	0,9	Sedikit pengaruh air asin
36	1320	7,1	8,9	0,8	Sedikit pengaruh air asin
37	2720	5,1	8,3	0,6	Sedikit pengaruh air asin
38	2500	5,1	9,9	0,5	Sedikit pengaruh air asin
39	2390	17,0	10,3	1,7	Cukup banyak pengaruh air asin
40	697	1,9	5,1	0,4	Air sungai tawar**
41	690	2,8	4,2	0,7	Sedikit pengaruh air asin*
42	760	2,8	34,2	0,1	Air tanah normal
43	790	1,1	6,1	0,2	Air tanah normal
44	653	1,5	5,9	0,3	Air tanah normal
45	668	2,3	5,7	0,4	Air tanah normal
46	735	2,2	6,6	0,3	Air tanah normal
47	685	2,1	6,6	0,3	Air tanah normal
48	680	1,9	5,7	0,3	Air tanah normal
49	530	2,1	5,8	0,4	Air tanah normal
50	548	2,0	3,6	0,6	Sedikit pengaruh air asin
51	540	1,6	5,1	0,3	Air tanah normal
52	519	1,5	4,1	0,4	Air tanah normal
53	810	1,9	2,5	0,8	Sedikit pengaruh air asin
54	480	2,0	3,9	0,5	Sedikit pengaruh air asin
55	403	2,3	2,0	1,2	Sedikit pengaruh air asin
56	631	1,3	2,4	0,5	Sedikit pengaruh air asin
57	593	1,4	6,1	0,2	Air tanah normal
58	790	1,3	5,7	0,2	Air tanah normal
59	393	1,1	3,2	0,3	Air tanah normal
60	410	1,1	2,6	0,4	Air tanah normal
61	520	1,2	3,6	0,3	Air tanah normal
62	531	1,1	3,8	0,3	Air tanah normal
63	510	1,3	4,5	0,3	Air tanah normal

* Sampel air Sungai Garang

** Sampel air Sungai Semarang Timur

Lampiran 5. Tipe kimia air berdasarkan metode Kloosterman

Nomor Sampel	DHL µmhos/cm	Satuan	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Cl ⁻ +SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻ +CO ₃ ²⁻	Tipe Hidrokimia
1	526	meq/l %	1,0 10,8	8,3 89,2	2,5 20,0	4,1 80	Air bikarbonat
2	487	meq/l %	1,4 17,3	6,7 82,7	1,9 32,7	3,9 67,2	Air bikarbonat
3	5010	meq/l %	10,5 38,6	16,7 61,4	49,2 83,1	9,1 16,9	Air evaporit
4	1260	meq/l %	2,4 10,2	21,1 89,8	10,1 59,4	6,9 40,6	Air evaporit
5	1725	meq/l %	3,8 25,0	11,4 75,0	5,5 45,5	7,1 54,5	Air evaporit
6	1202	meq/l %	3,2 21,8	11,5 78,2	4,4 35,2	9,8 64,8	Air peralihan bikarbonat
7	5480	meq/l %	10,4 36,6	18,0 63,4	71,4 90,0	6,5 10,0	Air evaporit
8	395	meq/l %	0,9 12,2	6,5 87,8	0,9 9,2	3,9 90,8	Air bikarbonat
9	628	meq/l %	1,3 11,6	9,9 88,4	2,4 22,4	4,1 77,6	Air bikarbonat
10	9210	meq/l %	31,2 54,6	25,9 45,4	131,5 93,0	11,1 7,0	Intrusi air garam
11	8891	meq/l %	13,5 37,8	22,2 62,2	23,6 69,6	11,4 30,4	Air evaporit
12	1960	meq/l %	3,2 19,5	13,2 80,5	22,3 81,4	3,1 18,6	Air evaporit
13	2540	meq/l %	3,3 20,9	12,5 79,1	21,0 83,3	3,2 16,7	Air evaporit
14	3050	meq/l %	4,6 28,8	11,4 71,2	64,1 65,2	2,1 34,8	Air bikarbonat
15	2910	meq/l %	4,7 30,1	10,9 69,9	34,6 85,0	3,3 15,0	Air bikarbonat
16	850	meq/l %	2,0 14,5	11,8 85,5	31,2 84,1	4,2 15,9	Air bikarbonat
17	810	meq/l %	2,0 17,4	9,5 82,6	10,1 63,9	13,3 36,1	Air bikarbonat
18	4300	meq/l %	9,4 33,3	18,8 66,7	50,2 88,4	8,1 11,6	Air bikarbonat
19	4900	meq/l %	9,4 35,5	17,1 64,5	204,3 96,9	8,6 3,1	Intrusi air garam
20	24800	meq/l %	15,9 45,6	19,0 54,4	476,4 98,8	2,3 1,2	Intrusi air garam*
21	7850	meq/l %	12,8 38,9	20,1 61,1	127,2 95,6	10,3 4,4	Intrusi air garam
22	5640	meq/l %	15,2 43,7	19,6 56,3	106,3 96,7	9,8 3,3	Intrusi air garam
23	2200	meq/l %	4,9 35,3	9,0 64,7	18,8 78,7	7,9 21,3	Air evaporit
24	1850	meq/l %	4,9 38,3	7,9 61,7	16,0 79,6	6,9 20,4	Air evaporit
25	1900	meq/l %	3,7 31,9	7,9 68,1	15,8 88,8	6,2 11,2	Air evaporit
26	1870	meq/l %	4,5 22,5	15,5 77,5	29,6 88,4	7,0 11,6	Air evaporit
27	5960	meq/l %	9,9 29,2	24,0 70,8	106,3 98,2	5,7 1,8	Intrusi air garam
28	2800	meq/l %	4,5 29,6	10,7 70,4	31,9 93,0	3,9 7,0	Intrusi air garam
29	3030	meq/l %	4,5 16,9	22,1 83,1	28,3 73,9	10,0 26,1	Air evaporit
30	5270	meq/l %	37,5 73,4	13,6 26,6	274,2 98,6	3,9 1,4	Air fosil asin
31	19540	meq/l %	4,5 17,4	21,3 82,6	18,1 64,4	10,0 35,6	Air evaporit**
32	3130	meq/l %	3,9 26,7	10,7 73,3	37,2 84,4	6,9 15,6	Air evaporit

(dilanjutkan)

(lanjutan)

Nomor Sampel	DHL $\mu\text{mhos/cm}$	Satuan	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$	$\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$	$\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$	Tipe Hidrokimia
33	2910	meq/l %	3,9 26,2	11,0 73,8	19,2 74,4	6,6 25,6	Air evaporit
34	1412	meq/l %	3,0 25,0	9,0 75,0	20,8 72,0	8,1 28,0	Air evaporit
35	1515	meq/l %	3,0 23,8	9,6 76,2	9,7 55,1	7,9 44,9	Air evaporit
36	1320	meq/l %	2,5 14,5	14,7 85,5	9,0 50,3	8,9 49,7	Air bikarbonat
37	2720	meq/l %	2,5 12,6	17,4 87,4	7,6 47,8	8,3 52,2	Air bikarbonat
38	2500	meq/l %	4,3 21,6	15,6 78,4	10,5 51,5	9,9 48,5	Air evaporit
39	2390	meq/l %	4,2 25,3	12,4 74,7	13,8 57,3	10,3 42,7	Air evaporit
40	697	meq/l %	1,8 18,6	7,9 81,4	2,1 29,2	5,1 70,8	Air bikarbonat**
41	690	meq/l %	1,8 22,2	6,3 77,8	3,1 42,5	4,2 57,5	Air bikarbonat*
42	760	meq/l %	1,7 18,9	7,3 81,1	3,0 8,1	34,2 91,9	Air bikarbonat
43	790	meq/l %	1,6 13,8	10,0 86,2	1,3 17,6	6,1 82,4	Air bikarbonat
44	653	meq/l %	1,5 17,2	7,2 82,8	1,7 22,4	5,9 77,6	Air bikarbonat
45	668	meq/l %	1,5 19,0	6,4 81,0	2,5 30,5	5,7 69,5	Air bikarbonat
46	735	meq/l %	1,8 17,3	8,6 82,7	2,5 27,4	6,6 72,5	Air bikarbonat
47	685	meq/l %	1,8 19,4	7,5 80,6	2,4 26,7	6,6 73,3	Air fosil tawar
48	680	meq/l %	1,4 16,9	6,9 83,1	2,3 28,8	5,7 71,2	Air bikarbonat
49	530	meq/l %	1,4 15,2	7,8 84,8	2,4 29,3	5,8 70,7	Air bikarbonat
50	548	meq/l %	1,5 21,7	5,4 78,3	2,4 40,0	3,6 60,0	Air bikarbonat
51	540	meq/l %	1,5 22,1	5,3 77,9	1,8 26,1	5,1 73,9	Air peralihan bikarbonat
52	519	meq/l %	1,1 15,7	5,9 84,3	1,6 28,1	4,1 71,9	Air bikarbonat
53	810	meq/l %	1,0 19,6	4,1 80,4	2,1 45,7	2,5 54,3	Air bikarbonat
54	480	meq/l %	0,9 12,3	6,4 87,7	2,1 35,0	3,9 65,0	Air bikarbonat
55	403	meq/l %	1,0 18,9	4,3 81,1	2,5 55,6	2,0 44,4	Air evaporit
56	631	meq/l %	1,4 22,9	4,7 77,1	1,5 61,5	2,4 38,5	Air evaporit
57	593	meq/l %	1,4 19,2	5,9 80,8	1,6 20,8	6,1 79,2	Air fosil tawar
58	790	meq/l %	1,1 11,6	8,4 88,4	1,5 20,8	5,7 79,2	Air bikarbonat
59	393	meq/l %	1,1 16,7	5,5 83,3	1,3 28,9	3,2 71,7	Air bikarbonat
60	410	meq/l %	1,1 15,3	6,1 84,7	1,3 33,3	2,6 66,7	Air bikarbonat
61	520	meq/l %	1,1 14,5	6,5 85,5	1,7 32,1	3,6 67,9	Air bikarbonat
62	531	meq/l %	1,4 21,2	5,2 78,8	1,5 28,3	3,8 71,7	Air peralihan bikarbonat
63	510	meq/l %	1,4 19,7	5,7 80,3	1,9 29,7	4,5 70,3	Air bikarbonat

* Sampel air Sungai Giarang

** Sampel air Sungai Semarang Timur

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Lampiran 6. Penentuan tipe utama kimia air

Nomor Sampel	DHL ($\mu\text{mhos/cm}$)	Cl (mg/l)	Kode	Tipe Utama
1	526	77,6	F	Air tawar
2	487	61,6	F	Air tawar
3	5010	1671	Bs	Air payau-asin
4	1260	348	B	Air payau
5	1725	179	Fb	Air tawar-payau
6	1202	105	F	Air tawar
7	5480	2437	Bs	Air payau-asin
8	395	25,8	F	Air tawar
9	628	73,6	F	Air tawar
10	9210	4626	Bs	Air payau-asin
11	8891	819	B	Air payau
12	1960	776	B	Air payau
13	2540	736	B	Air payau
14	3050	2268	Bs	Air payau-asin
15	2910	1223	Bs	Air payau-asin
16	850	1093	Bs	Air payau-asin
17	810	348	B	Air payau
18	4300	1701	Bs	Air payau asin
19	4900	7114	Bs	Air payau asin
20	24800	16417	S	Air asin*
21	7850	4477	Bs	Air payau-asin
22	5640	3749	Bs	Air payau-asin
23	2200	659	B	Air payau
24	1850	567	B	Air payau
25	1900	696	B	Air payau
26	1870	1044	Bs	Air payau-asin
27	5960	3741	Bs	Air payau-asin
28	2800	1114	Bs	Air payau-asin
29	3030	985	B	Air payau
30	5270	9701	Bs	Air payau-asin
31	19540	606	B	Air payau**
32	3130	1307	Bs	Air payau-asin
33	2910	666	B	Air payau
34	1412	672	B	Air payau
35	1515	252	Fb	Air tawar-payau
36	1320	252	Fb	Air tawar-payau
37	2720	181	Fb	Air tawar-payau
38	2500	181	Fb	Air tawar-payau
39	2390	604	B	Air payau
40	697	65,6	F	Air tawar**
41	690	101	F	Air tawar*
42	760	99,5	F	Air tawar
43	790	39,8	F	Air tawar
44	653	51,7	F	Air tawar
45	668	81,5	F	Air tawar
46	735	77,6	F	Air tawar
47	685	73,6	F	Air tawar
48	680	65,6	F	Air tawar
49	530	73,6	F	Air tawar
50	548	71,6	F	Air tawar
51	540	55	F	Air tawar
52	519	53,7	F	Air tawar
53	810	67,6	F	Air tawar
54	480	69,6	F	Air tawar
55	403	81,5	F	Air tawar
56	631	47,7	F	Air tawar
57	593	49,7	F	Air tawar
58	790	45,7	F	Air tawar
59	393	39,8	F	Air tawar
60	410	39,8	F	Air tawar
61	520	41,7	F	Air tawar
62	531	37,8	F	Air tawar
63	510	45,7	F	Air tawar

* Sampel air Sungai Garang

** Sampel air Sungai Semarang Timur

Lampiran 7. Penentuan tipe kimia air

Nomor Sampel	Ca ²⁺ (mmol/l)	Mg ²⁺ (mmol/l)	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (mmol/l)	Kode	Tipe
1	2,2	2,0	4,2	3	Amat sangat sadah
2	1,5	1,9	3,4	2	Sangat sadah
3	4,3	4,0	8,3	4	Amat sangat sadah
4	7,1	3,4	10,5	4	Amat sangat sadah
5	3,2	2,5	5,7	3	Amat sangat sadah
6	2,5	3,2	5,7	3	Amat sangat sadah
7	6,3	2,7	9,0	4	Amat sangat sadah
8	1,5	1,7	3,2	2	Sangat sadah
9	2,0	2,9	4,9	3	Amat sangat sadah
10	5,8	7,2	13,0	4	Amat sangat sadah
11	5,9	5,2	11,1	4	Amat sangat sadah
12	4,3	2,2	6,5	3	Amat sangat sadah
13	4,0	2,2	6,2	3	Amat sangat sadah
14	3,2	2,5	5,7	3	Amat sangat sadah
15	4,3	1,1	5,4	3	Amat sangat sadah
16	2,4	3,5	5,9	3	Amat sangat sadah
17	2,2	2,5	4,7	3	Amat sangat sadah
18	4,5	4,9	9,4	4	Amat sangat sadah
19	3,2	5,3	8,5	4	Amat sangat sadah
20	4,1	5,4	9,5	4	Amat sangat sadah*
21	8,5	1,6	10,1	4	Amat sangat sadah
22	7,0	2,8	9,8	4	Amat sangat sadah
23	3,4	1,1	4,5	3	Amat sangat sadah
24	2,9	1,1	4,0	3	Amat sangat sadah
25	3,4	0,6	4,0	3	Amat sangat sadah
26	3,7	4,1	7,8	3	Amat sangat sadah
27	9,8	2,2	12,0	4	Amat sangat sadah
28	4,3	1,0	5,3	3	Amat sangat sadah
29	2,6	8,5	11,1	4	Amat sangat sadah
30	6,6	0,2	6,8	3	Amat sangat sadah
31	5,0	5,7	10,7	4	Amat sangat keras**
32	3,0	2,3	5,3	3	Amat sangat sadah
33	3,6	1,9	5,5	3	Amat sangat sadah
34	2,9	1,6	4,5	3	Amat sangat sadah
35	2,4	2,4	4,8	3	Amat sangat sadah
36	2,9	4,4	7,3	3	Amat sangat sadah
37	6,8	1,9	8,7	4	Amat sangat sadah
38	2,4	5,4	7,8	3	Amat sangat sadah
39	2,1	4,1	6,2	3	Amat sangat sadah
40	1,9	2,1	4,0	3	Amat sangat sadah**
41	1,8	1,4	3,2	2	Sangat sadah*
42	2,4	1,2	3,6	2	Sangat sadah
43	2,6	2,5	5,1	3	Amat sangat sadah
44	2,0	1,6	3,6	2	Sangat sadah
45	2,3	0,8	3,1	2	Sangat sadah
46	1,9	2,3	4,2	3	Amat sangat sadah
47	2,4	1,3	3,7	2	Sangat sadah
48	2,8	0,6	3,4	2	Sangat sadah
49	2,8	1,1	3,9	2	Sangat sadah
50	2,4	0,3	2,7	2	Sangat sadah
51	1,9	0,8	2,7	2	Sangat sadah
52	1,9	1,1	3,0	2	Sangat sadah
53	1,1	0,9	2,0	2	Sangat sadah
54	1,7	1,6	3,3	2	Sangat sadah
55	0,8	1,4	2,2	2	Sangat sadah
56	1,4	0,9	2,3	2	Sangat sadah
57	2,6	0,3	2,9	2	Sangat sadah
58	2,6	1,6	4,2	3	Amat sangat sadah
59	1,4	1,4	2,8	2	Sangat sadah
60	1,6	1,5	3,1	2	Sangat sadah
61	1,7	1,6	3,3	2	Sangat sadah
62	1,4	1,2	2,6	2	Sangat sadah
63	1,8	1,0	2,8	2	Sangat sadah

* Sampel air Sungai Garang

** Sampel air Sungai Semarang Timur

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Lampiran 8. Penentuan sub-tipe kimia air

Nomor Sampel	DHL (µmhos/cm)	Satuan	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Sub-tipe
1	526	meq/l %	1,0 10,8	8,3 89,2	2,2 17,6	10,0 80	0,3 2,4	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
2	487	meq/l %	1,4 17,3	6,7 82,7	1,7 29,3	3,9 67,2	0,2 3,5	Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻
3	5010	meq/l %	10,5 38,6	16,7 61,4	47,1 79,6	10,0 16,9	2,1 3,5	Ca ²⁺ /Cl ⁻
4	1260	meq/l %	2,4 10,2	21,1 89,8	9,8 57,6	6,9 40,6	0,3 1,8	Ca ²⁺ /Cl ⁻
5	1725	meq/l %	3,8 25,0	11,4 75,0	5,0 41,3	6,6 54,6	0,5 4,1	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
6	1202	meq/l %	3,2 21,8	11,5 78,2	2,9 23,2	8,1 64,8	1,5 12,0	Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻
7	5480	meq/l %	10,4 36,6	18,0 63,4	68,7 86,6	7,9 10,0	2,7 3,4	Ca ²⁺ /Cl ⁻
8	395	meq/l %	0,9 12,2	6,5 87,8	0,7 7,2	8,9 90,8	0,2 2,0	Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻
9	628	meq/l %	1,3 11,6	9,9 88,4	2,1 19,6	8,3 77,6	0,3 2,8	Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻
10	9210	meq/l %	31,2 54,6	25,9 45,4	130,1 92,0	9,9 7,0	1,4 1,0	Na ⁺ /Cl ⁻
11	8891	meq/l %	13,5 37,8	22,2 62,2	23,1 68,1	10,3 30,4	0,5 1,5	Ca ²⁺ /Cl ⁻
12	1960	meq/l %	3,2 19,5	13,2 80,5	21,9 79,9	5,1 18,6	0,4 1,5	Ca ²⁺ /Cl ⁻
13	2540	meq/l %	3,3 20,9	12,5 79,1	20,8 82,5	4,2 16,7	0,2 0,8	Ca ²⁺ /Cl ⁻
14	3050	meq/l %	4,6 28,8	11,4 71,2	63,9 65,0	34,2 34,8	0,2 0,2	Ca ²⁺ /Cl ⁻
15	2910	meq/l %	4,7 30,1	10,9 69,9	34,5 84,8	6,1 15,0	0,1 0,2	Ca ²⁺ /Cl ⁻
16	850	meq/l %	2,0 14,5	11,8 85,5	30,8 83,0	5,9 15,9	0,4 1,1	Mg ²⁺ /Cl ⁻
17	810	meq/l %	2,0 17,4	9,5 82,6	9,8 62,0	5,7 36,1	0,3 1,9	Mg ²⁺ /Cl ⁻
18	4300	meq/l %	9,4 33,3	18,8 66,7	47,9 84,3	6,6 11,6	2,3 4,1	Mg ²⁺ /Cl ⁻
19	4900	meq/l %	9,4 35,5	17,1 64,5	200,7 95,2	6,6 3,1	3,6 1,7	Mg ²⁺ /Cl ⁻
20	24800	meq/l %	15,9 45,6	19,0 54,4	463,1 96,1	5,7 1,2	13,3 2,7	Mg ²⁺ /Cl ⁻ *
21	7850	meq/l %	12,8 38,9	20,1 61,1	126,3 94,9	5,8 4,4	0,9 0,7	Ca ²⁺ /Cl ⁻
22	5640	meq/l %	15,2 43,7	19,6 56,3	105,8 96,3	3,6 3,3	0,5 0,4	Ca ²⁺ /Cl ⁻
23	2200	meq/l %	4,9 35,3	9,0 64,7	18,6 77,8	5,1 21,3	0,2 0,9	Ca ²⁺ /Cl ⁻
24	1850	meq/l %	4,9 38,3	7,9 61,7	15,9 79,1	4,1 20,4	0,1 0,5	Ca ²⁺ /Cl ⁻
25	1900	meq/l %	3,7 31,9	7,9 68,1	19,6 87,9	2,5 11,2	0,2 0,9	Ca ²⁺ /Cl ⁻
26	1870	meq/l %	4,5 22,5	15,5 77,5	29,4 87,8	3,9 11,6	0,2 0,6	Mg ²⁺ /Cl ⁻
27	5960	meq/l %	9,9 29,2	24,0 70,8	105,5 97,4	2,0 1,9	0,8 0,7	Ca ²⁺ /Cl ⁻
28	2800	meq/l %	4,5 29,6	10,7 70,4	31,4 91,6	2,4 7,0	0,5 1,4	Ca ²⁺ /Cl ⁻
29	3030	meq/l %	4,5 16,9	22,1 83,1	27,8 72,6	10,0 26,1	0,5 1,3	Mg ²⁺ /Cl ⁻
30	5270	meq/l %	37,5 73,4	13,6 26,6	273,7 98,4	3,9 1,4	0,5 0,2	Mg ²⁺ /Cl ⁻
31	19540	meq/l %	4,5 17,4	21,3 82,6	17,1 60,9	10,0 35,6	1,0 3,5	Mg ²⁺ /Cl ⁻ **
32	3130	meq/l %	3,9 26,7	10,7 73,3	36,9 83,7	6,9 15,6	0,3 0,7	Ca ²⁺ /Cl ⁻

(dijanjutkan)

(lanjutan)

Nomor Sampel	DHL (jumhos/cm)	Satuan	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Sub-tipe
33	2910	meq/l %	3,9 26,2	11,0 73,8	18,9 73,2	6,6 25,6	0,3 1,2	Ca ²⁺ /Cl ⁻
34	1412	meq/l %	3,0 25,0	9,0 75,0	18,9 65,4	8,1 28,0	1,9 6,6	Ca ²⁺ /Cl ⁻
35	1515	meq/l %	3,0 23,8	9,6 76,2	7,1 40,3	7,9 44,9	2,6 14,8	Mg ²⁺ /Mix
36	1320	meq/l %	2,5 14,5	14,7 85,5	7,1 39,7	8,9 49,7	1,9 10,6	Mg ²⁺ /Mix
37	2720	meq/l %	2,5 12,6	17,4 87,4	5,1 32,1	8,3 52,2	2,5 15,7	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
38	2500	meq/l %	4,3 21,6	15,6 78,4	5,1 25,0	9,9 48,5	5,4 26,5	Mg ²⁺ /Mix
39	2390	meq/l %	4,2 25,3	12,4 74,7	17,0 49,9	10,3 30,2	6,8 19,9	Mg ²⁺ /Mix
40	697	meq/l %	1,8 18,6	7,9 81,4	1,9 26,4	5,1 70,8	0,2 2,8	Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻ **
41	690	meq/l %	1,8 22,2	6,3 77,8	2,8 38,4	4,2 57,5	0,3 4,1	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ *
42	760	meq/l %	1,7 18,9	7,3 81,1	2,8 7,5	34,2 91,9	0,2 0,6	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
43	790	meq/l %	1,6 13,8	10,0 86,2	1,1 14,9	6,1 82,4	0,2 2,7	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
44	653	meq/l %	1,5 17,2	7,2 82,8	1,5 19,8	5,9 77,6	0,2 2,6	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
45	668	meq/l %	1,5 19,0	6,4 81,0	2,3 28,1	5,7 69,5	0,2 2,4	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
46	735	meq/l %	1,8 17,3	8,6 82,7	2,2 24,2	6,6 72,5	0,3 3,3	Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻
47	685	meq/l %	1,8 19,4	7,5 80,6	2,1 23,3	6,6 73,3	0,3 3,4	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
48	680	meq/l %	1,4 16,9	6,9 83,1	1,9 23,8	5,7 71,2	0,4 5,0	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
49	530	meq/l %	1,4 15,2	7,8 84,8	2,1 25,6	5,8 70,7	0,3 3,7	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
50	548	meq/l %	1,5 21,7	5,4 78,3	2,0 34,5	3,6 62,1	0,2 3,4	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
51	540	meq/l %	1,5 22,1	5,3 77,9	1,6 23,2	5,1 73,9	0,2 2,9	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
52	519	meq/l %	1,1 15,7	5,9 84,3	1,5 26,3	4,1 71,9	0,1 1,8	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
53	810	meq/l %	1,0 19,6	4,1 80,4	1,9 41,3	2,5 54,3	0,2 4,3	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
54	480	meq/l %	0,9 12,3	6,4 87,7	2,0 33,3	3,9 65,0	0,1 1,7	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
55	403	meq/l %	1,0 18,9	4,3 81,1	2,3 51,1	2,0 44,4	0,2 4,5	Mg ²⁺ /Cl ⁻
56	631	meq/l %	1,4 22,9	4,7 77,1	1,3 33,3	2,4 61,5	0,2 5,2	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
57	593	meq/l %	1,4 19,2	5,9 80,8	1,4 18,4	6,1 80,3	0,1 1,3	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
58	790	meq/l %	1,1 11,6	8,4 88,4	1,3 18,0	5,7 79,2	0,2 2,8	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
59	393	meq/l %	1,1 16,7	5,5 83,3	1,1 24,4	3,2 71,1	0,2 4,5	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
60	410	meq/l %	1,1 15,3	6,1 84,7	1,1 28,2	2,6 66,7	0,2 5,1	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
61	520	meq/l %	1,1 14,5	6,5 85,5	1,2 22,6	3,6 67,9	0,5 9,5	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
62	531	meq/l %	1,4 21,2	5,2 78,8	1,1 20,8	3,8 71,7	0,4 7,5	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻
63	510	meq/l %	1,4 19,7	5,7 80,3	1,3 20,3	4,5 70,3	0,6 9,4	Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻

* Sampel air Sungai Garang

** Sampel air Sungai Semarang Timur

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Lampiran 9. Penentuan kelas kimia air

Nomor Sampel	DHL (µmhos/cm)	Na ⁺ +K ⁺ +Mg ²⁺ pengukuran (meq/l)	Na ⁺ +K ⁺ +Mg ²⁺ terkoreksi (meq/l)	√(½ Cl) (meq/l)	Kode	Keterangan
1	526	4,9	2,6	1,1	+	Ada tambahan air tawar
2	487	5,2	3,4	0,9	+	Ada tambahan air tawar
3	5010	18,5	-31,5	4,9	-	Ada tambahan air asin
4	1260	9,3	-1,1	2,2	0	Tambahan air seimbang
5	1725	8,7	3,4	1,6	+	Ada tambahan air tawar
6	1202	9,7	6,6	1,2	+	Ada tambahan air tawar
7	5480	15,8	-57,1	5,9	-	Ada tambahan air asin
8	395	4,3	3,6	0,6	+	Ada tambahan air tawar
9	628	7,1	4,9	1,0	+	Ada tambahan air tawar
10	9210	45,5	-92,5	8,1	-	Ada tambahan air asin
11	8891	23,9	-0,6	3,4	0	Tambahan air seimbang
12	1960	7,7	-15,5	3,3	-	Ada tambahan air asin
13	2540	7,7	-14,4	3,2	-	Ada tambahan air asin
14	3050	9,6	-58,2	5,7	-	Ada tambahan air asin
15	2910	6,9	-29,7	4,2	-	Ada tambahan air asin
16	850	9,0	-23,7	3,9	-	Ada tambahan air asin
17	810	7,1	-3,3	2,2	-	Ada tambahan air asin
18	4300	19,3	-31,5	4,9	-	Ada tambahan air asin
19	4900	20,1	-192,8	10,0	-	Ada tambahan air asin
20	24800	26,7	-464,6	15,2	-	Ada tambahan air asin*
21	7850	16,0	-118,0	7,9	-	Ada tambahan air asin
22	5640	20,9	-91,4	7,3	-	Ada tambahan air asin
23	2200	7,2	-12,5	3,1	-	Ada tambahan air asin
24	1850	7,1	-9,8	2,8	-	Ada tambahan air asin
25	1900	4,9	-15,9	3,1	-	Ada tambahan air asin
26	1870	12,7	-18,5	3,8	-	Ada tambahan air asin
27	5960	14,3	-97,6	7,3	-	Ada tambahan air asin
28	2800	6,5	-26,8	4,0	-	Ada tambahan air asin
29	3030	21,4	-8,1	3,7	-	Ada tambahan air asin
30	5270	37,9	-252,5	11,7	-	Ada tambahan air asin
31	19540	15,8	-2,3	2,9	0	Tambahan air seimbang**
32	3130	8,6	-30,6	4,3	-	Ada tambahan air asin
33	2910	7,7	-12,4	3,1	-	Ada tambahan air asin
34	1412	6,2	-13,9	3,1	-	Ada tambahan air asin
35	1515	7,8	0,3	1,9	0	Tambahan air seimbang
36	1320	11,4	3,9	1,9	+	Ada tambahan air tawar
37	2720	6,2	0,8	1,6	0	Tambahan air seimbang
38	2500	15,1	9,7	1,6	+	Ada tambahan air tawar
39	2390	12,4	-5,6	2,9	-	Ada tambahan air asin
40	697	5,9	3,9	1,0	+	Ada tambahan air tawar**
41	690	4,6	1,6	1,2	+	Ada tambahan air tawar*
42	760	4,2	1,2	1,2	0	Tambahan air seimbang
43	790	6,5	5,3	0,7	+	Ada tambahan air tawar
44	653	4,7	3,1	0,9	+	Ada tambahan air tawar
45	668	3,2	0,8	1,1	0	Tambahan air seimbang
46	735	6,5	4,2	1,0	+	Ada tambahan air tawar
47	685	4,5	2,3	1,0	+	Ada tambahan air tawar
48	680	2,6	0,6	0,9	0	Tambahan air seimbang
49	530	3,6	1,4	1,1	+	Ada tambahan air tawar
50	548	2,1	-0,1	1,0	0	Tambahan air seimbang
51	540	3,0	1,3	1,0	+	Ada tambahan air tawar
52	519	3,2	1,6	0,9	+	Ada tambahan air tawar
53	810	2,9	0,9	1,0	0	Tambahan air seimbang
54	480	4,0	1,9	1,0	+	Ada tambahan air tawar
55	403	3,8	1,4	1,1	+	Ada tambahan air tawar
56	631	3,3	1,9	0,8	+	Ada tambahan air tawar
57	593	2,0	0,5	0,8	0	Tambahan air seimbang
58	790	4,4	3,0	0,8	+	Ada tambahan air tawar
59	393	3,8	2,6	0,7	+	Ada tambahan air tawar
60	410	4,1	2,9	0,7	+	Ada tambahan air tawar
61	520	4,3	3,0	0,8	+	Ada tambahan air tawar
62	531	3,8	2,6	0,7	+	Ada tambahan air tawar
63	510	3,5	2,1	0,8	+	Ada tambahan air tawar

* Sampel air Sungai Garang

** Sampel air Sungai Semarang Timur

Lampiran 10. Tipe kimia air tiap-tiap sampel

Nomor Sampel	Lokasi	Tipe kimia Air
1	Tambakhaji	F/3/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
2	Mangkang Kulon	F/2/Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
3	Mangunharjo	Bs/4/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
4	Mangkang Wetan	B/4/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /0
5	Mangkang wetan	Fb/3/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
6	Randugarut	F/3/Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
7	Randugarut	Bs/4/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
8	Tugurejo	F/2/Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /0
9	Tugurejo	F/3/Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /-
10	Tugurejo	Bs/4/Na ⁺ /Cl ⁻ /-
11	Tugurejo	B/4/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
12	Jerakah	B/3/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
13	Tambakharjo	B/3/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
14	Jerakah	Bs/3/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
15	Jerakah	Bs/3/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
16	Jerakah	Bs/3/Mg ²⁺ /Cl ⁻ /-
17	Krapyak	B/3/Mg ²⁺ /Cl ⁻ /-
18	Tawangsari	Bs/4/Mg ²⁺ /Cl ⁻ /-
19	Tawangsari	Bs/4/Mg ²⁺ /Cl ⁻ /-
20	Sungai Garang	S/4/Mg ²⁺ /Cl ⁻ /-
21	Panggung Kidul	Bs/4/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
22	Bulu Lor	Bs/4/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
23	Melayu Barat	B/3/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
24	Purwosari	B/3/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
25	Dadapsari	B/3/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
26	Bandarharjo	Bs/3/Mg ²⁺ /Cl ⁻ /-
27	Kemijen	Bs/4/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
28	Mlatiharjo	Bs/3/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
29	Tambakrejo	B/4/Mg ²⁺ /Cl ⁻ /-
30	Kemijen	Bs/3/Mg ²⁺ /Cl ⁻ /-
31	S.Semarang Timur	B/4/Mg ²⁺ /Cl ⁻ /0
32	Muktiharjo Lor	Bs/3/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
33	Banjardowo	B/3/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
34	Tlogosari	B/3/Ca ²⁺ /Cl ⁻ /-
35	Muktiharjo	Fb/3/Mg ²⁺ /Mix/0
36	Togosari	Fb/3/Mg ²⁺ /Mix/+
37	Sambungharjo	Fb/4/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /0
38	Tlogomulyo	Fb/3/Mg ²⁺ /Mix/+
39	Tlogomulyo	B/3/Mg ²⁺ /Mix/-
40	S.Semarang Timur	F/3/Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
41	Sungai Garang	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
42	Jagalan	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /0
43	Kanggan	F/3/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
44	Brumbung	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
45	Pekunden	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /0
46	Rejosari	F/3/Mg ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
47	Karangtempel	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
48	Wonodri	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /0
49	Wonotunggal	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
50	Wonodri	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /0
51	Lamper Kidul	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
52	Wonodri	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
53	Sendangguwo	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /0
54	Randusari	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
55	Petompon	F/2/Mg ²⁺ /Cl ⁻ /+
56	Randusari	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
57	Barusari	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /0
58	Padrikan Baru	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
59	Lemahgempal	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
60	Bojongsalaman	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
61	Karangkumpul	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
62	Gajahmungkur	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+
63	Kaliwiru	F/2/Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ /+

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Lampiran 11. Data WTP penduduk daerah penelitian

No.	WTP (Rp/m ³)	I (Rp/bln)	A (tahun)	D1	D2	D3	D4	D5	D6
1.	1030	500000	45	0	0	0	0	0	0
2.	1030	450000	35	0	0	0	0	0	0
3.	1130	600000	35	1	0	1	1	0	1
4.	1130	750000	50	1	0	1	1	0	0
5.	1080	500000	40	1	0	1	1	0	0
6.	1030	600000	40	1	0	1	1	0	0
7.	1330	2000000	40	1	0	1	1	0	1
8.	1030	600000	39	1	0	1	1	0	0
9.	1030	2500000	45	0	0	0	0	0	1
10.	1030	450000	42	0	0	0	0	0	0
11.	1030	450000	45	1	0	1	1	0	0
12.	1080	600000	38	1	0	1	1	0	0
13.	1080	550000	55	1	0	1	1	0	0
14.	1080	550000	50	1	0	1	1	0	0
15.	1030	350000	47	1	0	1	1	0	0
16.	1030	600000	51	0	0	0	0	0	0
17.	1030	500000	54	0	0	0	0	0	0
18.	1080	750000	39	1	0	1	1	0	1
19.	1080	600000	40	1	0	1	1	0	0
20.	1030	450000	50	1	0	1	1	0	0
21.	1030	550000	47	1	0	1	1	0	0
22.	1030	500000	46	1	0	1	1	0	1
23.	1130	700000	41	1	0	1	1	0	0
24.	1080	700000	39	1	0	1	1	0	1
25.	1080	750000	37	1	0	1	1	0	1
26.	1030	650000	40	1	0	1	1	0	0
27.	1130	700000	35	1	0	1	1	0	1
28.	1030	500000	60	1	0	1	1	0	0
29.	1030	500000	35	1	0	1	1	0	1
30.	1030	550000	45	1	0	1	1	0	0
31.	1230	1500000	50	1	0	1	1	0	1
32.	1030	600000	65	1	0	1	1	0	0
33.	1030	300000	50	1	0	1	1	0	0
34.	1080	650000	40	1	0	1	1	0	1
35.	1080	650000	58	1	0	1	1	0	0
36.	1130	700000	32	1	0	1	1	0	1
37.	1030	400000	60	1	0	1	1	0	0
38.	1030	500000	60	0	0	0	0	0	0
39.	1030	500000	50	0	0	0	0	0	0
40.	1030	650000	47	0	0	0	0	0	0
41.	1030	600000	45	0	0	0	0	0	0
42.	1030	550000	40	0	0	0	0	0	0
43.	1030	550000	41	0	0	0	0	0	0
44.	1030	600000	43	0	0	0	0	0	0
45.	1030	500000	41	0	0	0	0	0	1
46.	1030	550000	37	0	0	0	0	0	1
47.	1030	500000	39	0	0	0	0	0	0
48.	1030	700000	55	0	0	0	0	0	0
49.	1030	750000	40	0	0	0	0	0	0
50.	1330	3000000	52	1	0	1	1	0	1

(dilanjutkan)

(lanjutan)

No.	WTP (Rp/m ³)	I (Rp/bln)	A (tahun)	D1	D2	D3	D4	D5	D6
51.	1330	2300000	40	1	0	1	1	0	1
52.	1030	700000	45	0	0	0	0	0	0
53.	1030	400000	29	0	0	0	0	0	0
54.	1080	600000	39	1	0	1	1	0	0
55.	1030	300000	56	1	0	1	1	0	0
56.	1180	1000000	48	1	0	1	1	0	0
57.	1030	700000	64	1	0	1	1	0	0
58.	1030	400000	45	1	0	1	1	0	0
59.	1030	600000	31	0	0	0	0	0	0
60.	1130	1000000	55	0	0	0	0	0	0
61.	1130	2000000	27	1	0	1	1	0	1
62.	1230	3000000	45	1	0	1	1	0	1
63.	1080	1000000	54	0	0	0	0	0	0
64.	1030	350000	48	0	0	0	0	0	0
65.	1030	500000	30	0	0	0	0	0	0
66.	1130	1400000	33	0	0	0	0	0	0
67.	1030	350000	49	0	0	0	0	0	0
68.	1030	350000	48	0	0	0	0	0	0
69.	1030	200000	44	0	0	0	0	0	0
70.	1080	300000	40	0	0	0	0	0	0
71.	1030	650000	49	0	0	0	0	0	0
72.	1030	250000	38	0	0	0	0	0	0
73.	1030	450000	62	0	0	0	0	0	0
74.	1030	500000	80	0	0	0	0	0	0
75.	1030	250000	63	0	0	0	0	0	0
76.	1030	900000	45	0	0	0	0	0	0
77.	1330	2900000	50	1	0	1	1	0	1
78.	1030	700000	38	1	0	1	1	0	1
79.	1030	550000	38	0	0	0	0	0	0
80.	1030	550000	52	0	0	0	0	0	0
81.	1030	700000	42	0	0	0	0	0	0
82.	1030	750000	50	0	0	0	0	0	0
83.	1280	2800000	45	1	0	1	1	0	1
84.	1030	550000	35	1	0	1	1	0	0
85.	1030	1600000	49	1	0	1	1	0	0
86.	1230	1600000	40	1	0	1	1	0	1
87.	1230	1300000	40	1	0	1	1	0	1
88.	1030	650000	42	1	0	1	1	0	0
89.	1030	450000	36	1	0	1	1	0	0
90.	1230	2500000	55	1	0	1	1	0	0
91.	1030	650000	60	0	0	0	0	0	0
92.	1030	700000	32	0	0	0	0	0	1
93.	1080	550000	36	0	0	0	0	0	1
94.	1030	600000	40	0	0	0	0	0	0
95.	1280	1500000	43	0	0	0	0	0	0
96.	1030	700000	61	0	0	0	0	0	0
97.	1130	650000	33	0	0	0	0	0	0
98.	1030	500000	41	0	0	0	0	0	0
99.	1030	650000	40	0	0	0	0	0	0
100.	1030	500000	37	0	0	0	0	0	0

(dijanjutkan)

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

(lanjutan)

No.	WTP (Rp/m ³)	I (Rp/bln)	A (tahun)	D1	D2	D3	D4	D5	D6
101.	1180	1000000	41	1	0	1	1	0	0
102.	1080	600000	40	1	0	1	1	0	1
103.	1030	300000	50	1	0	1	1	0	0
104.	1080	700000	49	1	0	1	1	0	0
105.	1030	400000	40	1	0	1	1	0	0
106.	1280	2100000	55	1	0	1	1	0	1
107.	1080	1000000	56	1	0	1	1	0	0
108.	1030	400000	40	1	0	1	1	0	0
109.	1030	600000	41	1	0	1	1	0	0
110.	1030	550000	39	0	0	0	0	0	0
111.	1130	850000	45	0	0	0	0	0	0
112.	1130	900000	48	0	0	0	0	0	0
113.	1130	1100000	56	0	0	0	0	0	0
114.	1180	1700000	54	0	0	0	0	0	0
115.	1080	900000	40	0	0	0	0	0	0
116.	1030	600000	38	0	0	0	0	0	0
117.	1030	500000	40	0	0	0	0	0	0
118.	1080	550000	51	0	0	0	0	0	0

Keterangan :

I : pendapatan responden per bulan

A : usia responden

D1 : persepsi terhadap kondisi kualitas air (1=jelek ; 0=jawaban lainnya)

D2 : persepsi terhadap kondisi kuantitas air (1=jelek ; 0=jawaban lainnya)

D3 : kepemilikan sumber air lainnya selain sumur gali air tanah (1= punya ; 0=tidak)

D4 : sikap terhadap kondisi kualitas air (1=keberatan ; 0=tidak keberatan)

D5 : sikap terhadap kondisi kuantitas air (1=keberatan ; 0=tidak keberatan)

D6 : pendidikan responden (1 = $\geq$ SMA ; 0 = $<$ SMA)

----- REGRESSION ANALYSIS -----

HEADER DATA FOR: B:DHL LABEL: REGRESI : DHL
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

REGRESI : DHL

INDEX	NAME	MEAN	STD.DEV.
1	x1	3.6963	1.8394
2	x2	5.6814	8.8175
3	x3	2.1017	.8649
DEP. VAR.:	DHL	2128.4746	2164.5469

DEPENDENT VARIABLE: DHL

VAR.	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR	T (DF= 55)	PROB.	PARTIAL r^2
x1	-598.3457	129.9998	-4.603	.00003	.2781
x2	-40.0450	27.9574	-1.432	.15770	.0360
x3	-539.9101	288.8466	-1.869	.06692	.0597
CONSTANT	5702.3588				

STD. ERROR OF EST. = 1792.8781

ADJUSTED R SQUARED = .3139

R SQUARED = .3494

MULTIPLE R = .5911

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F RATIO	PROB.
REGRESSION	94952626.4877	3	31650875.4959	9.847	2.685E-05
RESIDUAL	176792646.2242	55	3214411.7495		
TOTAL	271745272.7119	58			

----- CORRELATION MATRIX -----

HEADER DATA FOR: B:DHL LABEL: REGRESI : DHL
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

KORELASI : DHL

	DHL	x1	x2	x3
DHL	1.00000			
x1	-.54597	1.00000		
x2	-.10786	.01436	1.00000	
x3	-.25132	.16302	-.29002	1.00000

CRITICAL VALUE (1-TAIL, .05) = + Or - .21638

CRITICAL VALUE (2-tail, .05) = +/- .25614

N = 59

IPB University

Hak Cipta: ...
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
2. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 13. Analisis regresi dan korelasi suhu

181

REGRESSION ANALYSIS

HEADER DATA FOR: B:SUHU LABEL: REGRESI : SUHU
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

REGRESI : SUHU

INDEX	NAME	MEAN	STD.DEV.
1	x1	3.6963	1.8394
2	x2	5.6814	8.8175
3	x3	2.1017	.8649
DEP. VAR.:	Suhu	28.6119	.8481

DEPENDENT VARIABLE: Suhu

VAR.	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR	T(DF= 55)	PROB.	PARTIAL R ²
x1	.0585	.0568	1.031	.30700	.0190
x2	.0355	.0122	2.904	.00529	.1330
x3	-.1268	.1261	-1.006	.31890	.0181
CONSTANT	28.4607				

STD. ERROR OF EST. = .7827

ADJUSTED R SQUARED = .1483

R SQUARED = .1923

MULTIPLE R = .4385

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F RATIO	PROB.
REGRESSION	8.0237	3	2.6746	4.365	7.911E-03
RESIDUAL	33.6980	55	.6127		
TOTAL	41.7217	58			

CORRELATION MATRIX

HEADER DATA FOR: B:SUHU LABEL: REGRESI : SUHU
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

KORELASI : SUHU

	Suhu	x1	x2	x3
Suhu	1.00000			
x1	.11112	1.00000		
x2	.40789	.01436	1.00000	
x3	-.21555	.16302	-.29002	1.00000

CRITICAL VALUE (1-TAIL, .05) = + Or - .21638

CRITICAL VALUE (2-tail, .05) = +/- .25614

N = 59

REGRESSION ANALYSIS

HEADER DATA FOR: B:KEKERHN LABEL: REGRESI : KEKERUHAN
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

REGRESI : KEKERUHAN

INDEX	NAME	MEAN	STD.DEV.
1	x1	3.6963	1.8394
2	x2	5.6814	8.8175
3	x3	2.1017	.8649
DEF. VAR.:	KEKERHN	21.7966	9.0493

DEPENDENT VARIABLE: KEKERHN

VAR.	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR	T (DF= 55)	PROB.	PARTIAL R^2
x1	2.4424	.4674	5.225	.00000	.3318
x2	.0684	.1005	.680	.49923	.0083
x3	4.7996	1.0385	4.622	.00002	.2797
CONSTANT	2.2932				

STD. ERROR OF EST. = 6.4461

ADJUSTED R SQUARED = .4926
R SQUARED = .5188
MULTIPLE R = .7203

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F RATIO	PROB.
REGRESSION	2464.1604	3	821.3868	19.767	8.051E-09
RESIDUAL	2285.3989	55	41.5527		
TOTAL	4749.5593	58			

CORRELATION MATRIX

HEADER DATA FOR: B:KEKERHN LABEL: REGRESI : KEKERUHAN
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

KORELASI : KEKERUHAN

	KEKERHN	x1	x2	x3
KEKERHN	1.00000			
x1	.57219	1.00000		
x2	-.05930	.01436	1.00000	
x3	.52035	.16302	-.29002	1.00000

CRITICAL VALUE (1-TAIL, .05) = + Or - .21638
CRITICAL VALUE (2-tail, .05) = +/- .25614

N = 59

IPB University

Hak Cipta ini dilindungi undang-undang. Segala bentuk penjiplakan, penyalinan, atau penggunaan tanpa izin IPB University, dilarang. Untuk lebih jelasnya, silakan kunjungi website IPB University atau hubungi bagian hukum IPB University.

REGRESSION ANALYSIS

HEADER DATA FOR: B:PH LABEL: REGRESI :PH
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

REGRESI : PH

INDEX	NAME	MEAN	STD.DEV.
1	x1	3.6963	1.8394
2	x2	5.6814	8.8175
3	x3	2.1017	.8649
DEF. VAR.:	PH	7.8246	.3071

DEPENDENT VARIABLE: PH

VAR.	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR	T(DF= 55)	PROB.	PARTIAL r ²
x1	.0818	.0172	4.762	.00001	.2920
x2	9.12601E-04	.0037	.247	.80586	.0011
x3	.1327	.0382	3.476	.00100	.1801
CONSTANT	7.2380				

STD. ERROR OF EST. = .2370
ADJUSTED R SQUARED = .4044
R SQUARED = .4352
MULTIPLE R = .6597

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F RATIO	PROB.
REGRESSION	2.3797	3	.7932	14.125	6.088E-07
RESIDUAL	3.0887	55	.0562		
TOTAL	5.4685	58			

CORRELATION MATRIX

HEADER DATA FOR: B:PH LABEL: REGRESI :PH
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

KORELASI : PH

	PH	x1	x2	x3
PH	1.00000			
x1	.55151	1.00000		
x2	-.07518	.01436	1.00000	
x3	.44616	.16302	-.29002	1.00000

CRITICAL VALUE (1-TAIL. .05) = + Or - .21638
CRITICAL VALUE (2-tail. .05) = +/- .25614

N = 59

Hak Cipta: Tidak dilindungi undang-undang.
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini untuk dicantumkan dalam karya tulis.
2. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

REGRESSION ANALYSIS

HEADER DATA FOR: B:KESADHN LABEL: REGRESI : KESADAHAN
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

REGRESI : KESADAHAN

INDEX	NAME	MEAN	STD.DEV.
1	x1	3.6963	1.8394
2	x2	5.6814	8.8175
3	x3	2.1017	.8649
DEF. VAR.:	CaCO3	550.6441	336.5864

DEPENDENT VARIABLE: CaCO3

VAR.	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR	T(DF= 55)	PROB.	PARTIAL R^2
x1	-83.4503	20.9913	-3.975	.00021	.2232
x2	-6.9090	4.5143	-1.530	.13164	.0408
x3	-83.4737	46.6406	-1.790	.07900	.0550
CONSTANT	1073.7874				

STD. ERROR OF EST. = 289.4994

ADJUSTED R SQUARED = .2602
R SQUARED = .2985
MULTIPLE R = .5463

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F RATIO	PROB.
REGRESSION	1961298.1574	3	653766.0525	7.801	1.988E-04
RESIDUAL	4609545.3680	55	83809.9158		
TOTAL	6570843.5254	58			

CORRELATION MATRIX

HEADER DATA FOR: B:KESADHN LABEL: REGRESI : KESADAHAN
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

KORELASI : KESADAHAN

	CaCO3	x1	x2	x3
CaCO3	1.00000			
x1	-.49360	1.00000		
x2	-.12533	.01436	1.00000	
x3	-.23635	.16302	-.29002	1.00000

CRITICAL VALUE (1-TAIL, .05) = + Or - .21638
CRITICAL VALUE (2-tail, .05) = +/- .25614

N = 59

IPB University

Hak Cipta: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) 2015. 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University. 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

----- REGRESSION ANALYSIS -----

HEADER DATA FOR: B:KALSIUM LABEL: REGRESI : KALSIUM
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

REGRESI : KALSIUM

INDEX	NAME	MEAN	STD.DEV.
1	x1	3.6963	1.8394
2	x2	5.6814	8.8175
3	x3	2.1017	.8649
DEP. VAR.:	Ca	130.6051	76.4088

DEPENDENT VARIABLE: Ca

VAR.	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR	T(DF= 55)	PROB.	PARTIAL r ²
x1	-20.6519	4.7677	-4.332	.00006	.2544
x2	-1.3052	1.0253	-1.273	.20839	.0286
x3	-11.2611	10.5933	-1.063	.29241	.0203
CONSTANT	238.0226				

STD. ERROR OF EST. = 65.7531

ADJUSTED R SQUARED = .2595

R SQUARED = .2978

MULTIPLE R = .5457

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F RATIO	PROB.
REGRESSION	100830.2832	3	33610.0944	7.774	2.042E-04
RESIDUAL	237791.0052	55	4323.4728		
TOTAL	338621.2885	58			

----- CORRELATION MATRIX -----

HEADER DATA FOR: B:KALSIUM LABEL: REGRESI : KALSIUM
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

KORELASI : KALSIUM

	Ca	x1	x2	x3
Ca	1.00000			
x1	-.52009	1.00000		
x2	-.12078	.01436	1.00000	
x3	-.16484	.16302	-.29002	1.00000

CRITICAL VALUE (1-TAIL. .05) = + Or - .21638

CRITICAL VALUE (2-tail. .05) = +/- .25614

N = 59

----- REGRESSION ANALYSIS -----

HEADER DATA FOR: B:MAGNSIUM LABEL: REGRESI : MAGNESIUM
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

REGRESI : MAGNESIUM

INDEX	NAME	MEAN	STD.DEV.
1	x1	3.6497	1.8342
2	x2	5.6814	8.8175
3	x3	2.1017	.8649
DEP. VAR.:	Mg	62.9729	61.6138

DEPENDENT VARIABLE: Mg

VAR.	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR	T (DF= 55)	PROB.	PARTIAL R
x1	-9.7283	4.0976	-2.374	.02111	.0930
x2	-.7823	.8782	-.891	.37693	.0140
x3	-22.6306	9.0773	-2.493	.01570	.1010
CONSTANT	150.4848				

STD. ERROR OF EST. = 56.2814

ADJUSTED R SQUARED = .1656

R SQUARED = .2088

MULTIPLE R = .4569

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F RATIO	PROB.
REGRESSION	45965.2487	3	15321.7496	4.837	4.653E-03
RESIDUAL	174217.6879	55	3167.5943		
TOTAL	220182.9366	58			

----- CORRELATION MATRIX -----

HEADER DATA FOR: B:MAGNSIUM LABEL: REGRESI : MAGNESIUM
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

KORELASI : MAGNESIUM

	Mg	x1	x2	x3
Mg	1.00000			
x1	-.34496	1.00000		
x2	-.02618	.02197	1.00000	
x3	-.33344	.16652	-.29002	1.00000

CRITICAL VALUE (1-TAIL, .05) = + Or - .21638
CRITICAL VALUE (2-tail, .05) = +/- .25614

N = 59

----- REGRESSION ANALYSIS -----

HEADER DATA FOR: B:NATRIUM LABEL: REGRESI : NATRIUM
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

----- REGRESI : NATRIUM -----

INDEX	NAME	MEAN	STD.DEV.
1	x1	3.6963	1.8394
2	x2	5.6814	8.8175
3	x3	2.1017	.8649
DEF. VAR.:	Na	96.5017	140.3482

DEPENDENT VARIABLE: Na

VAR.	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR	T(DF= 55)	PROB.	PARTIAL r ²
x1	-32.4920	8.9275	-3.640	.00060	.1941
x2	-2.3879	1.9199	-1.244	.21886	.0274
x3	-37.2322	19.8360	-1.877	.06583	.0602
CONSTANT	308.4185				

STD. ERROR OF EST. = 123.1224

ADJUSTED R SQUARED = .2304
R SQUARED = .2702
MULTIPLE R = .5198

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F RATIO	PROB.
REGRESSION	308709.0785	3	102903.0262	6.788	5.636E-04
RESIDUAL	833752.0113	55	15159.1275		
TOTAL	1142461.0898	58			

----- CORRELATION MATRIX -----

HEADER DATA FOR: B:NATRIUM LABEL: REGRESI : NATRIUM
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

----- KORELASI : NATRIUM -----

	Na	x1	x2	x3
Na	1.00000			
x1	-.46539	1.00000		
x2	-.08959	.01436	1.00000	
x3	-.25536	.16302	-.29002	1.00000

CRITICAL VALUE (1-TAIL. .05) = + Or - .21638
CRITICAL VALUE (2-tail. .05) = +/- .25614

N = 59

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta milik IPB University
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

----- REGRESSION ANALYSIS -----

HEADER DATA FOR: B:KALIUM LABEL: REGRESI : KALIUM
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

----- REGRESI : KALIUM -----

INDEX	NAME	MEAN	STD.DEV.
x1		3.6963	1.8394
x2		5.6814	8.8175
x3		2.1017	.8649
DEP. VAR.: K		20.1288	20.9237

----- DEPENDENT VARIABLE: K -----

VAR.	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR	T (DF= 55)	PROB.	PARTIAL R ²
x1	-5.0887	1.3400	-3.798	.00037	.2077
x2	-.3766	.2882	-1.307	.19672	.0301
x3	-3.7852	2.9774	-1.271	.20897	.0285
CONSTANT	49.0330				

STD. ERROR OF EST. = 18.4806

ADJUSTED R SQUARED = .2199

R SQUARED = .2602

MULTIPLE R = .5101

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F RATIO	PROB.
REGRESSION	6608.1309	3	2202.7103	6.449	8.052E-04
RESIDUAL	18784.3301	55	341.5333		
TOTAL	25392.4610	58			

----- CORRELATION MATRIX -----

HEADER DATA FOR: B:KALIUM LABEL: REGRESI : KALIUM
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

----- KORELASI : KALIUM -----

	K	x1	x2	x3
K	1.00000			
x1	-.47513	1.00000		
x2	-.11974	.01436	1.00000	
x3	-.18337	.16302	-.29002	1.00000

CRITICAL VALUE (1-TAIL. .05) = + Or - .21638

CRITICAL VALUE (2-tail. .05) = +/- .25614

N = 59

Hak Cipta dilindungi undang-undang. 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University. 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

@Hak cipta milik IPB University

----- REGRESSION ANALYSIS -----

HEADER DATA FOR: B:KLORIDA LABEL: REGRESI : KLORIDA
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

----- REGRESI : KLORIDA -----

INDEX	NAME	MEAN	STD.DEV.
1	x1	3.6963	1.8394
2	x2	5.6814	8.8175
3	x3	2.1017	.8649
DEF. VAR.:	C1	980.3458	1794.9608

----- DEPENDENT VARIABLE: C1 -----

VAR.	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR	T (DF= 55)	PROB.	PARTIAL r ²
x1	-466.2275	112.6331	-4.139	.00012	.2375
x2	-35.4422	24.2226	-1.463	.14911	.0375
x3	-300.2228	250.2595	-1.200	.23542	.0255
CONSTANT	3535.9856				

STD. ERROR OF EST. = 1553.3673

ADJUSTED R SQUARED = .2511
R SQUARED = .2898
MULTIPLE R = .5383

----- ANALYSIS OF VARIANCE TABLE -----

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F RATIO	PROB.
REGRESSION	54157047.8814	3	18052349.2938	7.481	2.750E-04
RESIDUAL	132712250.0451	55	2412950.0008		
TOTAL	186869297.9264	58			

----- CORRELATION MATRIX -----

HEADER DATA FOR: B:KLORIDA LABEL: REGRESI : KLORIDA
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

----- KORELASI : KLORIDA -----

	C1	x1	x2	x3
C1	1.00000			
x1	-.50385	1.00000		
x2	-.13901	.01436	1.00000	
x3	-.17206	.16302	-.29002	1.00000

CRITICAL VALUE (1-TAIL. .05) = + Or - .21638
CRITICAL VALUE (2-tail. .05) = +/- .25614

N = 59

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta ini tidak mengizinkan untuk menyalin, mendistribusikan, atau melakukan tindakan lain yang melanggar hukum tanpa izin tertulis dari IPB University. 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi karya tulis ini untuk tujuan komersial atau untuk tujuan lain tanpa izin IPB University. 2. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 22. Analisis regresi dan korelasi bikarbonat

REGRESSION ANALYSIS

HEADER DATA FOR: B:BIKRNT LABEL: REGRESI : BIKARBONAT
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

REGRESI : BIKARBONAT

INDEX	NAME	MEAN	STD.DEV.
1	x1	3.6963	1.8394
2	x2	5.6814	8.8175
3	x3	2.1017	.8649
DEP. VAR.:	HC03	404.0339	276.6270

DEPENDENT VARIABLE: HC03

VAR.	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR	T(DF= 55)	PROB.	PARTIAL R ²
x1	-24.7800	20.1993	-1.227	.22513	.0266
x2	-1.5628	4.3440	-.360	.72041	.0023
x3	33.6269	44.8809	.749	.45690	.0101
CONSTANT	433.8325				

STD. ERROR OF EST. = 278.5766

ADJUSTED R SQUARED = -.0141
R SQUARED = .0383
MULTIPLE R = .1957

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F RATIO	PROB.
REGRESSION	170032.0822	3	56677.3607	.730	.5383
RESIDUAL	4268271.8500	55	77604.9427		
TOTAL	4438303.9322	58			

CORRELATION MATRIX

HEADER DATA FOR: B:BIKRNT LABEL: REGRESI : BIKARBONAT
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

KORELASI : BIKARBONAT

	HC03	x1	x2	x3
HC03	1.00000			
x1	-.14834	1.00000		
x2	-.08267	.01436	1.00000	
x3	.09273	.16302	-.29002	1.00000

CRITICAL VALUE (1-TAIL. .05) = + Or - .21638
CRITICAL VALUE (2-tail. .05) = +/- .25614

N = 59

Hak Cipta ini dilindungi undang-undang.
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

----- REGRESSION ANALYSIS -----

HEADER DATA FOR: B:SULFAT LABEL: REGRESI : SULFAT
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

REGRESI : SULFAT

INDEX	NAME	MEAN	STD.DEV.
1	x1	3.6963	1.8394
2	x2	5.6814	8.8175
3	x3	2.1017	.8649
DEF. VAR.:	SO4	40.0729	61.4543

DEPENDENT VARIABLE: SO4

VAR.	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR	T (DF= 55)	PROB.	PARTIAL r ²
x1	8.6207	4.3276	1.992	.05134	.0673
x2	-.5927	.9307	-.637	.52685	.0073
x3	-18.3788	9.6156	-1.911	.06117	.0623
CONSTANT	50.2027				

STD. ERROR OF EST. = 59.6841

ADJUSTED R SQUARED = .0568
R SQUARED = .1056
MULTIPLE R = .3249

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F RATIO	PROB.
REGRESSION	23124.1232	3	7708.0411	2.164	.1027
RESIDUAL	195920.3934	55	3562.1890		
TOTAL	219044.5166	58			

----- CORRELATION MATRIX -----

HEADER DATA FOR: B:SULFAT LABEL: REGRESI : SULFAT
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

KORELASI : SULFAT

	SO4	x1	x2	x3
SO4	1.00000			
x1	.21464	1.00000		
x2	-.00632	.01436	1.00000	
x3	-.19194	.16302	-.29002	1.00000

CRITICAL VALUE (1-TAIL. .05) = + Or - .21638
CRITICAL VALUE (2-tail. .05) = +/- .25614

N = 59

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

----- REGRESSION ANALYSIS -----

HEADER DATA FOR: B:NITRAT LABEL: REGRESI : NITRAT
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

REGRESI : NITRAT

INDEX	NAME	MEAN	STD.DEV.
1	x1	3.6963	1.8394
2	x2	5.6814	8.8175
3	x3	2.1017	.8649
DEP. VAR.: NO3		4.0881	3.9892

DEPENDENT VARIABLE: NO3

VAR.	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR	T (DF= 55)	PROB.	PARTIAL r ²
x1	-.3343	.2836	-1.179	.24347	.0247
x2	.0072	.0610	.118	.90627	2.54323E-04
x3	1.3189	.6300	2.093	.04094	.0738
CONSTANT	2.5110				

STD. ERROR OF EST. = 3.9106

ADJUSTED R SQUARED = .0390

R SQUARED = .0887

MULTIPLE R = .2978

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F RATIO	PROB.
REGRESSION	81.8685	3	27.2895	1.784	.1608
RESIDUAL	841.1132	55	15.2930		
TOTAL	922.9817	58			

----- CORRELATION MATRIX -----

HEADER DATA FOR: B:NITRAT LABEL: REGRESI : NITRAT
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

KORELASI : NITRAT

	NO3	x1	x2	x3
NO3	1.00000			
x1	-.10730	1.00000		
x2	-.06920	.01436	1.00000	
x3	.25620	.16302	-.29002	1.00000

CRITICAL VALUE (1-TAIL, .05) = + Or - .21638
CRITICAL VALUE (2-tail, .05) = +/- .25614

N = 59

IPB University

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang. 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University. 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

----- REGRESSION ANALYSIS -----

HEADER DATA FOR: B:BESI LABEL: REGRESI : BESI
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

REGRESI : BESI

INDEX	NAME	MEAN	STD.DEV.
1	x1	3.6963	1.8394
2	x2	5.6814	8.8175
3	x3	2.1017	.8649
DEP. VAR.:	Fe	.1329	.5441

DEPENDENT VARIABLE: Fe

VAR.	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR	T(DF= 55)	PROB.	PARTIAL r ²
x1	-.0184	.0389	-.474	.63761	.0041
x2	-.0078	.0084	-.939	.35198	.0158
x3	-.1707	.0864	-1.977	.05311	.0662
CONSTANT	.6043				

STD. ERROR OF EST. = .5361

ADJUSTED R SQUARED = .0292

R SQUARED = .0794

MULTIPLE R = .2818

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F RATIO	PROB.
REGRESSION	1.3634	3	.4545	1.581	.2043
RESIDUAL	15.8052	55	.2874		
TOTAL	17.1686	58			

----- CORRELATION MATRIX -----

HEADER DATA FOR: B:BESI LABEL: REGRESI : BESI
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

KORELASI : BESI

	Fe	x1	x2	x3
Fe	1.00000			
x1	-.10831	1.00000		
x2	-.04936	.01436	1.00000	
x3	-.24465	.16302	-.29002	1.00000

CRITICAL VALUE (1-TAIL. .05) = + Or - .21638

CRITICAL VALUE (2-tail. .05) = +/- .25614

N = 59

Hak Cipta Milik IPB University
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi buku ini untuk kepentingan pribadi atau komersial.
2. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

----- REGRESSION ANALYSIS -----

HEADER DATA FOR: B:MANGAN LABEL: REGRESI : MANGAN
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

----- REGRESI : MANGAN -----

INDEX	NAME	MEAN	STD.DEV.
1	x1	3.6963	1.8394
2	x2	5.6814	8.8175
3	x3	2.1017	.8649
DEP. VAR.:	Mn	.4262	1.8736

DEPENDENT VARIABLE: Mn

VAR.	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR	T(DF= 55)	PROB.	PARTIAL r ²
x1	-.2586	.1341	-1.929	.05893	.0634
x2	-.0045	.0288	-.156	.87632	4.44323E-04
x3	.3170	.2979	1.064	.29205	.0202
CONSTANT	.7416				

STD. ERROR OF EST. = 1.8493

ADJUSTED R SQUARED = .0258

R SQUARED = .0762

MULTIPLE R = .2760

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F RATIO	PROB.
REGRESSION	15.5080	3	5.1693	1.512	.2217
RESIDUAL	188.0974	55	3.4200		
TOTAL	203.6053	58			

----- CORRELATION MATRIX -----

HEADER DATA FOR: B:MANGAN LABEL: REGRESI : MANGAN
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

KORELASI : MANGAN

	Mn	x1	x2	x3
Mn	1.00000			
x1	-.23035	1.00000		
x2	-.06730	.01436	1.00000	
x3	.11108	.16302	-.29002	1.00000

CRITICAL VALUE (1-TAIL. .05) = + Or - .21638
CRITICAL VALUE (2-tail. .05) = +/- .25614

N = 59

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta ini milik IPB University
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

----- REGRESSION ANALYSIS -----

HEADER DATA FOR: B:SALINTS LABEL: REGRESI : SALINITAS
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

REGRESI : SALINITAS

INDEX	NAME	MEAN	STD.DEV.
1	x1	3.6963	1.8394
2	x2	5.6814	8.8175
3	x3	2.1017	.8649
DEP. VAR.:	SALINTS	1009.8305	1323.6411

DEPENDENT VARIABLE: SALINTS

VAR.	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR	T (DF= 55)	PROB.	PARTIAL r ²
x1	-302.7753	87.5822	-3.457	.00106	.1785
x2	-19.6229	18.8352	-1.042	.30205	.0194
x3	-144.0871	194.5990	-.740	.46219	.0095
CONSTANT	2543.2823				

STD. ERROR OF EST. = 1207.8808

ADJUSTED R SQUARED = .1673
R SQUARED = .2103
MULTIPLE R = .4586

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F RATIO	PROB.
REGRESSION	21373817.6418	3	7124605.8806	4.883	4.419E-03
RESIDUAL	80243680.6633	55	1458976.0121		
TOTAL	101617498.3051	58			

----- CORRELATION MATRIX -----

HEADER DATA FOR: B:SALINTS LABEL: REGRESI : SALINITAS
NUMBER OF CASES: 59 NUMBER OF VARIABLES: 4

KORELASI : SALINITAS

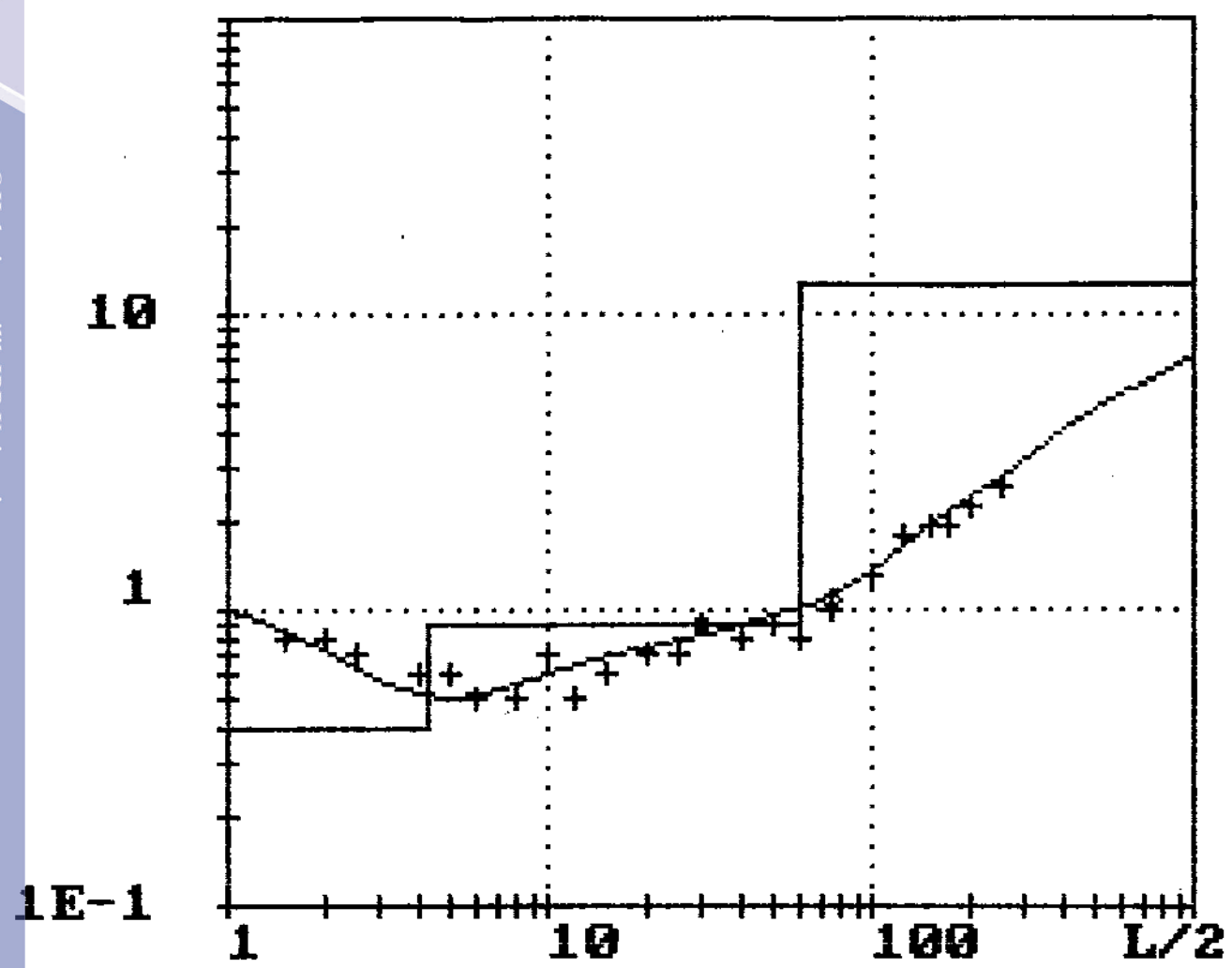
	SALINTS	x1	x2	x3
SALINTS	1.00000			
x1	-.43797	1.00000		
x2	-.10945	.01436	1.00000	
x3	-.12483	.16302	-.29002	1.00000

CRITICAL VALUE (1-TAIL, .05) = + Or - .21638
CRITICAL VALUE (2-tail, .05) = +/- .25614

N = 59

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 28. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng1

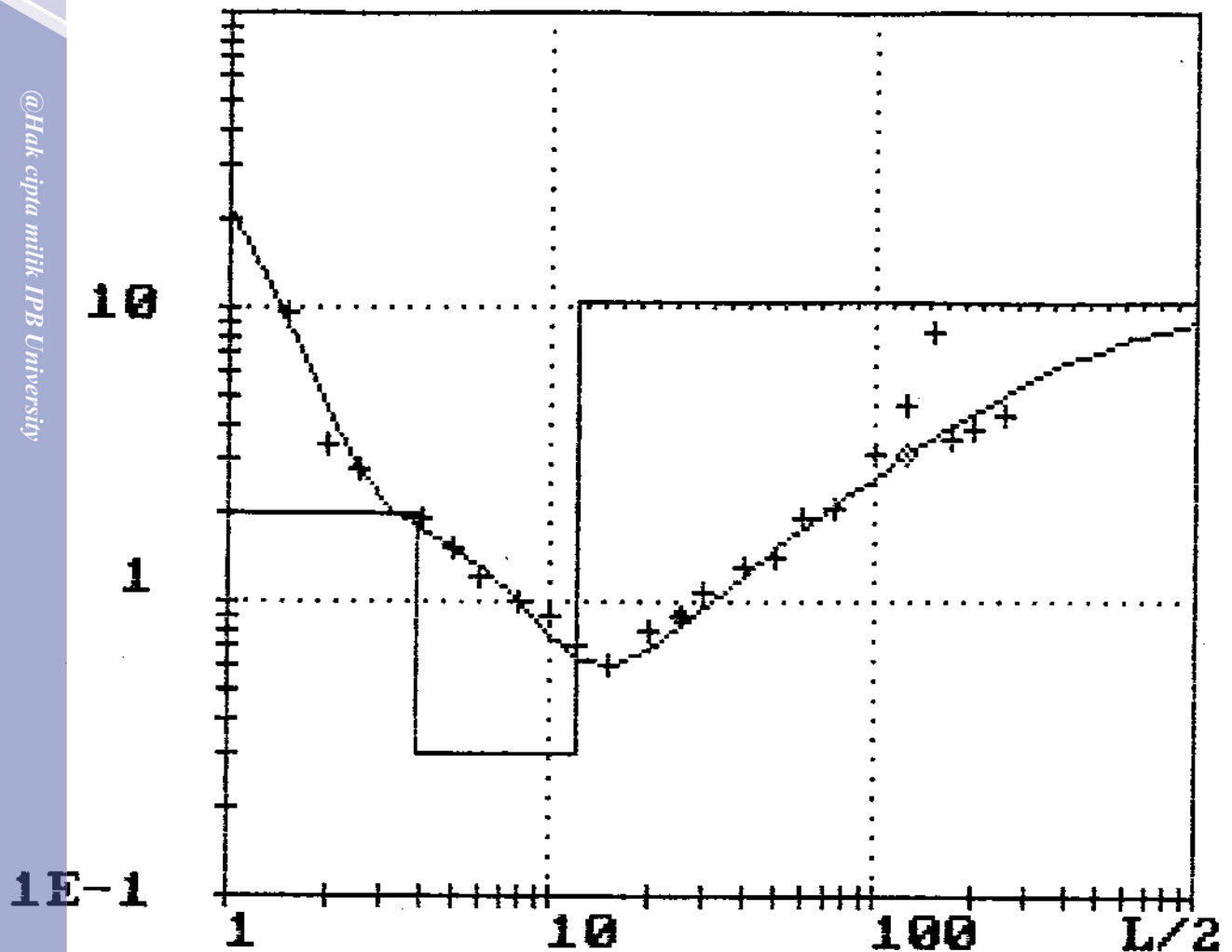


Data (File) name	Smrng1	Date	2-10-2003
Project name	Disertasi	Direction lay out	Utara-Selatan
Code name	Mangunharjo	Remarks	Tambak
Coordinates	6056'49,4"-110019'30,3"	Schlumberger	O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	0.8	15.0	0.6	75.0	1.1
2.0	0.8	20.0	0.7	100.0	1.3
2.5	0.7	25.0	0.7	125.0	1.8
4.0	0.6	30.0	0.9	150.0	1.9
5.0	0.6	30.0	0.9	175.0	1.9
6.0	0.5	40.0	0.8	200.0	2.2
8.0	0.5	50.0	0.9	250.0	2.6
10.0	0.7	60.0	0.8		
12.0	0.5	75.0	1.0		

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
1.1	0.9
0.4	4.2
0.9	59.5
12.6	

Lampiran 29. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng2



Data (File) name Smrng2 Date 2-10-2003
 Project name Disertasi Direction lay out Barat-Timur
 Code name Mangunharjo Remarks Parsawahan
 Coordinates 6257'32.1"-110518'25.6"
 Schlumberger O'Neill

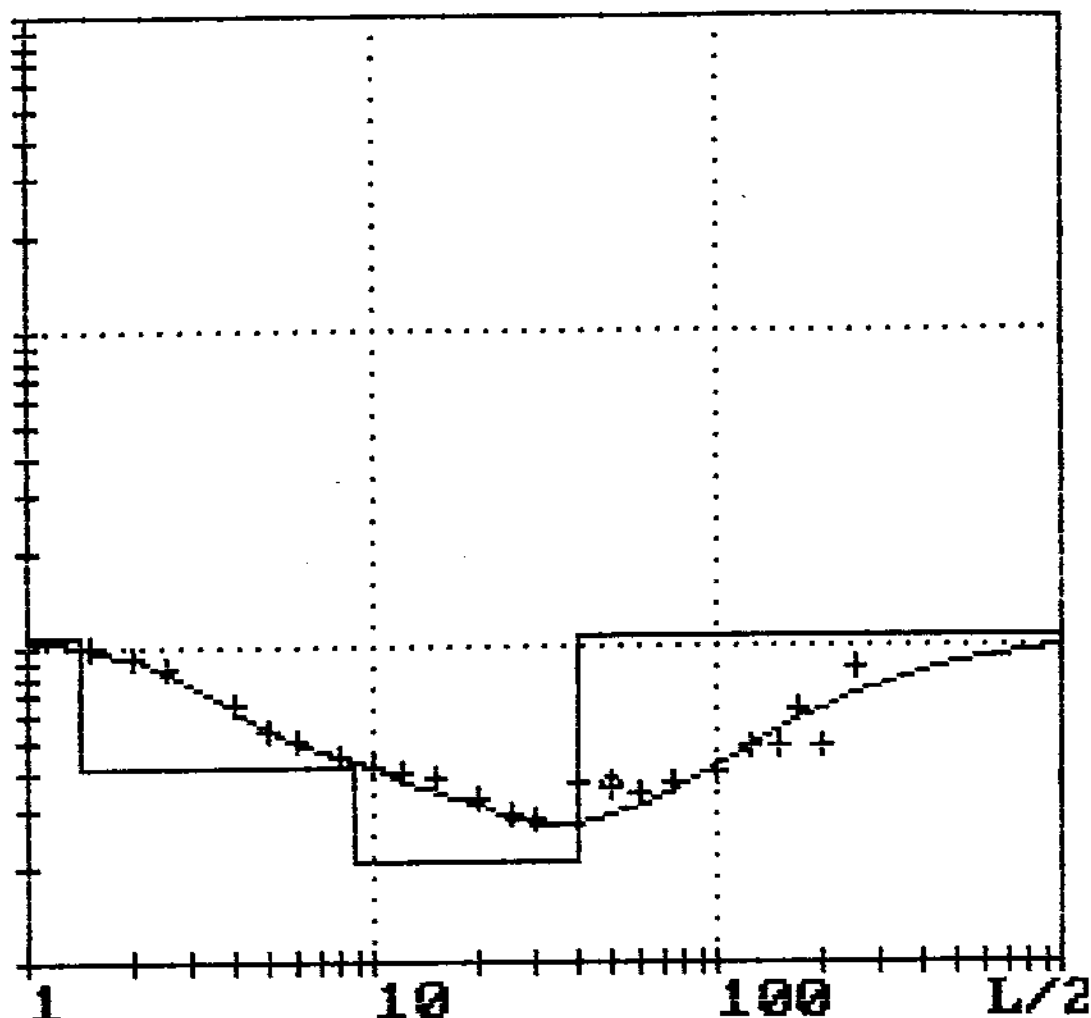
L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.3	9.5	13.0	0.6	100.0	3.1
2.0	3.4	20.0	0.8	125.0	4.5
3.5	2.8	25.0	0.9	125.0	3.2
4.0	1.9	25.0	0.9	150.0	8.2
5.0	1.6	30.0	1.1	175.0	3.5
6.0	1.2	40.0	1.3	200.0	3.8
8.0	1.0	50.0	1.4	250.0	4.3
10.0	0.9	60.0	1.9		
12.0	0.7	70.0	2.1		

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
47.7	0.5
2.0	3.8
0.3	12.1
10.6	

100

10

1

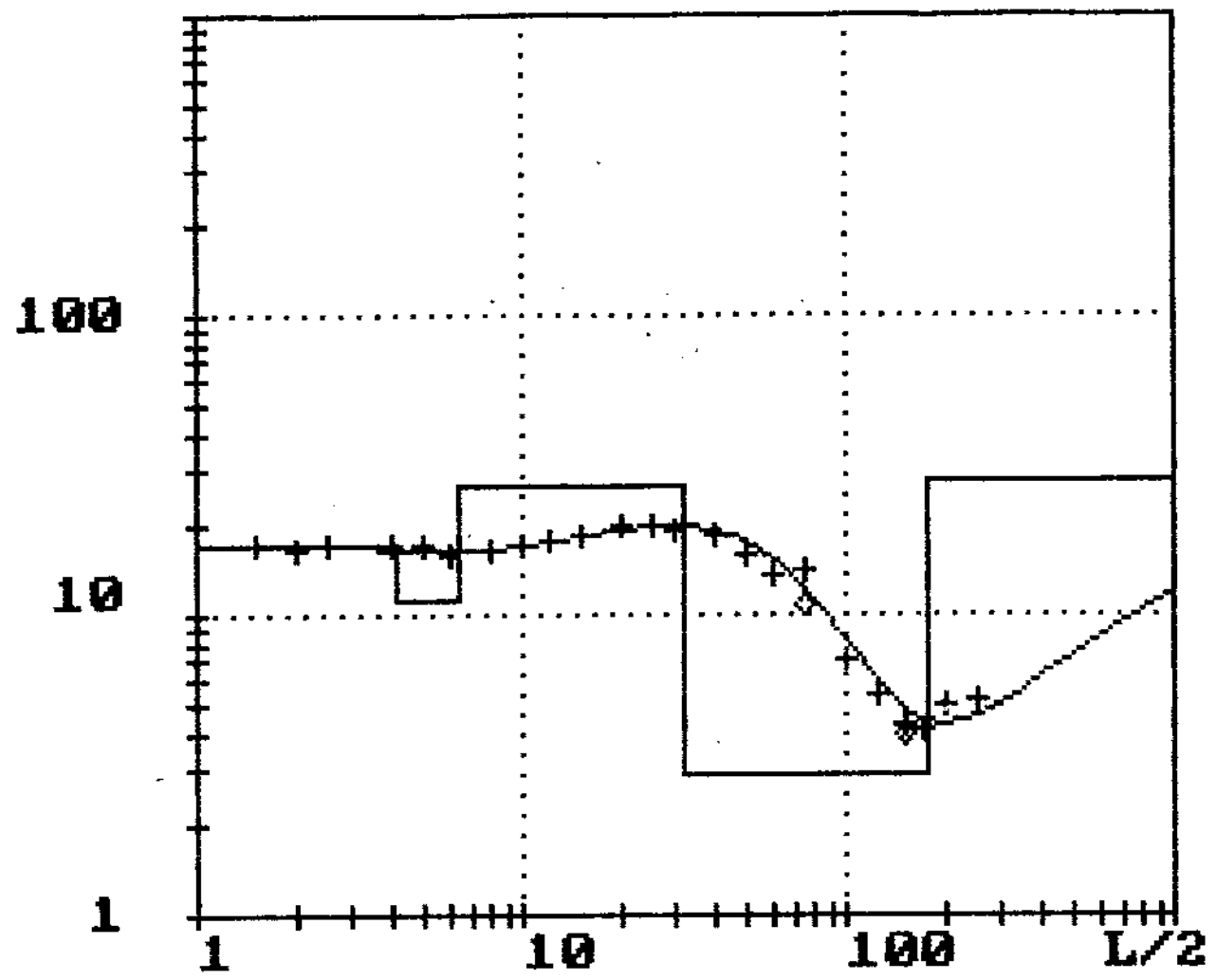


Data (File) name Smrng3 Date 2-10-2003
Project name Disertasi Direction lay out Utara-Selatan
Code name MangkangWetan Remarks Perdesaan
Coordinates 6058'1,1"-110o18'27,6"
Schlumberger O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	9.9	12.0	4.0	60.0	3.4
2.0	9.1	15.0	3.8	75.0	3.7
2.5	8.7	20.0	3.3	100.0	3.9
4.0	6.5	25.0	2.9	125.0	4.8
5.0	5.4	30.0	2.8	150.0	4.8
6.0	5.0	40.0	3.7	175.0	6.2
8.0	4.4	50.0	3.6	200.0	4.9
10.0	4.1	50.0	3.7	250.0	8.7

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
10.9	1.4
4.2	8.8
2.1	40.1
10.9	

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

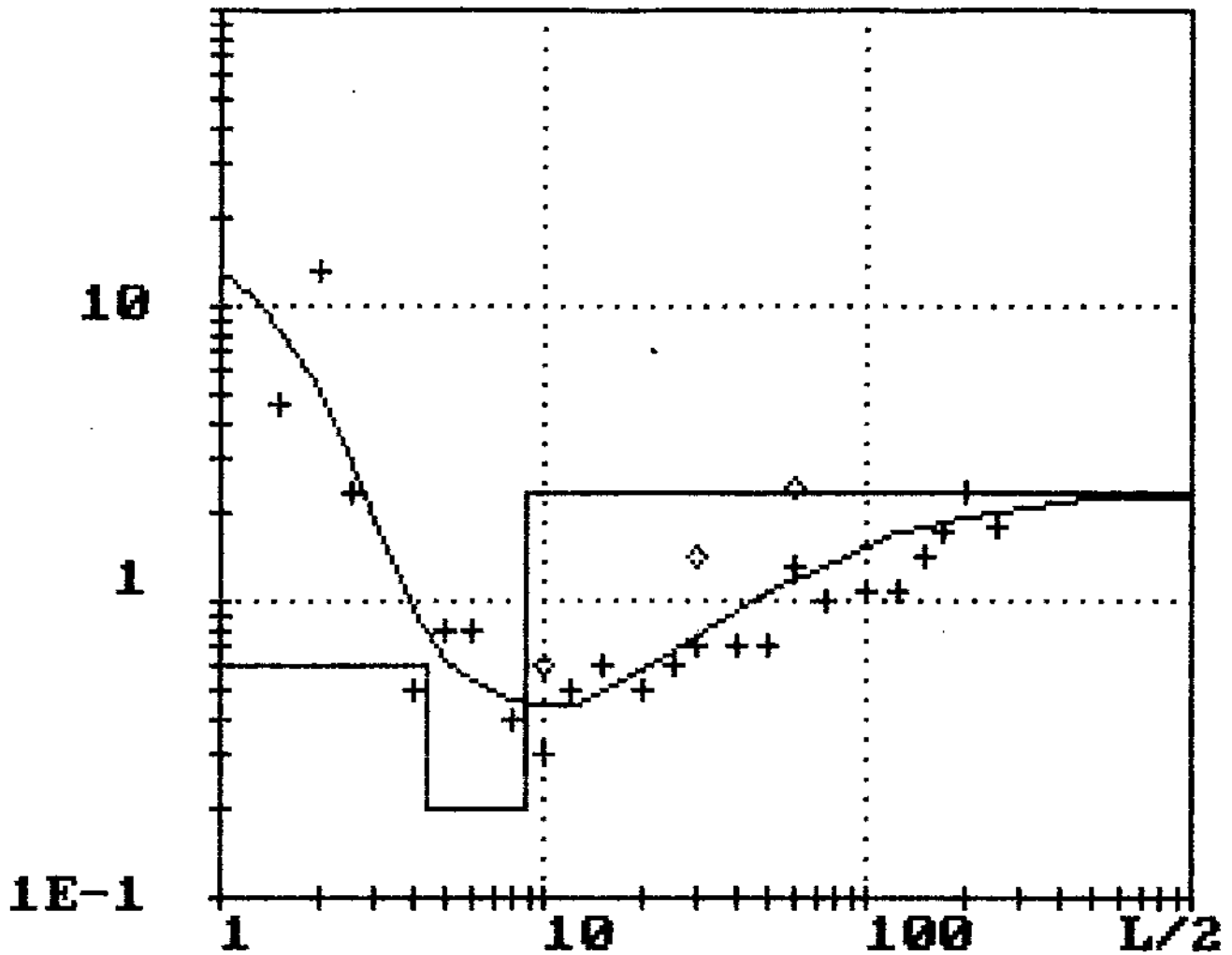


Data (File) name	Smrng4	Date	2-10-2003
Project name	Disertasi	Direction lay out	Barat-Timur
Code name	MangkangKulon	Remarks	Hutan
Coordinates	6058'59.5"-110018'30,1"	Schlumberger	O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	16.9	15.0	18.7	100.0	7.1
2.0	16.7	20.0	19.9	125.0	5.4
2.5	17.0	25.0	19.6	150.0	4.3
4.0	17.1	30.0	19.0	150.0	4.0
5.0	16.8	40.0	18.7	175.0	4.1
6.0	16.0	50.0	16.0	200.0	5.0
8.0	16.7	60.0	13.7	250.0	5.2
10.0	17.1	75.0	14.3		
12.0	18.0	75.0	10.6		

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
17.0	4.1
11.1	6.3
27.3	31.3
2.9	180.1
28.2	

Lampiran 32. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng5

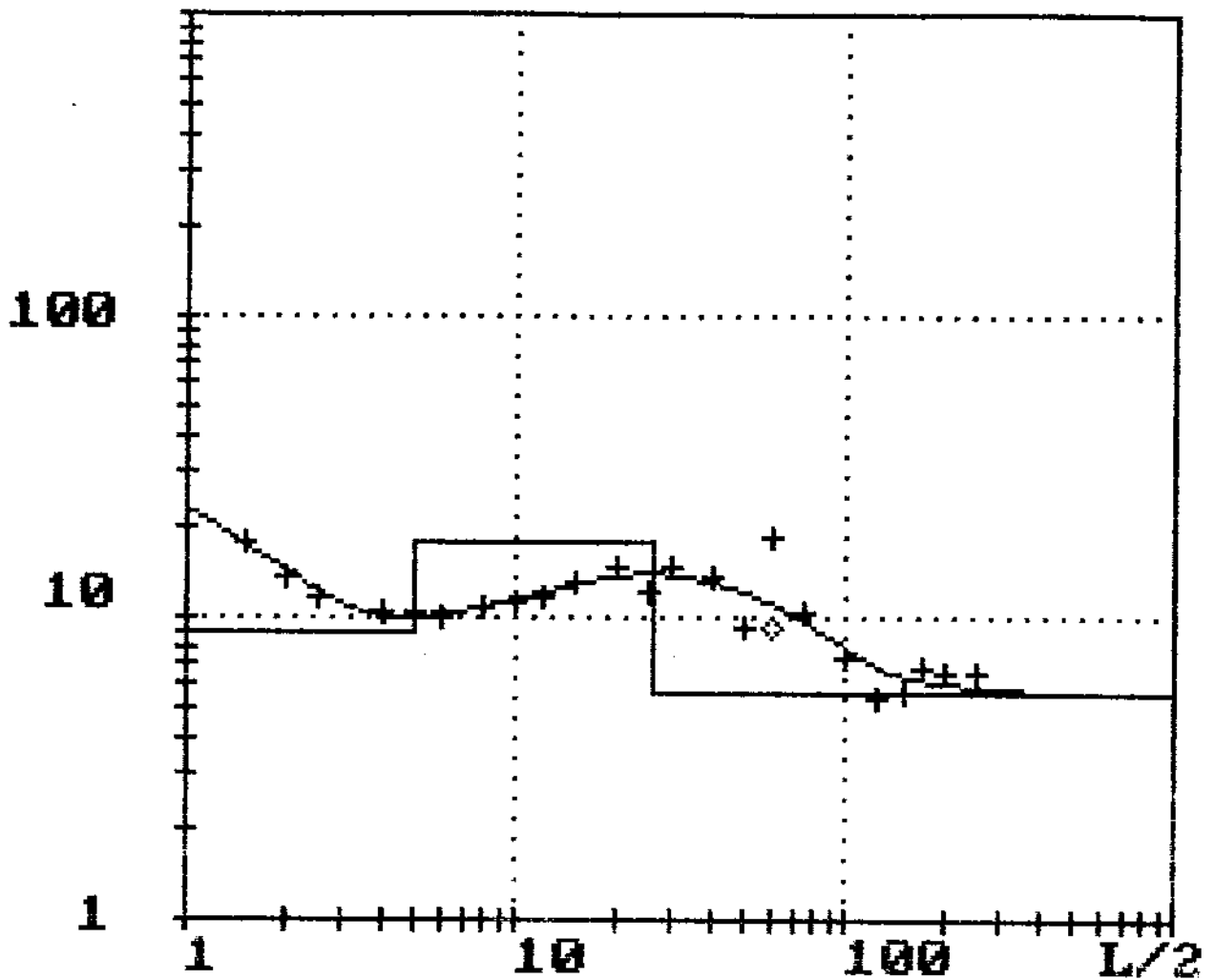


Data (File) name	Smrng5	Date	2-10-2003
Project name	Disertasi	Direction lay out	Utara-Selatan
Code name	Karanganyar	Remarks	Tambak
Coordinates	6°58'1,3"-110°20'13,1"	Schlumberger	O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	4.7	12.0	0.5	60.0	2.4
2.0	12.8	15.0	0.6	75.0	1.0
2.5	2.3	20.0	0.5	100.0	1.1
4.0	0.5	25.0	0.6	125.0	1.1
5.0	0.8	30.0	0.7	150.0	1.4
6.0	0.8	30.0	1.4	175.0	1.7
8.0	0.4	40.0	0.7	200.0	2.3
10.0	0.3	50.0	0.7	250.0	1.8
10.0	0.6	60.0	1.3		

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
17.6	0.8
0.6	4.3
0.2	8.8
2.3	

Lampiran 33. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng6

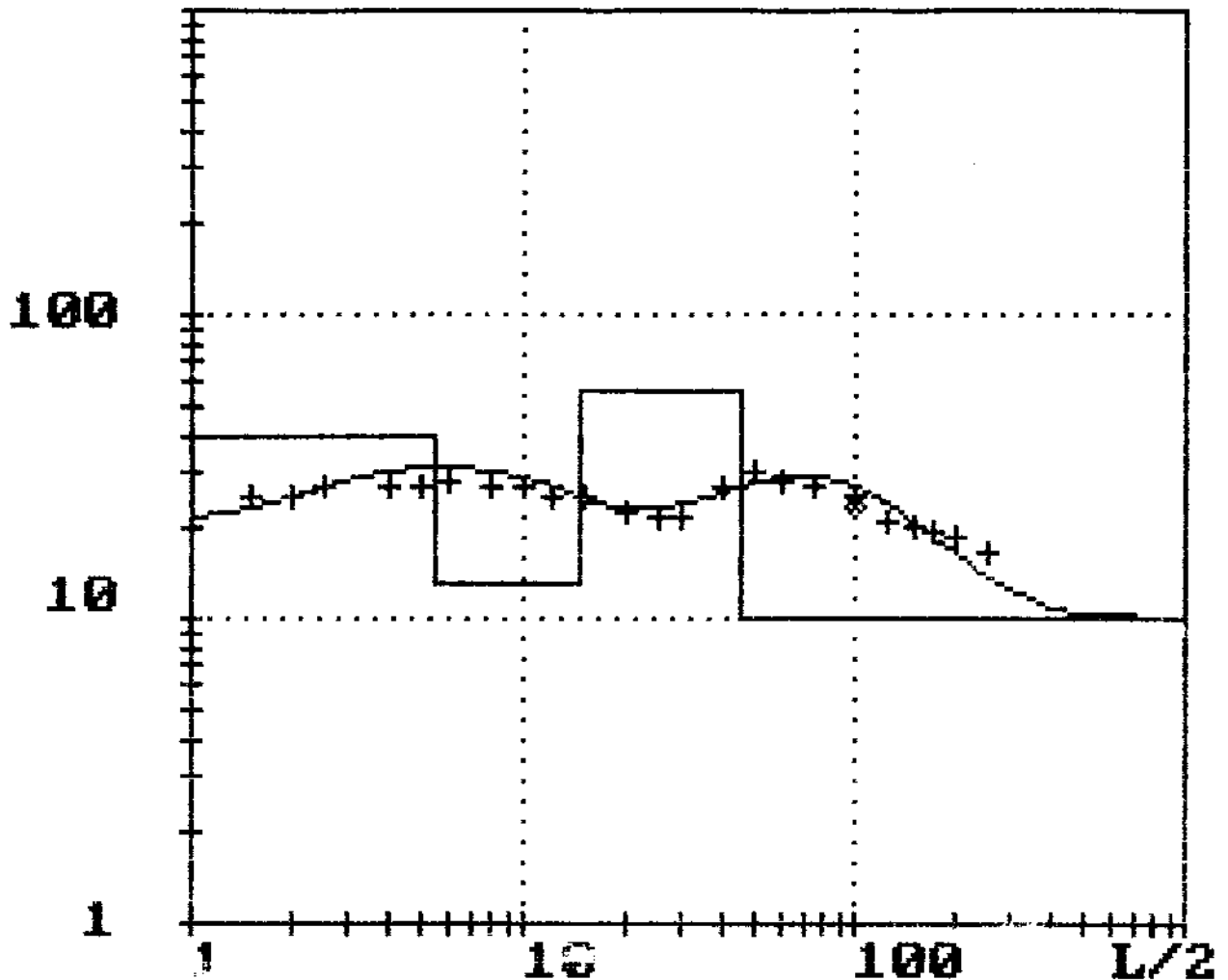


Data (File) name	Smrng6	Date	3-10-2003
Project name	Disertasi	Direction lay out	Barat-Timur
Code name	Karanganyar	Rel	Kereta Api
Coordinates	6658'31.9" : 0°20'2.4"	Schlumberger	O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	17.8	12.0	11.7	60.0	9.3
2.0	13.4	15.0	13.2	75.0	10.3
2.5	11.5	20.0	14.7	100.0	7.3
4.0	10.3	25.0	12.3	125.0	5.5
5.0	10.2	30.0	14.8	150.0	5.6
6.0	10.1	40.0	13.8	175.0	6.8
8.0	10.6	50.0	9.4	200.0	6.6
10.0	11.0	60.0	18.4	250.0	6.5

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
28.4	0.7
8.8	5.0
17.7	25.9
5.6	

Lampiran 34. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng7

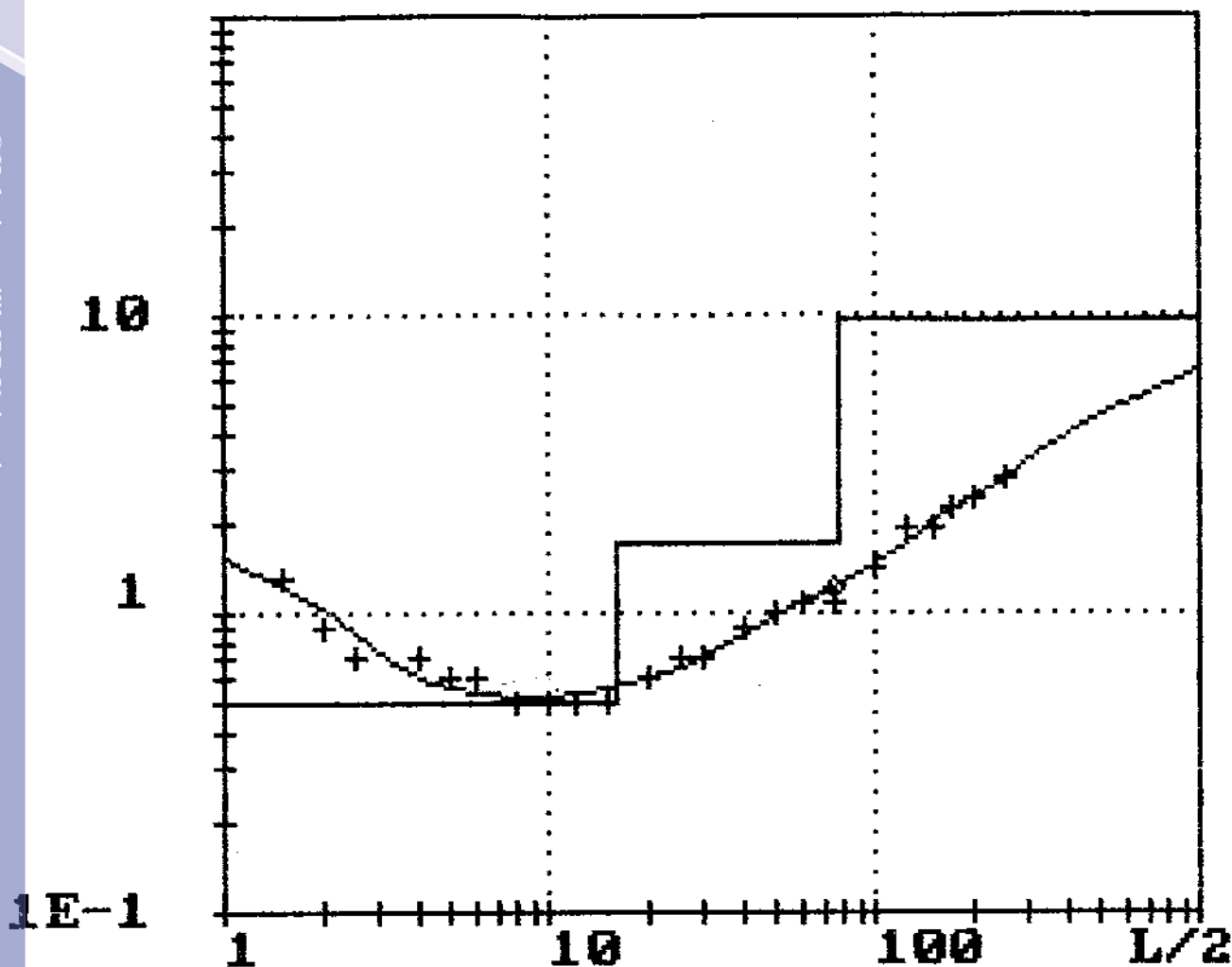


(File) name Smrng7 Date 3-10-2010
 Project name Disertasi Direction lay out Barat-Timur
 Code name Brinjin Remarks Tegalan
 Coordinates 760°7.8"-110019°15.2"
 Schlumberger G'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	20.2	12.0	25.0	75.0	26.7
2.0	25.3	15.0	24.6	100.0	25.0
2.5	26.6	20.0	22.6	100.0	23.5
4.0	27.3	25.0	21.8	125.0	20.3
5.0	27.3	30.0	21.2	150.0	19.9
6.0	27.6	40.0	26.7	175.0	19.1
8.0	27.1	50.0	29.8	200.0	18.1
10.0	26.8	60.0	27.9	250.0	16.4

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
20.2	1.0
40.4	5.4
13.0	14.7
56.3	44.8
9.9	

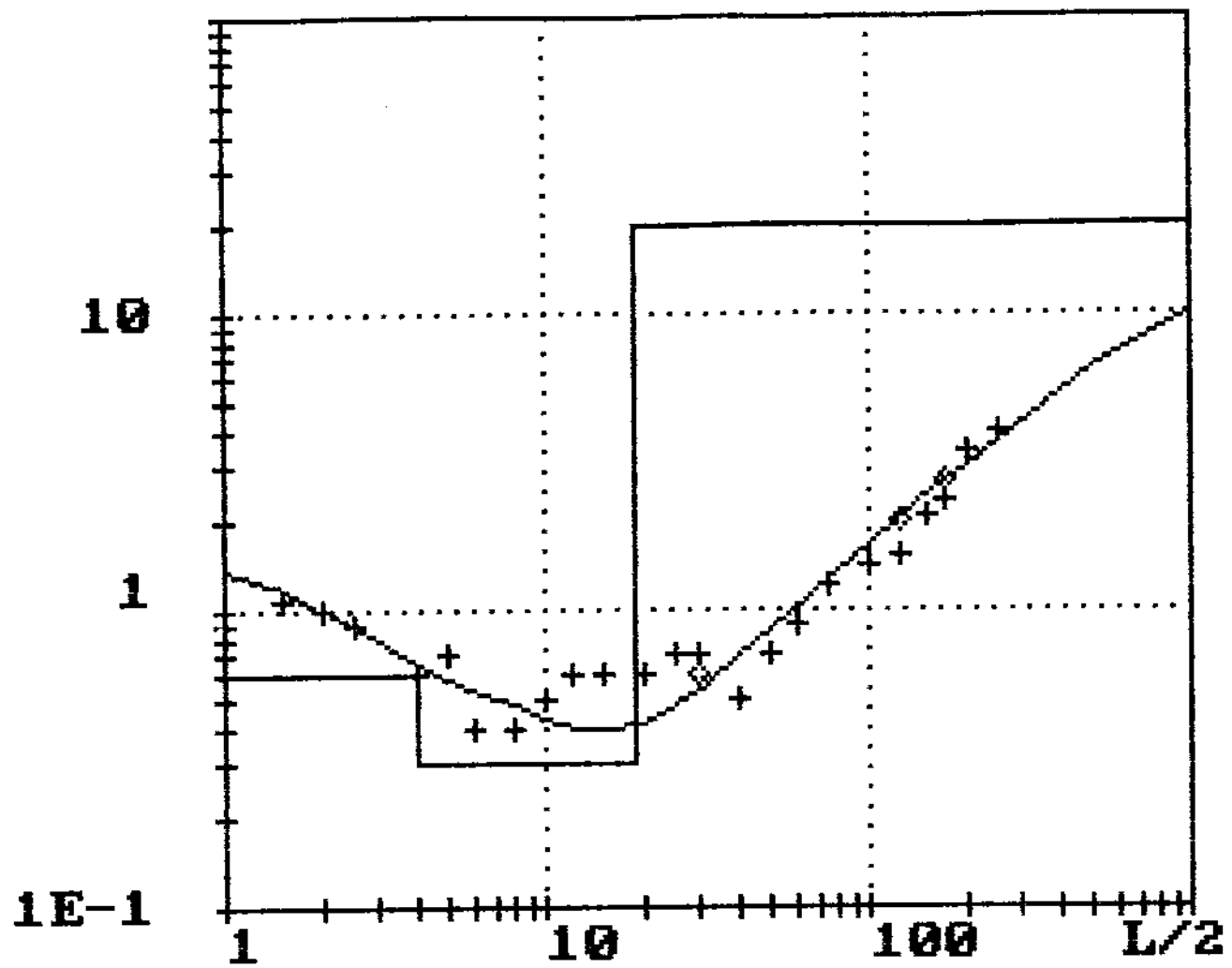
Lampiran 35. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng8



Data (File) name	Smrng8	Date	3-10-2003
Project name	Disertasi	Direction lay out	Utara-Selatan
Code name	Tugurejo	Remarks	Tambak
Coordinates	6o57'58.2"-110o21'27.1"	Schlumberger	O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	1.3	12.0	0.5	75.0	1.1
2.0	0.9	15.0	0.5	75.0	1.2
2.5	0.7	20.0	0.6	100.0	1.4
4.0	0.7	25.0	0.7	125.0	1.9
5.0	0.6	30.0	0.7	150.0	1.9
6.0	0.6	40.0	0.9	175.0	2.2
8.0	0.5	50.0	1.0	200.0	2.4
10.0	0.5	60.0	1.1	250.0	2.8

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
1.7	0.9
0.5	16.2
1.7	76.5
9.6	



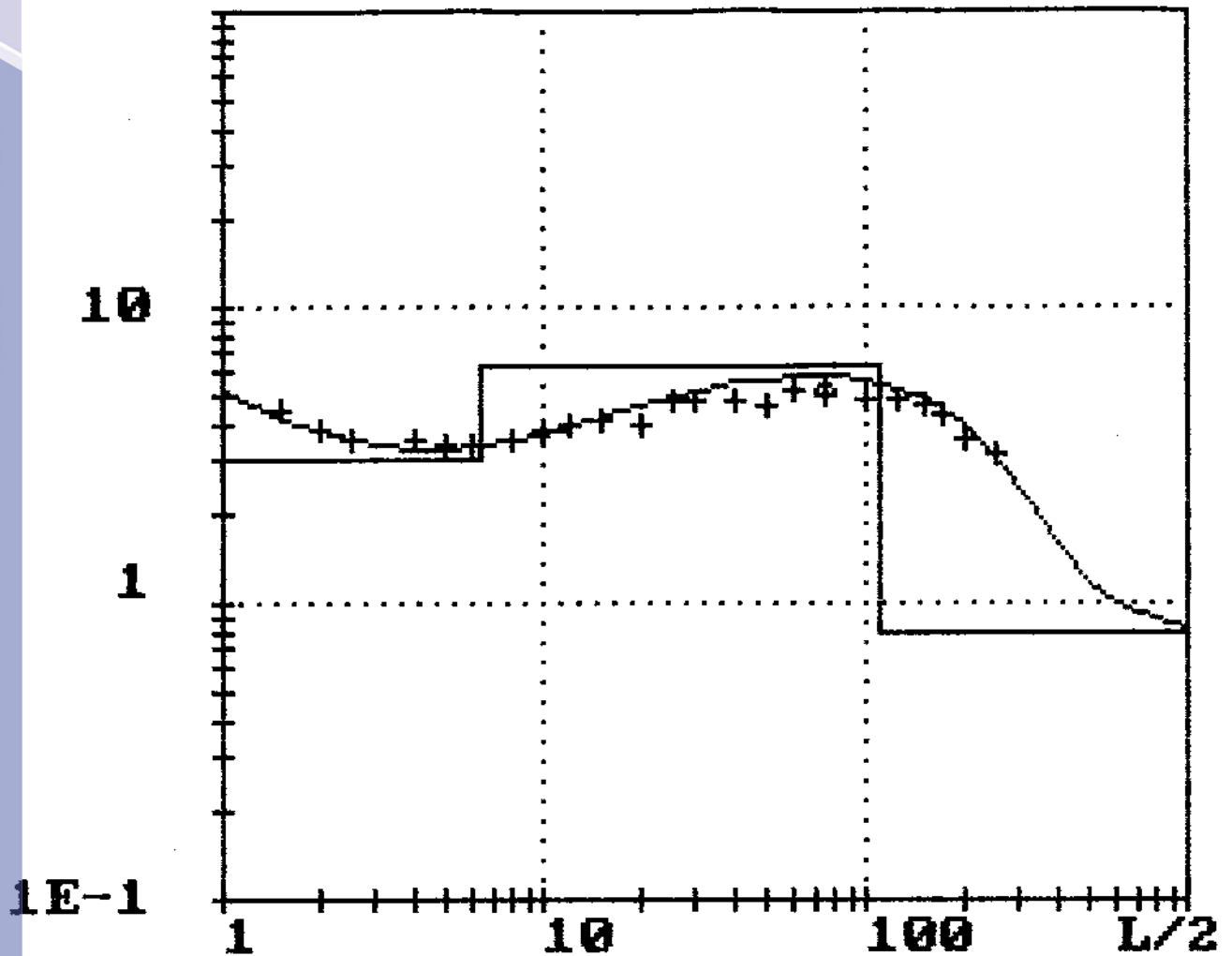
Data (File) name Smrng9 Date 3-10-2003
 Project name Disertasi Direction lay out Utara-Selatan
 Code name Tugurejo Remarks Tambak
 Coordinates 6o58'22,4"-110o21'12"
 Schlumberger O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	1.1	15.0	0.6	100.0	1.4
2.0	1.0	20.0	0.6	125.0	1.5
2.5	0.9	25.0	0.7	125.0	2.0
4.0	0.6	30.0	0.7	150.0	2.1
5.0	0.7	30.0	0.6	175.0	2.3
6.0	0.4	40.0	0.5	175.0	2.7
8.0	0.4	50.0	0.7	200.0	3.4
10.0	0.5	60.0	0.9	250.0	3.9
12.0	0.6	75.0	1.2		

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
1.5	0.9
0.6	4.0
0.3	19.0
20.0	

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 37. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng10

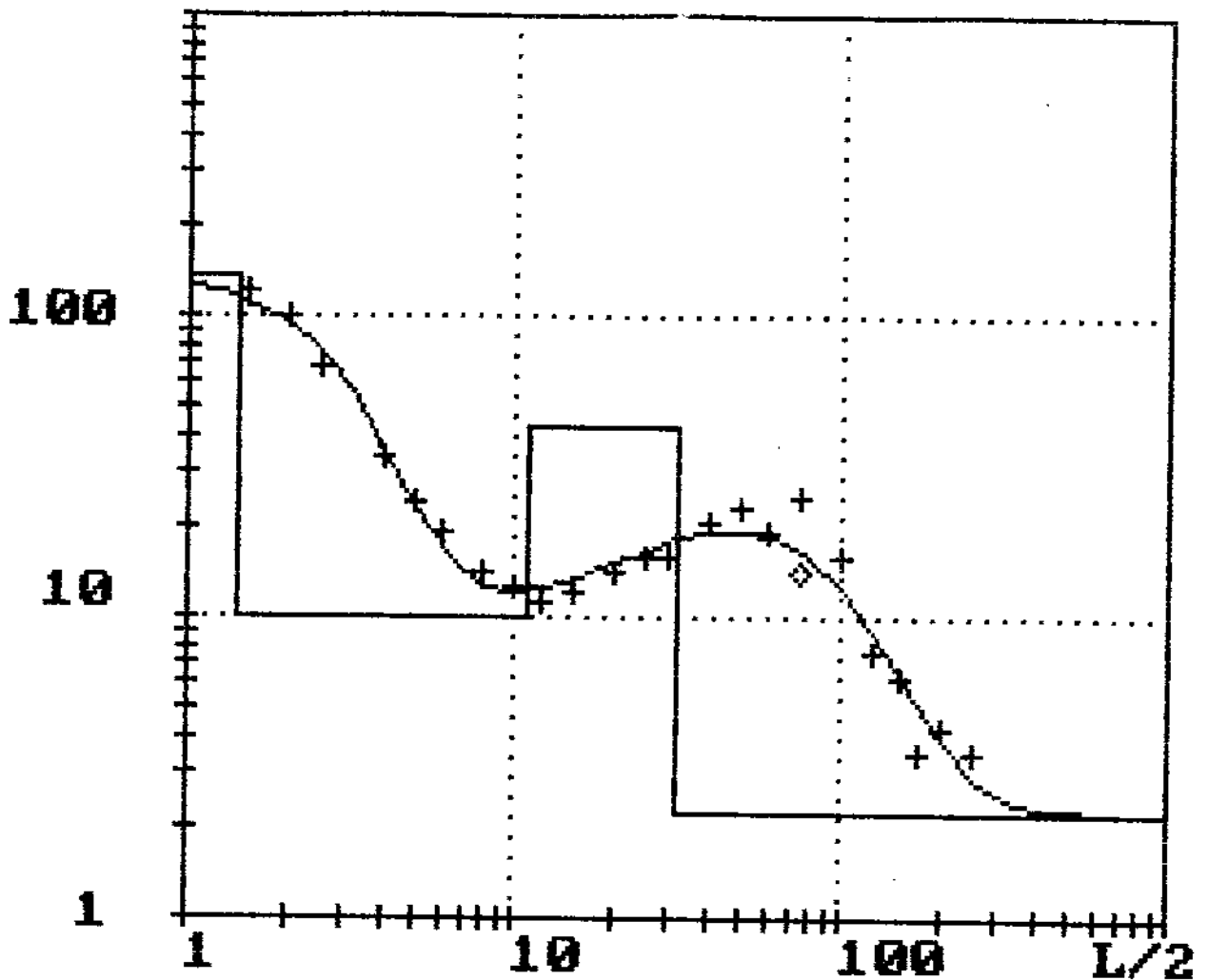


Data (File) name Smrng10 Date 3-10-2003
 Project name Disertasi Direction lay out Barat-Timur
 Code name Jerakah Remarks Rel KA
 Coordinates 6058'38,9"-110021'29,1"
 Schlumberger O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	4.5	12.0	3.9	75.0	5.0
2.0	3.8	15.0	4.1	75.0	5.1
2.5	3.6	20.0	4.0	100.0	4.9
4.0	3.5	25.0	4.8	125.0	4.8
5.0	3.4	30.0	4.9	150.0	4.7
6.0	3.4	40.0	4.8	175.0	4.3
8.0	3.6	50.0	4.6	200.0	3.6
10.0	3.8	60.0	5.1	250.0	3.1

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
6.9	0.5
3.1	6.3
6.4	110.0
0.8	

Lampiran 38. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng11

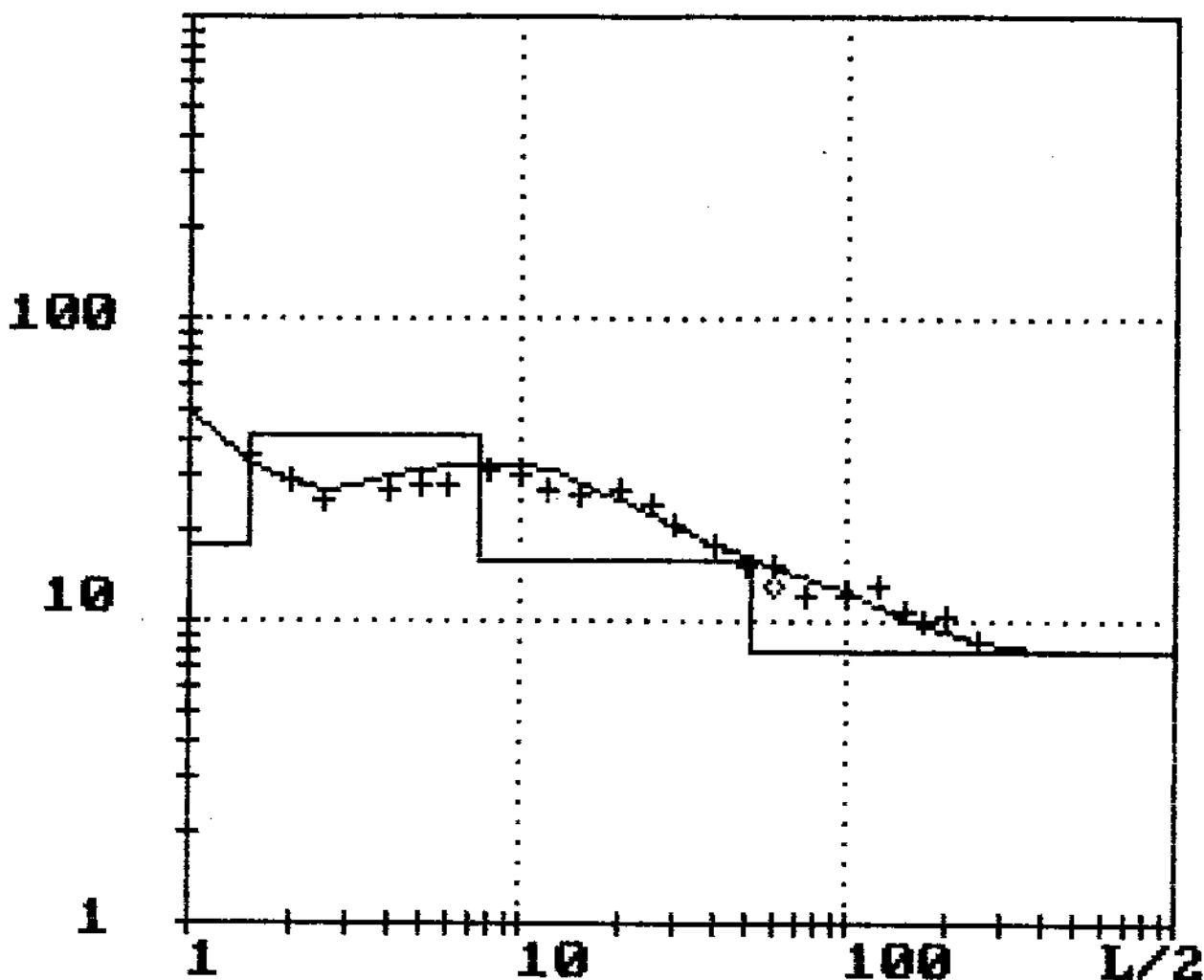


Data (File) name	Smrng11	Date	4-10-2003
Project name	Disertasi	Direction lay out	Barat-Timur
Code name	Tugu	Remarks	Jl.Smg-Jkt
Coordinates	6°59'1,2"-110°21'18,1"	Schlumberger	O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	120.2	12.0	11.4	75.0	25.4
2.0	100.5	15.0	11.9	75.0	13.9
2.5	68.6	20.0	13.9	100.0	15.6
4.0	33.6	25.0	15.5	125.0	7.7
5.0	24.4	30.0	15.9	150.0	6.3
6.0	18.9	40.0	20.8	175.0	3.5
8.0	14.1	50.0	23.3	200.0	4.3
10.0	12.4	60.0	19.0	250.0	3.5

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
135.0	1.4
10.1	11.0
43.6	32.1
2.2	

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 2. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



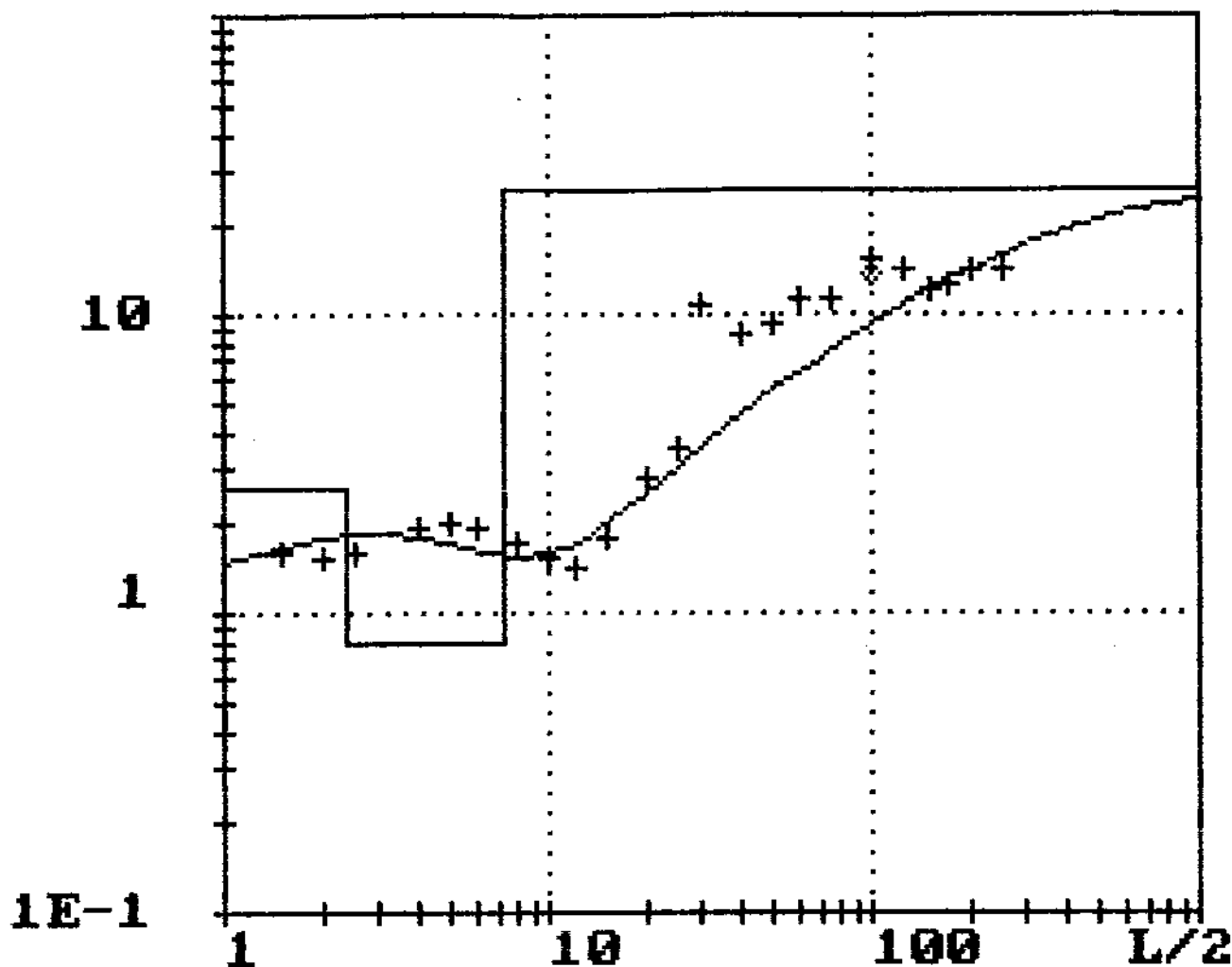
Data (File) name	Smrng12	Date	4-10-2003
Project name	Disertasi	Direction lay out	Barat-Timur
Code name	Manyaran	Remarks	Pegunungan
Coordinates	7o0'7,2"-110o21'28,9"	Schlumberger	O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	35.2	12.0	27.4	60.0	13.2
2.0	29.1	15.0	25.8	75.0	12.1
2.5	25.2	20.0	27.2	100.0	11.9
4.0	26.9	25.0	24.4	125.0	12.9
5.0	27.9	30.0	20.5	150.0	10.8
6.0	28.4	40.0	17.5	175.0	9.8
8.0	31.2	50.0	15.3	200.0	10.4
10.0	29.9	60.0	15.3	250.0	8.4

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
85.0	0.5
17.7	1.5
42.1	7.5
15.8	51.3
7.8	

Lampiran 40. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng13

208

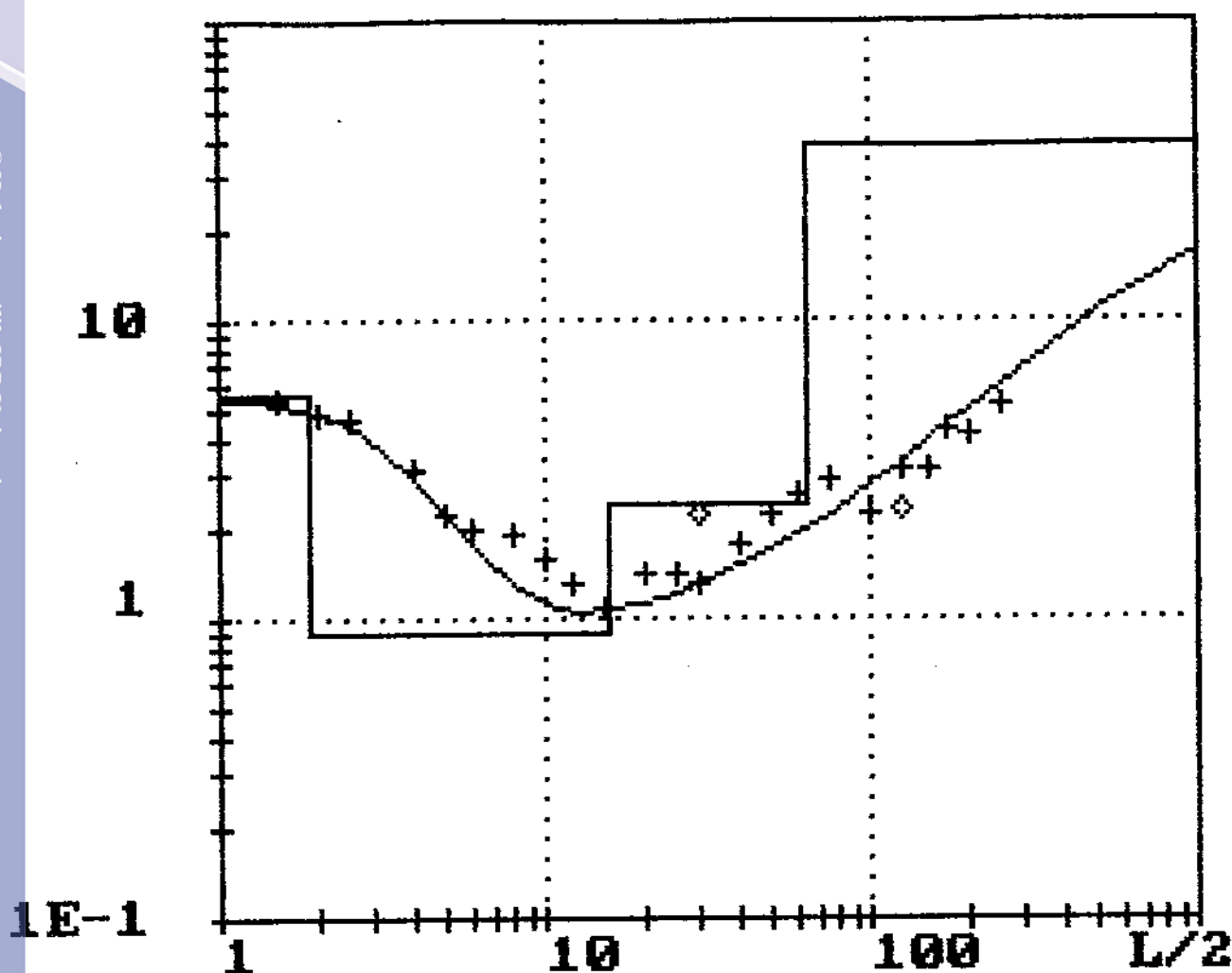


Data (File) name Smrng13 Date 4-10-2003
Project name Disentasi Direction lay out Barat-Timur
Code name Marina Remarks Wisata
Coordinates 6o57'45,6"-110o23'19,1"
Schlumberger O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	1.6	12.0	1.4	75.0	11.4
2.0	1.5	15.0	1.8	100.0	15.0
2.5	1.6	20.0	2.8	100.0	13.4
4.0	1.9	25.0	3.5	125.0	14.0
5.0	2.0	30.0	10.6	150.0	12.3
6.0	1.9	40.0	8.7	175.0	12.7
8.0	1.7	50.0	9.1	200.0	13.9
10.0	1.5	60.0	11.0	250.0	14.2

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
1.3	0.7
2.6	2.4
0.8	7.3
25.8	

Lampiran 41. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng14



Data (File) name	Smrng14	Date	4-10-2003
Project name	Disertasi	Direction lay out	Barat-Timur
Code name	Tawangsari	Remarks	Rawa
Coordinates	6o58'25,8"-110o23'9,8"	Schlumberger	O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	5.3	15.0	1.1	100.0	2.2
2.0	4.9	20.0	1.4	125.0	3.2
2.5	4.7	25.0	1.4	125.0	2.3
4.0	3.1	30.0	1.3	150.0	3.2
5.0	2.2	30.0	2.2	175.0	4.3
6.0	2.0	40.0	1.8	200.0	4.2
8.0	1.9	50.0	2.2	250.0	5.1
10.0	1.6	60.0	2.6		
12.0	1.3	75.0	2.9		

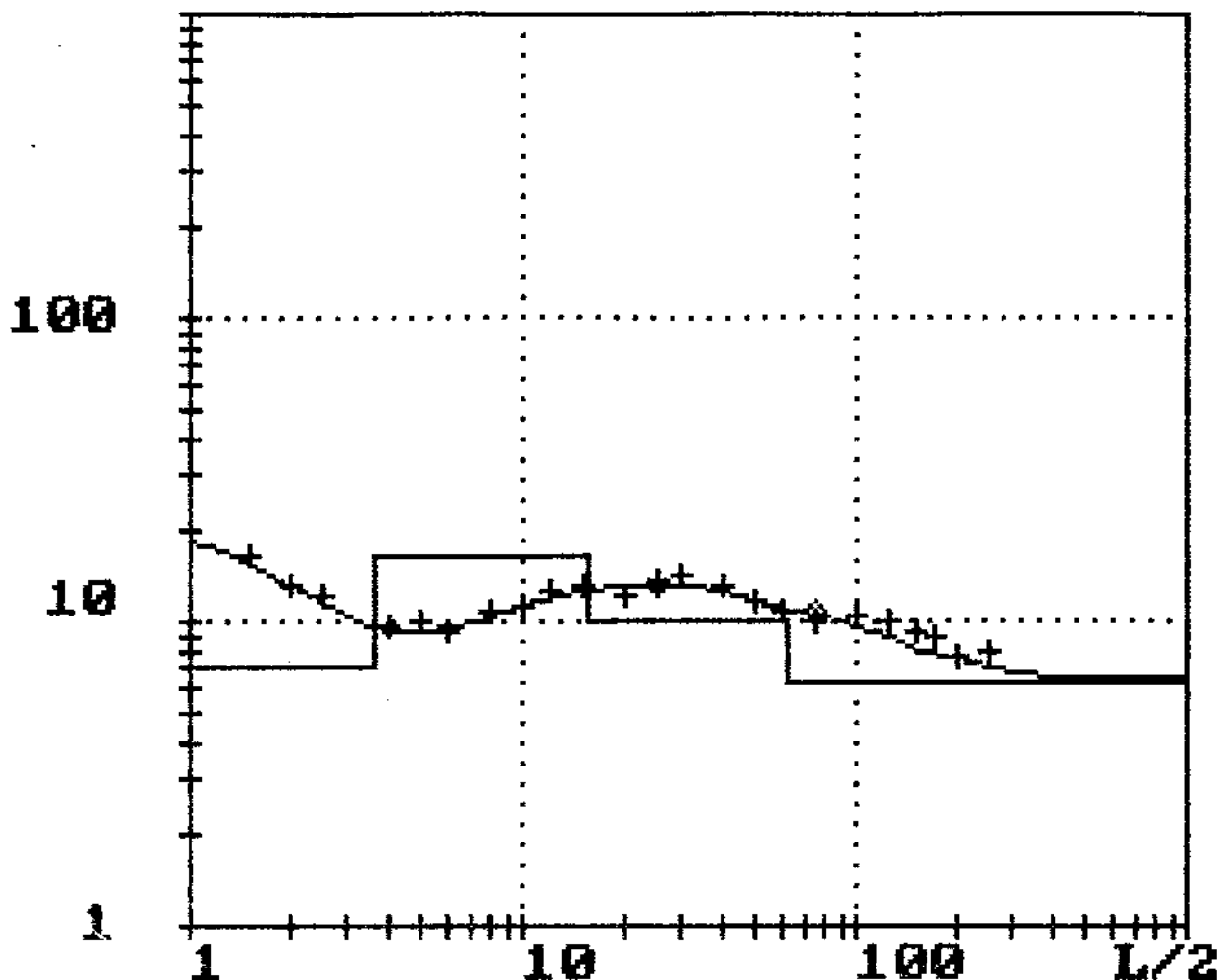
Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
---------------------	-----------

5.6	1.9
0.9	15.4
2.4	64.0
38.5	

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 42. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng15

210



Data (File) name	Smrng15	Date	4-10-2003
Project name	Disertasi	Direction lay out	Barat-Timur
Code name	Bongsari	Remarks	Permukiman
Coordinates	6°59'33,2"-110°23'10,3"	Schlumberger	O'Neill

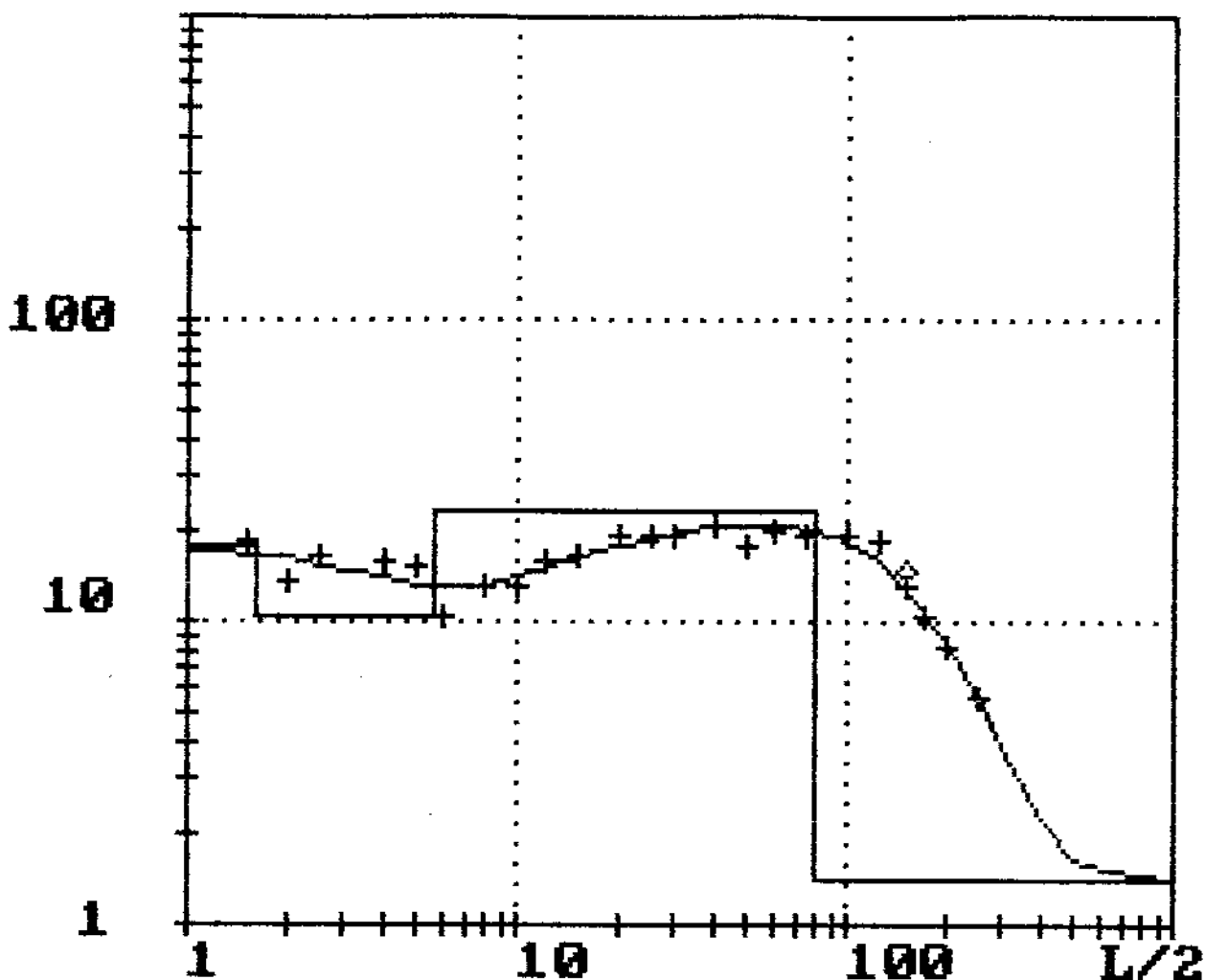
L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	16.2	15.0	13.0	75.0	10.7
2.0	12.9	20.0	11.9	100.0	10.2
2.5	12.1	25.0	13.7	125.0	9.9
4.0	9.5	25.0	13.0	150.0	9.4
5.0	9.9	30.0	14.2	175.0	8.9
6.0	9.1	40.0	12.9	200.0	7.6
8.0	10.7	50.0	11.8	250.0	7.9
10.0	11.3	60.0	10.9		
100.0	12.6	75.0	9.9		

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
20.4	0.9
7.0	3.6
16.7	15.5
10.0	61.3
6.4	

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 43. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng16

211

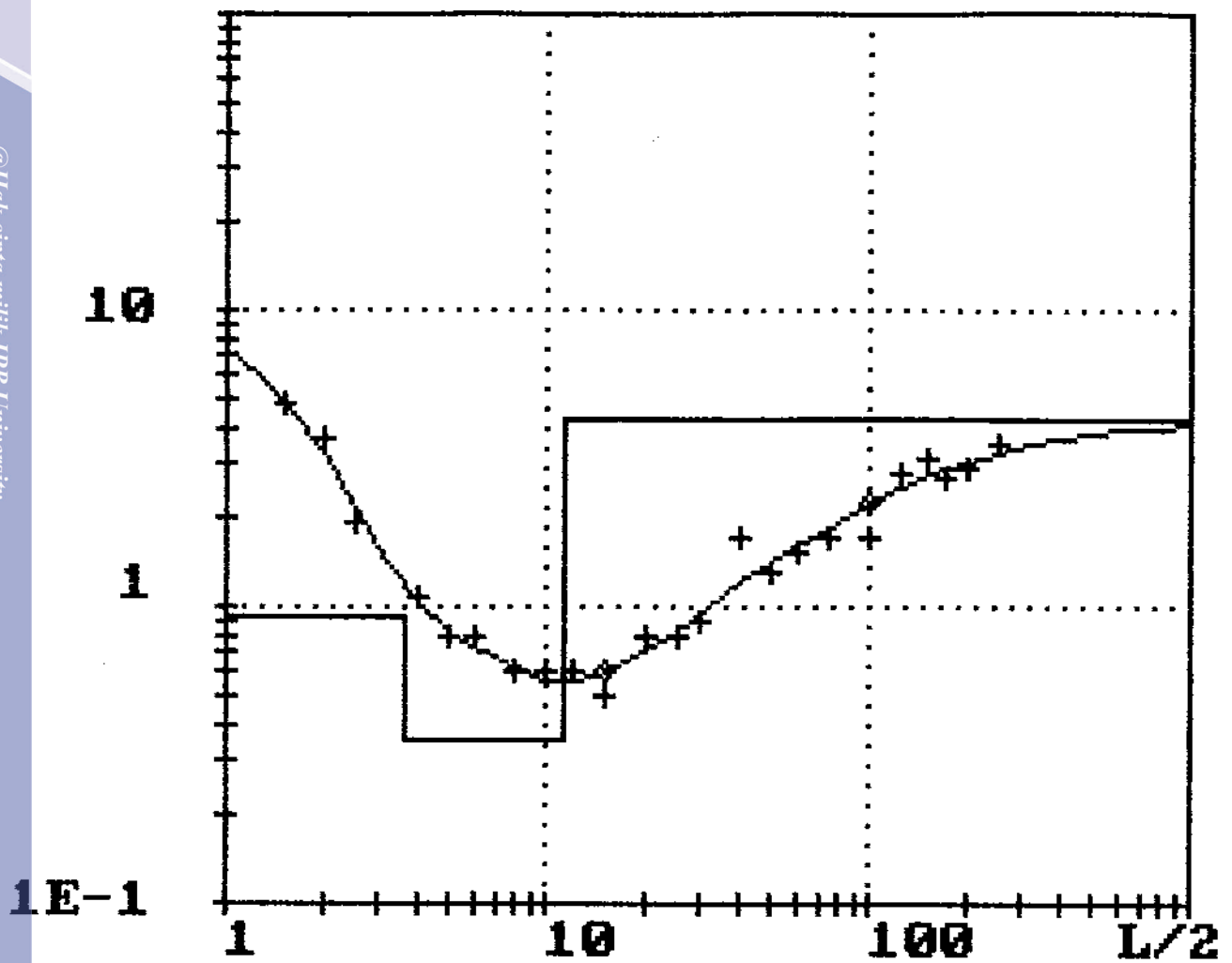


Data (File) name	Smrng16	Date	5-10-2003
Project name	Disertasi	Direction lay out	Barat-Timur
Code name	Manyaran	Remarks	Permukiman
Coordinates	760'11,2"-110023'9,8"	Schlumberger	O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	18.4	12.0	15.8	75.0	19.5
2.0	13.4	15.0	16.3	100.0	18.9
2.5	16.2	20.0	18.9	125.0	18.1
4.0	16.0	25.0	19.2	150.0	13.2
5.0	15.2	30.0	19.5	150.0	14.5
6.0	10.3	40.0	20.3	175.0	10.3
8.0	13.2	50.0	17.9	200.0	8.2
10.0	13.1	60.0	20.1	250.0	5.6

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
17.5	1.6
10.3	5.7
23.7	80.1
1.4	

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Data (File) name	Smrng17	Date	5-10-2003
Project name	Disertasi	Direction lay out	Barat-Timur
Code name	Panggung	Remarks	Jalan Raya
Coordinates	6o57'24,7"-110o24'16,3"	Schlumberger	O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	4.9	15.0	0.5	100.0	1.7
2.0	3.7	15.0	0.6	100.0	2.2
2.5	1.9	20.0	0.8	125.0	2.8
4.0	1.1	25.0	0.8	150.0	3.1
5.0	0.8	30.0	0.9	175.0	2.7
6.0	0.8	40.0	1.7	200.0	2.9
8.0	0.6	50.0	1.3	250.0	3.6
10.0	0.6	60.0	1.5		
12.0	0.6	75.0	1.7		

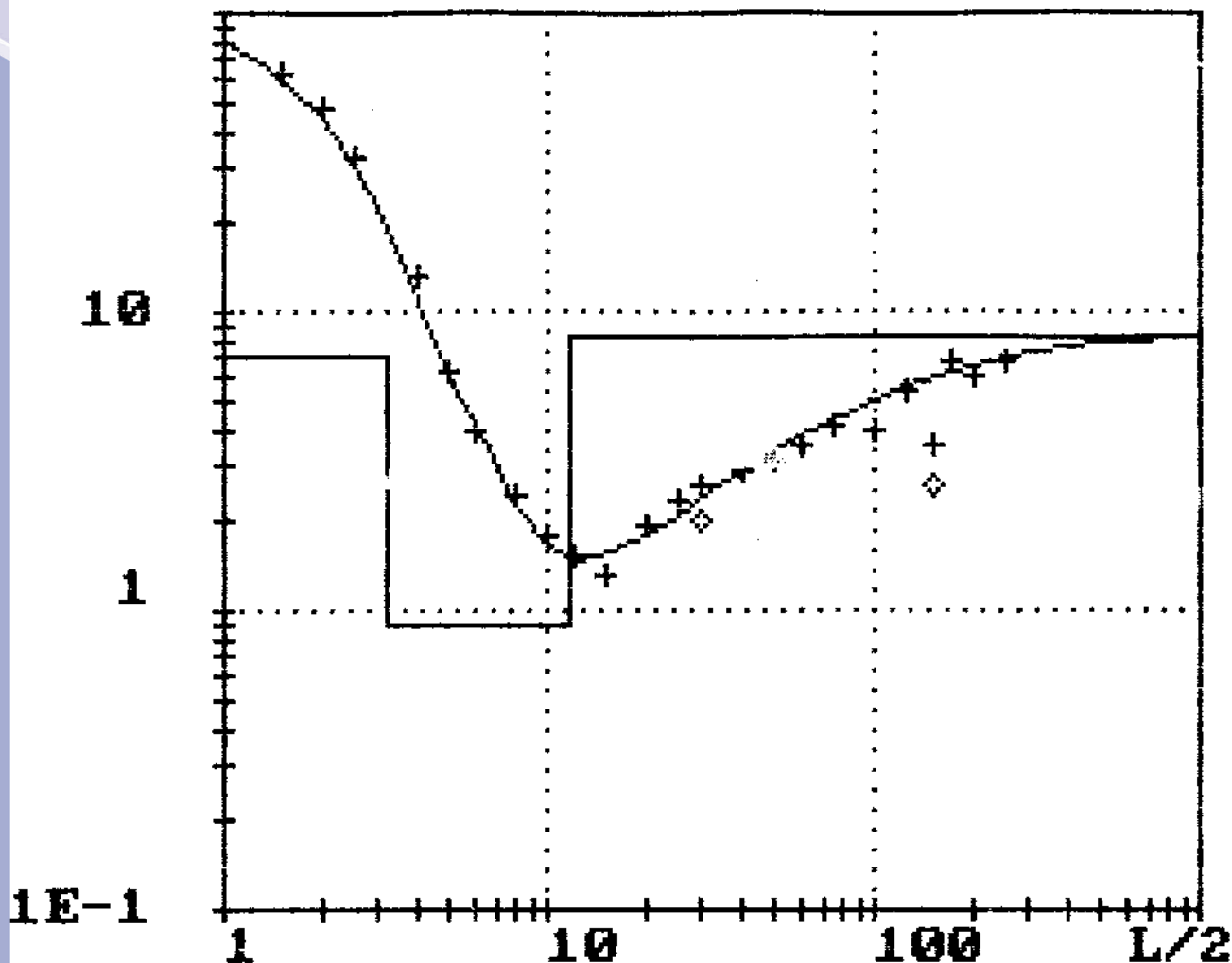
Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
9.6	0.8
0.9	3.6
0.4	11.4
4.2	



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 45. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng18

213



Data (File) name	Smrng18	Date	5-10-2003
Project name	Disertasi	Direction lay out	Utara-Selatan
Code name	Panggung	Remarks	Perkampungan
Coordinates	6°58'4,7"-110°24'6,1"	Schlumberger	O'Neill

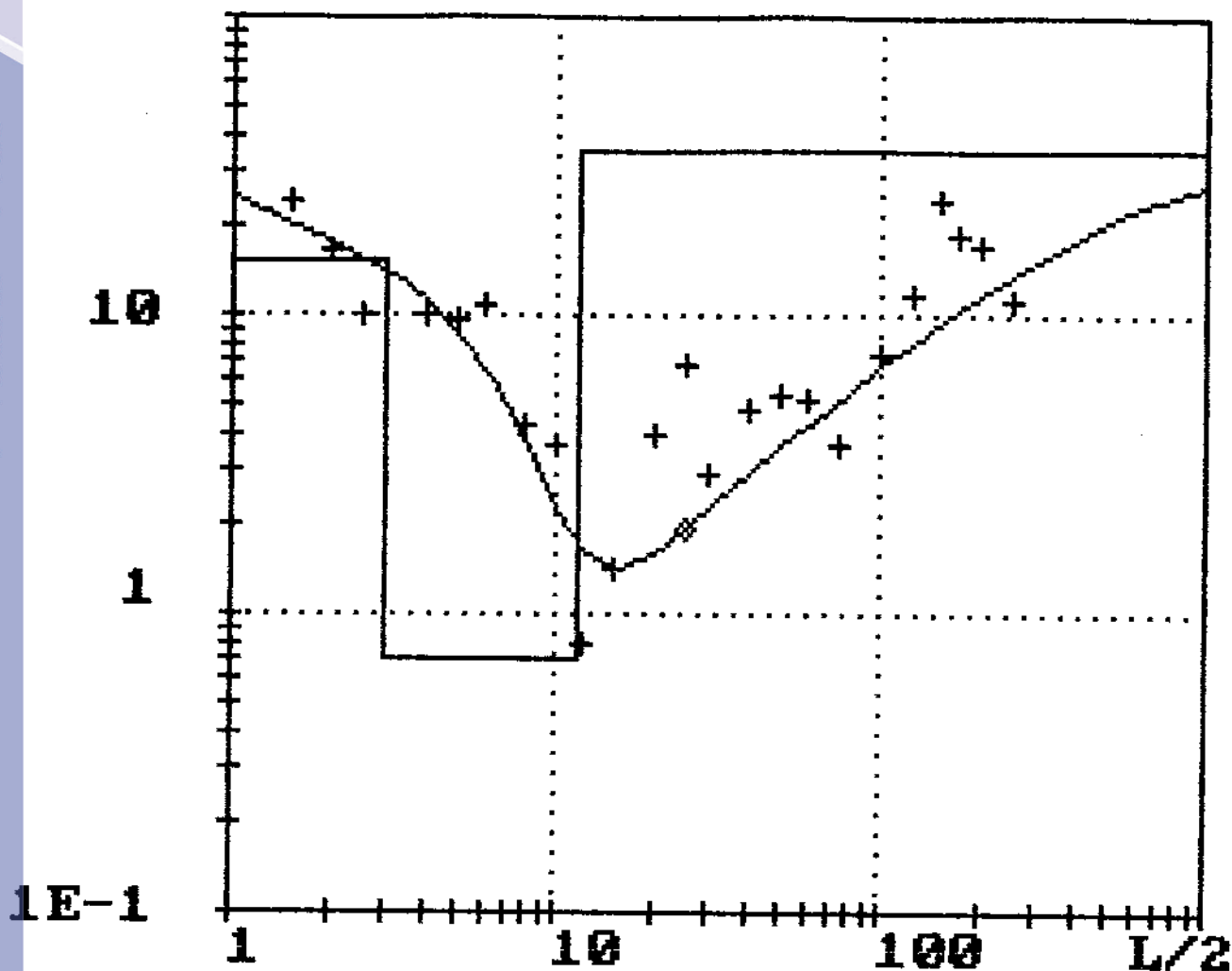
L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	63.4	15.0	1.3	100.0	3.9
2.0	47.4	20.0	1.9	125.0	5.3
2.5	32.5	25.0	2.3	150.0	3.5
4.0	12.9	30.0	2.6	150.0	2.6
5.0	6.3	30.0	2.0	175.0	0.9
6.0	3.9	40.0	2.9	200.0	6.1
8.0	2.4	50.0	3.2	250.0	6.9
10.0	1.8	60.0	3.5		
12.0	1.5	75.0	4.1		

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
93.0	1.0
7.0	3.2
0.9	11.6
8.4	



Lampiran 46. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng19

214

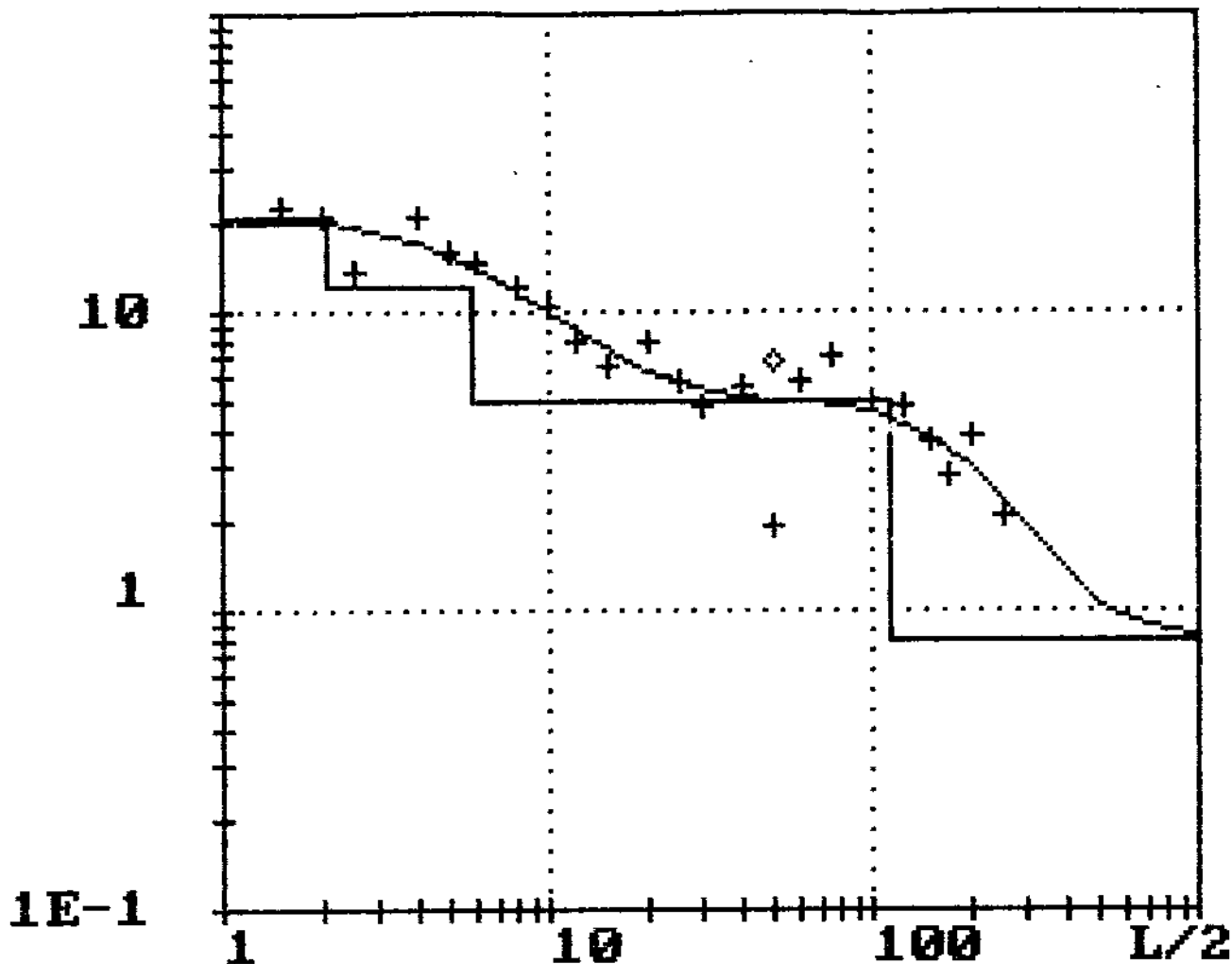


Data (File) name	Smrng19	Date	5-10-2003
Project name	Disertasi	Direction lay out	Utara-Selatan
Code name	Krobokan	Remarks	Tanggul Sungai
Coordinates	6058'16,5"-110o24'1,9"	Schlumberger	O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	24.4	12.0	0.8	60.0	5.2
2.0	16.5	15.0	1.4	75.0	3.7
2.5	10.0	20.0	3.9	100.0	7.3
4.0	9.9	25.0	6.7	125.0	11.6
5.0	9.6	25.0	1.9	150.0	24.1
6.0	10.9	30.0	2.9	175.0	18.2
8.0	4.3	40.0	4.8	200.0	17.3
10.0	3.7	50.0	5.5	250.0	11.0

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
33.7	0.5
15.5	3.0
0.7	11.6
35.9	

Lampiran 47. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng20

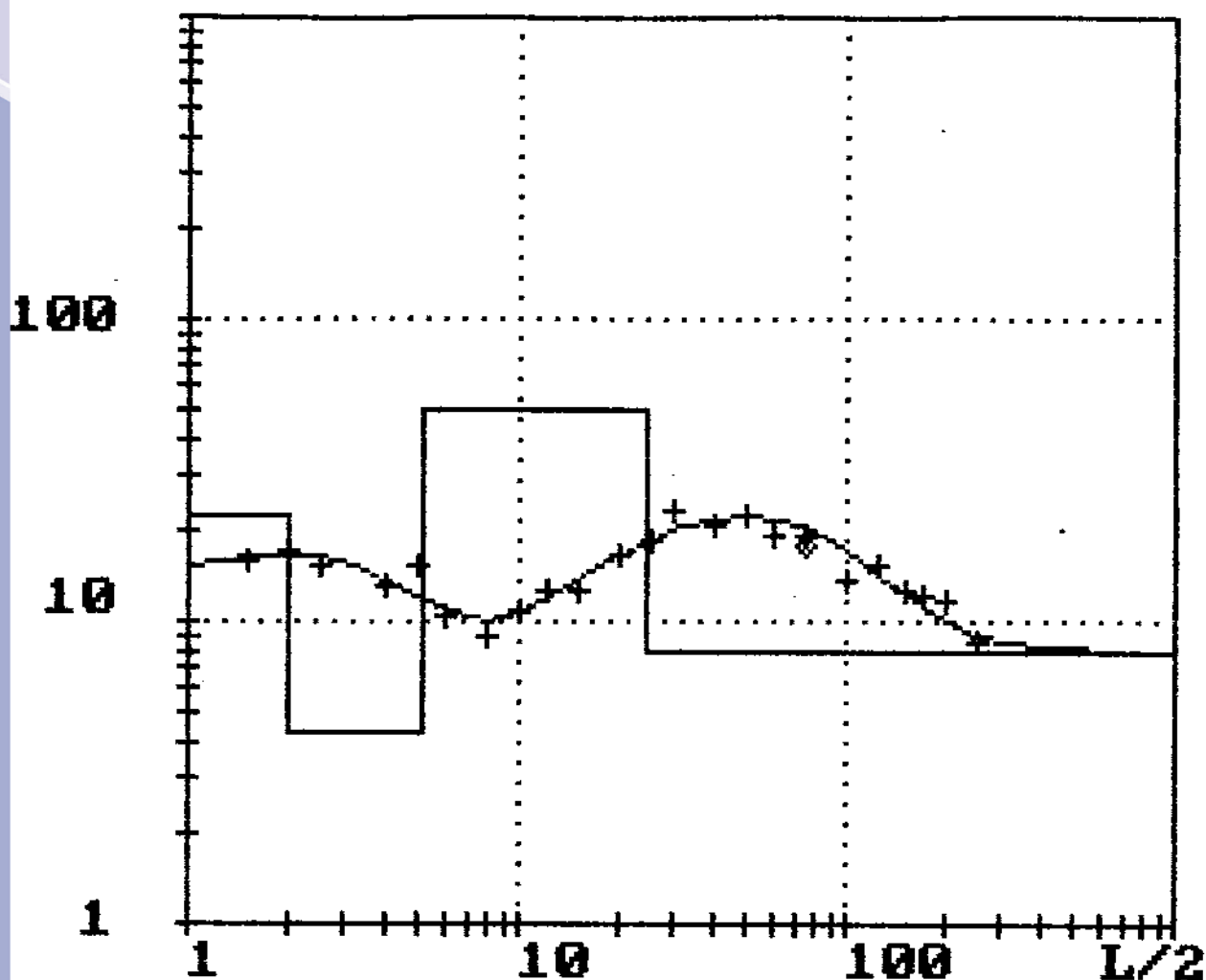


Data (File) name	Smrng20	Date	5-10-2003
Project name	Disertasi	Direction lay out	Utara-Selatan
Code name	Bulustalan	Remarks	Tanggul Sungai
Coordinates	6059'19,1"-110024'7.3"	Schlumberger	O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	22.4	12.0	8.0	60.0	5.8
2.0	20.7	15.0	6.6	75.0	7.0
2.5	13.3	20.0	8.0	100.0	5.0
4.0	20.9	25.0	5.9	125.0	4.9
5.0	15.6	30.0	4.9	150.0	3.7
6.0	14.5	40.0	5.6	175.0	2.8
8.0	12.2	50.0	1.9	200.0	3.8
10.0	10.2	50.0	6.9	250.0	2.1

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
20.6	2.1
11.9	5.8
5.0	112.0
0.8	

Lampiran 48. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng21

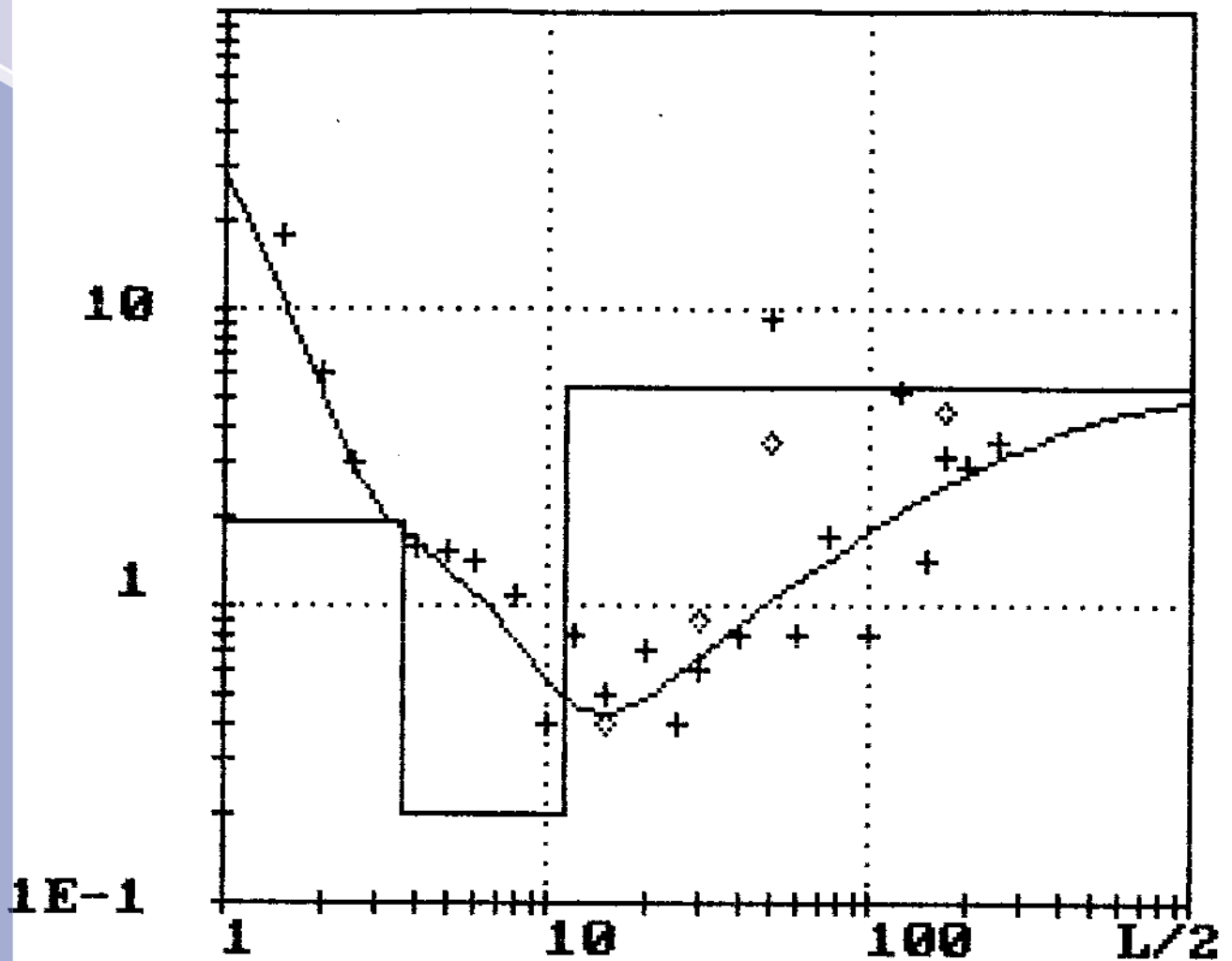


Data (File) name	Smrng21	Date	6-10-2003
Project name	Disertasi	Direction lay out	Utara-Selatan
Code name	Petompon	Remarks	Tanggul Sungai
Coordinates	6°59'33,8"-110°24'6,9"	Schlumberger	O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	15.9	12.0	12.5	75.0	19.2
2.0	16.8	15.0	12.6	75.0	17.4
2.5	15.1	20.0	16.4	100.0	13.6
4.0	13.2	25.0	18.3	125.0	15.0
5.0	15.0	30.0	23.5	150.0	12.4
6.0	10.5	40.0	20.3	175.0	12.1
8.0	8.9	50.0	22.3	200.0	11.6
10.0	10.6	60.0	19.5	250.0	8.7

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
13.8	0.6
22.2	2.0
4.3	5.1
49.8	24.7
7.9	

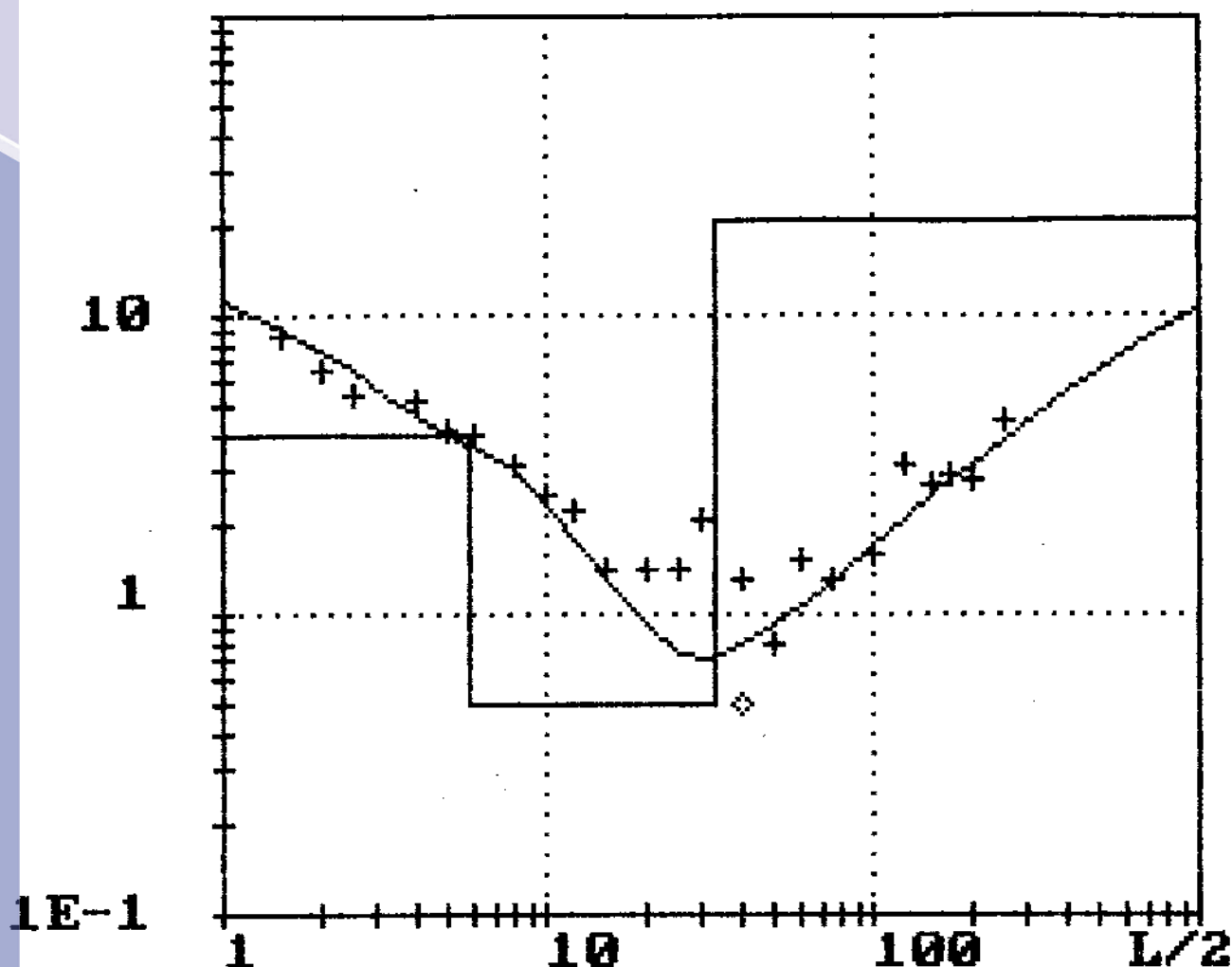
Lampiran 49. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng22



Data (File) name Smrng22 Date 6-10-2003
 Project name Disertasi Direction lay out Utara-Selatan
 Code name Tambakrejo Remarks Lapangan
 Coordinates 6o56'44,4"-110o26'36,2"
 Schlumberger O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	17.9	15.0	0.5	60.0	0.8
2.0	6.1	15.0	0.4	75.0	1.7
2.5	3.0	20.0	0.7	100.0	0.8
4.0	1.6	25.0	0.4	125.0	5.2
5.0	1.5	30.0	0.6	150.0	1.4
6.0	1.4	30.0	0.9	175.0	3.1
8.0	1.1	40.0	0.8	175.0	4.4
10.0	0.4	50.0	1.4	200.0	2.9
12.0	0.8	50.0	3.5	250.0	3.6

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
63.9	0.5
1.9	3.6
0.2	11.5
5.4	



Data (File) name	Smrng23	Date	6-10-2003
Project name	Disertasi	Direction lay out	Utara-Selatan
Code name	Muktiharjo	Remarks	Tanggul Sungai
Coordinates	06o58'7,3"-110o26'38,9"	Schlumberger	O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	8.4	12.0	2.2	60.0	1.5
2.0	6.5	15.0	1.4	75.0	1.3
2.5	5.4	20.0	1.4	100.0	1.6
4.0	5.1	25.0	1.4	125.0	3.2
5.0	4.2	30.0	2.1	150.0	2.7
6.0	3.9	40.0	1.3	175.0	2.9
8.0	3.1	40.0	0.5	200.0	2.8
10.0	2.5	50.0	0.8	250.0	4.4

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
12.4	0.9
4.0	5.8
0.5	32.4
20.9	

@ Hak cipta milik IPB University

Resistivitas

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



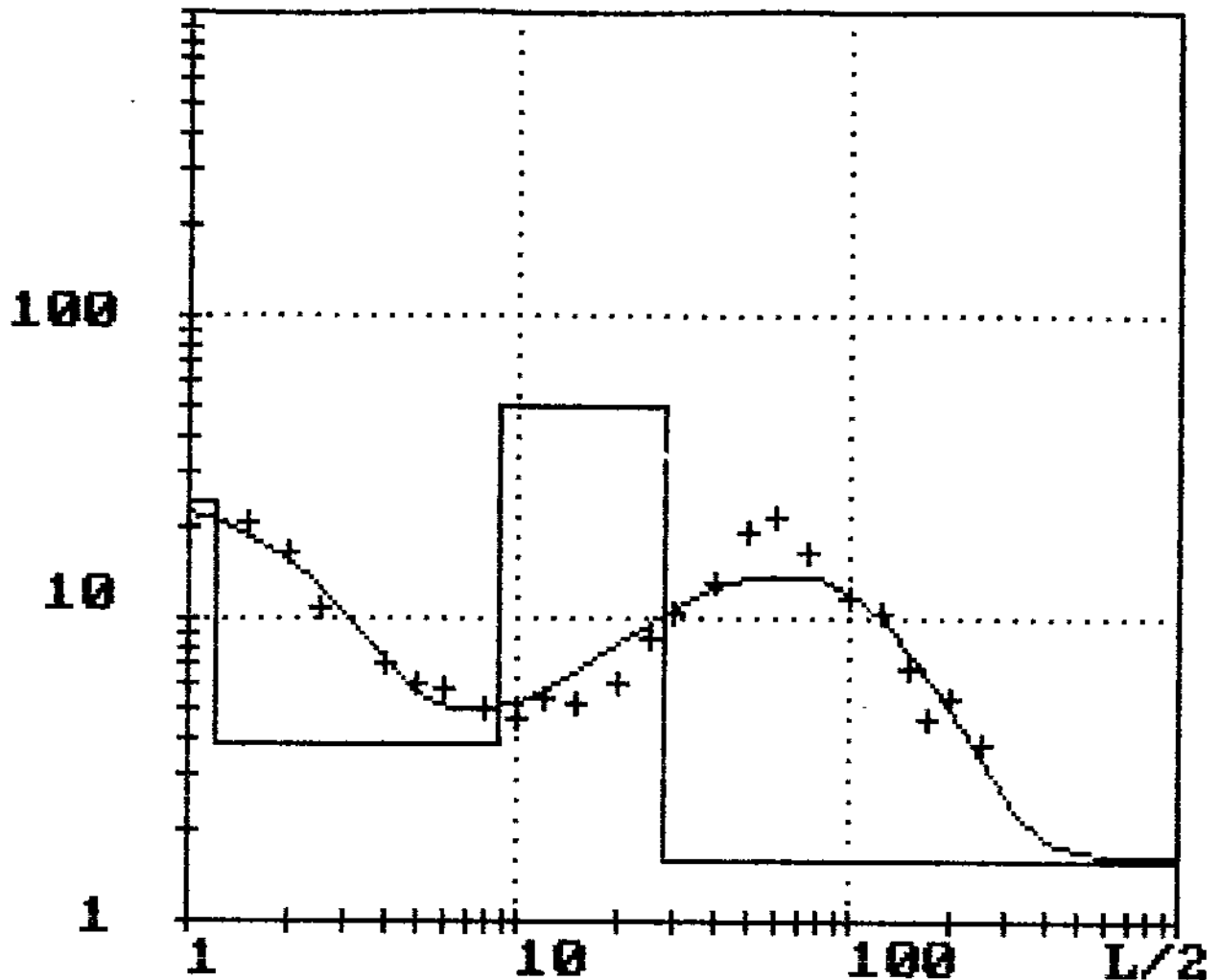
Hak Cipta milik IPB University

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 51. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng24

219



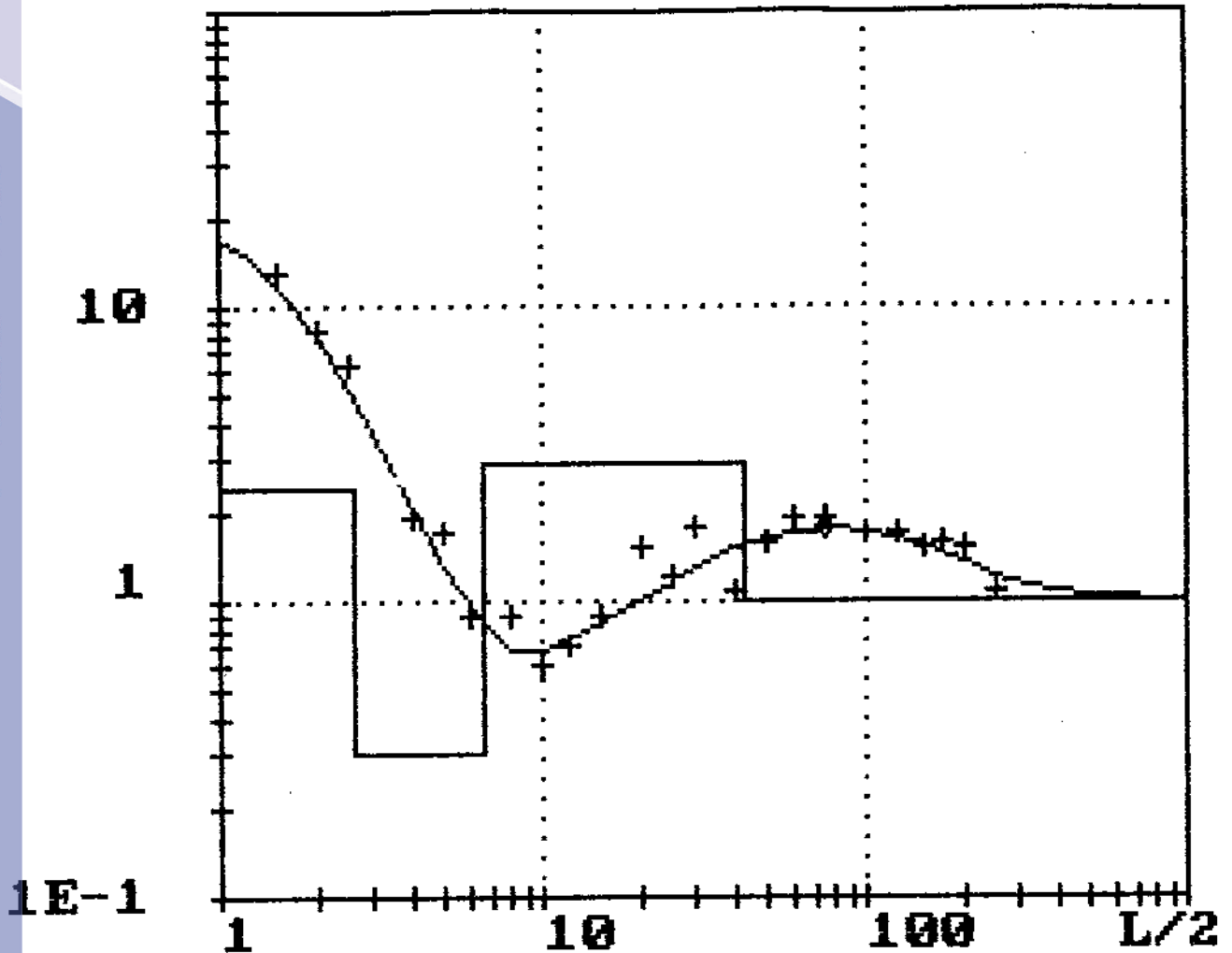
Data (File) name Smrng24 Date 6-10-2003
Project name Disertasi Direction lay out Utara-Selatan
Code name Sambirejo Remarks Tanggul Sungai
Coordinates 6o59'1.5"-110o26'30.2"
Schlumberger O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	20.4	12.0	5.4	75.0	16.7
2.0	16.5	15.0	5.2	100.0	11.5
2.5	10.6	20.0	6.1	125.0	10.2
4.0	7.2	25.0	8.6	150.0	6.7
5.0	6.0	30.0	10.2	175.0	4.7
6.0	5.8	40.0	13.0	200.0	5.3
8.0	5.0	50.0	19.2	250.0	3.8
10.0	4.6	60.0	21.4		

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
23.9	1.2
3.9	8.9
49.8	27.7
1.6	

IPB University

Lampiran 52. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng25



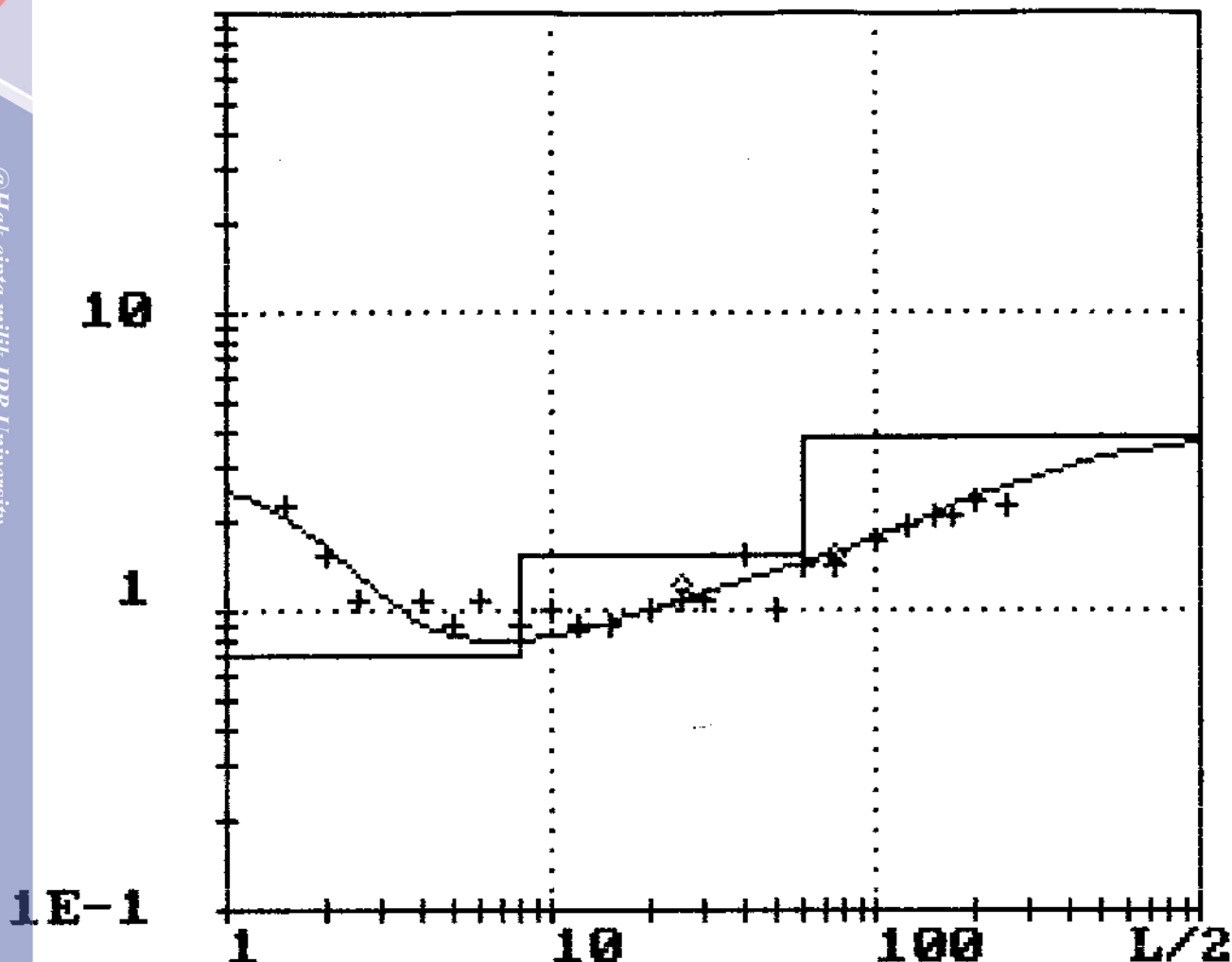
Data (File) name	Smrng25	Date	6-10-2003
Project name	Disertasi	Direction lay out	Utara-Selatan
Code name	Sambirejo	Remarks	Tanggul Sungai
Coordinates	6059'33,9"-110026'32.7"	Schlumberger	O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	12.9	12.0	0.7	75.0	1.9
2.0	8.1	15.0	0.9	75.0	1.8
2.5	6.2	20.0	1.5	100.0	1.7
4.0	1.9	25.0	1.2	125.0	1.7
5.0	1.7	30.0	1.8	150.0	1.5
6.0	0.9	40.0	1.1	175.0	1.6
8.0	0.9	50.0	1.6	200.0	1.5
10.0	0.6	60.0	1.9	250.0	1.1

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
21.8	0.8
2.4	2.6
0.3	6.5
2.9	41.9
1.0	



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



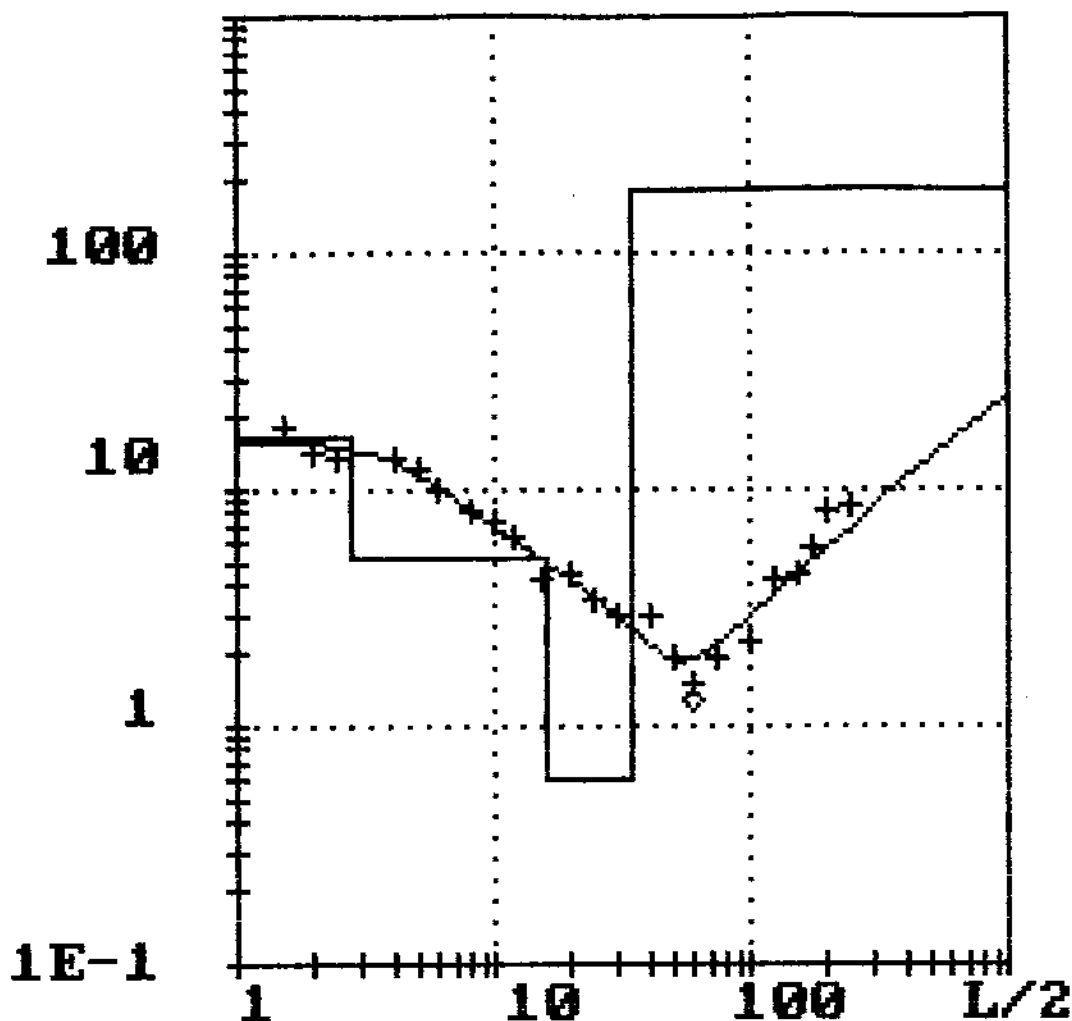
Data (File) name	Smrng26	Date	7-10-2003
Project name	Disertasi	Direction lay out	Utara-Selatan
Code name	Trimulyo	Remarks	Tepi Sungai
Coordinates	6o56'49,1"-110o27'24,9"	Schlumberger	O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	2.2	15.0	0.9	75.0	1.5
2.0	1.5	20.0	1.0	100.0	1.7
2.5	1.1	25.0	1.1	125.0	1.9
4.0	1.1	25.0	1.2	150.0	2.1
5.0	0.9	30.0	1.1	175.0	2.1
6.0	1.1	40.0	1.5	200.0	2.3
8.0	0.9	50.0	1.0	250.0	2.2
10.0	1.0	60.0	1.4		
15.0	0.9	75.0	1.4		

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
2.9	0.9
0.7	8.1
1.5	60.0
3.9	

Lampiran 54. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng27

222



Data (File) name	Smrng27	Date	7-10-2003
Project name	Disentasi	Direction lay out	Utara-Selatan
Code name	Genuksari	Remarks	Kompl. Industri
Coordinates	6057'39,8"-110028'10,1"	Schlumberger	O'Neill

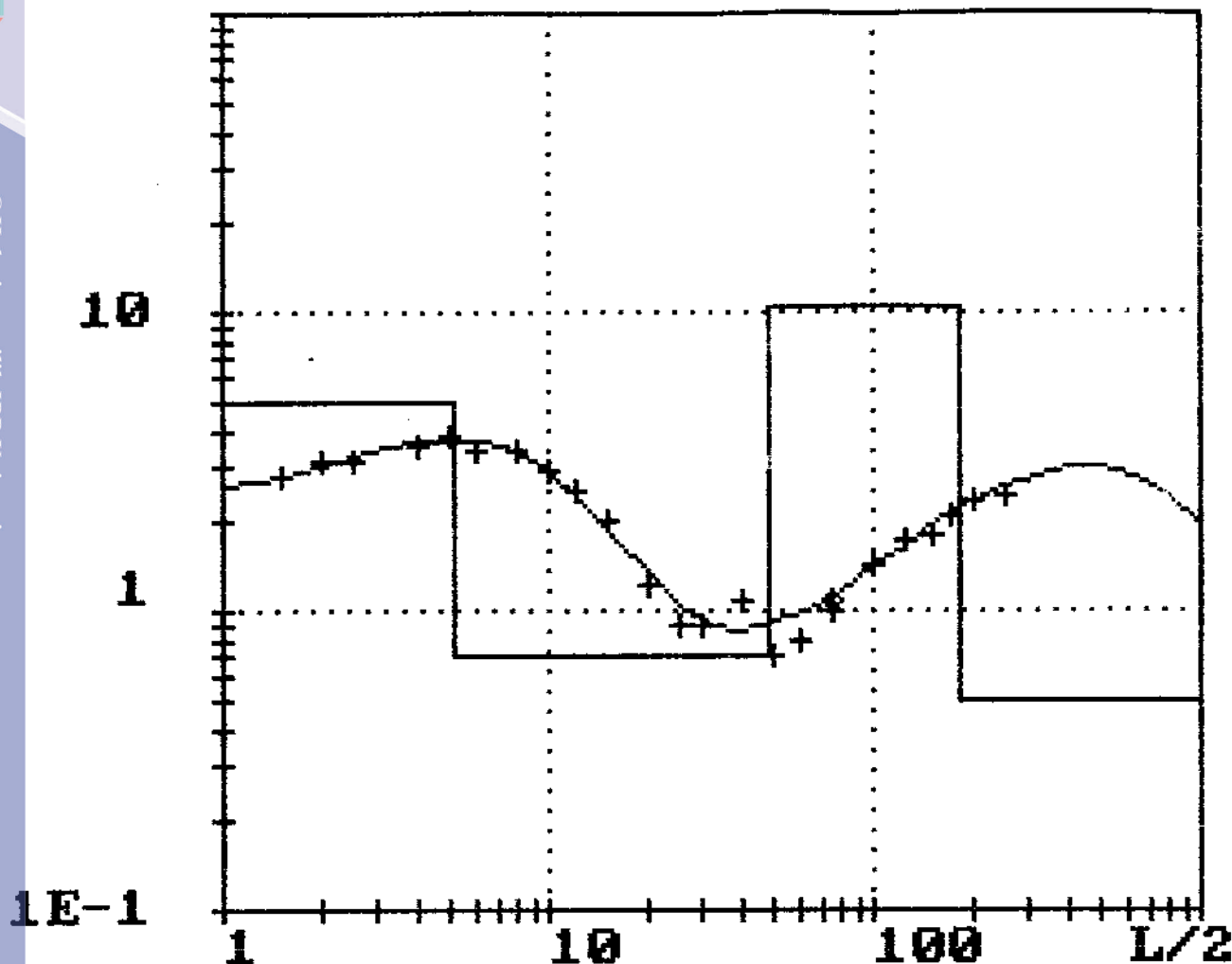
L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	18.4	12.0	6.4	60.0	1.3
2.0	14.6	15.0	4.1	75.0	1.9
2.5	13.4	20.0	4.3	100.0	2.3
4.0	13.9	25.0	3.4	125.0	4.2
5.0	12.1	30.0	3.0	150.0	4.3
6.0	9.9	40.0	2.9	175.0	5.8
8.0	8.1	50.0	1.9	200.0	8.3
10.0	7.4	60.0	1.5	250.0	8.7

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
16.3	2.8
5.2	15.7
0.6	34.8
184.0	

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 55. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng28

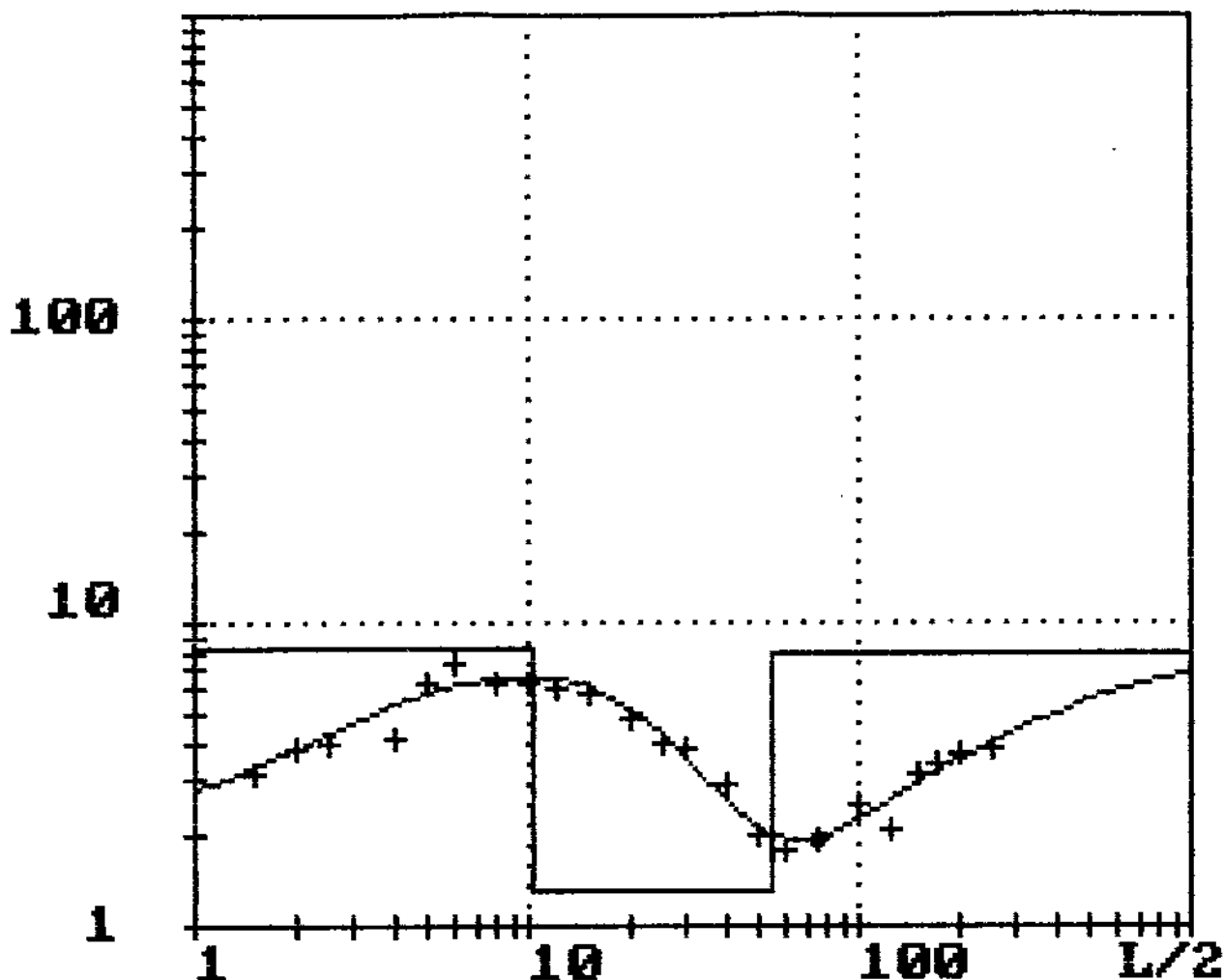
223



Data (File) name	Smrng28	Date	7-10-2003
Project name	Disertasi	Direction lay out	Barat-Timur
Code name	Gebangsari	Remarks	Perdesaan
Coordinates	6057'28,9"-110o27'57,8"	Schlumberger	O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	2.8	12.0	2.5	75.0	1.0
2.0	3.1	15.0	2.0	75.0	1.1
2.5	3.2	20.0	1.2	100.0	1.4
4.0	3.6	25.0	0.9	125.0	1.7
5.0	3.8	30.0	0.9	150.0	1.8
6.0	3.4	40.0	1.1	175.0	2.1
8.0	3.4	50.0	0.7	200.0	2.3
10.0	2.9	60.0	0.8	250.0	2.4

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
2.4	1.0
5.1	5.1
0.7	47.9
10.2	182.0
0.5	

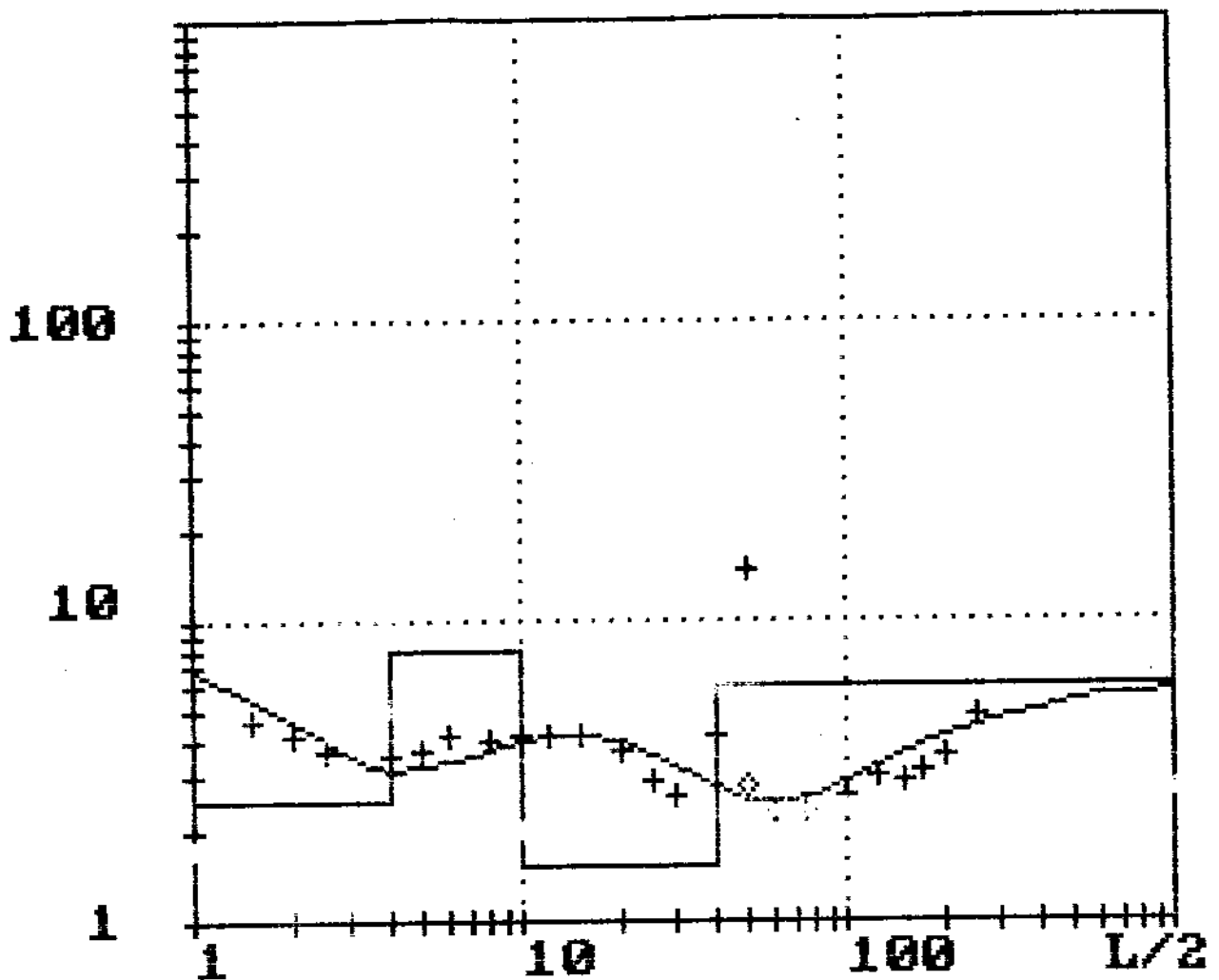


Data (File) name	Smrng29	Date	7-10-2003
Project name	Disertasi	Direction lay out	Utara-Selatan
Code name	Muktiharjo	Remarks	Rel KA
Coordinates	6058'30,1"-110o28'0,2"	Schlumberger	O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	3.1	12.0	6.0	75.0	1.9
2.0	3.8	15.0	5.9	75.0	1.9
2.5	4.0	20.0	4.9	100.0	2.5
4.0	4.1	25.0	4.0	125.0	2.1
5.0	6.4	30.0	3.8	150.0	3.1
6.0	7.3	40.0	2.9	175.0	3.4
8.0	6.3	50.0	2.0	200.0	3.7
10.0	6.4	60.0	1.8	250.0	3.8

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
2.5	0.9
8.4	10.3
1.3	54.9
7.9	

Lampiran 57. Interpretasi data geolistrik di titik Smrng30



Data (File) name	Smrng30	Date	7-10-2003
Project name	Disertasi	Direction lay out	Barat-Timur
Code name	Tlogomulyo	Remarks	Perkampungan
Coordinates	6°59'22,1"-110°28'36,7"	Schlumberger	O'Neill

L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)	L/2 (m)	Rho (Ohm.m)
1.5	4.7	12.0	4.1	60.0	2.3
2.0	4.2	15.0	4.1	75.0	2.3
2.5	3.7	20.0	3.7	100.0	2.6
4.0	3.6	25.0	2.9	125.0	3.0
5.0	3.7	30.0	2.6	150.0	2.9
6.0	4.1	40.0	4.2	175.0	3.2
8.0	3.9	50.0	14.6	200.0	3.6
10.0	4.1	50.0	2.8	250.0	4.9

Resistivity (Ohm.m)	Depth (m)
8.0	0.8
2.5	4.0
8.0	10.0
1.5	40.0
6.1	