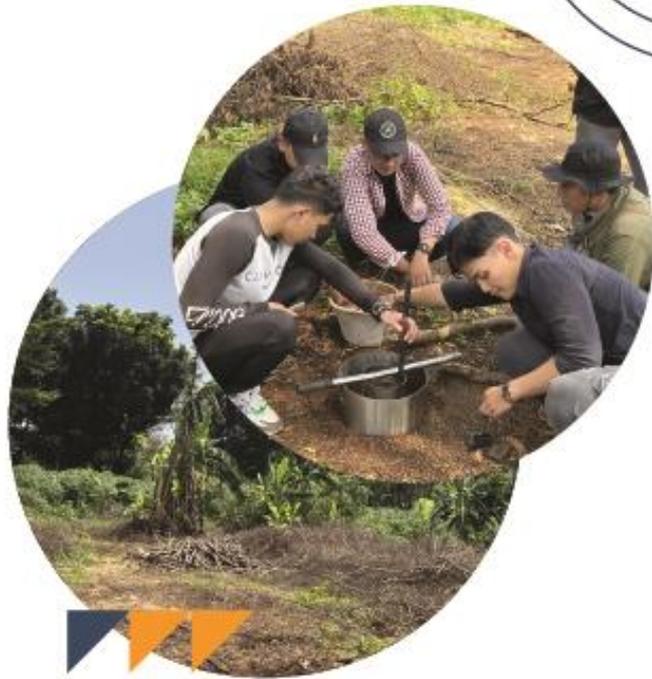




# KAJIAN HIDROLOGI

Pengembangan Perumahan Seluas 23,31 Ha  
Kecamatan Gunung Sindur, Bogor



## LAPORAN AKHIR

Dibuat Untuk Disampaikan Kepada Dinas  
Pekerjaan Umum Penataan Ruang  
Kabupaten Bogor



2024



## **KATA PENGANTAR**

Pembangunan berwawasan lingkungan sangatlah penting dilakukan, Pembangunan kawasan perumahan dilakukan untuk memenuhi kebutuhan manusia akan hunian yang sehat.

Kajian hidrologi dan hidrolika serta peil banjir ini dilaksanakan dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan yang telah diatur dalam peraturan dan perundang-undangan terkait pembangunan pengembangan suatu wilayah peruntukan penggunaan ruang, dimana hasil kajian beserta presentasi yang dilakukan akan disampaikan kepada Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Bogor.

Laporan Kajian ini, meliputi gambaran dan identifikasi dari kegiatan pembangunan berikut segala aspeknya, tinjauan geologi, analisis hidrologi serta rekomendasi.

Semoga Kajian Hidrologi yang telah disusun ini dapat bermanfaat, memenuhi harapan semua pihak yang terkait dan berkepentingan.

Bogor, Febuari 2024

**Penyusun**  
**Dimas Ardi Prasetya, ST.,MSi**  
**Ivone Wulandari Budiharto, SSi.,MSi**  
**Idham Ilyas Budi M**

## RINGKASAN EKSEKUTIF

Judul : Kajian Hidrologi Pengembangan Perumahan Seluas 23,31 Ha,  
Kecamatan Gunung Sindur, Bogor  
Lokasi : Desa Curug, Kecamatan Gunung Sindur, Kabupaten Bogor  
Penyusun : Dimas Ardi Prasetya, ST.,MSi  
Ivone Wulandari Budiharto, SSi.,MSi  
Idham Ilyas Budi M

### **Pendahuluan**

Laju pertumbuhan penduduk dan perekonomian yang cepat di Kabupaten Bogor memicu tuntutan peningkatan pembangunan di berbagai bidang, salah satunya di bidang perumahan. Semakin meningkatnya kebutuhan masyarakat akan tempat tinggal yang sehat, aman dan nyaman sehingga memerlukan perbaikan dan pembangunan sarana dan prasarana yang memadai sesuai dengan peraturan yang berlaku yaitu PERDA No. 11 Tahun 2016 Tentang Rencana Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Bogor.

Kegiatan pengembangan perumahan berencana akan melakukan pembangunan perumahan dengan area seluas 23,31 Ha yang berlokasi di Desa Curug, Kecamatan Gunung Sindur, Kabupaten Bogor. Pembangunan berwawasan lingkungan sangat penting dilakukan dalam pengembangan perumahan, khususnya dalam Kajian Hidrologi dilokasi rencana pembangunan tersebut.

### **Masterplan**

Kegiatan pembangunan perumahan berencana melakukan pembangunan perumahan pada area seluas 23,31 Ha. Rencana pengembangannya adalah sebagai berikut: wilayah studi yang digunakan sebagai wilayah kajian merupakan wilayah belum terbangun dan masih berbentuk kebun warga dan hutan bambu. *Masterplan* yang direncanakan dalam proses pemetaan dasar untuk penentuan presentase kavling efektif, sarana, serta prasarana & utilitas. Perencanaan pengembangan perumahan dengan kavling efektif sebesar 127.628 m<sup>2</sup>, luas sarana sebesar 38.309 m<sup>2</sup>, luas prasarana dan utilitas sebesar 67.063 m<sup>2</sup>. Luas Koefisien Dasar Bangunan perencanaan sebesar 60 %.

### Kondisi Existing

Berdasarkan Badan Pusat Statistik 2023, Kecamatan Gunung Sindur memiliki rata-rata curah hujan bulanan adalah 413,1 mm dengan curah hujan maksimum bulanan adalah 863 mm. Rata-rata hari hujan tiap bulan sebesar 15,1 hari. Suhu dan kelembaban udara di lokasi penelitian di perkirakan sama dengan Kabupaten Bogor. Berdasarkan stasiun pengamatan di Citeko, Kabupaten Bogor, suhu udara berkisar rata-rata 19<sup>o</sup> C sampai 28<sup>o</sup> C dengan kelembaban udara 70%. Kelembaban relatif (RH) berkisar 73-93 % dengan kelembaban maksimum pada bulan Februari dan kelembaban minimum pada bulan September.

Kondisi penutupan lahan pada area merupakan kondisi tanah yang memiliki kontur bervariasi seperti tanah datar dan lereng yang cukup curam di dekat badan air. Pemanfaatan tanah di area proyek pada awalnya berupa tegalan dan kebun warga yang berbatasan dengan pemukiman yang berada di sebelah barat, daerah bersemak bambu yang berada di sebelah selatan dan di sebelah timur berbatasan dengan sungai Angke. Kegiatan pembangunan perumahan akan melakukan pengembangan lahan sebesar 23,31 Ha yang diperuntukkan sebagai perumahan. Akses menuju wilayah terdiri dari kondisi Desa Curug dengan lebar rata-rata 6 m. Sedangkan pada wilayah kajian terdapat akses jalan dengan lebar rata-rata 3 m. Koordinat lokasi perencanaan pembangunan perumahan terletak pada 6<sup>o</sup> 23' 9" LS dan 106<sup>o</sup> 43' 17" BT.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik tahun 2023, Kecamatan Gunung Sindur merupakan salah satu Kecamatan di wilayah Kabupaten Bogor dengan luas wilayah 48,81 km<sup>2</sup>. Ketinggian wilayah sebagian besar di Kecamatan Gunung Sindur adalah antara 0-106 mdpl. Kecamatan Gunung Sindur berbatasan sebagai berikut:

- Sebelah Utara : Kota Tangerang Selatan
- Sebelah Selatan : Kecamatan Parung dan Ciseeng
- Sebelah Barat : Kecamatan Rumpin
- Sebelah Timur : Kecamatan Parung dan Kota Depok

Lokasi proyek Perumahan terletak pada 6<sup>o</sup> 23' 9" LS dan 106<sup>o</sup> 43' 17" BT Secara umum gambaran lokasi proyek berada pada batas sebagai berikut:

- Sebelah Utara : Desa Rawakalong, Kecamatan Gunung Sindur, Kabupaten Bogor. Berbatasan dengan daerah tegalan berupa semak belukar dan pepohonan yang cukup rimbun
- Sebelah Selatan : Desa Curug, Kecamatan Gunung Sindur, Kabupaten Bogor. Berbatasan dengan daerah tegalan bersemak bambu, semak belukar dan jalan desa

**Kajian Hidrologi Pengembangan Perumahan Lahan 23,31 Ha , Kecamatan Gunung Sindur, Bogor**

- Sebelah Barat : Desa Curug, Kecamatan Gunung Sindur, Kabupaten Bogor. Berbatasan dengan pemukiman warga dan jalan desa
- Sebelah Timur : Kecamatan Sawangan, Kota Depok. Berbatasan dengan Sungai Angke dan tegalan bersemak berupa kebun timun suri dan bambu yang cukup rimbun

Topografi Kecamatan Gunung Sindur terdiri dari wilayah dataran hingga perbukitan. Ketinggian lokasi kajian bervariasi mulai dari elevasi terendah pada elv. 56,719 meter dan elv tertinggi pada elv. 86,337 meter mdpl. Terdapat sebanyak 1 (satu) Daerah Aliran Sungai (DAS) yaitu DAS Angke. Sungai-sungai pada DAS tersebut mempunyai peranan yang sangat penting dan strategis sebagai sumber air dan irigasi dan sumber air. Lokasi kajian pada kondisi eksisting memiliki jarak cukup dekat dari badan air (sungai) yaitu 2-3 meter untuk jarak yang paling dekat.

Lokasi kajian memiliki kelas kelerengan yang terbagi atas 5 kelas lereng yaitu antara 0 % sampai dengan 74,02 %. Lahan didominasi oleh *slope* dengan kelas 4,06 – 11,61 %, sementara itu kelas lereng dengan luasan terendah yaitu kelas 33,67 – 74,02 %. Menurut SNI 03-1733-2004 kemiringan lereng kawasan permukiman maksimal 15%. Tidak diperlukan tindakan rekayasa untuk kawasan yang terletak pada lahan datar landai dengan kemiringan 0-8%, dan diperlukan rekayasa teknis untuk lahan dengan kemiringan 8-15%. Sehingga diketahui bahwa sebagian besar wilayah tepat dijadikan kawasan perumahan. Pada wilayah studi merupakan wilayah yang dikelilingi Sungai Angke yang memiliki lebar hampir seragam yaitu berkisar 7 – 9 meter dan kedalaman muka air normal berkisar 1,8 – 2,5 meter.

Struktur geologi di daerah lembar Bogor berupa sesar, lipatan, kelurusan, maupun kekar dijumpai pada batuan berumur Oligosen – Pliosen sampai Kuartar. Tektonik yang terjadi pada akhir Miosen Akhir menghasilkan dua pola struktur berbeda yaitu pengangkatan kemudian diikuti oleh terobosan batuan andesit. Tektonik yang terjadi akhir Miosen Akhir menghasilkan dua pola struktur yang berbeda yaitu pengangkatan yang kemudian diikuti oleh terobosan batuan andesit. Berdasarkan cakupan peta geologi tersusun atas kode Tpss yang menunjukkan bahwa kondisi batuan merupakan perselingan konglomerat, batu pasir, batu lanau, dan batu lempung dengan sisa tanaman, konglomerat, batu apung dan tuf batu apung. Struktur geologi merupakan Formasi Serpong yang menunjukkan adanya lempung, lanau, pasir, kerikil, kerakal dan bongkah yang berkode Qa serta kode Qav yang menunjukkan isi terdiri dari tuf halus berlapis, tuf pasiran, berselingan dengan tuf konglomerat. Berdasarkan kajian, terdapat dua jenis yaitu kipas alluvium (Qav) dan alluvium (Qa).

## **DAFTAR ISI**

DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Perumusan Masalah	2
1.2. Maksud dan Tujuan	2
1.3. Manfaat	3
BAB II. GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN	4
2.1. Master Plan	4
2.2. Lokasi Proyek	4
2.3. Iklim	6
2.4. Kondisi Penutupan Lahan	6
2.5. Topografi dan Kemiringan Lahan ( <i>Slope</i> )	8
2.6. Hidrologi Existing	11
2.7. Tanah	12
BAB III. TINJAUAN GEOLOGI DAN HIDROGEOLOGI	15
3.1. Fisiografi Lembar Bogor	15
3.1.1. Batuan Sedimen (Bagian selatan)	15
3.1.2. Batuan Sedimen (Bagian Utara)	17
3.1.3. Endapan Permukaan	19
3.2. Tektonik dan Struktur Geologi	20
3.3. Kerawanan Geologi	21
3.4. Kondisi Daerah Berpotensi Bencana	22
3.5. Jejaring Aliran ( <i>Flownet</i> ) dan Hidrogeologi	24
3.6. Pengolahan data Hidrologi	33
BAB IV. ANALISIS HIDROLOGI	40
4.1. Kondisi Existing Sungai	40
4.2. Profil Sungai dan Saluran	41
4.3. Analisis Infiltrasi	44
4.4. Analisis Curah Hujan	52
4.4.1. Intensitas Hujan	54
4.4.2. Debit dan Volume Limpasan	56
BAB V. ANALISIS PEIL BANJIR	58
5.1. Drainase dan Bangunan Konservasi	58
5.1.1. Saluran Drainase	58

<b>Kajian Hidrologi Pengembangan Perumahan Lahan 23,31 Ha , Kecamatan Gunung Sindur,</b>	
	<b>Bogor</b>
5.1.2. Kolam Retensi	63
5.2. Skema Pengaliran Drainase	65
5.3. Skema <i>Cut and Fill</i>	70
5.4. Rancangan Peil Banjir	72
BAB VI. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	82
6.1. Kesimpulan	82
6.2. Rekomendasi	86
DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN	91

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Syarat penggunaan jenis sebaran.....	35
Tabel 2 Nilai koefisien limpasan metode rasional .....	36
Tabel 3 Koefisien kekasaran manning.....	37
Tabel 4 Tinggi jagaan drainase pasang batu dan dari tanah.....	38
Tabel 5 Unsur geometris penampang saluran persegi dan trapesium.....	39
Tabel 6 Hubungan antara nilai Q, h, dan b/h untuk saluran drainase .....	39
Tabel 7 Hasil perhitungan debit sungai pada wilayah kajian.....	44
Tabel 8 Data hasil pengukuran laju infiltrasi titik 1 .....	48
Tabel 9 Data hasil pengukuran laju infiltrasi titik 2 .....	48
Tabel 10 Data hasil pengukuran laju infiltrasi titik 3 .....	49
Tabel 11 Hasil pengolahan data infiltrasi titik 1.....	49
Tabel 12 Hasil pengolahan data infiltrasi titik 2.....	49
Tabel 13 Hasil pengolahan data infiltrasi titik 3.....	50
Tabel 14 Curah Hujan Tahunan Maksimum.....	52
Tabel 15 Hasil perhitungan koefisien Ck, Cs, dan Cv .....	53
Tabel 16 Hasil Analisis Distribusi Curah Hujan Metode Gumbel .....	53
Tabel 17 Intensitas Hujan.....	54
Tabel 18 Hasil perhitungan koefisien limpasan kumulatif (Cr) .....	57
Tabel 19 Debit dan Volume Limpasan.....	57
Tabel 20 Bentuk Penampang Saluran Drainase.....	59
Tabel 21 Hasil perhitungan dimensi kolam retensi .....	64
Tabel 22 Hasil perhitungan volume <i>cut and fill</i> pada lokasi kajian.....	72
Tabel 23 Hasil perhitungan peil banjir pada lokasi kajian .....	73

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Peta citra kegiatan pembangunan perumahan .....	5
Gambar 2 Master plan kegiatan pembangunan perumahan.....	6
Gambar 3 Kondisi lahan pada lokasi perencanaan.....	8
Gambar 4 Topografi wilayah pengembangan.....	9
Gambar 5 Kelerengan lahan wilayah kajian .....	10
Gambar 6 Peta kontur wilayah kajian.....	10
Gambar 7 Sungai pada wilayah kajian.....	12
Gambar 8 Peta Geologi Wilayah Pengembangan.....	21
Gambar 9 Jenis – Jenis Longsor .....	24
Gambar 10 Zona Akuifer .....	28
Gambar 11 Peta hidrogeologi permukaan .....	29

**Kajian Hidrologi Pengembangan Perumahan Lahan 23,31 Ha , Kecamatan Gunung Sindur,  
Bogor**

Gambar 12	Gambaran Kondisi Akuifer .....	31
Gambar 13	Gambaran Umum Jejaring Aliran .....	32
Gambar 14	Pola jejaring aliran ( <i>flownet</i> ) 2D.....	33
Gambar 15	Kondisi Sungai Pada Lokasi Kajian.....	41
Gambar 16	Penampang melintang Sungai Angke bagian Hulu.....	42
Gambar 17	Penampang melintang Sungai Angke bagian Tengah .....	42
Gambar 18	Penampang melintang Sungai Angke bagian Hilir .....	42
Gambar 19	Pengukuran kecepatan aliran sungai .....	43
Gambar 20	Pengukuran laju infiltrasi titik 1 .....	45
Gambar 21	Pengukuran laju infiltrasi titik 2 .....	46
Gambar 22	Pengukuran laju infiltrasi titik 3 .....	47
Gambar 23	Grafik laju infiltrasi titik 1.....	51
Gambar 24	Grafik laju infiltrasi titik 2.....	51
Gambar 25	Grafik laju infiltrasi titik 3.....	52
Gambar 26	Curah Hujan Rancangan Metode Gumbel .....	54
Gambar 27	Grafik Intensitas Hujan (mm/jam).....	55
Gambar 28	Blok plan pembagian DTA.....	56
Gambar 29	Bentuk Penampang Saluran Drainase .....	58
Gambar 30	Penampang melintang drainase primer pada DTA 1 .....	61
Gambar 31	Penampang melintang drainase sekunder pada DTA 1 .....	61
Gambar 32	Penampang melintang drainase primer pada DTA 2 dan DTA 3 .....	62
Gambar 33	Penampang melintang drainase sekunder pada DTA 2 dan DTA 3 .....	62
Gambar 34	Contoh Detail Penampang Drainase Lingkungan Bentuk Segi Empat...63	
Gambar 35	Rencana Kolam Retensi DTA 1.....	65
Gambar 36	Rencana Kolam Retensi DTA 2.....	65
Gambar 37	Rencana Kolam Retensi DTA 3.....	65
Gambar 38	Skema Pengaliran Drainase pada DTA 1 .....	67
Gambar 39	Skema Pengaliran Drainase pada DTA 2 .....	67
Gambar 40	Skema Pengaliran Drainase pada DTA 3 .....	68
Gambar 32	Skema Pengaliran Drainase pada siteplan DTA 1, DTA 2 dan DTA 3....69	
Gambar 42	Pemodelan Modifikasi Elevasi pada Lokasi Kajian .....	71
Gambar 43	Pemodelan Muka Air Banjir 0,5 m .....	74
Gambar 44	Pemodelan Muka Air Banjir 1,0 m .....	75
Gambar 45	Pemodelan Muka Air Banjir 1,5 m .....	76
Gambar 46	Pemodelan Muka Air Banjir 2,0 m .....	77
Gambar 47	Pemodelan Muka Air Banjir 2,5 m .....	78
Gambar 48	Pemetaan Banjir 0,5 m pada Lokasi Kajian .....	79
Gambar 49	Pemetaan Banjir 1,0 m pada Lokasi Kajian .....	79

**Kajian Hidrologi Pengembangan Perumahan Lahan 23,31 Ha , Kecamatan Gunung Sindur,  
Bogor**

Gambar 50 Pemetaan Banjir 1,5 m pada Lokasi Kajian .....	80
Gambar 51 Pemetaan Banjir 2,0 m pada Lokasi Kajian .....	80
Gambar 52 Rancangan Desain Peil Banjir pada Lokasi Kajian.....	81

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Peta topografi wilayah pengembangan .....	92
Lampiran 2. Peta kelerengan lahan wilayah kajian.....	93
Lampiran 3. Peta kontur wilayah kajian .....	94
Lampiran 4. Peta Geologi Wilayah Kajian .....	95
Lampiran 5. Peta Hidrogeologi Permukaan .....	96
Lampiran 6. Pola Jejaring Aliran (Flownet) 2D .....	97
Lampiran 7. Gambaran Kondisi Aliran Sungai Eksisting.....	98
Lampiran 8. Gambaran Lahan Eksisting .....	100
Lampiran 9 Pengukuran Lapangan.....	103
Lampiran 10 Blok Plan Pembagian DTA.....	111
Lampiran 11 Skema Pengaliran Drainase .....	112
Lampiran 12 Pemodelan Modifikasi Elevasi pada Lokasi Kajian.....	113
Lampiran 13 Pemodelan Muka Air Banjir.....	114
Lampiran 13 Pemetaan Banjir .....	119
Lampiran 15 Rancangan Desain Peil Banjir .....	123

## BAB I. PENDAHULUAN

Laju pertumbuhan penduduk dan perekonomian yang cepat di Kabupaten Bogor memicu tuntutan peningkatan pembangunan di berbagai bidang, salah satunya di bidang perumahan. Semakin meningkatnya kebutuhan masyarakat akan tempat tinggal yang sehat, aman dan nyaman sehingga memerlukan perbaikan dan pembangunan sarana dan prasarana yang memadai sesuai dengan peraturan yang berlaku yaitu PERDA No. 11 Tahun 2016 Tentang Rencana Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Bogor.

Hidrologi dikategorikan secara khusus mempelajari kejadian air di daratan/bumi, deskripsi pengaruh sifat daratan terhadap air, pengaruh fisik air terhadap daratan dan mempelajari hubungan air dengan kehidupan. Mempelajari hidrologi secara umum pasti tidak akan pernah lepas dari siklus hidrologi, yaitu peredaran air di bumi baik itu di atmosfer, di permukaan bumi dan di bawah permukaan bumi. Selama siklus tersebut air dapat berubah wujudnya yaitu padat, cair maupun gas tergantung dari kondisi lingkungan siklus hidrologi. Jumlah air dalam siklus hidrologi selalu tetap dan hanya berubah distribusinya saja dari waktu ke waktu akibat adanya pengaruh dari faktor tertentu. Pada siklus hidrologi air menguap dari permukaan bumi sebagai akibat energi panas matahari. Air yang menguap tersebut akan kembali sebagai presipitasi yang jatuh di samudra, di darat, dan ada pula sebagian yang menguap kembali sebelum mencapai permukaan bumi. Presipitasi yang jatuh pada area daratan sebagian akan menjadi limpasan dan mengalir menuju sungai, danau, dan laut melalui saluran-saluran.

Air sebagai salah satu sumber kehidupan tidak dapat ditinggalkan di dalam kehidupan sehari-hari. Manusia sebagai makhluk hidup tidak pernah lepas dari air. Air sudah menjadi kebutuhan pokok bagi manusia dalam kehidupannya. Air sebagai sumber daya dalam yang dapat diperbaharui, bukan berarti tidak memiliki keterbatasan dalam memenuhi kebutuhan manusia, baik dari sisi kuantitas maupun kualitasnya serta penyebaran dari suatu waktu dan lokasi. Oleh karena itu, dengan keterbatasan sumberdaya air ini perlu pengelolaan yang cermat, agar kebutuhan air dapat terpenuhi dan terjamin dari waktu ke waktu. Permasalahannya saat ini adalah sumber daya air relatif tetap karena proses pemulihan air memerlukan waktu yang cukup panjang, sementara manusia semakin banyak jumlahnya, sehingga kebutuhan air semakin meningkat.

Sejalan dengan pertumbuhan dan pembangunan suatu wilayah diikuti pula dengan peningkatan jumlah penduduk dan kebutuhan sarana pemukiman. Keterbatasan luas dan wilayah lahan pemukiman yang ada mendesak untuk digunakannya lahan pertanian dan lahan hijau sebagai wilayah pemukiman. Padahal perubahan tata guna lahan pada suatu daerah tangkapan air akan sangat

mempengaruhi aspek hidrologi. Perubahan karakteristik hidrologi akibat perubahan tata guna lahan antara lain adalah erosi, debit banjir, dan infiltrasi. Perubahan penggunaan lahan pertanian dan lahan hijau menjadi pemukiman berdasarkan kaidah yang diatur dan tetap harus dapat menjamin kelestarian lingkungan. Dengan demikian, perlu dilakukan kajian hidrologi terhadap perubahan penggunaan lahan pertanian dan lahan hijau menjadi pemukiman di area kajian

### **1.1. Perumusan Masalah**

1. Seberapa besarkah perubahan hidrologi (*run off*, debit banjir) akibat perubahan penggunaan lahan pertanian menjadi area perumahan (pemukiman)
2. Upaya-upaya konservasi apa yang harus dilakukan agar kelestarian lingkungan tetap terpelihara apabila perubahan tata guna lahan.

### **1.2. Maksud dan Tujuan**

Maksud dari kegiatan Kajian Hidrologi terhadap Perubahan Penggunaan Lahan terbuka menjadi Perumahan adalah sebagai:

- a. Acuan bagi pihak-pihak yang terkait dalam mendukung master plan dan rencana ruang di Perumahan yang akan dibangun.
- b. Memberikan masukan dalam penyusunan program yang perlu dilaksanakan dalam rangka mengembalikan siklus hidrologi pada areal perubahan tata guna lahan pertanian menjadi pemukiman.
- c. Melaksanakan ketentuan perundang-undangan yang berlaku PERDA No. 11 Kabupaten Bogor Tahun 2016 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Bogor sebagai wujud upaya konservasi dan pelestarian sumber daya air dan lingkungan hidup.

Tujuan dari kegiatan ini adalah:

- a. Mengidentifikasi rencana kegiatan untuk memelihara dan menjaga keseimbangan siklus hidrologi pada perubahan tata guna lahan hijau menjadi pemukiman, sehingga keandalan sumber-sumber air secara kuantitas airnya dapat terkendali.
- b. Mengetahui secara keruangan dan kelingkungan mengenai potensi yang dapat dikembangkan dan masalah daerah tangkapan air yang harus ditangani akibat perubahan tata guna lahan yang meliputi: Penataan Drainase dan Bangunan Air.

### **1.3. Manfaat**

Manfaat dari kegiatan Kajian Hidrologi terhadap Perubahan Penggunaan Lahan Hijau menjadi Perumahan adalah tersusunnya dokumen pengendalian sumberdaya air dan lingkungan hidup di wilayah lahan hijau pada area perumahan.

## BAB II. GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN

### 2.1. Master Plan

Gambaran umum wilayah pembangunan saat ini berupa lahan terbuka berupa kebun warga, rerumputan dan hutan bambu. Jenis tanaman yang paling banyak ditemui adalah singkong, timun suri, pisang, karet, rerumputan dan hutan bambu. Akses jalan untuk menuju wilayah kajian berupa jalan desa dengan rata-rata lebar 6 m berupa jalan beton, sedangkan pada wilayah kajian terdapat jalan untuk menuju perumahan yaitu dominan jalan beton dengan lebar rata-rata 3 m. Wilayah kajian dilewati oleh Sungai Angke. Rencana kawasan pembangunan merupakan kawasan yang didominasi lahan curam berupa lereng di dekat badan air sehingga diperlukan *cut and fill* untuk menyamakan elevasi.

Perencanaan pembangunan perumahan pada area seluas area seluas 23,31 Ha yang berlokasi di Desa Curug, Kecamatan Gunung Sindur, Kabupaten Bogor. Pembangunan perumahan memiliki tata guna lahan kavling efektif (12,7 Ha), sarana (3,8 Ha), dan prasarana & utilitas (6,7 Ha). Koefisien Dasar Bangunan (KDB) diperkirakan sebesar wilayah terbangun sebesar 60% dari total luas seluruhnya. Pembangunan berwawasan lingkungan sangatlah penting dilakukan, sehingga perlu adanya Kajian Hidrologi pada lokasi rencana pembangunan perumahan tersebut.

### 2.2. Lokasi Proyek

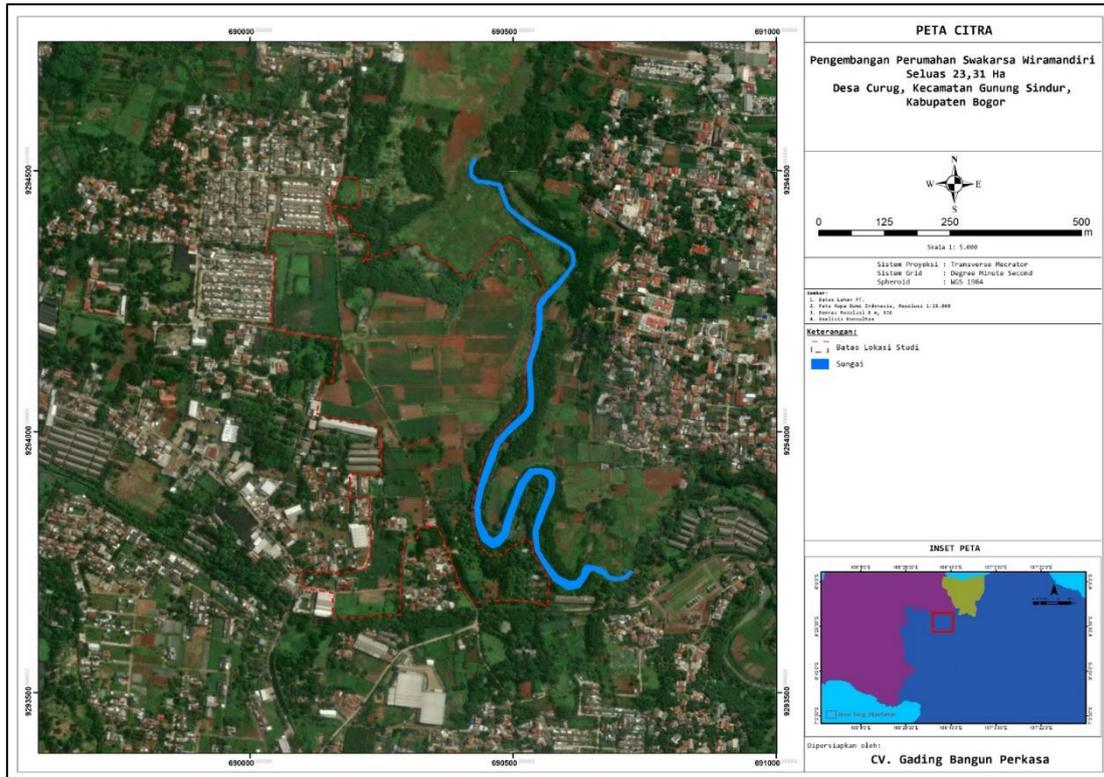
Kecamatan Gunung Sindur terletak di 6°23'05.12" Lintang Selatan dan 106°40'49.51" Bujur Timur disajikan pada Gambar 1. Secara administratif Kecamatan Gunung Sindur terdiri dari 8 Kelurahan atau desa, yaitu: Jampang, Cibinong, Padurean, Rawakalong, Cibadung, Cidokom, Curug dan Pengasinan. Lokasi keberadaan proyek terletak di Desa Curug tepatnya pada koordinat 6° 23' 9" LS dan 106° 43' 17" BT. Luas area proyek 23,31 Ha dengan kawasan terbangun adalah 12,7 Ha membentang keseluruhan dari selatan ke utara Desa Curug, Kecamatan Gunung Sindur, Kabupaten Bogor sebagai zona pemukiman dengan kepadatan tinggi dan rawan banjir.

Master plan proyek ditunjukkan pada Gambar 2. Lokasi proyek Perumahan terletak pada 6° 23' 9" LS dan 106° 43' 17" BT. Secara umum gambaran lokasi proyek berada pada batas sebagai berikut:

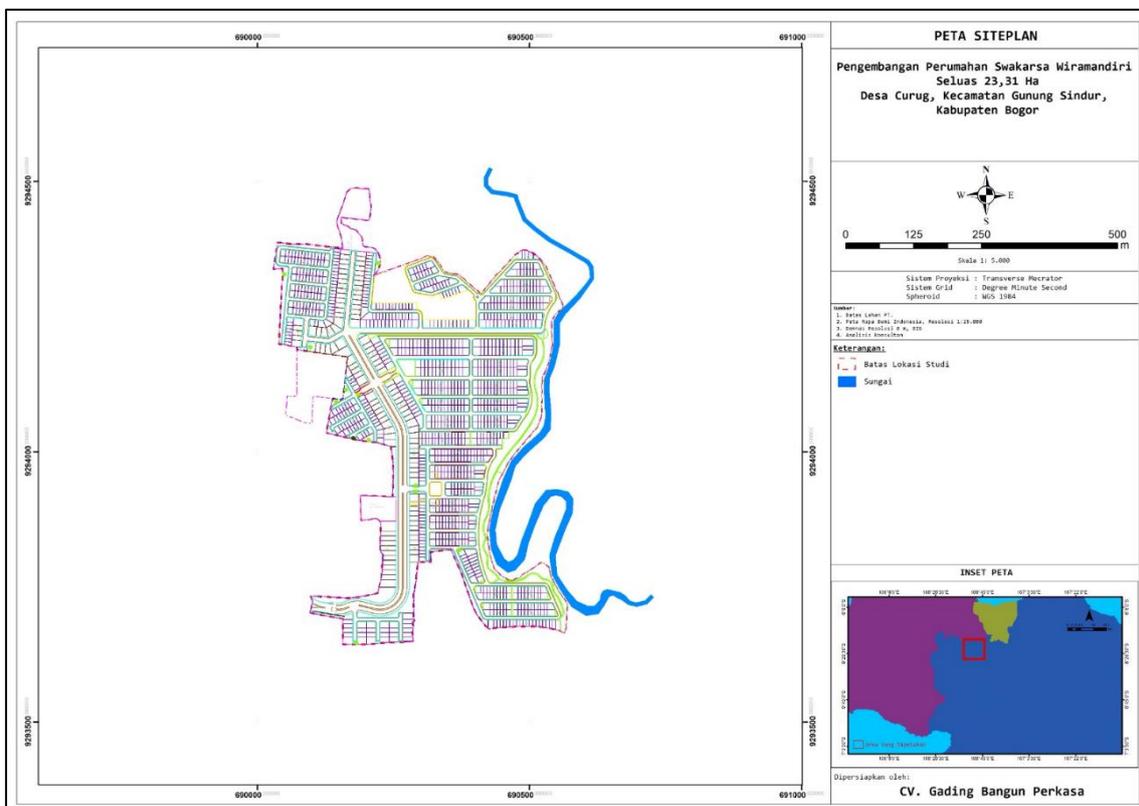
- Sebelah Utara : Desa Rawakalong, Kecamatan Gunung Sindur, Kabupaten Bogor
- Sebelah Selatan : Desa Curug, Kecamatan Gunung Sindur, Kabupaten Bogor
- Sebelah Barat : Desa Curug, Kecamatan Gunung Sindur, Kabupaten Bogor

# KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA

Sebelah Timur : Kecamatan Sawangan, Kota Depok



Gambar 1 Peta citra kegiatan pembangunan perumahan



Gambar 2 Master plan kegiatan pembangunan perumahan

### **2.3. Iklim**

Kecamatan Gunung Sindur memiliki rata-rata curah hujan bulanan adalah 413,1 mm dengan curah hujan maksimum bulanan adalah 863 mm. Rata-rata hari hujan tiap bulan sebesar 15,1 hari. Curah hujan tertinggi pada Bulan Oktober yaitu sebesar 863 mm. Suhu dan kelembaban udara di lokasi penelitian di perkirakan sama dengan Kabupaten Bogor. Suhu dan kelembaban udara di lokasi penelitian di perkirakan sama dengan Kabupaten Bogor. Berdasarkan stasiun pengamatan di Citeko, Kabupaten Bogor, suhu udara berkisar rata-rata 19<sup>o</sup> C sampai 28<sup>o</sup> C dengan kelembaban udara 70%. Kelembaban relatif (RH) berkisar 73-93 % dengan kelembaban maksimum pada bulan Februari dan kelembaban minimum pada bulan September.

### **2.4. Kondisi Penutupan Lahan**

Kondisi penutupan lahan pada area merupakan kondisi tanah yang memiliki kontur bervariasi seperti tanah datar dan lereng yang cukup curam di dekat badan air. Pemanfaatan tanah di area proyek pada awalnya berupa tegalan dan kebun warga yang berbatasan dengan pemukiman yang berada di sebelah barat. Jenis tanaman yang paling banyak ditemui adalah singkong, timun suri, pisang, karet, rerumputan dan daerah bersemak bambu yang berada di sebelah selatan dan di sebelah timur berbatasan dengan sungai Angke. Akses menuju wilayah terdiri dari kondisi Desa Curug dengan lebar rata-rata 6 m. Sedangkan pada wilayah kajian terdapat akses jalan dengan lebar rata-rata 3 m. Pada beberapa jalan tidak terdapat saluran drainase di samping jalan. Pada saat ini kondisi eksisting merupakan kebun warga yang dikelilinginya dibatasi oleh hutan bambu dan akan dilakukan pembangunan *masterplan* perumahan.

# KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA





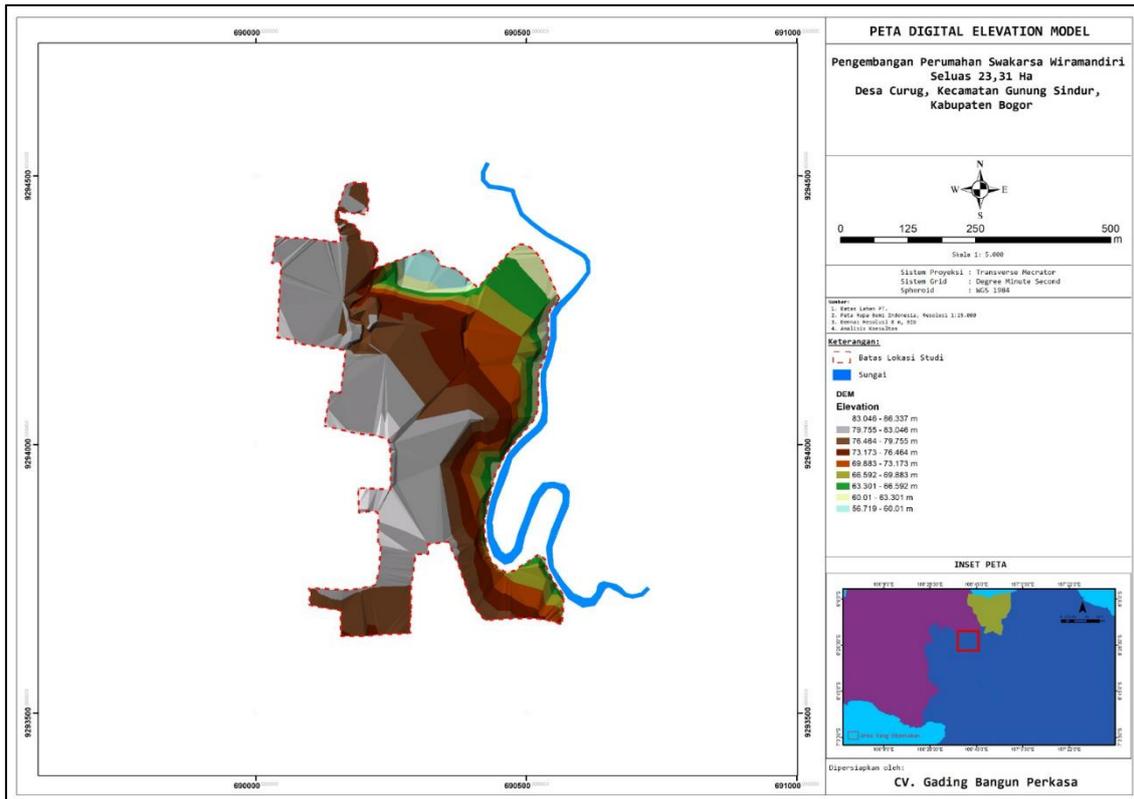
Gambar 3 Kondisi lahan pada lokasi perencanaan

Pada wilayah eksisting terdapat aliran Sungai yang melintas yaitu Sungai Angke. Sungai Angke memiliki lebar hampir seragam yaitu berkisar 7 – 9 meter dengan kedalaman muka air normal berkisar antara 1,8 – 2,5 meter. Karakteristik lahan kajian memiliki jenis tanah yang paling dominan adalah lempung berpasir dengan tuf halus berlapis. Gambar penutupan lahan tersaji pada Gambar 3. Kondisi penutupan lahan eksisting yang merupakan lahan terbuka merupakan daerah resapan air yang baik. Kondisi lahan eksisting belum adanya kegiatan *cut and fill* untuk meratakan elevasi, tetapi mempunyai akses jalan utama untuk persiapan proses pembangunan. Kondisi eksisting belum adanya pembangunan bangunan perumahan hanya terdapat jalan akses yang diperkirakan untuk mempermudah mobilisasi material.

### 2.5. Topografi dan Kemiringan Lahan (*Slope*)

Kecamatan Gunung Sindur terletak di 6°23'05.12" Lintang Selatan dan 106°40'49.51" Bujur Timur. Topografi Kecamatan Gunung Sindur terdiri dari wilayah relatif datar dengan pemanfaatan sebagai lahan pertanian seperti pada Gambar 6. Ketinggian lokasi kajian bervariasi mulai dari elevasi terendah pada elv. 56,719 meter dan elv tertinggi pada elv. 86,337 meter mdpl. Dengan kemiringan lereng yang bervariasi, area pengembangan memerlukan modifikasi permukaan tanah tersebut dengan *cut and fill* namun kemiringan lereng tersebut juga tetap dimanfaatkan sebagai aliran air. Hal ini menyebabkan kebanyakan jalan di area ini dirancang mengikuti kontur dari hasil tutupan lahan didapatkan komposisi lahan hijau berupa kebun warga, padang rumput, hutan karet dan hutan bambu ditunjukkan pada Gambar 4. Modifikasi *slope* perlu dilakukan dengan *cut and fill* maupun dengan cara mendatangkan tanah urugan.

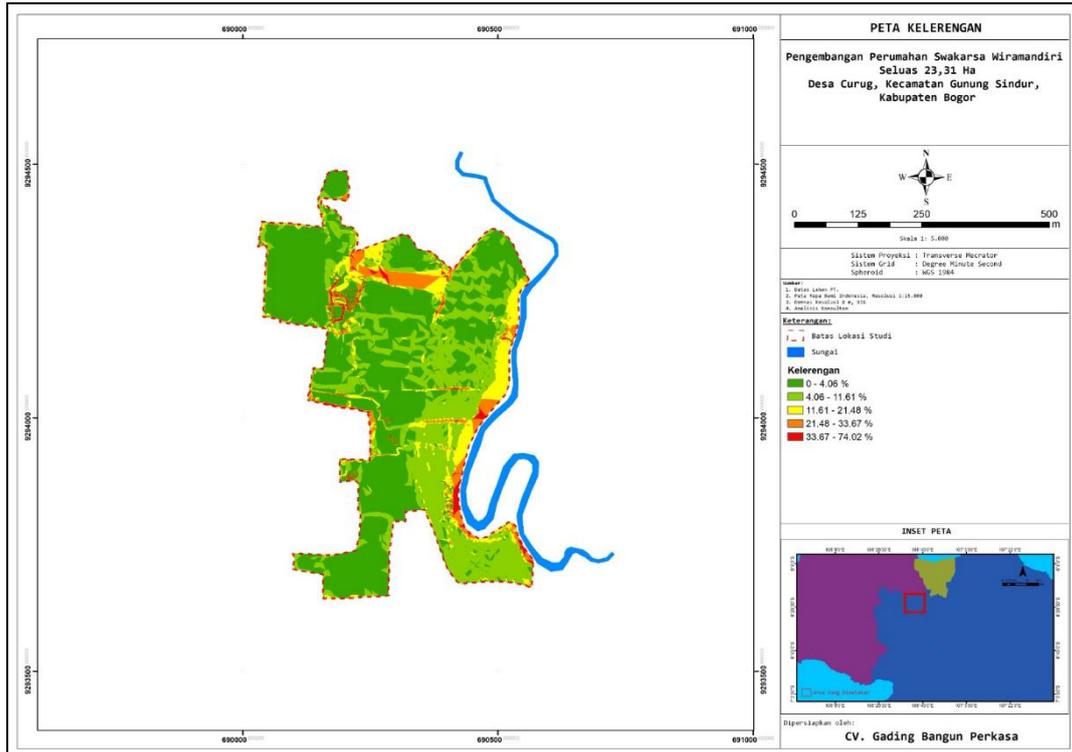
## KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA



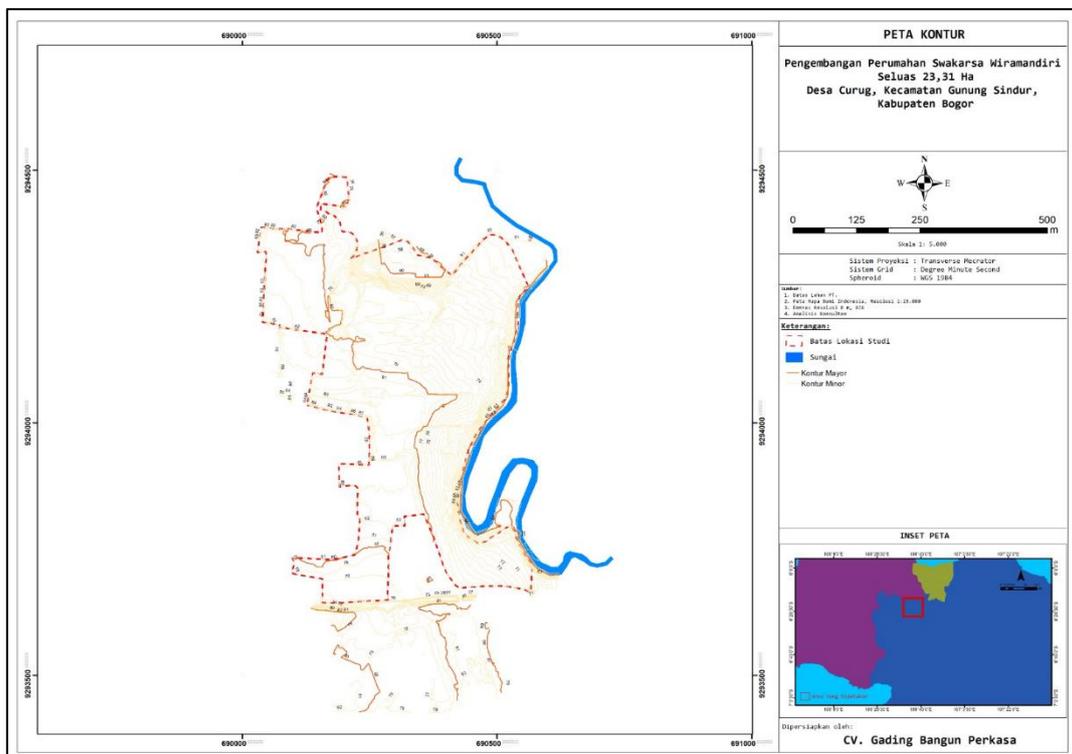
Gambar 4 Topografi wilayah pengembangan

Lokasi kajian memiliki kelas kelerengan yang terbagi atas 5 kelas lereng yaitu antara 0 % sampai dengan 74,02 %. Lahan didominasi oleh *slope* dengan kelas 4,06 – 11,61 %, sementara itu kelas lereng dengan luasan terendah yaitu kelas 33,67 – 74,02 %. Menurut SNI 03-1733-2004 kemiringan lereng kawasan permukiman maksimal 15%. Tidak diperlukan tindakan rekayasa untuk kawasan yang terletak pada lahan datar landai dengan kemiringan 0-8%, dan diperlukan rekayasa teknis untuk lahan dengan kemiringan 8-15%. Sehingga diketahui bahwa sebagian besar wilayah tepat dijadikan kawasan perumahan. Sementara, untuk wilayah dengan kelerengan yang curam dapat dilakukan rekayasa pembangunan dengan *cut and fill* terlebih dahulu. Kelerengan kawasan lokasi kajian dapat dilihat pada peta kelerengan pada Gambar 5.

# KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA



Gambar 5 Kelerengan lahan wilayah kajian



Gambar 6 Peta kontur wilayah kajian

## 2.6. Hidrologi Existing

Secara hidrologis wilayah Kabupaten Bogor terbagi menjadi 6 Daerah Aliran Sungai (DAS). Cakupan DAS terdiri dari DAS Cidurian, DAS Cimanceuri, DAS Cisadane, DAS Ciliwung, DAS Kali Bekasi, dan Sub DAS Cipamingkis dan DAS Cibeet. Disamping itu terdapat sistem jaringan irigasi pemerintah sebanyak 32 jaringan, sistem jaringan irigasi pedesaan sebanyak 792 jaringan. Terdapat situ sebanyak 93 dan mata air sebanyak 96. Pada kondisi eksisting wilayah kajian pengembangan dialiri Sungai Angke dengan debit dipengaruhi oleh kondisi iklim. Kondisi hidrologi air tanah didapatkan keterdapatannya air tanah berada pada kisaran 13-30 m dibawah muka tanah setempat.

Potensi air adalah kondisi sumberdaya air berdasarkan kuantitas dan kualitasnya dan setiap wilayah mempunyai potensi sumberdaya air yang berbeda-beda. Curah hujan, kondisi geologi, dan lingkungan merupakan hal yang mempunyai peran terhadap potensi sumberdaya air di suatu wilayah. Daerah kajian merupakan wilayah yang secara geologi tersusun oleh perselingan batu pasir dan batu lanau. Perselingan batu pasir dan batu lanau mengindikasikan adanya perubahan aliran cepat yang disebabkan oleh turbulensi. Penyebaran air tanah di bawah permukaan secara lateral dan vertikal litologi akuifer yang menyangkut ketebalan dan kedalaman akuifer tersebut dikenali setelah dilakukan kajian terhadap data hasil pendugaan geolistrik. Berdasarkan cara terdapatnya, air tanah yang dijumpai di daerah penyelidikan dibedakan menjadi air tanah tidak tertekan dan air tanah tertekan.



Gambar 7 Sungai pada wilayah kajian

Sungai-sungai yang berada di Kecamatan Gunung Sindur posisinya membentang, mengalir dari daerah selatan ke utara dan terdapat sebanyak 1 (satu) Daerah Aliran Sungai (DAS) yaitu DAS Cisadane. Sungai-sungai pada DAS tersebut mempunyai peranan yang sangat penting dan strategis sebagai sumber air dan irigasi dan sumber air. Pada wilayah studi merupakan wilayah yang dikelilingi aliran Sungai Angke yang memiliki lebar hampir seragam yaitu berkisar 7 – 9 meter dan kedalaman muka air normal berkisar 1,8 – 2,5 meter seperti pada Gambar 7. Pada kondisi eksisting hanya terdapat tata guna lahan kebun warga (lahan pertanian). Selain itu pada kondisi eksisting terdapat hutan bambu yang terdapat di dekat badan air (Sungai Angke) dengan kontur yang cukup curam yang mengelilingi di sekitar lokasi kajian.

## 2.7. Tanah

Kabupaten Bogor khususnya Kecamatan Gunung Sindur memiliki jenis tanah Latosol dan Litosol. Jenis tanah Latosol merupakan jenis tanah terluas dan paling dominan yang sebagai hasil dari erupsi gunung api. Tanah tersebut merupakan tanah muda hasil erupsi dari Gunung Salak. Latosol adalah jenis tanah muda yang umumnya mempunyai horizon kambik, belum berkembang lanjut sehingga kebanyakan tanah ini cukup subur (Hardjowigeno 2007). Menurut Dudal dan

Soepraptohardjo (1957), tanah Latosol merupakan tanah dengan pelapukan lanjut karena sangat tercuci, batas-batas horison baur, kandungan mineral primer dan unsur hara rendah, pH rendah (4,5 – 5,5), konsistensi remah, stabilitas agregat tinggi dan terjadi akumulasi seskuioksida akibat pencucian silika. Warna tanah merah, coklat kemerahan, coklat, coklat kekuningan, atau kuning, tergantung dari bahan induk, umur, iklim, dan ketinggian.

Wilayah Kabupaten Bogor untuk jenis tanah Latosol pada umumnya berasal dari bahan induk Vulkanik, baik berupa tufa ataupun batuan beku. Latosol umumnya berada di daerah dengan iklim tropika basah pada curah hujan 2.500 – 7.000 mm/tahun. Latosol atau Inceptisol merupakan tanah yang mempunyai lapisan solum. Lapisan solum yang dimiliki oleh Latosol ini cenderung tebal dan bahkan sangat tebal.

Latosol atau Inceptisol yang merupakan jenis tanah mineral, cukup cocok untuk ditanami berbagai jenis tanaman diantaranya Tebu, Kakao, Tembakau, Vanili dan Pala. Litosol atau Entisol merupakan salah satu jenis tanah yang terdapat di Indonesia. Adapun yang dimaksud dengan Litosol sendiri adalah jenis tanah yang berbatu-batu dengan lapisan tanah yang tidak terlalu tebal. Litosol merupakan jenis tanah yang terbentuk dari batuan beku yang berasal dari proses erupsi gunung berapi dan juga sedimen keras dengan proses hancuran kimia (dengan menggunakan bantuan organisme hidup) dan fisika (dengan bantuan sinar matahari dan hujan) yang belum sempurna. Hal ini tentu membuat struktur asal batuan induknya masih terlihat, dan hal ini pula yang menyebabkan bahwa tanah litosol disebut juga dengan tanah yang paling muda, sehingga bahan induknya dangkal dan sangat sering terlihat di permukaan sebagai batuan padat yang padu. Litosol ini merupakan jenis tanah yang belum lama mengalami kehancuran dan sama sekali belum mengalami perkembangan.

Hasil deskripsi profil tanah di lokasi pengembangan termasuk dengan ketebalan tipis, tekstur liat berat dengan konsistensi (sangat lengket, sangat plastis dan teguh) dan drainase agak buruk menunjukkan secara fisik areal penelitian termasuk tidak subur dan lahan yang sulit untuk diolah untuk tanaman budidaya. Tutupan tanah pada wilayah pengembangan terdiri dari lahan pertanian berupa kebun warga, sebagian tegalan dengan presentase yang sangat kecil dan hutan bambu di sekitar badan air (Sungai Angke).

Kesuburan tanah merupakan kemampuan inheren tanah menyediakan unsur hara dalam jumlah yang cukup dan perbandingan yang tepat bagi tanaman. Tanah dengan jenis *Typic Hapludult* memiliki laju infiltrasi rendah dengan kapasitas memegang air yang cukup baik. Hal ini menyebabkan tanah cenderung becel, aliran air permukaan (*run off*) tinggi, dan tanah sulit diolah pada lokasi belereng. Selain itu,

kandungan bahan organiknya sedang dan ditemukan pada kedalaman lebih dari 20 cm. Kandungan  $P_2O_5$  tanah ini sangat rendah akibat adanya fiksasi P yang tinggi.

Tanah dengan jenis *Typic Dystropept* memiliki laju air rendah sampai tinggi. Pada tanah ini ketersediaannya akan Kalium (K) rendah, kemampuan tukar kation (KTK) rendah dan kejenuhan basanya sangat rendah. Kandungan bahan organiknya baru ditemukan pada kedalaman lebih dari 130 cm di bawah permukaan tanah.

Tanah dengan jenis *Oxic Dystropept* memiliki karakter yang mirip dengan tanah *Typic Dystropept*. Struktur tanah berpasir atau berdebu dengan kandungan liat 15% sehingga mengakibatkan air cepat meresap ataupun sebaliknya menggenang. Tanah jenis *Typic Hemitropept* juga hampir mirip dengan tanah *Typic Dystropept*, keduanya termasuk pada ordo *inceptisol* dan berasal dari *great group trop* dengan tingkat dekomposisi tanah sedang (*hermis*).

Tanah dengan jenis *Aquic Dystropept* yang memiliki sifat sering jenuh air, kandungan air tanah cukup namun terkadang menggenang. Tanah jenis ini memiliki status kesuburan dengan tingkat sedang. Sedangkan tanah jenis lainnya memiliki status kesuburan yang rendah.

## **BAB III. TINJAUAN GEOLOGI DAN HIDROGEOLOGI**

### **3.1. Fisiografi Lembar Bogor**

Berdasar pada pembagian zona Bogor, terbagi menjadi Zona Bogor dan Zona Pegunungan Selatan. Zona Bogor membentang dari Rangkasbitung melalui Bogor, Purwakarta, Subang, Sumedang, Kuningan dan Majalengka. Zona Pegunungan Selatan terbentang dari Teluk Pelabuhan ratu sampai Pulau Nusa Kambangan. Zona Bogor terlihat daerah yang berbukit-bukit rendah disebagian tempat secara sporadis

Bogor, menempati wilayah Bogor yang dicirikan oleh adanya antiklinorium dengan arah barat timur dan wilayah Sukabumi merupakan kelanjutan dari zona Bandung yang dicirikan oleh adanya tinggian yang terdiri dari sedimen tua menyembul di antara endapan vulkanik. Batas kedua zona tersebut di lapangan tidak terlalu jelas karena tertutup oleh endapan gunung api Kuarter.

Batuan tertua menempati inti antiklin yang secara berurutan ditutupi oleh batuan yang lebih muda yang tersingkap pada bagian sayap antiklin di bagian utara dan selatan. Berdasarkan peta geologi Lembar Bogor oleh A.C. Effendi, (1986) yang dikorelasikan dengan peta geologi Lembar Jakarta oleh T. Turkandi, (1992) dapat dikelompokkan secara sederhana menjadi 3 satuan batuan, yakni:

1. Batuan Sedimen Tersier
2. Batuan Vulkanik dan terobosan
3. Batuan endapan Permukaan

Susunan litostratigrafi dari yang tertua hingga termuda dapat diuraikan sebagai berikut :

#### **3.1.1. Batuan Sedimen (Bagian selatan)**

- a. Formasi Walat, satuan formasi ini berumur oligosen terutama terdiri dari batu pasir kuarsa selang-seling dengan konglomerat, lempung karbonan dan lignit. Penyebarannya terbatas di sekitar G. Walat Cibadak, yang dapat bertindak sebagai akuifer adalah batu pasir dan nir-akuifer adalah batu lempung.
- b. Formasi Batu asih, satuan formasi ini berumur oligosen terutama terdiri dari lempung napalan hijau dengan konkresi pirit, di beberapa tempat banyak sekali mengandung foraminifera. Ketebalan bervariasi dari mulai 75 m hingga 200 m. Penyebaran satuan ini terbatas di sekitar Cibadak. Karena batu lempung bersifat kedap air maka formasi ini merupakan nir-akuifer.

## KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA

- c. Satuan Batu Gamping Terumbu, satuan batu gamping ini berumur Miosen bawah terdiri dari batu gamping koral, umumnya telah terdolomitisasikan. Penyebarannya terbatas di sekitar pasir Asepun Cibadak.
- d. Satuan Napal, satuan Napal ini berumur Miosen bawah terdiri dari napal tufaan globigerina, lempung napalan, batu pasir tufaan dan lensa-lensa batu gamping. Ketebalan mencapai 1100 m (A.C. Effendi, 1986). Penyebaran terbatas di sekitar G. Ahasan, Kubang herang dan pr. Peundeuy di selatan Cibadak. Satuan ini bertindak sebagai nir-akuifer.
- e. Satuan Anggota Tufa dan Breksi Bojong lopang, satuan batuan ini berumur Miosen bawah terdiri dari batu pasir tufaan, tufa andesit, tufa batu apung, dan breksi tufa batu gamping bersusunan andesit dan desit serta batu lempung napalan, setempat ada lapisan batu gamping. Penyebarannya di sebelah tenggara dan barat daya lembar peta meliputi G. Sumur, Cikaret, dan Cibayawak sedangkan di bagian utara berkembang sebagai satuan tufa dan breksi. Satuan ini dapat bertindak sebagai akuifer (batu pasir) dan nir-akuifer (batu lempung).
- f. Anggota Breksi Aliran Bojong lopang, berumur Miosen bawah terdiri dari breksi aliran yang kompak. Tersingkap disebelah tenggara lembar peta meliputi Pr. Kopo, Pr. Leweung kolot kalong dan Pr. Tumpang. Umumnya satuan ini bertindak sebagai nirakuifer.
- g. Anggota Lempung dan Batu Pasir Bojong lopang, berumur Miosen bawah terdiri dari selang-seling lempung pasiran, batu pasir, tufaan dan tufa dengan sisipan lapisan tipis-tipis breksi. Tersingkap terbatas di sebelah tenggara lembar peta meliputi daerah Bojong lopang dan Cijangkar.
- h. Formasi Bojong lopang, berumur Miosen Tengah terdiri dari batu gamping terumbu padat dan batu gamping pasiran berlapis. Ketebalan berkisar antara 250 m hingga 300 m (Anonymous, 1939). Penyebarannya setempat-setempat disebelah tenggara lembar peta.
- i. Formasi Lengkong, satuan formasi ini berumur Miosen Tengah, terdiri dari batu pasir gampingan, batu lanau, lempung dan lignit. Ketebalan satuan ini mencapai lebih dari 300 m (Lemigas, 1973). Penyebarannya terbatas disebelah barat daya lembar peta sekitar daerah Leweung kolot kawung. Satuan batuan ini bertindak sebagai nir-akuifer.
- j. Anggota Batu Gamping Nyalindung, satuan batuan ini berumur Miosen atas, terdiri dari lensa-lensa batu gamping yang mengandung moluska dan foraminifera. Penyebarannya cukup kecil terbatas di sekitar Nyalindung sebelah barat daya lembar peta. Satuan ini bertindak sebagai nir-akuifer.

- k. Formasi Nyalindung, satuan formasi ini berumur Miosen atas, terdiri dari batu pasir glokonit gampingan berwarna hijau, lempung napalan, napal pasiran, konglomerat, breksi batu gamping dan napal. Penyebarannya terbatas di sebelah selatan dan tenggara lembar peta meliputi daerah-daerah Cikadu, Bantar gadung, G. Gandaria, Pr. Lemahduwur, G. Kalong. Satuan ini dapat bertindak sebagai akuifer (batu pasir dan konglomerat) maupun nir-akuifer (lempung napalan dan napal pasiran).
- l. Formasi Bentang, satuan ini berumur Miosen atas, terdiri dari batu pasir tufaan, serpih tufaan dan breksi seperti konglomerat gampingan. Ketebalan lebih dari 500 m (A.C Effendi, 1986). Penyebarannya cukup luas di sebelah barat daya lembar peta meliputi Leweung kolot koneng, Pr. Lemahdeudeur dan G. Sireum. Satuan ini dapat bertindak sebagai akuifer maupun nir-akuifer.
- m. Satuan Sedimen Bahan Vulkanik, satuan batuan ini berumur kuartar (Pliosen), terdiri dari breksi, breksi tufa batu apung, batu pasir tufaan, aliran lava dan konglomerat, menyebar di sebelah barat daya lembar peta di sekitar Pelabuhan ratu sebelah utara. Satuan ini dapat bertindak sebagai akuifer maupun nir-akuifer.

### 3.1.2. Batuan Sedimen (Bagian Utara)

- a. Formasi Jatiluhur, formasi ini berumur Miosen tengah terdiri dari napal berwarna kelabu, tidak berlapis dan lunak, kaya akan plankton dan mengandung nodul batu lempung karbonatan, serpih, lempung berwarna kebiruan, berlapis baik tebal 3-5 cm, mengandung banyak fosil moluska, koral dan foraminifera serata batu pasir kuarsa. Penyebaran batuan ini di sebelah timur laut Lembar peta meliputi daerah Nanggrang, S. Cibungbulang, Leuwicatang, Gunung Kutawesi, dengan ketebalan mencapai ratusan meter. Kedudukan menjemari dengan formasi Cibungbulang. Batuan yang menyusun formasi ini mempunyai permeabilitas yang relatif kecil sehingga bertindak sebagai nirakuifer.
- b. Formasi Cibungbulang, Formasi ini berumur Miosen Tengah terdiri dari batu gamping terumbu padat dengan foraminifera besar dan echinodermata, batu gamping pasiran, napal, batu pasir kuarsa glokonitan dan batu pasir hijau.
- c. Secara hidrogeologi batu gamping terumbu yang menyusun bagian bawah formasi ini dimana terjadi perekahan dan pelarutan tingkat lanjut (karstifikasi) dapat diharapkan sebagai akuifer yang baik dengan harga kelulusan yang besar. Pada batu gamping pasiran yang menyusun bagian atas formasi ini, proses kelarutan dan pengkekan berkembang kurang

begitu baik, mengingat batuan ini berselingan dengan napal yang bertindak sebagai penyekat (akuiklud). Penyebaran satuan ini menempati bagian timur laut lembar peta, meliputi Gunung Guha, Sileuwi. Tebal formasi ini berkisar antara 500 hingga lebih dari 800 meter.

- d. Anggota Breksi Cantayan, satuan batuan ini berumur Miosen Tengah, terdiri dari Breksi Polynik dengan pecahan-pecahan batuan bersusunan andesit-basal, batu gamping koral dan batu gamping andesit tersisip di bagian atas. Ketebalan satuan batuan ini dapat mencapai 120 m (Sudjatmiko, 1972). Tersingkap terbatas di bagian timur lembar peta.
- e. Satuan Lensa Batu Gamping Leweungkolot Manik, satuan batuan ini berumur Miosen Atas, terdiri dari batu gamping keras yang mengandung Moluska. Penyebarannya terbatas di Sekitar Leuwiliang. Satuan ini bertindak sebagai nir-akuifer.
- f. Formasi Bojongmanik, formasi ini terdiri dari persilangan batu pasir, tufa batu apung, napal batu gamping dan batu lempung bitumen dengan sisipan lignit dan sisa-sisa damar. Batu pasir berwarna kelabu kehijauan, berbutir halus-sedang, membundar tanggung sampai bundar, terpilah baik, tersusun oleh kuarsa dan banyak glukonik dengan ketebalan 40-80 cm. Batu lempung berwarna kelabu-kebiruan, berlapis baik, berstruktur perairan agak padat, dengan ketebalan berkisar dari 10-30 cm. Batu gamping, berwarna kelabu-kekuningan, padat berlapis tebal, antara 50-100 cm. Mengandung fosil moluska dan koral, bersisipan dengan tufa batu apung, breksi tufaan dan batu pasir tufaan. Pada beberapa tempat dijumpai sisipan batu bara muda setebal 30-60 cm. Satuan ini menyebar terutama di barat laut Lembar peta meliputi daerah Gunung Rahong, Gunung Bodas, Warung Borong, Leuwiliang, Sungai Cikaniki dan Sungai Cianten dan sekitarnya, dengan ketebalan mencapai 550 m. Berdasarkan kesamaan batuan dan umur nisbinya formasi ini dapat dikorelasikan dengan formasi Subang (Sudjatmiko, dkk. 19989) berumur Miosen Tengah.
- g. Formasi Bojongmanik yang tersusun atas batu pasir dan batu lempung mempunyai permeabilitas sedang sampai kecil, dapat bersifat lulus air (akuifer) dan pada batu lempungnya bersifat kedap air merupakan batuan nir-akuifer.

### 3.1.3. Batuan Gunung Api dan Terobosan

- a. Endapan Vulkanik Tua, satuan batuan endapan ini berumur kuartar tua, terdiri dari breksi, aliran larva bersusunan andesit sampai basal dan tufa batu apung, umumnya berwarna merah kecoklat-coklatan sebagian besar

telah lapuk sekali. Penyebaran satuan batuan ini cukup luas di sebelah barat daya dan timur laut Lembar peta meliputi daerah-daerah Cibungbulang, Cikidang, Cikiaral, Gunung Halimun dan Gunung Kendeng. Satuan batuan ini mempunyai harga kelulusan rendah sampai sedang, setempat dapat bertindak sebagai akuifer.

- b. Endapan Gunung Api Muda, satuan batuan ini berumur kuartar muda (Pleistosen), terdiri dari breksi, lahar, lava, bersusunan andesit-basal, lapili dan tufa batu apung pasiran berselingan dengan tufa pasir atau tufa halus. Breksi, lahar dan lava berstruktur bantal umumnya berwarna kelabu-kehitaman, padat, permukaan kasar, menyudut membundar tanggung, terpilah buruk, dengan masa dasar batu pasir kasar bersusunan andesitan. Batuan ini mempunyai harga kelulusan rendah-sedang dan setempat dapat bertindak sebagai akuifer. Tufa pasiran berukuran halus warna putih kekuningan, berstruktur perairan menyudut sampai membundar tanggung, tebal lapisan 2-15 cm, berselingan dengan tufa halus dan tufa breksi. Tebal lapisan batuan ini beberapa puluh sampai ratusan meter. Tersebar cukup luas di bagian tengah lembar peta menempati morfologi puncak hingga kaki Gunung Salak dan Gunung Gede Pangrango. Meliputi daerah-daerah Sukabumi, Cisaat, Cibadak, Parung Kuda, Cicuruk, Cijeruk, Ciawi, Bogor, dan Leuwiliang.
- c. Batuan Terobosan terdiri dari andesit, andesit hornblende, dasit, diorit kuarsa dan diorit porfir. Penyebarannya setempat-setempat di daerah Gunung Tenjoleat, Gunung Pancar dan Pr. Tugu. Batuan ini menerobos Formasi Jatiluhur dan Formasi Bojongmanik. Sehingga umurnya diduga lebih muda dari Miosen Atas. Secara hidrogeologi batuan ini mempunyai harga kelulusan sangat kecil dapat ditafsirkan sebagai nir-akuifer atau daerah air tanah langka.

### **3.1.3. Endapan Pemukaan**

- a. Kipas Aluvium terdiri dari lanau, pasir, kerikil dan kerakal dari batuan vulkanik kuartar, bersifat tufaan yang diendapkan kembali membentuk morfologi kipas dengan pola aliran "discotomic". Penyebaran satuan ini melampar cukup luas di sebelah utara lembar peta mulai dari Kota Bogor ke Utara, meliputi Kedunghalang, Semplak, Pasirkapak, Cikeas, Kemang dan Cimanggu. Diendapkan pada lingkungan darat dengan bahan pembentuknya berasal dari Gunung Api Muda di dataran tinggi Bogor, berumur Plistosen akhir atau lebih muda. Pada batu pasir krikilan yang diduga mempunyai harga kelulusan sedang-tinggi, batuan ini diharapkan dapat bertindak sebagai akuifer.
- b. Endapan Aluvial Sungai dan Pantai, terdiri dari lempung, lanau, kerikil, dan kerakal berwarna kelabu tua dan terpilah baik, berumur sekarang

(Holosen). Penyebarannya terbatas di sebelah barat daya lembar peta, yakni di sepanjang pantai Pelabuhan Ratu. Endapan lepas ini mempunyai harga kelulusan relatif tinggi dan dapat diharapkan sebagai lapisan pengantar air (akuifer).

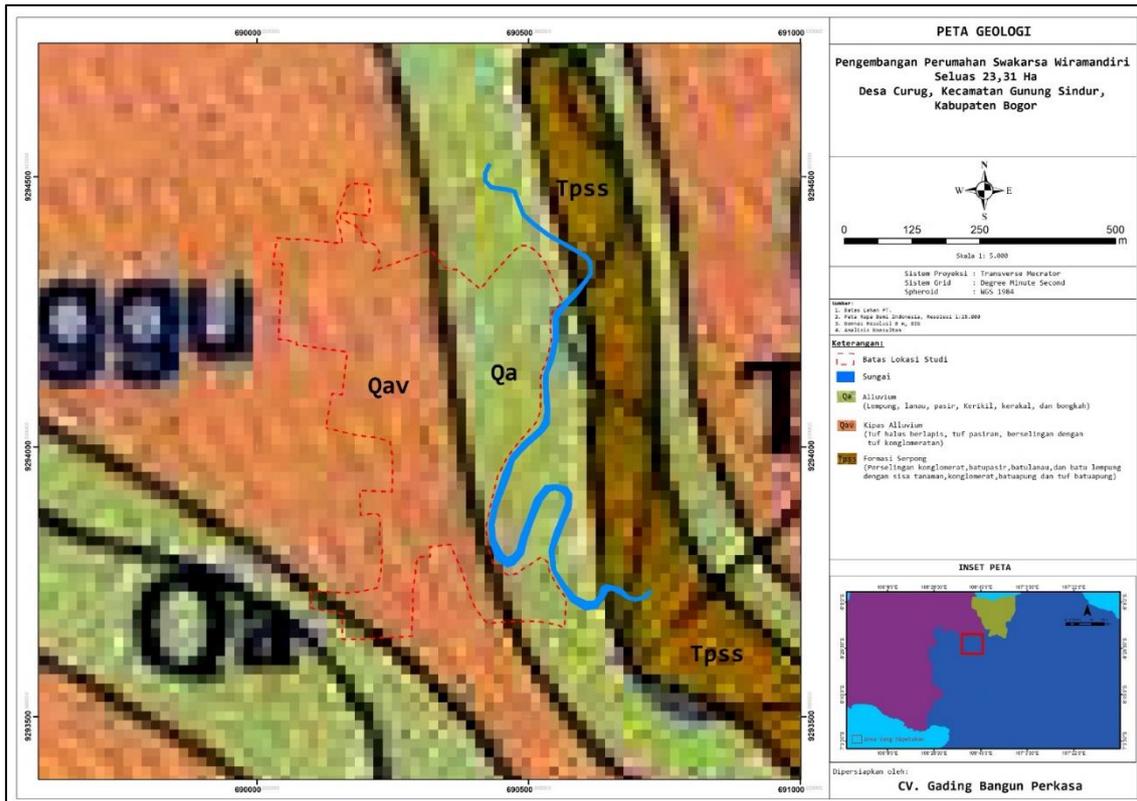
### **3.2. Tektonik dan Struktur Geologi**

Berdasarkan peta geologi regional lembar Jakarta formasi batuan daerah penelitian terdiri dari batuan yang terbentuk pada umur quarter dalam skala waktu geologi, pada umur tersebut terbentuk beberapa beberapa formasi batuan, daerah penelitian termasuk kedalam batuan yang terbentuk akibat produk vulkanik. Stratigrafi regional yang menyusun litologi di daerah wilayah kajian terdiri dari:

- a. Kipas Aluvium (Qav) yang diisi oleh lanau, batu pasir, krikil dan krakal dari batuan gunung api kuarter. Tuf halus berlapis, tuf pasiran, berselingan dengan tuf konglomeratan.
- b. Aluvium (Qa) yaitu tanah liat lepas, lanau, pasir, atau kerikil yang telah diendapkan oleh air yang mengalir di dasar sungai, di dataran banjir, di kipas aluvial atau pantai, atau dalam pengaturan serupa. Aluvium juga kadang-kadang disebut endapan aluvial. Alluvium pada umumnya mempunyai umur skala geologis muda dan tidak terkonsolidasi menjadi batuan padat. Sedimen yang diendapkan di bawah air, di laut, muara, danau, atau kolam, tidak disebut sebagai alluvium.

Kawasan lokasi kajian secara keseluruhan baik secara vertikal maupun lateral, memiliki satuan batuan yang menyusun daerah ini antara lain adalah Kipas Alluvial dan Alluvial. Gambaran kondisi geologi kawasan lokasi kajian dapat dilihat Gambar 8.

## KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA



Gambar 8 Peta Geologi Wilayah Pengembangan

### 3.3. Kerawanan Geologi

Di Jawa Barat, Kabupaten Bogor merupakan salah satu daerah yang merupakan titik rawan longsor. Mengingat dampak yang dapat ditimbulkan oleh bencana tanah longsor tersebut, maka identifikasi daerah kejadian tanah longsor penting untuk dilakukan agar dapat diketahui penyebab utama longsor dan karakteristik dari tiap kejadian longsor pada daerah-daerah di Indonesia serta sebagai langkah awal pencegahan kejadian longsor nantinya dan merupakan langkah pertama dalam upaya meminimalkan kerugian akibat bencana tanah longsor. Identifikasi daerah kejadian longsor juga penting untuk mengetahui hubungan antara lokasi kejadian longsor dengan faktor persebaran geologi (batuan, patahan, lipatan) dan penggunaan lahan di daerah terjadinya longsor, sehingga dapat diketahui penggunaan lahan apa yang sesuai pada setiap karakteristik lahan dan geologinya.

Menurut Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (2005) menyatakan bahwa tanah longsor boleh disebut juga dengan gerakan tanah. Didefinisikan sebagai massa tanah atau material campuran tempung, kerikil, pasir, dan kerakal serta bongkah dan lumpur, yang bergerak sepanjang lereng atau keluar lereng karena faktor gravitasi bumi.

Gerakan tanah (tanah longsor) adalah suatu produk dari proses gangguan keseimbangan lereng yang menyebabkan bergerakanya massa tanah dan batuan ke tempat yang lebih rendah. Gaya yang meneahan massa tanah di sepanjang lereng tersebut dipengaruhi oleh sifat fisik tanah di sepanjang lereng. Perubahan gaya-gaya tersebut ditimbulkan oleh pengaruh perubahan alam maupun tindakan manusia. Perubahan kondisi alam dapat diakibatkan oleh gempa bumi, erosi, kelembaban lereng akibat penyerapan air hujan, dan perubahan aliran permukaan. Pengaruh manusia terhadap perubahan gaya-gaya antara lain adalah penambahan beban pada lereng dan tepi lereng, penggalian tanah di tepi lereng, dan penajaman sudut lereng. Tekanan jumlah penduduk yang banyak mengalih fungsikan tanah-tanah berlereng menjadi pemukiman atau lahan budidaya sangat berpengaruh terhadap peningkatan resiko longsor.

Tanah longsor merupakan contoh dari proses geologi yang disebut dengan *mass wasting* yang sering juga disebut gerakan massa (*mass movement*), merupakan perpindahan massa batuan, regolith, dan tanah dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah karena gaya gravitasi. Setelah batuan lapuk, gaya gravitasi akan menarik material hasil pelapukan ke tempat yang lebih rendah. Meskipun gravitasi merupakan faktor utama terjadinya gerakan massa, ada beberapa faktor lain yang juga berpengaruh terhadap terjadinya proses tersebut antara lain kemiringan lereng dan air. Apabila pori-pori sedimen terisi oleh air, gaya kohesi antar mineral akan semakin lemah, sehingga memungkinkan partikel-partikel tersebut dengan mudah untuk bergeser. Air juga akan menambah berat massa material, sehingga kemungkinan cukup untuk menyebabkan material untuk meluncur ke bawah.

Kondisi geologi dan jenis tanah juga mempengaruhi tingkat kerawanan gerakan tanah. Wilayah dengan tanah dan geologi yang bersifat lepas tentunya akan mudah terjadinya gerakan tanah. Kemudian, intensitas hujan juga menjadi salah satu indikator pergerakan tanah.

Tingginya intensitas hujan di wilayah Bogor belakangan ini berpotensi menimbulkan longsor, khususnya bagi daerah-daerah yang sudah dipetakan sebagai zona pergerakan tanah. Sebanyak 10 kecamatan di Kabupaten Bogor, yaitu Sukajaya, Nanggung, Leuwiliang, Citeureup, Babakan Madang, Sukamakmur, Tamansari, Tenjolaya, Cijeruk, dan Cigombong, masuk zona rentan pergerakan tanah. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi pada wilayah pengembangan tidak banyak menunjukkan potensi adanya kerawanan geologi.

### **3.4. Kondisi Daerah Berpotensi Bencana**

Secara umum kondisi pengembangan berupa lahan pertanian berupa kebun warga, padang rumput dan hutan bambu. Kondisi lokasi relatif datar dengan beberapa kontur agak curam mengarah ke badan air (Sungai Angke). Berdasar kondisi geologi lembar bogor memiliki batuan penyusun berupa napal dan serpih

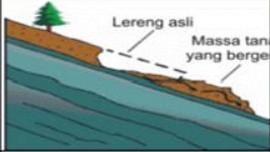
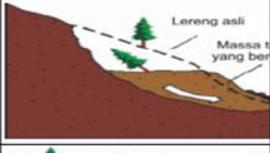
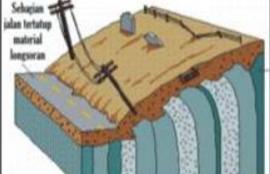
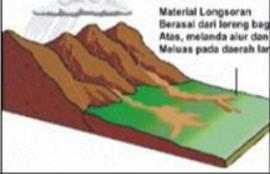
lempungan, dan sisipan batu pasir kuarsa dari Formasi Jatiluhur (Tmj). Berdasarkan pengamatan di lapangan batuan di daerah bencana didapatkan berupa pasir kasar dengan pelapukan pasir lempungan bercampur tanah dengan ketebalan 2-3 m. Komposisi didapatkan dari hasil pengeboran sumur yang dilakukan oleh penduduk sekitar.

Tata guna lahan didominasi oleh tanah perkebunan warga. Pada sekitar wilayah pengembangan terdapat Sungai Angke dengan debit yang berfluktuatif berdasarkan kondisi iklim. Kenaikan muka air banjir dari Sungai Angke berkisar antara 1,1 – 1,4 meter dari muka air sungai normal sehingga lokasi tersebut tidak memiliki kerawanan bencana berupa banjir.

Kerentanan gerakan tanah berdasarkan peta prakiraan wilayah terjadi gerakan tanah Kabupaten Bogor maka dapat diketahui daerah gerakan tanah termasuk kedalam zona dengan potensi terjadi gerakan tanah menengah-tinggi. Pergerakan tanah ini diartikan sebagai daerah yang berpotensi pergerakan tanah menengah sampai tinggi untuk pergerakan tanah. Pada zona ini dapat terjadi pergerakan tanah jika curah hujan diatas normal, terutama pada daerah yang berbatasan dengan lembah sungai, gawir, tebing jalan atau jika lereng mengalami gangguan. Pada lokasi pengembangan dapat diprediksi pergerakan tanah disebabkan oleh:

1. Erosi yang disebabkan oleh sungai
2. Curah hujan yang tinggi yang turun sebelum dan saat terjadinya tanah memicu terjadinya gerakan tanah
3. Tidak banyak tumbuhan vegetasi besar sebagai penahan erosi
4. Kondisi geologi berupa batu pasir dengan tanah pelapukan pasir lempungan
5. Tanah pelapukan yang mudah menyerap air
6. Batuan dasarnya berupa batuan yang kedap air terdiri dari lapisan, sehingga kontak keduanya menjadi bidang lemah bertindak sebagai bidang gelincir gerakan tanah.

Menurut Subowo (2003), ada 6 (enam) jenis longsor lahan antara lain longsoran translasi, longsoran rotasi, pergerakan blok, runtuh batu, rayapan tanah, dan aliran bahan rombakan seperti tersaji pada Gambar 9 berikut.

Jenis Longsor	Sketsa	Keterangan
Longsor Translasi		Longsor translasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai.
Longsor Rotasi		Longsor rotasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung.
Pergerakan Blok		Pergerakan blok adalah Bergeraknya batuan pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsor ini disebut longsor translasi blok batu
Runtuhan Batu		Runtuhan batu adalah runtuhnya sejumlah besar batuan atau material lain Bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng yang terjal hingga menggantung.
Rayapan Tanah		Rayapan tanah adalah jenis gerakan tanah yang Bergerak lambat. Jenis gerakan tanah ini hampir tidak dapat dikenali. Rayapan tanah ini bisa menyebabkan tiang telepon, pohon, dan rumah miring.
Aliran Bahan Rombakan		Gerakan tanah ini terjadi karena massa tanah Bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran dipengaruhi kemiringan lereng, volume dan tekanan air, serta jenis materialnya. Gerakannya terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ribuan meter.

Sumber : Subowo, 2003

Gambar 9 Jenis – Jenis Longsor

### 3.5. Jejaring Aliran (*Flownet*) dan Hidrogeologi

Air tanah adalah air yang Bergerak dalam tanah yang terdapat di dalam ruang-ruang antara butir-butir tanah yang membentuknya dan di dalam retak-retak batuan dasar. Lapisan pertama disebut air lapisan dan terakhir disebut air celah (*fissure water*). Dengan kata lain, air tanah adalah air yang berada di wilayah jenuh di bawah permukaan tanah yang merupakan bagian dari air bawah permukaan. Secara global, dari keseluruhan air tawar yang berada di planet bumi, lebih dari 97 % terdiri atas air bawah permukaan. Sembilan puluh delapan persen dari air di

bawah permukaan (98 dari 100 persen air total) disebut air tanah dan digambarkan sebagai air yang terdapat pada bahan yang jenuh di bawah muka air tanah. Dua persen sisanya adalah berupa lensa tanah pada *zone* tidak jenuh di atas muka air tanah.

Kondisi alami dan distribusi akuifer, *aquiclude*, dan *aquitard* dalam sistem geologi dikendalikan oleh *lithologi*, *stratigraphi*, dan struktur dari material simpanan geologi dan formasi (Freeze dan Cheery, 1979). Selanjutnya dijelaskan bahwa geologi merupakan susunan fisik dari simpanan geologi. Susunan ini termasuk komposisi mineral, ukuran butiran dan kumpulan butiran (*grain packing*) yang terbentuk dari sedimentasi atau batuan yang menampilkan sistem geologi. Stratigraphi menjelaskan hubungan geometris dan umur antara macam-macam lensa, dasar, dan formasi dalam geologi sistem dari asal terjadinya sedimentasi. Bentuk struktur seperti: pecahan (*cleavages*), retakan (*fractures*), lipatan (*folds*), dan patahan (*faults*), merupakan sifat sifat geometrik dari sistem geologi yang dihasilkan oleh perubahan bentuk (*deformation*) akibat adanya proses penyimpanan (*deposition*) dan proses kristalisasi (*crytallization*) dari batuan. Pada simpanan yang belum terkonsolidasi (*unconsolidated deposits*), lithologi dan stratigraphi merupakan pengendali yang paling penting.

Sumber daya air adalah sumber daya berupa air yang berguna atau potensial bagi manusia. Kegunaan air meliputi penggunaan di bidang pertanian, industri, rumah tangga, rekreasi, dan aktivitas lingkungan. Sangat jelas terlihat bahwa seluruh manusia membutuhkan air tawar. Sekitar 97% air di bumi adalah air asin, dan hanya 3% berupa air tawar yang lebih dari 2 per tiga bagiannya berada dalam bentuk es di glasier dan es kutub. Air tawar yang tidak membeku dapat ditemukan terutama di dalam tanah berupa air tanah, dan hanya sebagian kecil berada di atas permukaan tanah dan di udara.

Air tawar adalah sumber daya terbarukan, meski suplai air bersih terus berkurang. Permintaan air telah melebihi suplai di beberapa bagian di dunia dan populasi dunia terus meningkat yang mengakibatkan peningkatan permintaan terhadap air bersih. Perhatian terhadap kepentingan global dalam mempertahankan air untuk pelayanan ekosistem telah bermunculan, terutama sejak dunia telah kehilangan lebih dari setengah lahan basah bersama dengan nilai pelayanan ekosistemnya. Ekosistem air tawar yang tinggi biodiversitasnya saat ini terus berkurang lebih cepat dibandingkan dengan ekosistem laut ataupun darat.

Air tanah adalah air tawar yang terletak di ruang pori-pori antara tanah dan bebatuan dalam. Air tanah juga berarti air yang mengalir di lapisan akuifer di bawah *water table*. Terkadang berguna untuk membuat perbedaan antara perairan di bawah permukaan yang berhubungan erat dengan perairan permukaan dan perairan bawah tanah dalam di akuifer (yang kadangkadang disebut dengan "air

fosil"). Sistem perairan di bawah permukaan dapat disamakan dengan sistem perairan permukaan dalam hal adanya input, output, dan penyimpanan.

Akuifer (*aquifer*) adalah suatu lapisan, formasi, atau kekompakan satuan geologi yang permeabel baik yang terkonsolidasi (pasir) dengan kondisi jenuh air dan mempunyai suatu besaran konduktifitas hidrolis (K) yang berfungsi menyimpan air tanah dalam jumlah besar sehingga dapat membawa air (atau air dapat diambil) dalam jumlah yang ekonomis. Dengan demikian, akuifer pada dasarnya adalah kantong air yang berada di dalam tanah. Dapat dikatakan juga merupakan lapisan pembatas atas dan bawah suatu *confined aquifer*.

*Aquiclude (semi impermeable layer)* adalah suatu lapisan-lapisan, formasi, atau kelompok formasi satuan geologi yang permeabel dengan nilai konduktivitas hidrolis yang sangat kecil sehingga tidak memungkinkan air melewatinya. *Aquitard (semi impervious layer)* adalah suatu lapisan-lapisan, formasi, atau kelompok formasi satuan geologi yang permeabel dengan nilai konduktivitas hidrolis yang kecil namun masih memungkinkan air melewati lapisan ini walaupun dengan gerakan yang lambat. Dapat dikatakan juga merupakan lapisan pembatas atas dan bawah suatu *semi confined aquifer*. *Confined aquifer* merupakan akuifer yang jenuh air yang dibatasi oleh lapisan atas dan bawahnya merupakan *aquiclude* dan tekanan airnya lebih besar dari tekanan atmosfer. Pada lapisan pembatasnya tidak ada air yang mengalir (*non-flux*).

*Semi confined (leaky aquifer)* merupakan akuifer yang jenuh air yang dibatasi oleh lapisan atas berupa *aquitard* dan lapisan bawahnya merupakan *aquiclude*. Pada lapisan pembatas dibagian atasnya karena bersifat *aquitard* masih ada air yang mengalir ke akuifer tersebut (*influx*) walaupun hidrolis konduktivitasnya jauh lebih kecil dibanding hidrolis konduktivitas akuifer. Tekanan air pada akuifer lebih besar dari tekanan atmosfer. *Unconfined aquifer* merupakan akuifer jenuh air (*saturated*). Lapisan pembatasnya yang merupakan *aquitard* hanya pada bagian bawahnya dan tidak ada pembatas *aquitard* di lapisan atasnya. Pembatas lapisan atas berupa muka air tanah. Dengan kata lain merupakan akuifer yang mempunyai muka air tanah.

*Semi unconfined aquifer* merupakan akuifer yang jenuh air (*saturated*) yang dibatasi hanya lapisan bawahnya yang merupakan *aquitard*. Pada bagian atasnya ada lapisan pembatas yang mempunyai konduktivitas hidrolis lebih kecil daripada konduktivitas hidrolis dari akuifer. Akuifer ini juga mempunyai muka air tanah yang terletak pada lapisan pembatas tersebut. *Artesian aquifer* merupakan *confined aquifer* dimana ketinggian hidrolisnya (*potensiometric surface*) lebih tinggi daripada muka tanah. Oleh karena itu apabila pada akuifer ini dilakukan pengeboran maka akan timbul pancaran air (*spring*), karena air yang keluar dari pengeboran ini berusaha mencapai ketinggian hidrolis tersebut.

Asal muasal air tanah digolongkan menjadi 4 tipe yang jelas (Todd, 1995), yaitu air meteorik, air juvenil, air rejuvenated, dan air konat. Air meteorik adalah air

tanah yang berasal dari atmosfer mencapai zona kejenuhan baik secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung oleh infiltrasi pada permukaan tanah dan secara tidak langsung oleh permukaan influen (dimana kemiringan muka air tanah menyusup di bawah arus air permukaan-kebalikan dari efluen) dari danau, sungai, saluran buatan, dan lautan secara langsung dengan cara kondensasi uap air (dapat diabaikan).

Air juvenil adalah air tanah yang merupakan air baru yang ditambahkan pada zona kejenuhan dari kerak bumi yang dalam. Selanjutnya air ini dibagi lagi menurut sumber spesifikasinya kedalam air magnetik, air gunung api dan air kosmik (yang dibawa oleh meteor). Air diremajakan (*rejuvenated*) adalah air yang untuk sementara waktu telah dikeluarkan dari siklus hidrologi oleh pelapukan, maupun oleh sebab-sebab lain, kembali ke siklus lagi dengan proses proses metamorfosis, pemadatan atau proses-proses yang serupa (Todd, 1995).

Air konat adalah air yang dijebak pada beberapa batuan sedimen atau gunung pada asal mulanya. Air tersebut biasanya sangat termineralisasi dan mempunyai salinitas yang lebih tinggi daripada air laut. Untuk lebih memahami proses terbentuknya air tanah, pertama kali harus diketahui tentang gaya-gaya yang mengakibatkan terjadinya gerakan air di dalam tanah. Uraian tentang infiltrasi telah secara lengkap menunjukkan proses dan mekanisme perjalanan air dalam tanah.

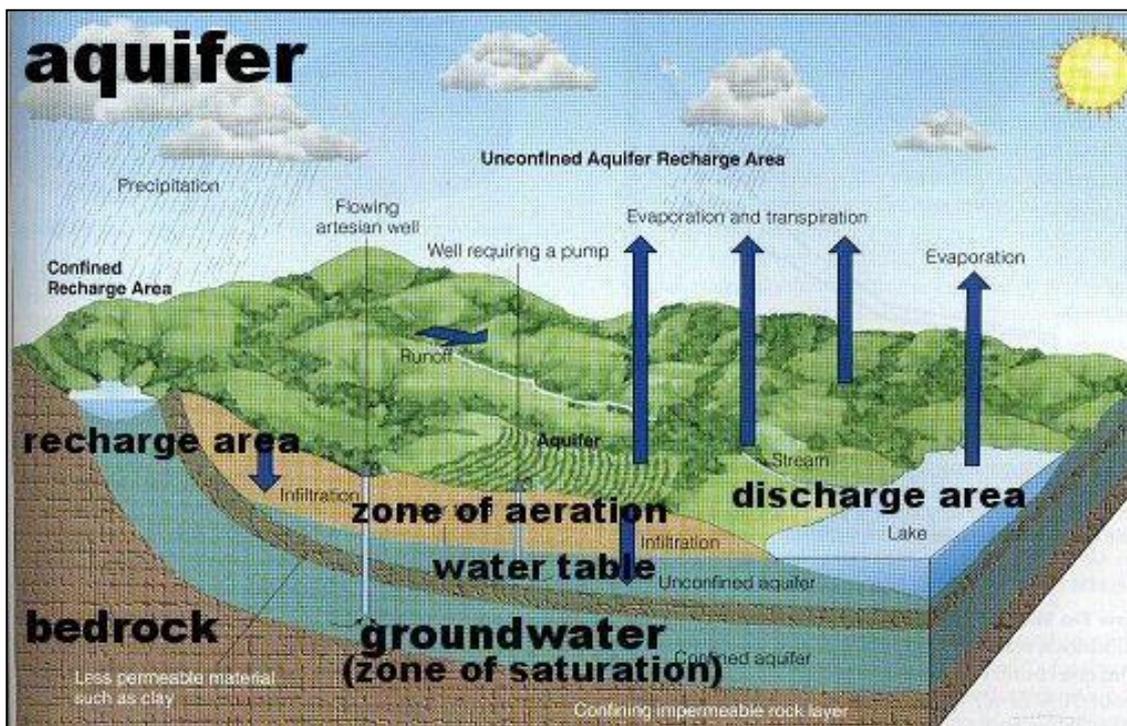
Zona akuifer tidak jenuh adalah suatu zona penampung air di dalam tanah yang terletak di atas permukaan air tanah (*water table*) baik dalam keadaan alamiah (permanen) atau sesaat setelah berlangsungnya periode pengambilan air tanah. Zona akuifer jenuh adalah suatu zona penampung air tanah yang terletak di bawah permukaan air tanah kecuali zona penampung air tanah yang sementara jenuh dan berada di bawah daerah yang sedang mengalami pengisian air tanah. Zona akuifer tidak jenuh merupakan zona penyimpanan air tanah yang paling berperan dalam mengurangi kadar pencemaran air tanah dan oleh karenanya zona ini sangat penting untuk usaha-usaha reklamasi dan sekaligus pengisian kembali air tanah, sedang zona akuifer jenuh seperti telah diuraikan di muka lebih berfungsi sebagai pemasok air tanah yang memiliki keunggulan dibandingkan dengan zona akuifer tidak jenuh dalam hal akuifer yang pertama tersebut mampu memasok air tanah dalam jumlah yang lebih besar serta mempunyai kualitas air yang lebih baik.

Akuifer ini dibedakan menjadi akuifer bebas (*unconfined aquifer*) dan akuifer tertekan (*confined aquifer*). Akuifer bebas terbentuk ketika tinggi permukaan air tanah (*water table*) menjadi batas antara zona tanah jenuh. Tinggi permukaan air tanah berfluktuasi tergantung pada jumlah dan kecepatan air (hujan) masuk ke dalam tanah, pengambilan air tanah, dan permeabilitas tanah.

Akuifer tertekan juga dikenal sebagai artesis, terbentuk ketika air tanah dalam dibatasi oleh lapisan kedap air sehingga tekanan di bawah lapisan kedap air

tersebut lebih besar dari pada tekanan atmosfer. Lebih lanjut, penyebaran air tanah dapat dibedakan berdasarkan daerah penyebarannya menjadi zona aerasi (zona akuifer tidak jenuh) dan zona jenuh (zona akuifer jenuh). Pada zona akuifer jenuh, semua pori-pori tanah terisi oleh air di bawah tekanan hidrostatik. Zona ini dikenal sebagai zona air tanah.

Menurut Todd (1995), zona aerasi dapat dibagi menjadi beberapa bagian wilayah penampungan air tanah, zona pertengahan, zona kapiler dan zona jenuh. Zona air tanah (*soil water zone*) merupakan zona air tanah bermula dari permukaan tanah dan berkembang kedalam melalui akar tanaman. Kedalaman yang dicapai air tanah ini bervariasi tergantung pada tipe tanah dan vegetasi. Zona air tanah ini dapat diklasifikasikan menjadi zona air higroskopis, yaitu air yang diserap langsung dari udara di atas permukaan tanah, air kapiler, dan air gravitasi, yaitu air yang bergerak ke dalam tanah karena gaya gravitasi bumi seperti pada Gambar 10.



Sumber : Todd, 1995

Gambar 10 Zona Akuifer

Zona pertengahan (*intermediate zone*) umumnya terletak antara permukaan tanah dan permukaan air tanah dan merupakan daerah infiltrasi. Zona kapiler (*capillary zone*) merupakan zona kapiler terbentang dari permukaan air tanah ke atas sampai ketinggian yang dapat dicapai oleh gerakan air kapiler. Zona jenuh (*saturated zone*) semua pori-pori tanah terisi oleh air.

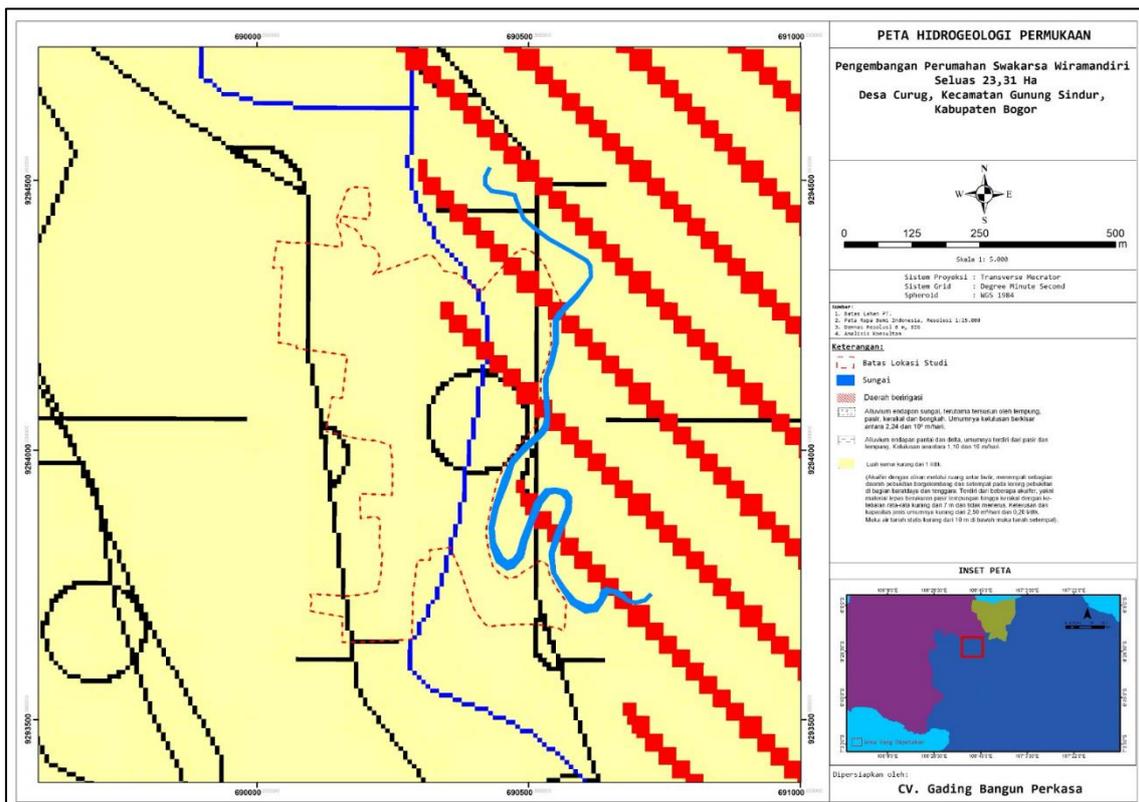
Keterdapatan air tanah disekitar lokasi penyelidikan dipengaruhi oleh jenis batuan. Keterdapatan air tanah dapat dibedakan menjadi air tanah pada batuan lepas (*unconsolidated and semi unconsolidated rocks*), air tanah pada endapan

## KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA

volkanik Kuarter, air tanah pada batuan karbonat, dan air tanah pada batuan padu (*consolidated rocks*).

Kondisi hidrogeologi merupakan kondisi keterdapatan air pada tanah. Pada lokasi pengembangan ditunjukkan oleh adanya peta hidrogeologi pengembangan. Berdasarkan peta hidrogeologi permukaan, komposisi litologi batuan dan kelulusannya : terutama terdiri dari pasir halus dan lempung pasiran, berselingan dengan pasir kerikilan. Kelulusan berkisar antara 1,10 sampai 10 m/hari. Kemungkinan Luas sumur pada wilayah kajian yaitu kurang dari 1 l/detik.

Luas sumur antara < 1 l/detik. Akuifer dengan aliran melalui ruang antar butir, menempati sebagian daerah perbukitan bergelombang dan setempat pada lereng perbukitan di bagian baratdaya dan tenggara. Terdiri dari beberapa akuifer, yakni material lepas berukuran pasir lempungan hingga kerikal dengan ketebalan rata-rata kurang dari 7 meter dan tidak menerus. Keterusan dan kapasitas jenis umumnya kurang dari 2,5 m<sup>2</sup>/hari dan 0,20 l/detik. Muka air tanah statis kurang dari 10 meter di bawah muka tanah setempat.



Gambar 11 Peta hidrogeologi permukaan

Berdasarkan peta hidrogeologi permukaan, komposisi litologi batuan dan kelulusannya: terutama terdiri dari batu pasir, batu lempung dan napal. Selain itu

juga terdiri dari lempung, lempung pasiran sampai kerikilan dan sisipan pasir. Semua bersifat tufaan, kelulusan umumnya berkisar antara  $(3,2 - 5,6) \times 10$  hingga  $9,5 - 10,1$  m/hari pada batu pasir dan  $3,9 \times 10^{-2}$  sampai dengan  $5 \times 10^{-3}$  m/hari pada batu lanau. Kemungkinan luas sumur pada wilayah kajian yaitu kurang dari 1 l/detik.

Luas sumur antara  $< 1$  l/detik. Akuifer dengan aliran melalui ruang antar butir, menempati sebagian daerah perbukitan bergelombang dan setempat pada lereng perbukitan di bagian baratdaya dan tenggara. Terdiri dari beberapa akuifer, yakni material lepas berukuran pasir lempungan hingga kerikal dengan ketebalan rata-rata kurang dari 7 meter dan tidak menerus. Keterusan dan kapasitas jenis umumnya kurang dari  $2,5$  m<sup>2</sup>/hari dan  $0,20$  l/detik. Muka air tanah statis kurang dari 10 meter di bawah muka tanah setempat.

Dalam Undang-undang Sumber Daya Air, daerah aliran air tanah disebut Cekungan Air Tanah yang didefinisikan sebagai suatu wilayah yang dibatasi oleh batas hidrogeologis, tempat semua kejadian hidrogeologis seperti proses pengimbuhan, pengaliran dan pelepasan air tanah berlangsung. Menurut Danaryanto, dkk. (2004), Cekungan Air Tanah di Indonesia secara umum dibedakan menjadi dua, yaitu :

- a. Cekungan Air Tanah Bebas (unconfined aquifer).
- b. Cekungan Air Tanah Tertekan (confined aquifer).

Cekungan Air Tanah ini tersebar diseluruh wilayah Indonesia dengan total besarnya potensi masing-masing Cekungan Air Tanah adalah:

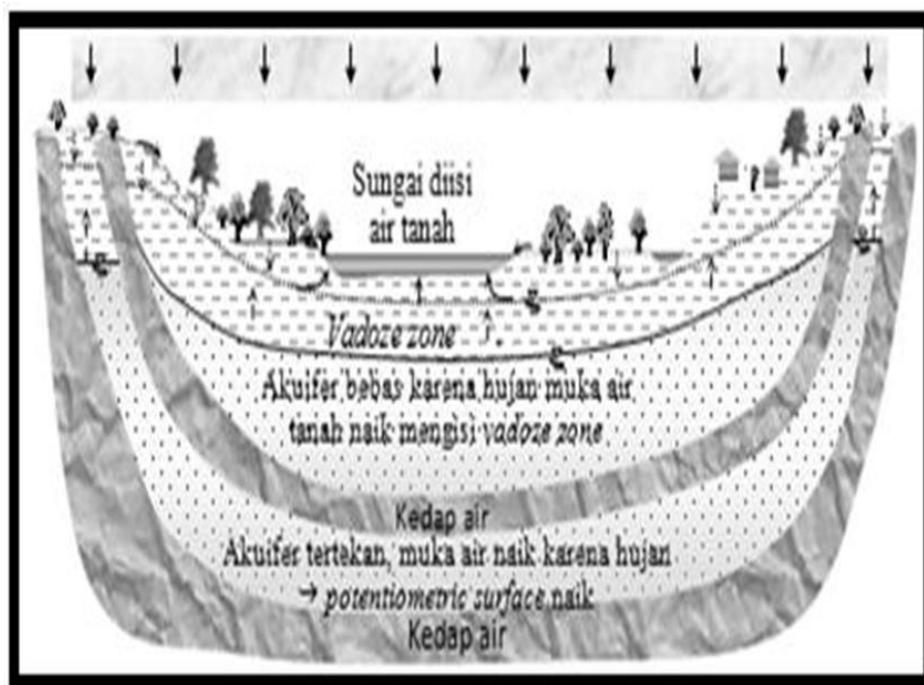
- a. Cekungan Air Tanah Bebas: Potensi 1.165.971 juta m<sup>3</sup>/tahun
- b. Cekungan Air Tanah Tertekan: Potensi 35.325 juta m<sup>3</sup>/tahun

Elemen Cekungan Air Tanah adalah semua air yang terdapat di bawah permukaan tanah, jadi seakan-akan merupakan kebalikan dari air permukaan. Dalam UU Sumber Daya Air, daerah aliran air tanah disebut Cekungan Air Tanah (groundwater basin). Cekungan Air Tanah didefinisikan sebagai suatu wilayah yang dibatasi oleh batas hidrogeologis, tempat semua kejadian hidrogeologis seperti proses pengimbuhan, pengaliran, dan pelepasan air tanah berlangsung. Daerah Cekungan Air Tanah sering juga disebut sebagai daerah aluvial. Beberapa criteria tentang CAT berdasar PP No. 43 Tahun 2008 antara lain:

- a. Mempunyai batas hidrogeologis yang dikontrol oleh kondisi geologis dan atau kondisi hidraulik air tanah. Batas hidrogeologis adalah batas fisik wilayah pengelolaan air tanah. Batas hidrogeologis dapat berupa batas antara batuan lulus dan tidak lulus air, batas pemisah air tanah, dan batas

yang terbentuk oleh struktur geologi yang meliputi, kemiringan lapisan batuan, lipatan, dan patahan.

- b. Mempunyai daerah imbuhan dan daerah lepasan air tanah dalam satu sistem pembentukan air tanah. Daerah imbuhan air tanah merupakan kawasan lindung air tanah, di daerah tersebut air tanah tidak untuk didayagunakan, sedangkan daerah lepasan air tanah secara umum dapat didayagunakan, dapat dikatakan sebagai kawasan budidaya air tanah. Memiliki satu kesatuan sistem akuifer: yaitu kesatuan susunan akuifer, termasuk lapisan batuan kedap air yang berada di dalamnya. Akuifer dapat berada pada kondisi tidak tertekan atau bebas dan tertekan. Kondisi akuifer tersaji pada Gambar 12.

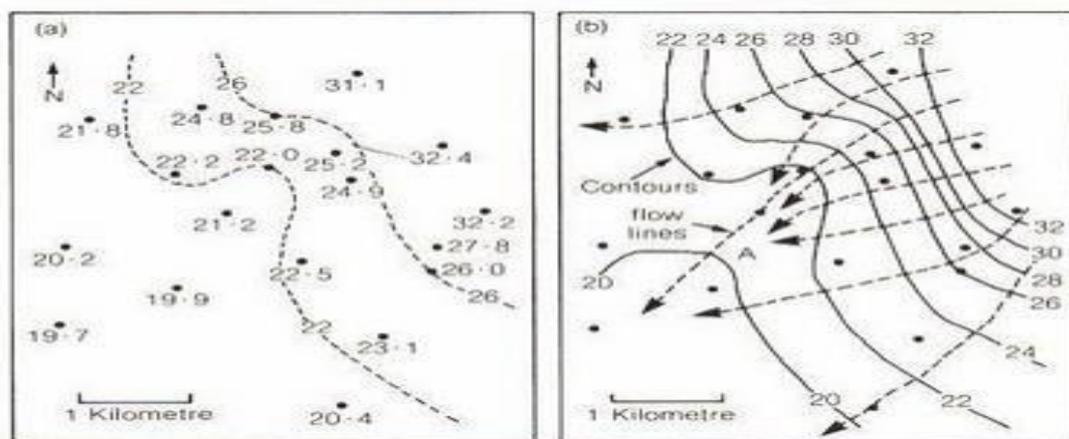


Gambar 12 Gambaran Kondisi Akuifer

*Flownet* atau yang lebih dikenal dengan sebutan kontur air tanah dapat dibuat dengan cara interpolasi data-data elevasi muka air tanah yang teridentifikasi di suatu daerah. Untuk membuat *flownet* ini diperlukan beberapa data, seperti data tinggi muka air tanah (TMA) data elevasi sumur, dan koordinat titik-titik pengukuran. *Flownet* ini dapat menunjukkan beberapa informasi dari variasi kerapatan kontur yang dihasilkan. Dari *flownet* tersebut dapat diperoleh informasi arah aliran air tanah, daerah re-charge, daerah discharge, debit air tanah, dan kemiringan muka air tanah (*hydraulic gradient*).

Kemiringan muka air tanah (*hydraulic gradient*) dapat diketahui dari *flownet* dengan cara membuat profil air tanah. Profil air tanah ini dapat diperoleh dengan cara membuat *crosssection* yang memotong beberapa garis kontur (misalnya

memotong melintang dari kontur yang rapat ke kontur yang renggang). Pada profil kemiringan muka air tanah ini dapat terlihat bahwa semakin rapat kontur air tanah (*flownet*) maka *hydraulic gradient*nya semakin besar, dan begitupun sebaliknya. Dengan menggunakan profil kemiringan muka air tanah ini maka kita dapat mengetahui juga kondisi medan air tanah berada, sehingga bisa menentukan mana daerah *re-charge*, arah aliran air tanahnya serta daerah *discharge*. Selain itu, dapat juga dianalisis perkiraan debit baik itu di daerah hulu maupun daerah hilir air tanah. Gambaran jejaring aliran tersaji pada Gambar 13.



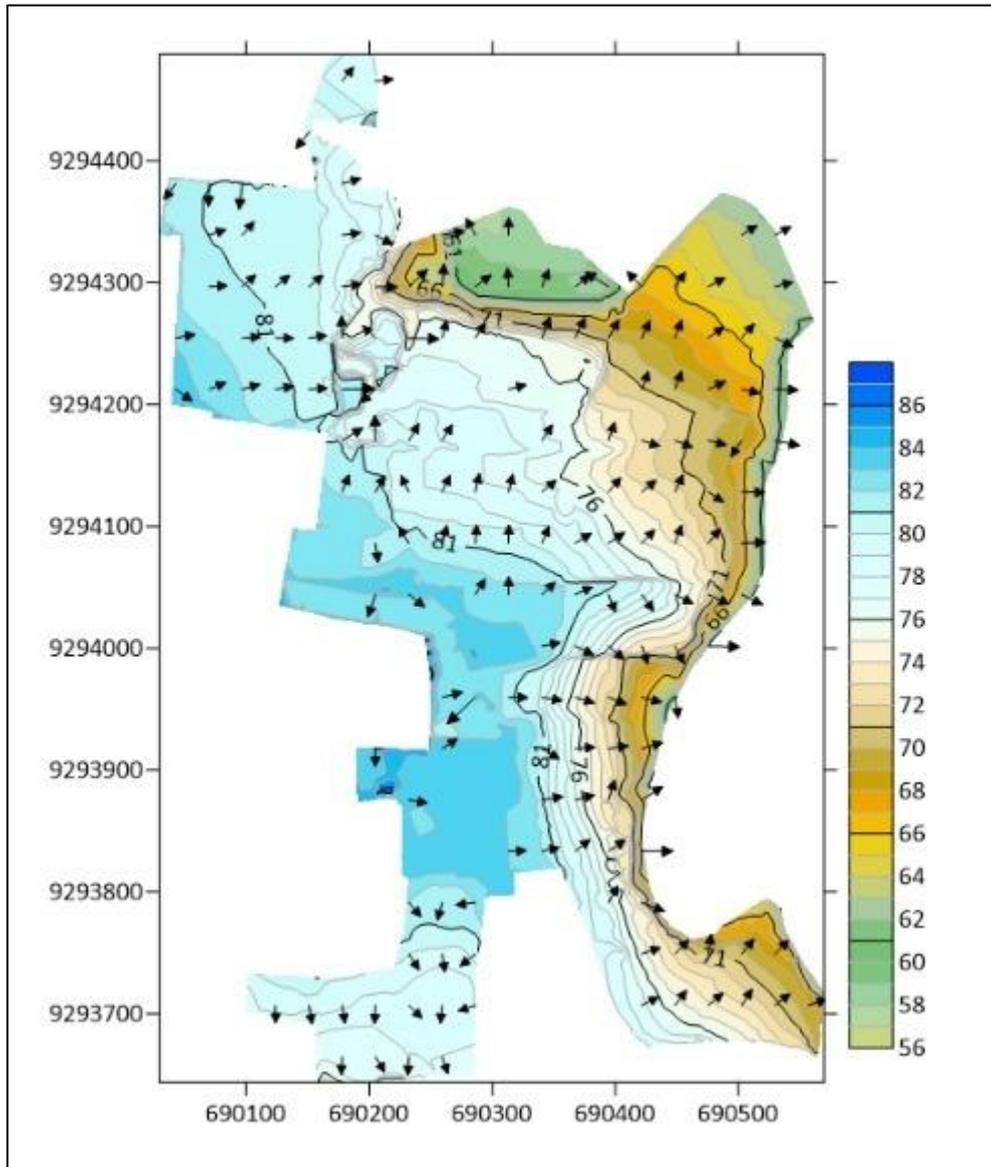
Gambar 13 Gambaran Umum Jejaring Aliran

Analisis aliran air tanah berdasar pada sifat air itu sendiri yang selalu mengalir mengikuti gaya gravitasi, atau dengan kata lain selalu mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah. Dengan diketahuinya *hydraulic gradient* atau kemiringan muka air tanahnya, maka daerah *re-charge* langsung dapat ditemukan dan aliran air tanahnya dapat diketahui dengan membuat garis tegak lurus dengan garis kontur air tanahnya dengan asumsi bahwa daerah tersebut memiliki kondisi aquifer yang homogen dan isotropis karena pengaruh potensial gravitasi.

Hasil analisis aliran air tanah ini bisa digunakan untuk berbagai analisis yang lain, misalnya analisis arah pencemar air tanah, radius area yang tercemar dan waktu persebaran pencemar secara spasial itu berlangsung. Untuk analisis radius area tercemar dan waktu pencemaran dapat dibantu dengan analisis perkiraan debit yang berdasar pada *hydraulic gradient* dari air tanah yang tercemar.

*Garis aliran* adalah suatu garis sepanjang mana butir-butir akan bergerak dari bagian hulu ke bagian hilir sungai melalui media tanah yang tembus air (*permeable*). *Garis ekipotensial* adalah suatu garis sepanjang mana tinggi potensial di semua titik pada garis tersebut adalah sama. Jadi apabila alat-alat piezometer diletakkan di beberapa titik yang berbeda-beda di sepanjang suatu garis ekipotensial, air di dalam piezometer tersebut akan naik pada ketinggian yang sama. Garis aliran menunjukkan definisi garis aliran dan garis ekipotensial untuk aliran di

dalam lapisan tanah yang tembus air (permeable layer) di sekeliling jajaran turap yang ditunjukkan pada gambar tersebut (untuk  $k_x = k_z = k$ ). Kombinasi dari beberapa garis aliran dan garis eipotensial dinamakan *jaringan aliran (flow net)*. Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa jaringan aliran dibuat untuk menghitung aliran air tanah tersaji pada Gambar 14.



Gambar 14 Pola jejaring aliran (*flownet*) 2D

### 3.6 Pengolahan Data Hidrologi

Analisis hidrologi dimaksudkan sebagai langkah untuk memperoleh besarnya debit banjir rencana. Debit banjir rencana adalah debit maksimum rencana di sungai atau saluran alamiah dengan periode ulang tertentu yang dialirkan tanpa membahayakan lingkungan dan stabilitas sungai (Koten dan Suhudi

2020). Langkah untuk mendapatkan debit banjir rencana yaitu dengan menganalisis data curah hujan maksimum pada daerah aliran sungai yang diperoleh dari beberapa stasiun hujan terdekat (Argue *et al.* 2021). Data curah hujan yang digunakan minimal dalam kurun waktu 10 tahun terakhir pengamatan yang berasal dari stasiun pencatat curah hujan terdekat (Chayati dan Rezi 2018).

Analisis frekuensi dalam hidrologi digunakan untuk memperkirakan hujan rancangan dan kemungkinan tertinggi pada periode tertentu. Jenis distribusi yang paling banyak digunakan dalam bidang hidrologi yaitu distribusi normal, distribusi log normal, distribusi Log Person III, dan distribusi Gumbel (Porajouw *et al.* 2019). Perhitungan hujan rancangan menggunakan metode distribusi Gumbel, distribusi Log Normal, distribusi Log Pearson III, dan kala ulang T disesuaikan dengan penyebaran (distribusi) dengan menggunakan persamaan (1), (2), (3), (4), dan (5) sebagai berikut.

**Distribusi Gumbel**

$$Y_{Tr} = -\ln \left\{ -\ln \frac{T_{r-1}}{T_r} \right\} \tag{1}$$

$$X_{tr} = \underline{X} + K. Sd \tag{2}$$

**Distribusi Log Normal**

$$\text{Log}X_{Tr} = \text{Log}\underline{X} + K. Sd_{\log} \tag{3}$$

**Distribusi Log Pearson III**

$$\text{Log } X_{Tr} = \text{Log } \underline{X} + K. Sd_{\log} \tag{4}$$

**Distribusi Normal**

$$X_{Tr} = \underline{X} + K. Sd \tag{5}$$

Xtr merupakan curah hujan rencana (mm/hari),  $\bar{X}$  merupakan curah hujan maksimum rata-rata (mm/hari), Sd yaitu standar deviasi nilai variat, dan K sebagai faktor probabilitas yang digunakan. Langkah selanjutnya yaitu membandingkan nilai koefisien kemencengan (Cs) dan nilai koefisien kurtosis (Ck) sehingga didapatkan jenis probabilitas yang sesuai. Nilai Cs dan Ck dihitung dengan persamaan (6) dan (7), Soewarno (1995) dalam (Wijaya *et al.* 2014).

$$Cs = \frac{\frac{1}{n} \sum (X_i - \underline{X})^3}{\left( \frac{1}{n} \sum (X_i - \underline{X})^2 \right)^{3/2}} \left( \frac{n^2}{(n-1)(n-2)} \right) \tag{6}$$

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum (X_i - \underline{X})^4}{\left( \frac{1}{n} \sum (X_i - \underline{X})^2 \right)^2} \left( \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)} \right) \tag{7}$$

Analisis distribusi peluang digunakan untuk menentukan besaran variabel hidrologi pada periode ulang tertentu dengan melihat syarat parameter yang akan digunakan dalam pemilihan tipe distribusi (Widodo dan Ningrum 2015). Pengolahan data hujan secara statistik bertujuan untuk mendapatkan curah hujan ekstrim, yaitu angka perkiraan hujan harian maksimum yang dianggap terjadi dalam periode ulang (*return period*) yang telah direncanakan. Penentuan jenis probabilitas dengan menggunakan perbandingan nilai koefisien kemencongan ( $C_s$ ) dan koefisien kurtosis ( $C_k$ ) yang di peroleh dari Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Syarat penggunaan jenis sebaran

No	Jenis Distribusi	Syarat
1	Metode Gumbel I	$C_k \leq 5,4$
		$C_s \leq 1,14$
2	Metode Log Normal	$C_s = 3C_v + C_v^3 = 1,14$
		$C_k = 0$
3	Metode Log Pearson III	$C_s \neq 0$
		$C_k = 1,5 C_s (\ln x)^2 + 3 = 8,43$
4	Metode Normal	$C_k = 3$
		$C_s = 0$

Sumber: Chow (1992)

Penentuan debit limpasan rencana merupakan faktor utama dalam merencanakan kapasitas saluran pembuang dan dimensi saluran drainase serta saluran gorong-gorong. Analisis debit limpasan secara teoritis dapat dilakukan dengan metode rasional. Metode rasional digunakan untuk menentukan debit puncak dengan persamaan (8) (Feyen 1980).

$$Q = 0,278 C I A \tag{8}$$

Nilai  $Q$  merupakan debit limpasan ( $m^3/det$ ),  $I$  yaitu intensitas hujan ( $mm/jam$ ),  $C$  merupakan koefisien limpasan, dan  $A$  sebagai luas area kawasan ( $km^2$ ). Nilai koefisien limpasan ditentukan berdasarkan pada penggunaan lahannya (Tabel 2).

Tabel 2 Nilai koefisien limpasan metode rasional

Deskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien limpasan (C)
Atap	0,75 – 0,95
<b>Perkerasan</b>	
Aspal dan beton	0,75 – 0,95
Batu bata, paving	0,50 – 0,70
<b>Area bisnis</b>	
Perkotaan	0,75 – 0,95
<hr/>	
Pinggiran	0,50 – 0,70
<b>Perumahan</b>	
Rumah tinggal	0,30 – 0,50
Rumah multi unit, terpisah	0,40 – 0,60
Rumah multi unit, tergabung	0,60 – 0,75
<b>Halaman, tanah berpasir</b>	
Datar, 2%	0,05 – 0,10
Rata-rata, 2 – 7%	0,10 – 0,15
<b>Halaman, tanah berat</b>	
Datar, 2%	0,13 – 0,17
Rata-rata, 2 – 7%	0,18 – 0,22
Taman tempat bermain	0,22 – 0,35

Sumber: Suripin (2004)

Intensitas hujan dihitung dengan rumus Mononobe apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia dan hanya tersedia data hujan harian, oleh karena itu intensitas hujan di hitung dengan persamaan (12).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[ \frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (12)$$

Nilai I merupakan nilai intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam), hujan rencana dalam satu hari (mm) yaitu  $R_{24}$ , dan t sebagai lamanya waktu hujan (jam).

**KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA**

Dimensi pada saluran drainase ditentukan setelah debit limpasan rencana diketahui. Penentuan dimensi saluran drainase dapat dihitung menggunakan rumus Manning, seperti pada persamaan (13) dan (14).

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (13)$$

$$Q = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} A \quad (14)$$

Dimana Q yaitu debit saluran (m<sup>3</sup>/detik), v sebagai nilai kecepatan aliran (m<sup>2</sup>/detik), n sebagai nilai kekasaran manning, S yaitu kemiringan dasar saluran, R merupakan jari jari hidrolis (m), dan A sebagai luas penampang basah (m<sup>2</sup>). Koefisien manning berdasarkan jenis bahan pembuat saluran pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Koefisien kekasaran manning

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
Saluran Buatan					
1	saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,02	0,023	0,025
2	saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,03	0,04
3	saluran pada dinding batuan, lurus, dan teratur	0,02	0,03	0,033	0,035
4	saluran pada dinding batuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,04	0,045	0,045
5	saluran batuan yang diledakan, ada tumbuh-tumbuhan	0,025	0,03	0,035	0,04
6	dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,03	0,033	0,035
7	saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,02	0,025	0,028	0,03
Saluran Alam					
8	bersih, lurus, tidak berpasir dan tidak berlubang	0,025	0,028	0,03	0,033
9	seperti no.8 tapi ada timbunan atau kerikil	0,03	0,033	0,035	0,04

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
10	melengkung, bersih, berlubang dan berinding pasir	0,03	0,035	0,04	0,045
11	seperti no.10, dangkal, tidak teratur	0,04	0,045	0,05	0,055
12	seperti no.10, berbatu, dan ada tumbuh-tumbuhan	0,035	0,04	0,045	0,05
13	seperti no.11, sebagian berbatu	0,045	0,05	0,055	0,06
14	aliran pelan, banyak tumbuh-tumbuhan dan berlubang	0,05	0,06	0,07	0,08
15	banyak tumbuh-tumbuhan	0,075	0,1	0,125	0,15
Saluran Buatan, Beton, Atau Batu Kali					
16	saluran pemasangan batu, tanpa penyelesaian	0,025	0,03	0,033	0,035
17	seperti no.16, tapi dengan penyelesaian	0,017	0,02	0,025	0,03
18	saluran beton	0,014	0,016	0,019	0,021
19	saluran beton halus dan rata	0,01	0,011	0,012	0,013
20	saluran beton pracetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21	saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

Sumber: DPU (2006)

Tinggi jagaan atau *freeboard* saluran drainase direncanakan agar aman terhadap debit limpasan dan dapat mengalirkan air dengan kecepatan tertentu. Penentuan tinggi jagaan saluran ditentukan berdasarkan Tabel 4 berikut.

Tabel 4 Tinggi jagaan drainase pasang batu dan dari tanah

Debit (m <sup>3</sup> /det)	Tinggi jagaan pemasangan batu (m)	Tinggi jagaan saluran dari tanah (m)
Q < 0,50	0,20	0,40
0,50 < Q ≤ 1,50	0,20	0,50

Debit ( $m^3/det$ )	Tinggi jagaan pasangan batu (m)	Tinggi jagaan saluran dari tanah (m)
$1,50 < Q \leq 5,00$	0,25	0,60
$5,00 < Q \leq 10,00$	0,30	0,75
$10,00 < Q \leq 15,00$	0,40	0,85
$Q > 15,00$	0,50	1.00

Sumber: Chow (1992)

Penampang saluran yang memiliki keliling basah lebih kecil dapat mengalirkan air secara maksimal. Penampang ini disebut penampang hidrolis terbaik (Chow 1992). Unsur-unsur geometris dalam penentuan dimensi saluran dihitung berdasarkan bentuknya seperti pada Tabel 5.

Tabel 5 Unsur geometris penampang saluran persegi dan trapesium

Unsur Geometris	Satuan	Saluran	
		Segiempat	Trapesium
Luas penampang (A)	$m^2$	B. h	$(B + m. h) h$
Keliling basah (P)	m	$B + 2h$	$B + 2h\sqrt{1 + m}$
Jari-jari hidrolis (R)	m	$B. h / b h$	$(B + m.h)h/B + 2h\sqrt{1 + m}$
Kedalaman hidrolis (d)	m	h	$(B + m. h) h/B + 2mh$
Lebar puncak (B)	m	B	$B + 2mh$
Kedalaman rata-rata (dm)	m	A/B	A/B

Sumber: (DPU 2006)

Perencanaan saluran drainase yang sesuai dengan jumlah debit, maka perencanaan yang sesuai dapat mengacu pada nilai hubungan antara Q, h, dan b/h seperti pada Tabel 6.

Tabel 6 Hubungan antara nilai Q, h, dan b/h untuk saluran drainase

Debit, Q ( $m^3/det$ )	h (m)	Rasio b/h
< 0,5	< 0,5	1
0,5 – 1,1	0,5 – 0,7	2
1,1 – 3,5	0,7 – 1,00	2,5
> 3,5	> 1,00	3

Sumber: DPU (2006)

## BAB IV. ANALISIS HIDROLOGI

Pembangunan pada suatu kawasan akan memberikan dampak pada lingkungan sekitar. Salah satu dampak yang akan timbul adalah peningkatan air limpasan (*run off*) akibat terjadinya perubahan tutupan lahan. Perubahan tersebut dapat berupa bangunan, jalan, atau bangunan lainnya yang sebelumnya berupa vegetasi atau tanaman penutup seperti ilalang, rumput, kebun maupun persawahan. Peningkatan air limpasan akan menurunkan kapasitas badan air dan mengakibatkan terjadinya banjir apabila tidak ditangani dengan baik. Oleh karena itu diperlukan upaya – upaya pencegahan dari dampak peningkatan air limpasan sehingga rencana pembangunan yang akan dilaksanakan tidak akan menimbulkan masalah dikemudian hari.

Penerapan konsep *zero runoff* merupakan salah satu upaya upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak akibat peningkatan air limpasan. Selain sebagai upaya pencegahan dampak, konsep ini juga sebagai upaya untuk melakukan konservasi terhadap air dan tanah. Konsep ini mengupayakan semaksimal mungkin air limpasan dimasukkan kedalam air tanah sebagai *recharge* dan seminimal mungkin air masuk ke badan air melalui saluran drainase. Air limpasan dapat dimasukkan kedalam tanah melalui rekayasa penggunaan bangunan konservasi air.

Agar konsep *zero runoff* tersebut dapat diaplikasikan dengan baik maka perlu dilakukan analisis hidrologi untuk mengkaji aspek-aspek hidrologinya. Selain itu untuk menentukan ketinggian dasar bangunan yang aman dari banjir, maka diperlukan analisis Peil Banjir.

Analisis hidrologi dan peil banjir selanjutnya akan menjadi dasar untuk dikeluarkannya rekomendasi penataan drainase dan peil banjir sebagai bagian dari persyaratan perijinan dalam pembangunan sebuah kawasan.

### 4.1. Kondisi Existing Sungai

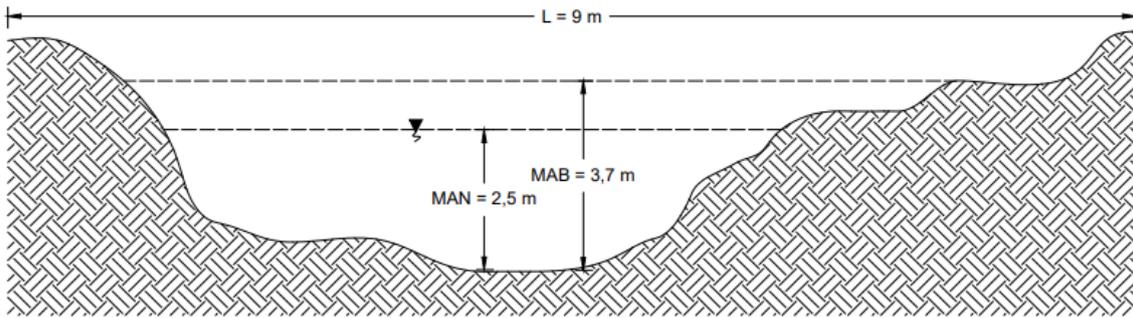
Pada kondisi eksisting terdapat sungai yang melintas. Jarak lokasi dengan Sungai utama (Sungai Angke) paling dekat sebesar 289 meter dan tidak ditemukan adanya potensi banjir pada lokasi kajian. Dokumentasi sungai pada kondisi eksisting tersaji pada Gambar 15.



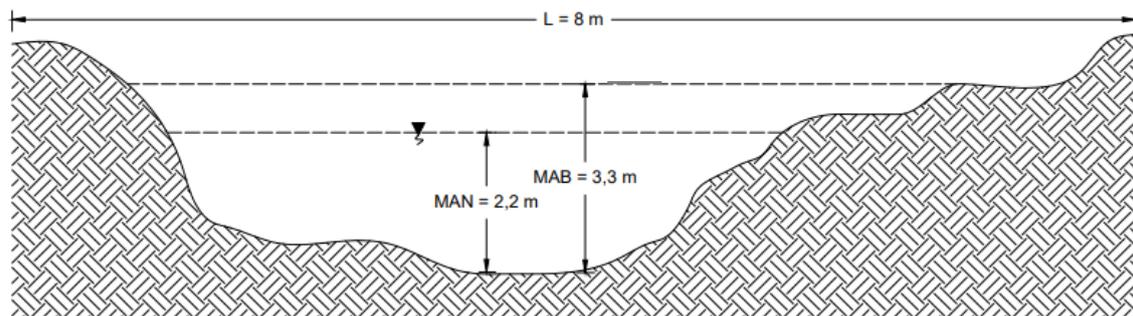
Gambar 15 Kondisi Sungai Pada Lokasi Kajian

#### 4.2. Profil Sungai dan Saluran

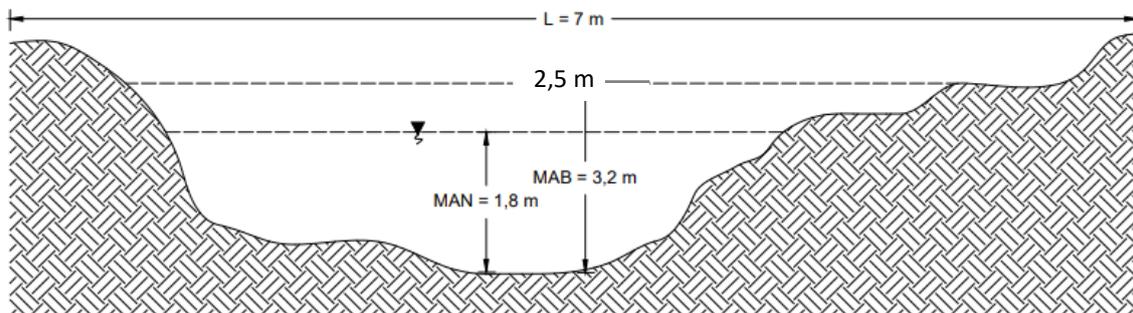
Kawasan pengembangan perumahan yang dikaji dibatasi langsung oleh Sungai Angke. Pada saat survey lokasi kegiatan juga dilakukan pengukuran lebar dan kedalaman Sungai Angke pada bagian hulu, tengah dan hilir serta muka air banjir (MAB) dan muka air normal (MAN) dapat dilihat pada Gambar 16, Gambar 17, dan Gambar 18. Lebar Sungai Angke bagian hulu sebesar 9 m dengan ketinggian muka air normal sebesar 2,5 m dan ketinggian muka air banjir sebesar 3,7 m. Kenaikan muka air banjir pada daerah hulu Sungai Angke sebesar 1,2 m. Lebar Sungai Angke bagian tengah sebesar 8 m dengan ketinggian muka air normal sebesar 2,2 m dan ketinggian muka air banjir sebesar 3,3 m. Kenaikan muka air banjir pada daerah tengah Sungai Angke sebesar 1,1 m. Lebar Sungai Angke bagian hilir sebesar 7 m dengan ketinggian muka air normal sebesar 1,8 m dan ketinggian muka air banjir sebesar 3,2 m. Kenaikan muka air banjir pada daerah tengah Sungai Angke sebesar 1,4 m. Pada kondisi eksisting pengaruh kenaikan muka air banjir Sungai Angke tidak berpengaruh pada lokasi Kajian.



Gambar 16 Penampang melintang Sungai Angke bagian Hulu



Gambar 17 Penampang melintang Sungai Angke bagian Tengah



Gambar 18 Penampang melintang Sungai Angke bagian Hilir

Pengukuran debit sungai digunakan alat *current meter*. Pengukuran dilakukan pada 3 lokasi yaitu hulu, tengah, dan hilir. Setiap lokasi dibagi menjadi 3 titik sama panjang untuk dilakukan pengukuran kecepatan aliran. Dokumentasi pengukuran kecepatan aliran sungai tersaji pada Gambar 19 berikut.

## KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA



Gambar 19 Pengukuran kecepatan aliran sungai

Hasil dari pengukuran debit Sungai Angke lokasi 1 (hulu), lokasi 2 (tengah), dan lokasi 3 (hilir) diperoleh seperti pada Tabel 7. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh kecepatan aliran rata-rata anak Sungai Angke bagian hulu adalah 0,32 m/s, sementara pada bagian tengah dan hilir berturut-turut adalah sebesar 0,31 m/s dan 0,29 m/s. Luas perimeter atau penampang terbasahkan bagian hulu adalah 22,50 m<sup>2</sup>, pada bagian tengah sebesar 17,60 m<sup>2</sup> sementara pada bagian hilir sebesar 12,60 m<sup>2</sup>. Berdasarkan muka air normal, diperoleh rata-rata besarnya debit untuk

Sungai Angke pada bagian hulu sebesar 7,28 m<sup>3</sup>/s, pada bagian tengah sebesar 6,90 m<sup>3</sup>/s sedangkan pada bagian hilir sebesar 6,45 m<sup>3</sup>/s.

Tabel 7 Hasil perhitungan debit sungai pada wilayah kajian

Lokasi	Titik	Kecepatan (m/s)	Luas penampang (m <sup>2</sup> )	Debit (m <sup>3</sup> /s)
Hulu	1	0,35	22,50	7,88
	2	0,32		7,20
	3	0,30		6,75
Rata-rata		0,32		7,28
Tengah	1	0,30	17,60	6,75
	2	0,30		6,75
	3	0,32		7,20
Rata-rata		0,31		6,90
Hilir	1	0,29	12,60	6,53
	2	0,30		6,75
	3	0,27		6,08
Rata-rata		0,29		6,45

### 4.3. Analisis Infiltrasi

Infiltrasi adalah bagian dari siklus hidrologi yaitu peristiwa masuknya atau perembesan air dari permukaan tanah menuju ke dalam tanah sebagai akibat adanya gaya gravitasi dan gaya kapiler. Manfaat adanya infiltrasi antara lain menyediakan air untuk evaporasi, mengisi atau menyimpan air reservoir tanah sebagai cadangan air serta dapat meminimalisir terjadinya erosi dan dapat mengendalikan limpasan yang menyebabkan banjir. Laju infiltrasi dipengaruhi oleh karakteristik sifat fisik tanah, besarnya presipitasi atau hujan, dan penggunaan atau pemanfaatan lahan. Semakin porus tanah, maka laju infiltrasi akan semakin tinggi. Laju infiltrasi akan semakin mengecil apabila tanah dalam kondisi jenuh air. Apabila curah hujan lebih besar daripada kapasitas infiltrasi maka dapat menyebabkan limpasan. Pemanfaatan lahan untuk pembangunan akan menurunkan kapasitas infiltrasi di suatu wilayah karena wilayah resapan air berkurang. Pengukuran infiltrasi pada Titik 1, Titik 2 dan Titik 3 disajikan pada Gambar 20, 21 dan 22 berikut.

**KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA**



**Gambar 20 Pengukuran laju infiltrasi titik 1**

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA



Gambar 21 Pengukuran laju infiltrasi titik 2

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA



Gambar 22 Pengukuran laju infiltrasi titik 3

## KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA

Laju infiltrasi pada pembangunan perumahan di lokasi kajian secara langsung dengan alat *double ring infiltrometer*. Pengukuran laju infiltrasi didasarkan pada SNI 7752:2012 tentang Tata Cara Pengukuran Laju Infiltrasi Tanah di Lapangan Menggunakan Infiltrometer Cincin Ganda. Pengukuran dilakukan satu kali pengulangan sehingga memperoleh perubahan ketinggian ( $\Delta H$ ).

Metode pengukuran berdasarkan perubahan tinggi muka air. Cincin bagian dalam dan cincin bagian luar diisi air dengan ketinggian yang sama yang bertujuan untuk mencegah aliran ke samping. Setelah itu, perubahan ketinggian ( $\Delta H$ ) dicatat setiap selang waktu 1 menit. Pengukuran dihentikan ketika perubahan ketinggian telah konstan. Pengukuran infiltrasi dilakukan pada dua titik. Titik infiltrasi dilakukan pada:

1. Titik 1 : 6°23'7" LS 106°43'21" BT
2. Titik 2 : 6°23'18" LS 106°43'15" BT
3. Titik 3 : 6°23'9" LS 106°43'16" BT

Hasil pengukuran laju infiltrasi pada Titik 1, Titik 2 dan Titik 3 tersaji pada Tabel 8, 9 dan 10.

Tabel 8 Data hasil pengukuran laju infiltrasi titik 1

No	Waktu (Menit)	H (cm)	$\Delta H$ (cm)	$\Delta H$ kumulatif (cm)
1	0	12	0	0
2	1	11,8	0,2	0,2
3	2	11,8	0	0,2
4	3	11,8	0	0,2
5	4	11,8	0	0,2

Tabel 9 Data hasil pengukuran laju infiltrasi titik 2

No	Waktu (Menit)	H (cm)	$\Delta H$ (cm)	$\Delta H$ kumulatif (cm)
1	0	12	0	0
2	1	11,5	0,5	0,5
3	2	10,2	1,3	1,8
4	3	9,2	1	2,8
5	4	8,2	1	3,8
6	5	7,2	1	4,8
7	6	6,2	1	5,8
8	7	5,2	1	6,8

Tabel 10 Data hasil pengukuran laju infiltrasi titik 3

No	Waktu (Menit)	H (cm)	$\Delta H$ (cm)	$\Delta H$ kumulatif (cm)
1	0	12	0	0
2	1	7	5	5
3	2	3,5	3,5	8,5
4	3	1	2,5	11
5	4	9	3	14
6	5	7	2	16
7	6	5	2	18
8	7	2,5	2,5	20,5
9	8	10,5	1,5	22
10	9	8,5	2	24
11	10	6,5	2	26
12	11	5	1,5	27,5
13	12	3,5	1,5	29
14	13	2,5	1	30
15	14	1	1,5	31,5

Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh perubahan tinggi muka air ( $\Delta H$ ) pada setiap masing-masing pengulangan. Pengukuran dilakukan 1 kali ulangan untuk memperoleh laju infiltrasi yang konstan dengan waktu 10 menit. Perubahan ketinggian ( $\Delta H$ ) kumulatif dari hasil pengukuran sebesar 0,2 cm pada Titik 1, 6,8 cm pada Titik 2 dan 31,5 cm pada Titik 3. Data-data tersebut diolah untuk memperoleh nilai laju infiltrasi menggunakan Model Kostiakov seperti tersaji pada Tabel 11.

Tabel 11 Hasil pengolahan data infiltrasi titik 1

Waktu (menit)	Infiltrasi Akumulatif (mm)	Kapasitas Infiltrasi (mm/menit)	Log t	Log F	Laju Infiltrasi Kostiakov (mm/menit)	Infiltrasi Kumulatif Kostiakov (mm)
1	2,0	2,0	0,0	0,3	0,00	2,00
2	2,0	1,0	0,3	0,3	0,00	2,00
3	2,0	0,7	0,5	0,3	0,00	2,00
4	2,0	0,5	0,6	0,3	0,00	2,00

Tabel 12 Hasil pengolahan data infiltrasi titik 2

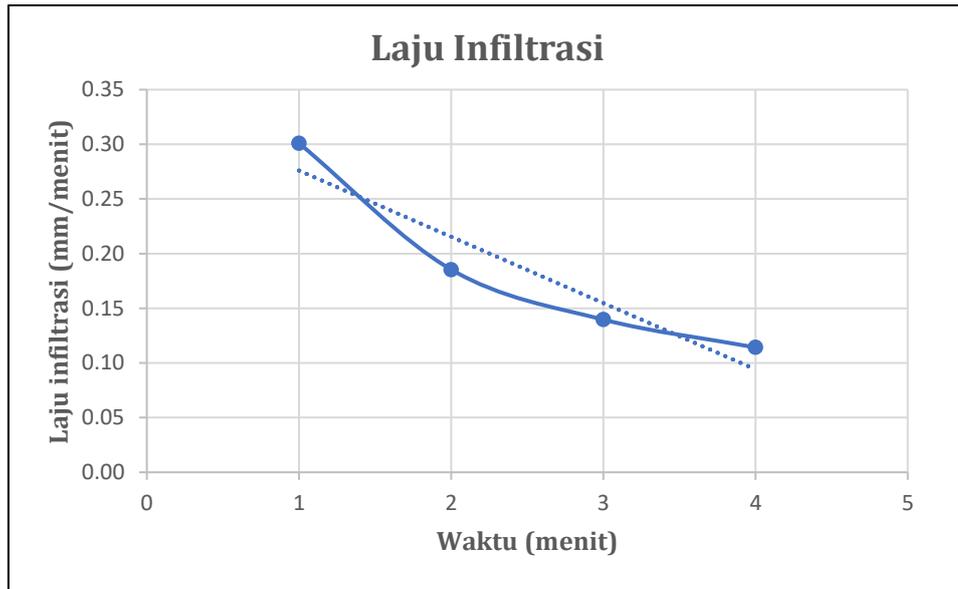
Waktu (menit)	Infiltrasi Akumulatif (mm)	Kapasitas Infiltrasi (mm/menit)	Log t	Log F	Laju Infiltrasi Kostiakov (mm/menit)	Infiltrasi Kumulatif Kostiakov (mm)
1	5,0	5,0	0,0	0,7	7,80	6,00
2	18,0	9,0	0,3	1,3	9,60	2,44

Waktu (menit)	Infiltrasi Akumulatif (mm)	Kapasitas Infiltrasi (mm/menit)	Log t	Log F	Laju Infiltrasi Kostiakov (mm/menit)	Infiltrasi Kumulatif Kostiakov (mm)
3	28,0	9,3	0,5	1,4	10,83	1,44
4	38,0	9,5	0,6	1,6	11,81	0,99
5	48,0	9,6	0,7	1,7	12,62	0,74
6	58,0	9,7	0,8	1,8	13,33	0,58
7	68,0	9,7	0,8	1,8	13,96	0,48

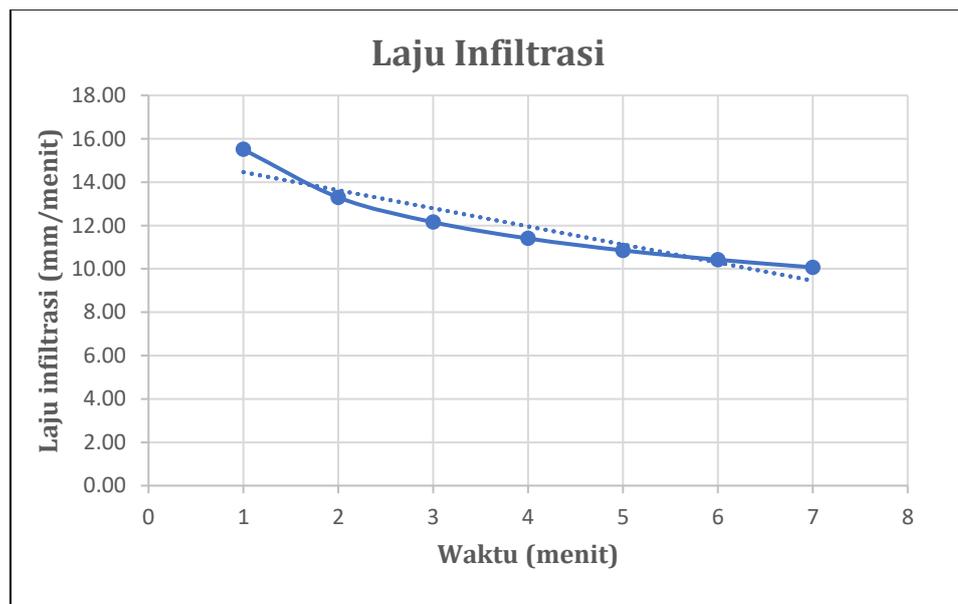
Tabel 13 Hasil pengolahan data infiltrasi titik 3

Waktu (menit)	Infiltrasi Akumulatif (mm)	Kapasitas Infiltrasi (mm/menit)	Log t	Log F	Laju Infiltrasi Kostiakov (mm/menit)	Infiltrasi Kumulatif Kostiakov (mm)
1	50,0	50,0	0,0	1,7	36,01	51,45
2	85,0	42,5	0,3	1,9	29,25	31,67
3	110,0	36,7	0,5	2,0	25,90	23,85
4	140,0	35,0	0,6	2,1	23,76	19,50
5	160,0	32,0	0,7	2,2	22,22	16,68
6	180,0	30,0	0,8	2,3	21,03	14,68
7	205,0	29,3	0,8	2,3	20,08	13,18
8	220,0	27,5	0,9	2,3	19,29	12,00
9	240,0	26,7	1,0	2,4	18,62	11,05
10	260,0	26,0	1,0	2,4	18,04	10,27
11	275,0	25,0	1,0	2,4	17,54	9,61
12	290,0	24,2	1,1	2,5	17,08	9,04
13	300,0	23,1	1,1	2,5	16,68	8,55
14	315,0	22,5	1,1	2,5	16,31	8,11

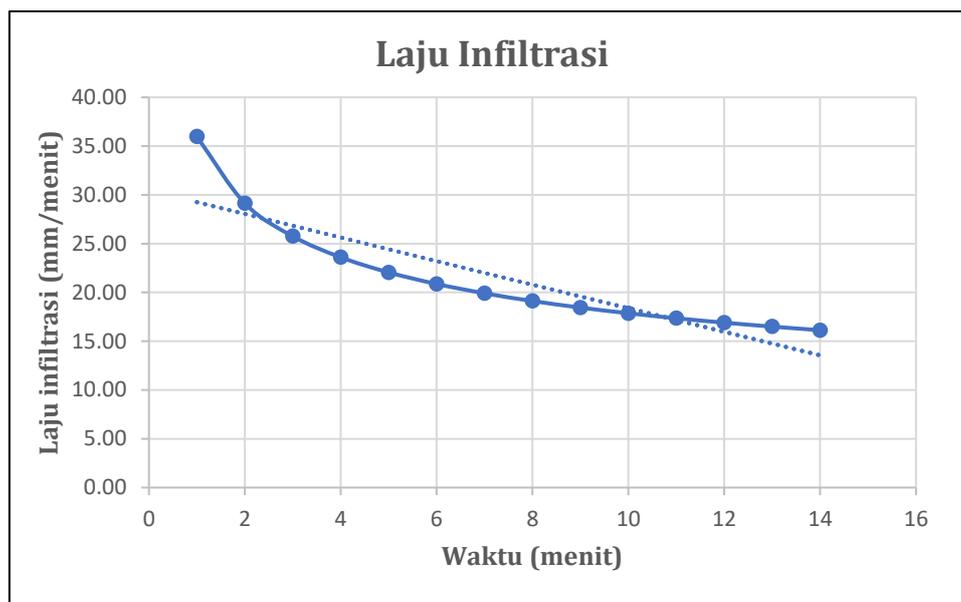
Perhitungan dengan model kostiakov dilakukan proses Fitting Pendugaan Kostiakov dan Regresi Linear. Grafik regresi linear yaitu antara Log t (waktu) sebagai sumbu x dan Log F (Infiltrasi kumulatif) sebagai sumbu y. Berdasarkan proses tersebut diperoleh persamaan laju infiltrasi dan persamaan laju infiltrasi kumulatif Kostiakov pada hasil pengukuran. Hasil dari pengolahan data infiltrasi pada Titik 1, Titik 2 dan Titik 3 tersebut diplotkan pada grafik yang tersaji pada Gambar 23, 24 dan 25. Grafik tersebut menunjukkan pada hubungan antara laju infiltrasi dan waktu. Semakin lama waktu, laju infiltrasi semakin menurun. Laju infiltrasi pada Titik 1 menunjukkan konstan mulai pada waktu 3 menit yang memiliki nilai 0,14 mm/menit, laju infiltrasi pada Titik 2 menunjukkan konstan mulai pada waktu 5 menit yang memiliki nilai 10,85 mm/menit dan laju infiltrasi pada Titik 3 menunjukkan konstan mulai pada waktu 10 menit yang memiliki nilai 17,87 mm/menit.



Gambar 23 Grafik laju infiltrasi titik 1



Gambar 24 Grafik laju infiltrasi titik 2



Gambar 25 Grafik laju infiltrasi titik 3

#### 4.4. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan dilakukan dengan menggunakan data curah hujan selama 10 tahun dari tahun 2014 hingga tahun 2023 yang diperoleh dari stasiun meteorologi terdekat dari Badan Meterologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Citeko. Data curah hujan tahunan maksimum tersaji pada Tabel 14. Berdasarkan data tersebut, curah hujan maksimum selama 10 tahun terakhir adalah 320,9 mm yang terjadi pada tahun 2019. Curah hujan rata-rata selama 10 tahun adalah 135,31 mm. Data curah hujan daerah maksimum tahunan digunakan untuk analisis distribusi hujan. Analisis distribusi dilakukan dengan menggunakan analisis distribusi gumbel. Dipilih dengan menggunakan metode ini dikarenakan sudah pernah dilakukan analisis curah di daerah lokasi sekitar kajian menggunakan distribusi Gumbel menjadi pilihan terbaik diantara metode yang lain. Hasil uji Koefisien Kurtosis (Ck), koefisien Skewness (Cs), dan Koevisien Variasi (Cv) seperti pada Tabel 15 menunjukkan bahwa metode Gumbel adalah metode yang memenuhi persyaratan. Selain itu, juga dilakukan uji Smirnov-Kolmogorov dan Chi Kuadrat yang hasilnya memenuhi kriteria.

Tabel 14 Curah Hujan Tahunan Maksimum

Tahun	Curah hujan (mm)
2014	192,80
2015	86,60
2016	80,50
2017	90,00
2018	164,10
2019	320,90

**KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA**

2020	118,70
2021	124,00
2022	89,10
2023	86,40
Rata-rata	135,31

*Sumber : Stasiun Meteorologi Citeko, 2023*

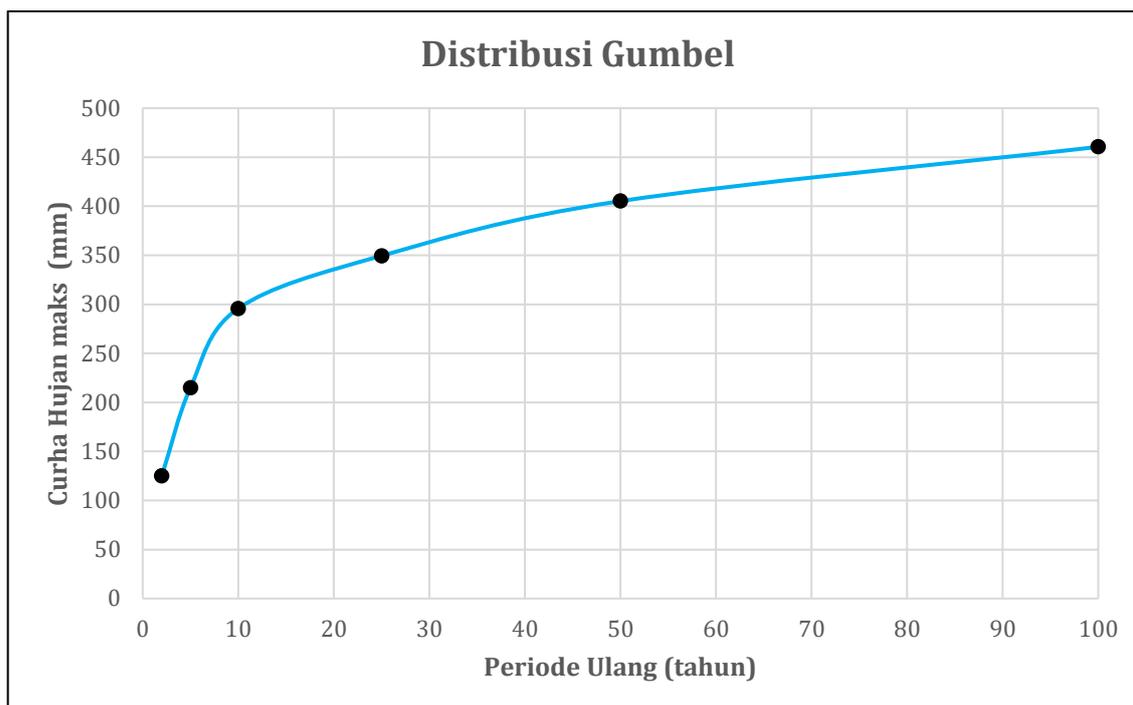
Tabel 15 Hasil perhitungan koefisien Ck, Cs, dan Cv

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Metode Gumbel I	$Ck \leq 5,4$	3,831	memenuhi
		$Cs \leq 1,14$	1,961	tidak memenuhi
2	Metode Log Normal	$Cs = 3Cv + Cv^3 = 1,14$	1,840	tidak memenuhi
		$Ck = 0$	3,831	tidak memenuhi
3	Metode Log Pearson III	$Cs \neq 0$	1,961	memenuhi
		$Ck = 1,5 Cs (\ln x)^2 + 3 = 8,43$	21,237	tidak memenuhi
4	Metode Normal	$Ck = 3$	3,831	tidak memenuhi
		$Cs = 0$	1,961	tidak memenuhi

Tabel 16 Hasil Analisis Distribusi Curah Hujan Metode Gumbel

PUH (Tahun)	2	5	10	25	50	100
CH Maks (mm)	125,11	214,91	295,74	349,48	405,21	460,52

*Sumber : Hasil pengolahan data hujan*



Gambar 26 Curah Hujan Rancangan Metode Gumbel

Analisis distribusi yang dilakukan menggunakan nilai periode 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun seperti tersaji pada Tabel 16 dan Gambar 26. Periode ulang didefinisikan sebagai waktu hipotetik dimana debit atau hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut. Pada periode ulang hujan 50 tahun diketahui curah hujan rancangan sebesar 405,21 mm dan angka ini akan digunakan untuk analisis intensitas hujan untuk mendapatkan jumlah limpasan.

#### 4.4.1. Intensitas Hujan

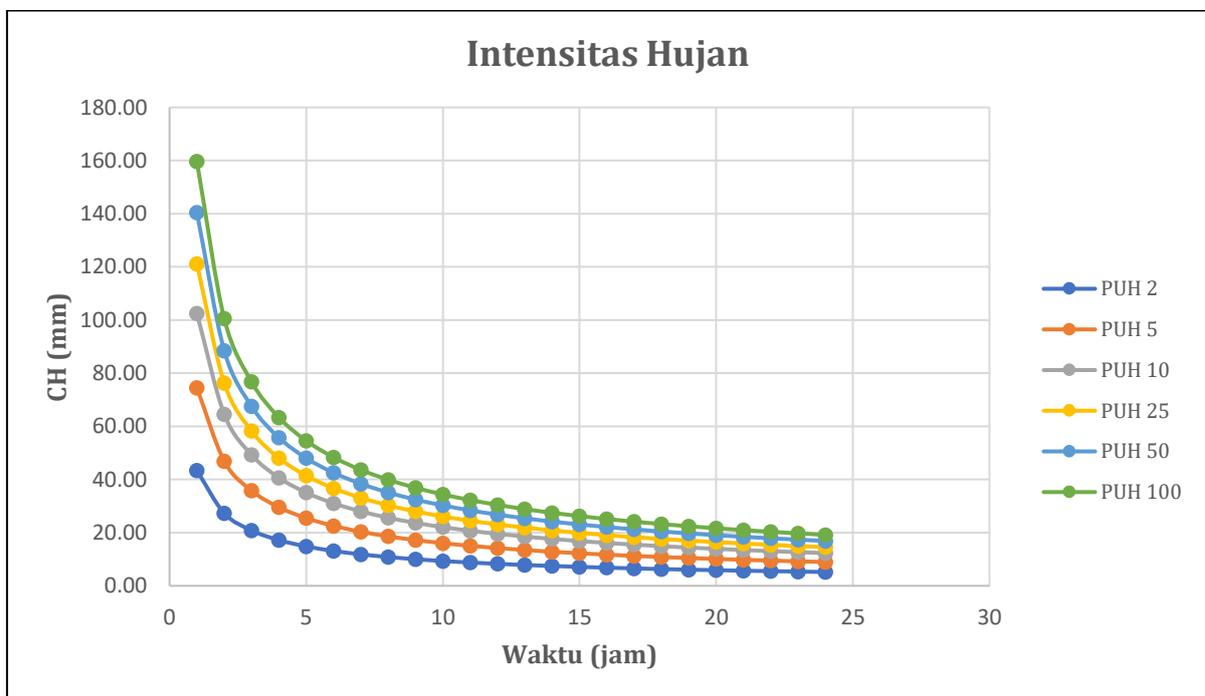
Intensitas hujan dihitung dengan menggunakan rumus Mononobe. Data curah hujan yang dipakai adalah curah hujan dengan periode ulang 50 tahun yang sudah ditetapkan sebelumnya. Intensitas hujan tiap jam dapat dilihat pada Tabel 17 dan Gambar 27.

Tabel 17 Intensitas Hujan

t (jam)	Periode Ulang Hujan (tahun)					
	2	5	10	25	50	100
	125,11	214,91	295,74	349,48	405,21	460,52
1	43,37	74,50	102,53	121,16	140,48	159,65
2	27,32	46,93	64,59	76,32	88,49	100,58
3	20,85	35,82	49,29	58,25	67,53	76,75
4	17,21	29,57	40,69	48,08	55,75	63,36
5	14,83	25,48	35,06	41,44	48,04	54,60

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA

6	13,14	22,56	31,05	36,69	42,54	48,35
7	11,85	20,36	28,02	33,11	38,39	43,63
8	10,84	18,63	25,63	30,29	35,12	39,91
9	10,02	17,22	23,70	28,00	32,47	36,90
10	9,34	16,05	22,09	26,10	30,26	34,40
11	8,77	15,06	20,73	24,50	28,40	32,28
12	8,28	14,21	19,56	23,12	26,80	30,46
13	7,85	13,48	18,54	21,91	25,41	28,88
14	7,47	12,83	17,65	20,86	24,18	27,48
15	7,13	12,25	16,86	19,92	23,10	26,25
16	6,83	11,73	16,15	19,08	22,12	25,14
17	6,56	11,27	15,51	18,33	21,25	24,15
18	6,32	10,85	14,93	17,64	20,45	23,25
19	6,09	10,46	14,40	17,02	19,73	22,42
20	5,89	10,11	13,92	16,44	19,07	21,67
21	5,70	9,79	13,47	15,92	18,46	20,97
22	5,52	9,49	13,06	15,43	17,89	20,33
23	5,36	9,21	12,68	14,98	17,37	19,74
24	5,21	8,95	12,32	14,56	16,88	19,19



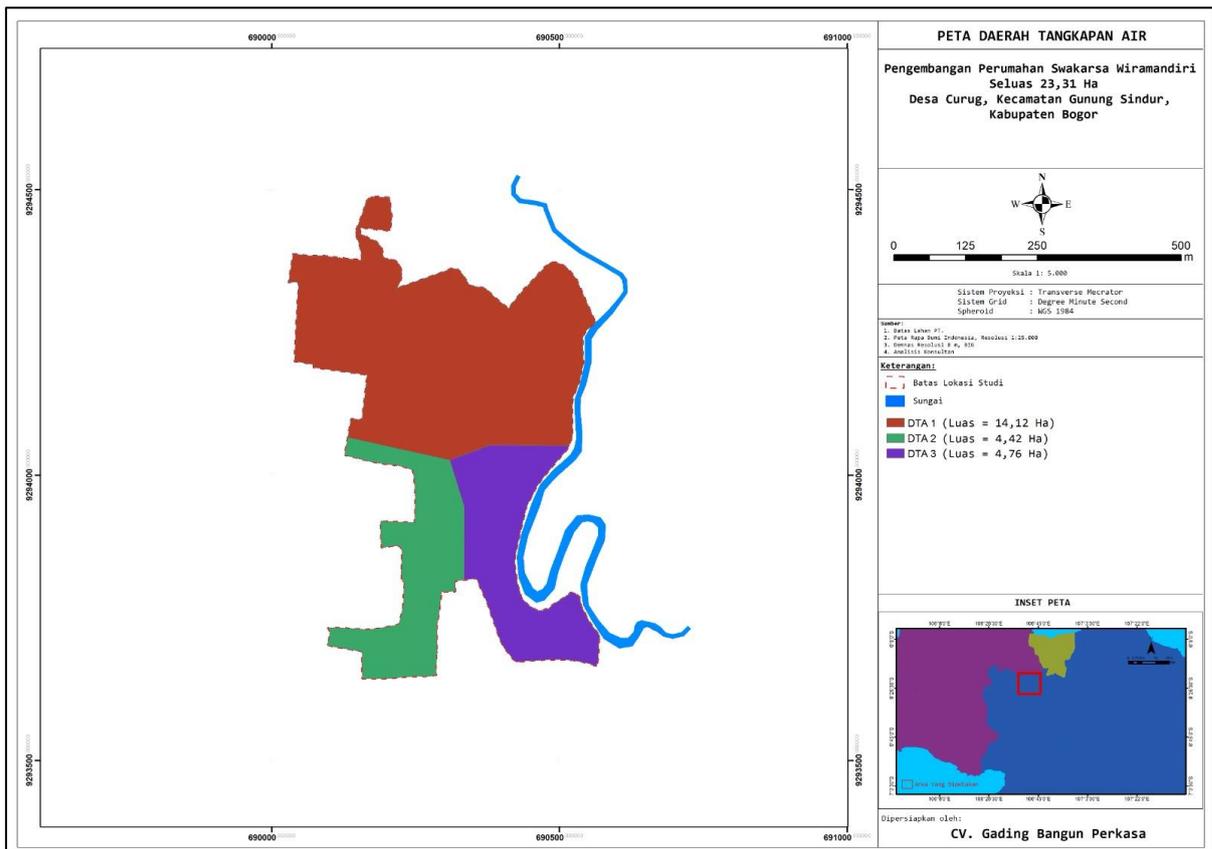
Gambar 27 Grafik Intensitas Hujan (mm/jam)

## KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA

Waktu konsentrasi ( $T_c$ ) merupakan waktu perjalanan air dari tempat yang paling jauh (hulu) sampai pada titik outlet (hilir), Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan rumus Kirpich diperoleh waktu hujan yaitu 1 jam, Intensitas hujan dengan waktu hujan 1 jam dan curah hujan rancangan sebesar 405,21 mm.

### 4.4.2. Debit dan Volume Limpasan

Besarnya limpasan permukaan dipengaruhi oleh dua faktor utama yaitu faktor cuaca terutama curah hujan dan faktor karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) yaitu bentuk dan ukuran DAS, topografi, geologi, dan jenis penggunaan lahan. Air di bumi akan mengalami siklus tersebut secara terus-menerus. Perhitungan limpasan dihitung berdasarkan data curah hujan rencana, intensitas hujan, luas area pembangunan, serta koefisien C yang diperoleh dari tutupan lahan. Luas area yang akan dilakukan pembangunan dibagi menjadi tiga DTA (daerah tangkapan air). DTA 1 memiliki luas sebesar 14,12 Ha, DTA 2 memiliki luas sebesar 4,42 Ha dan DTA 3 memiliki luas sebesar 4,76 Ha. Pembagian DTA dapat dilihat pada Gambar 28 berikut.



Gambar 28 Blok plan pembagian DTA

**KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA**

Tutupan lahan eksisting berupa lahan terbuka, kebun warga, hutan bambu dan padang rumput. Dengan pembangunan berupa perumahan maka akan menyebabkan perubahan nilai C. Berdasarkan SNI 03-2415-2016, koefisien limpasan (C) berupa tanah berat dengan vegetasi sebesar 0,50 dan setelah dilakukan pembangunan perumahan akan berubah menjadi 0,60. Perhitungan koefisien limpasan kumulatif (Cr) didasarkan pada perbandingan luas lahan, Nilai Cr untuk DTA 1, DTA 2 dan DTA 3 masing masing sebesar 0,60 untuk tata guna lahan perumahan seperti pada Tabel 18.

Tabel 18 Hasil perhitungan koefisien limpasan kumulatif (Cr)

Area	Tata guna lahan	Luas		Koefisien Limpasan (C)	Cr
		ha	%		
DTA 1	Perumahan	14,12	100	0,60	0,60
DTA 2	Perumahan	4,42	100	0,60	0,60
DTA 3	Perumahan	4,76	100	0,60	0,60

Koefisien C semakin besar maka debit limpasan akan semakin besar juga, Berdasarkan analisis limpasan dengan metode Rasional maka diperoleh debit dan volume limpasan seperti pada Tabel 19. Debit limpasan eksisting untuk DTA 1 sebesar 3,31 m<sup>3</sup>/det, DTA 2 sebesar 1,04 m<sup>3</sup>/det dan DTA 3 sebesar 1,12 m<sup>3</sup>/det. Waktu konsentrasi sebesar 1 jam maka Volume limpasan eksisting DTA 1 adalah 11910,73 m<sup>3</sup>, DTA 2 sebesar 3728,43 m<sup>3</sup> dan DTA 3 sebesar 4015,23 m<sup>3</sup>. Volume limpasan pada proyek tidak mengalami peningkatan karena sehingga volume limpasan DTA 1 menjadi 11910,73 m<sup>3</sup>, DTA 2 sebesar 3728,43 m<sup>3</sup> dan DTA 3 sebesar 4015,23 m<sup>3</sup>.

Tabel 19 Debit dan Volume Limpasan

Parameter	Eksisting			Proyek		
	DTA 1	DTA 2	DTA 3	DTA 1	DTA 2	DTA 3
Luas lahan, A (ha)	14,12	4,42	4,76	14,12	4,42	4,76
Koef. Limpasan, C	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Intensitas hujan, I (mm/jam)	140,48	140,48	140,48	140,48	140,48	140,48
Debit Rancangan, Q (m <sup>3</sup> /det)	3,31	1,04	1,12	3,31	1,04	1,12
Waktu konsentrasi (det)	3600	3600	3600	3600	3600	3600
Volume limpasan (m <sup>3</sup> )	11910,73	3728,43	4015,23	11910,73	3728,43	4015,23
Koefisien drainase, q (m <sup>3</sup> /det.ha)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23

*Sumber : Hasil perhitungan, 2023*

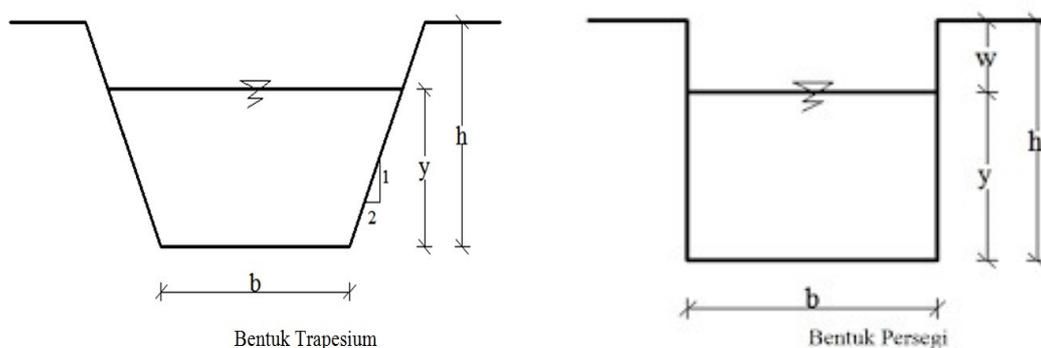
## BAB V. ANALISIS PEIL BANJIR

### 5.1. Drainase dan Bangunan Konservasi

Terjadinya perubahan tata guna lahan akan meningkatkan laju limpasan, Pada rancangan perencanaan pembangunan kawasan perumahan diperlukan drainase untuk kenyamanan, kebersihan dan kesehatan lingkungan, Drainase dapat diartikan sebagai serangkaian bangunan air yang memiliki fungsi untuk mengurangi atau membuang air yang berlebih ke badan air dalam suatu kawasan, Selain itu untuk menerapkan konsep *zero runoff* diperlukan bangunan konservasi berupa kolam retensi.

#### 5.1.1. Saluran Drainase

Drainase termasuk komponen yang penting dalam infrastruktur kota dan desa untuk menanggulangi limpasan dan genangan air yang berlebih, Sistem drainase menjadi salah satu langkah untuk menyurutkan air akibat hujan maksimum yang terjadi pada suatu kawasan, Alih fungsi lahan dapat menimbulkan kelebihan air, hal ini akan berdampak pada berkurangnya daerah resapan dan meningkatnya limpasan, Jika penutupan lahan tidak diimbangi dengan bangunan pengendali limpasan maka akan menimbulkan genangan dalam waktu lama dan jumlah yang semakin banyak, Sistem drainase merupakan rangkaian yang membentuk upaya pengaliran air, baik permukaan (*limpasan/run off*), maupun air tanah (*underground water*) dari suatu kawasan, Saluran drainase yang digunakan yaitu saluran drainase tertutup untuk saluran drainase lingkungan yang mengalirkan air limbah domestik dan saluran drainase terbuka untuk drainase utama yang mengalirkan air limpasan, Kedua saluran tersebut berfungsi untuk menampung dan mengalirkan air limpasan, baik saluran tertutup maupun terbuka umumnya mempunyai bentuk penampang persegi atau trapesium, Kontruksi saluran umumnya berupa beton atau pasangan batu kali, Adapun bentuk saluran dapat berbentuk persegi dan trapesium, Seperti tersaji pada Gambar 29 berikut,



Gambar 29 Bentuk Penampang Saluran Drainase

## KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA

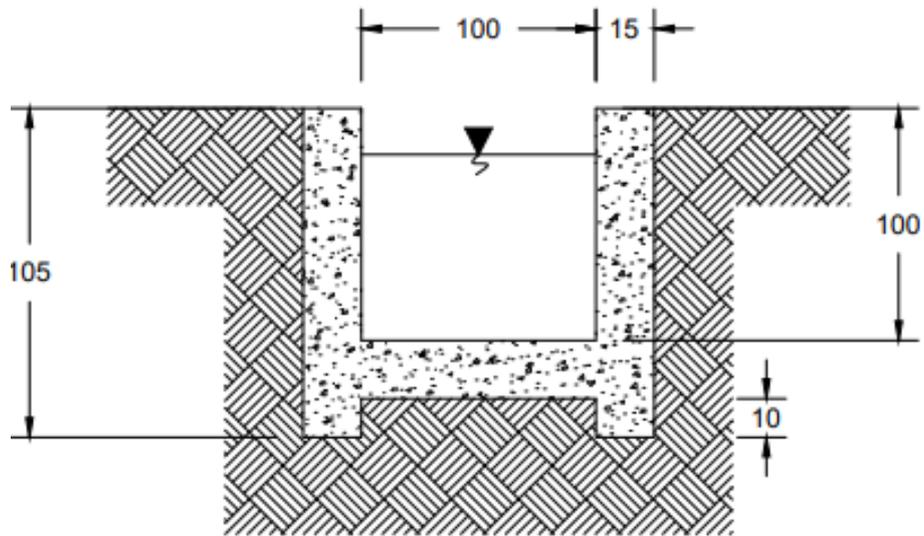
Dimensi drainase dihitung dan diperoleh seperti tersaji pada Tabel 20. Penampang drainase direncanakan berbentuk segi empat karena dapat menghemat lahan dan mudah pada pekerjaan konstruksi. Dimensi drainase ditentukan berdasarkan faktor keamanan dan ergonomi, Drainase terbagi menjadi drainase primer dan drainase sekunder. Drainase primer berfungsi menampung aliran air dari drainase sekunder, sementara drainase sekunder berfungsi menampung atau mengalirkan air dari rumah tinggal menuju saluran drainase primer. Panjang saluran drainase diperoleh dari *siteplan* proyek. DTA 1, DTA 2 dan DTA 3 direncanakan memiliki dimensi drainase primer dan sekunder yang berbeda. Dimensi drainase primer pada DTA 1 memiliki lebar (b) sebesar 1 m dan tinggi (h) sebesar 1 m, sedangkan saluran sekunder memiliki lebar (b) sebesar 0,8 m dan tinggi (h) sebesar 0,8 m. Dimensi drainase primer pada DTA 2 memiliki lebar (b) sebesar 0,8 m dan tinggi (h) sebesar 1 m, sedangkan saluran sekunder memiliki lebar (b) sebesar 0,6 m dan tinggi (h) sebesar 0,8 m. Dimensi drainase primer pada DTA 3 memiliki lebar (b) sebesar 0,8 m dan tinggi (h) sebesar 1 m, sedangkan saluran sekunder memiliki lebar (b) sebesar 0,6 m dan tinggi (h) sebesar 0,8 m. Volume tampungan dari drainase primer pada DTA 1 sebesar 3940,75 m<sup>3</sup> dan dari drainase sekunder sebesar 2522,08 m<sup>3</sup> sehingga volume limpasan sudah tidak ada sisa. Volume tampungan dari drainase primer pada DTA 2 sebesar 1268,43 m<sup>3</sup> dan dari drainase sekunder sebesar 761,06 m<sup>3</sup> sehingga volume limpasan sudah tidak ada sisa. Volume tampungan dari drainase primer pada DTA 3 sebesar 1390,62 m<sup>3</sup> dan dari drainase sekunder sebesar 834,37 m<sup>3</sup> sehingga volume limpasan sudah tidak ada sisa. Gambar teknik penampang drainase tersaji pada Gambar 30, Gambar 31, Gambar 32 dan Gambar 33.

Tabel 20 Bentuk Penampang Saluran Drainase

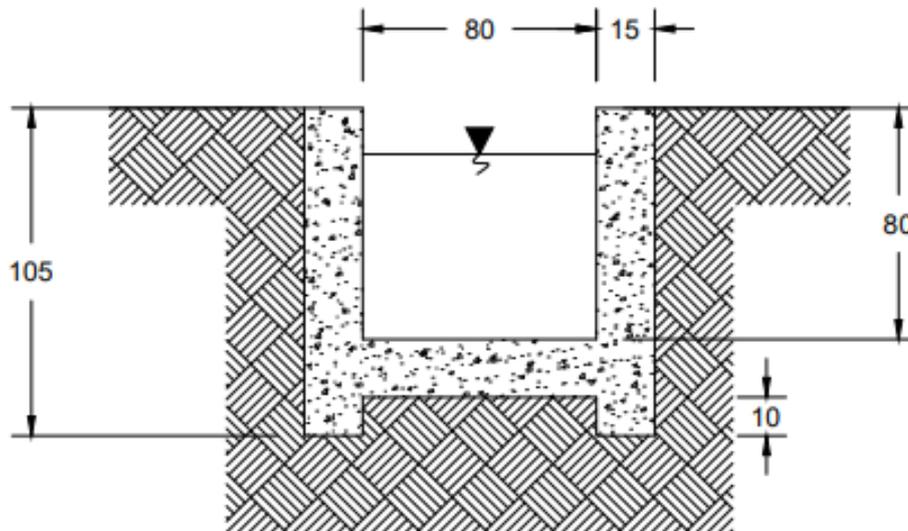
Area	Dimensi	Keterangan	Primer	Sekunder	Satuan
DTA 1	Luas Lahan	A	14,12	14,12	ha
	Debit Limpasan	Q	3,31	3,31	m <sup>3</sup> /detik
	Lebar Saluran	b	1	0,8	m
	Tinggi Saluran	h	1	0,8	m
	Panjang Saluran	L	3940,75	3940,75	m
	Waktu Konsentrasi	tc	3600	3600	det
	<i>Freeboard</i>	f	0,12	0,12	m
	Kemiringan	s	0,02	0,02	
	Volume Limpasan	Vl		11910,73	m <sup>3</sup>
	Volume Tampungan Drainase	Vt	3940,75	2522,08	m <sup>3</sup>
	Volume Kolam Retensi	Vd		5460	m <sup>3</sup>
	Volume Sisa	Vs		-12,10	m <sup>3</sup>

**KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA**

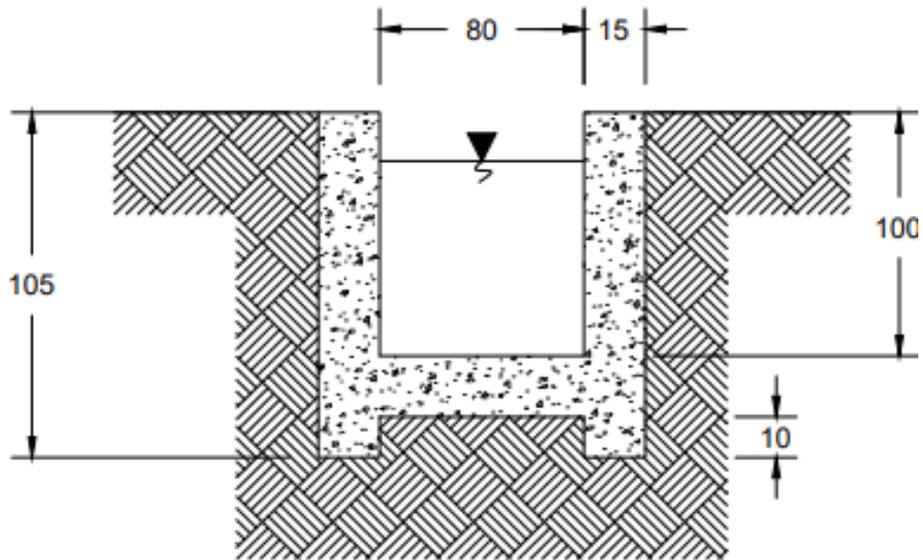
DTA 2	Luas Lahan	A	4,42	4,42	ha
	Debit Limpasan	Q	1,04	1,04	m <sup>3</sup> /detik
	Lebar Saluran	b	0,80	0,60	m
	Tinggi Saluran	h	1,00	0,80	m
	Panjang Saluran	L	1585,54	1585,54	m
	Waktu Konsentrasi	tc	3600,00	3600,00	det
	<i>Freeboard</i>	f	0,12	0,12	m
	Kemiringan	s	0,02	0,02	
	Volume Limpasan	Vl	3728,43		m <sup>3</sup>
	Volume Tampungan Drainase	Vt	1268,43	761,06	m <sup>3</sup>
	Volume Kolam Retensi	Vd	1716		m <sup>3</sup>
	Volume Sisa	Vs	-17,06		m <sup>3</sup>
	DTA 3	Luas Lahan	A	4,76	4,76
Debit Limpasan		Q	1,12	1,12	m <sup>3</sup> /detik
Lebar Saluran		b	0,80	0,60	m
Tinggi Saluran		h	1,00	0,80	m
Panjang Saluran		L	1738,28	1738,28	m
Waktu Konsentrasi		tc	3600,00	3600,00	det
<i>Freeboard</i>		f	0,12	0,12	m
Kemiringan		s	0,02	0,02	
Volume Limpasan		Vl	4015,23		m <sup>3</sup>
Volume Tampungan Drainase		Vt	1390,62	834,37	m <sup>3</sup>
Volume Kolam Retensi		Vd	1800		m <sup>3</sup>
Volume Sisa		Vs	-9,77		m <sup>3</sup>



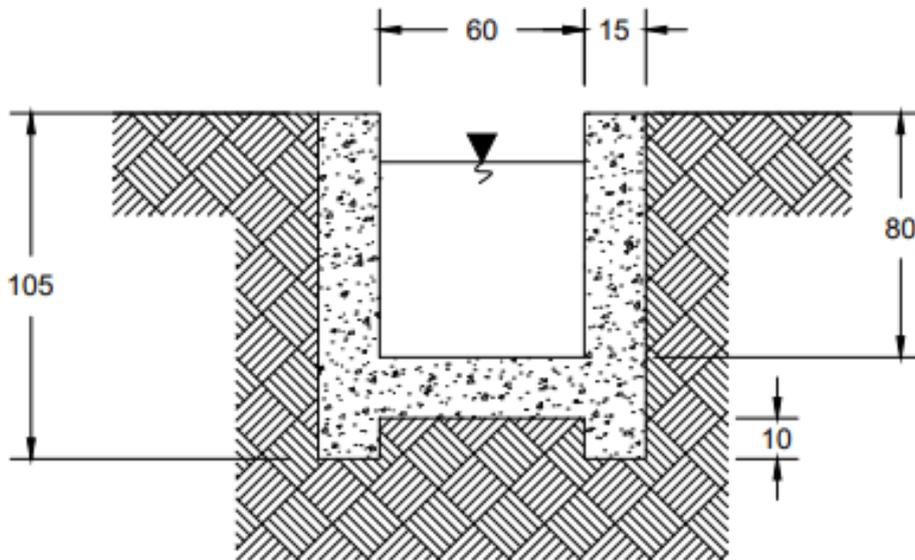
Gambar 30 Penampang melintang drainase primer pada DTA 1



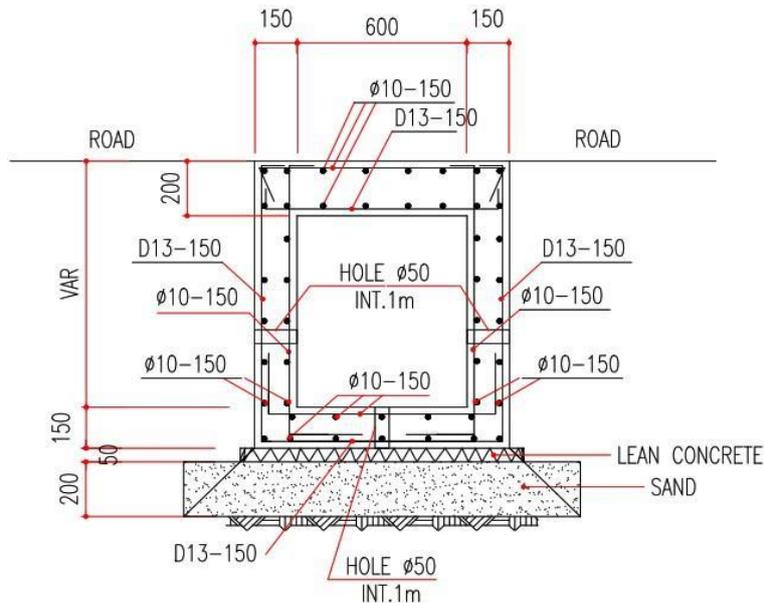
Gambar 31 Penampang melintang drainase sekunder pada DTA 1



Gambar 32 Penampang melintang drainase primer pada DTA 2 dan DTA 3



Gambar 33 Penampang melintang drainase sekunder pada DTA 2 dan DTA 3



Gambar 34 Contoh Detail Penampang Drainase Lingkungan Bentuk Segi Empat

### 5.1.2. Kolam Retensi

Kolam retensi adalah suatu kolam atau bak yang yang dibuat untuk menampung air limpasan dari air hujan secara langsung untuk kemudian diresapkan kedalam tanah, Kolam retensi terbagi menjadi 2 macam tergantung pelapis dinding dan dasar kolam yaitu alami dan buatan. Kolam alami berbentuk cekungan air baik terbentuk secara alami maupun penyesuaian dan biasanya tidak ada pelapis pada dinding maupun dasar kolamnya. Sedangkan kolam buatan merupakan kolam retensi yang sengaja dibuat dan didesain dengan bentuk dan kapasitas tertentu pada lokasi yang sudah ditentukan. Biasanya dinding terbuat dari beton atau geomembrane. Kolam retensi dibuat untuk menampung volume limpasan sisa yang tidak dapat tertampung pada saluran drainase. Pada kondisi eksisting belum terdapat kolam retensi. Perencanaan desain kolam retensi direncanakan berdasarkan pengolahan data jumlah air limpasan yang tidak dapat tertampung pada saluran drainase dan dapat disesuaikan dengan *masterplan* yang telah disahkan.

Kolam retensi pada DTA 1 direncanakan sejumlah 2 kolam retensi dengan ukuran panjang 35 m, lebar 26 m, dan kedalaman 3 m. Kolam retensi pada DTA 2 direncanakan sejumlah 1 kolam retensi dengan ukuran panjang 26 m, lebar 22 m, dan kedalaman 3 m, sedangkan kolam retensi pada DTA 2 direncanakan sejumlah 1 kolam retensi dengan ukuran panjang 30 m, lebar 20 m, dan kedalaman 3 m. Dengan dimensi tersebut, volume tampungan kolam retensi DTA 1, DTA 2 dan DTA 3 sebesar 5460 m<sup>3</sup>, 1716 m<sup>3</sup> dan 1800 m<sup>3</sup>. Hasil perhitungan dimensi tersaji pada Tabel 21.

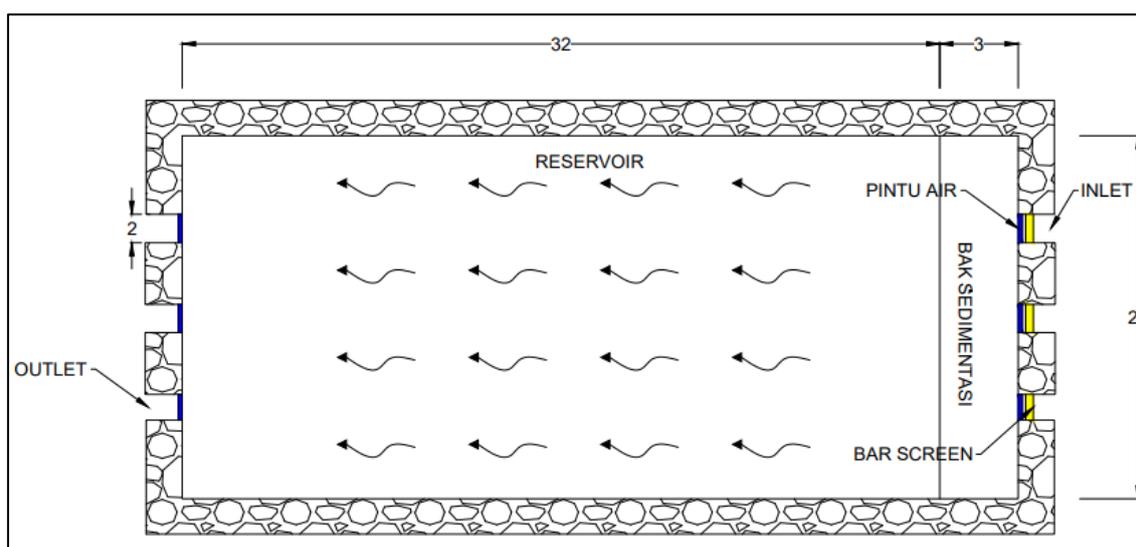
Pembuatan kolam retensi disarankan tidak lebih dari 3 meter karena selain faktor keamanan juga menghindari pada zona *water table* air tanah dangkal. Gambar

## KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA

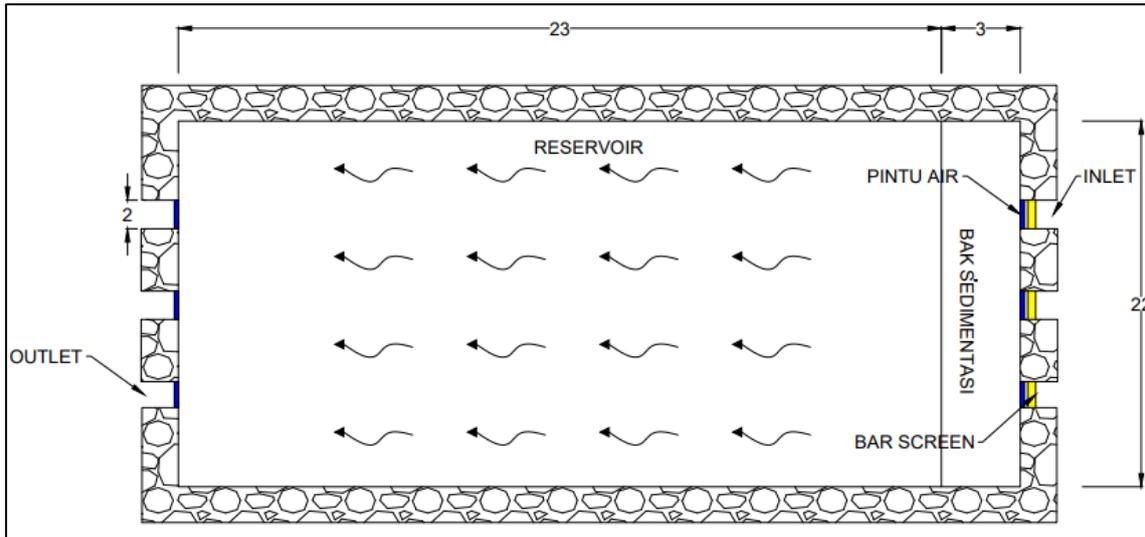
perencanaan kolam retensi DTA 1, DTA 2 dan DTA 3 tersaji pada Gambar 3535, Gambar 36 dan Gambar 37. Kolam retensi dilengkapi dengan *bar screen* yang berfungsi untuk menahan dan menyaring benda-benda keras dan besar seperti ranting kayu, batu dan lainnya. Bagian lain dari kolam retensi adalah pintu air pada *inlet* dan *outlet* yang berfungsi untuk membuka dan menutup aliran. Bak sedimentasi pada kolam retensi berfungsi untuk mengendapkan partikel-partikel tanah atau lumpur yang memiliki lebar 3 m dan panjang 32 m untuk kolam retensi pada DTA 1. Bak sedimentasi pada kolam retensi DTA 2 memiliki lebar 3 m dan panjang 23 m, sedangkan pada kolam retensi DTA 3 memiliki lebar 3 m dan panjang 27 m.

Tabel 21 Hasil perhitungan dimensi kolam retensi

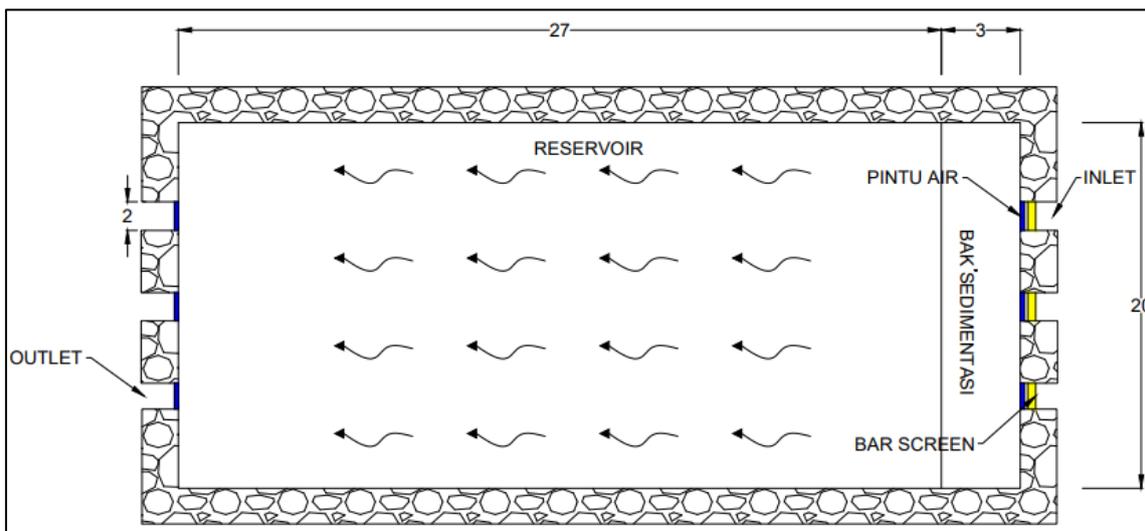
Area	Dimensi	Keterangan	Nilai	Satuan
DTA 1	Panjang	p	35	m
	Lebar	b	26	m
	Kedalaman	h	3	m
	Volume tampungan	Vt	5460	m <sup>3</sup>
	Jumlah	n	2	
DTA 2	Panjang	p	26	m
	Lebar	b	22	m
	Kedalaman	h	3	m
	Volume tampungan	Vt	1716	m <sup>3</sup>
	Jumlah	n	1	
DTA 3	Panjang	p	30	m
	Lebar	b	20	m
	Kedalaman	h	3	m
	Volume tampungan	Vt	1800	m <sup>3</sup>
	Jumlah	n	1	



Gambar 35 Rencana Kolam Retensi DTA 1



Gambar 36 Rencana Kolam Retensi DTA 2



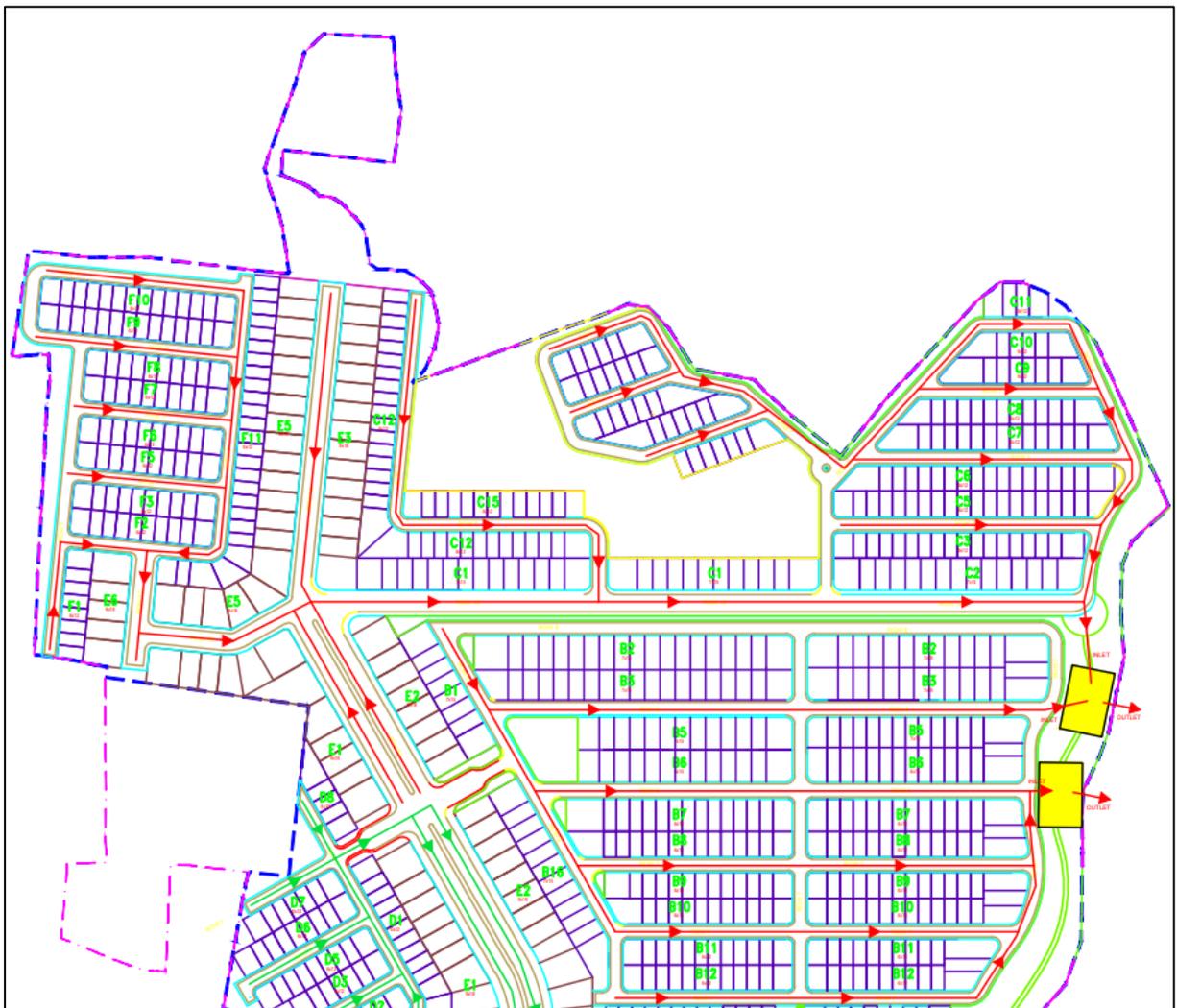
Gambar 37 Rencana Kolam Retensi DTA 3

## 5.2. Skema Pengaliran Drainase

Terjadinya perubahan tataguna lahan akan meningkatkan laju limpasan, Pada rancangan perencanaan pembangunan kawasan perumahan diperlukan drainase untuk mencegah *runoff*. Drainase dapat diartikan sebagai serangkaian bangunan air yang memiliki fungsi untuk mengurangi atau membuang air yang berlebih ke badan air dalam suatu kawasan. Selain itu untuk menerapkan konsep *zero runoff* diperlukan bangunan konservasi berupa kolam retensi. Volume limpasan pada DTA 1 berdasarkan perhitungan, didapatkan volume sebesar 11910,73 m<sup>3</sup>. Volume limpasan pada DTA 2 berdasarkan perhitungan, didapatkan volume sebesar 3728,43 m<sup>3</sup>, sedangkan volume limpasan pada DTA 3 berdasarkan

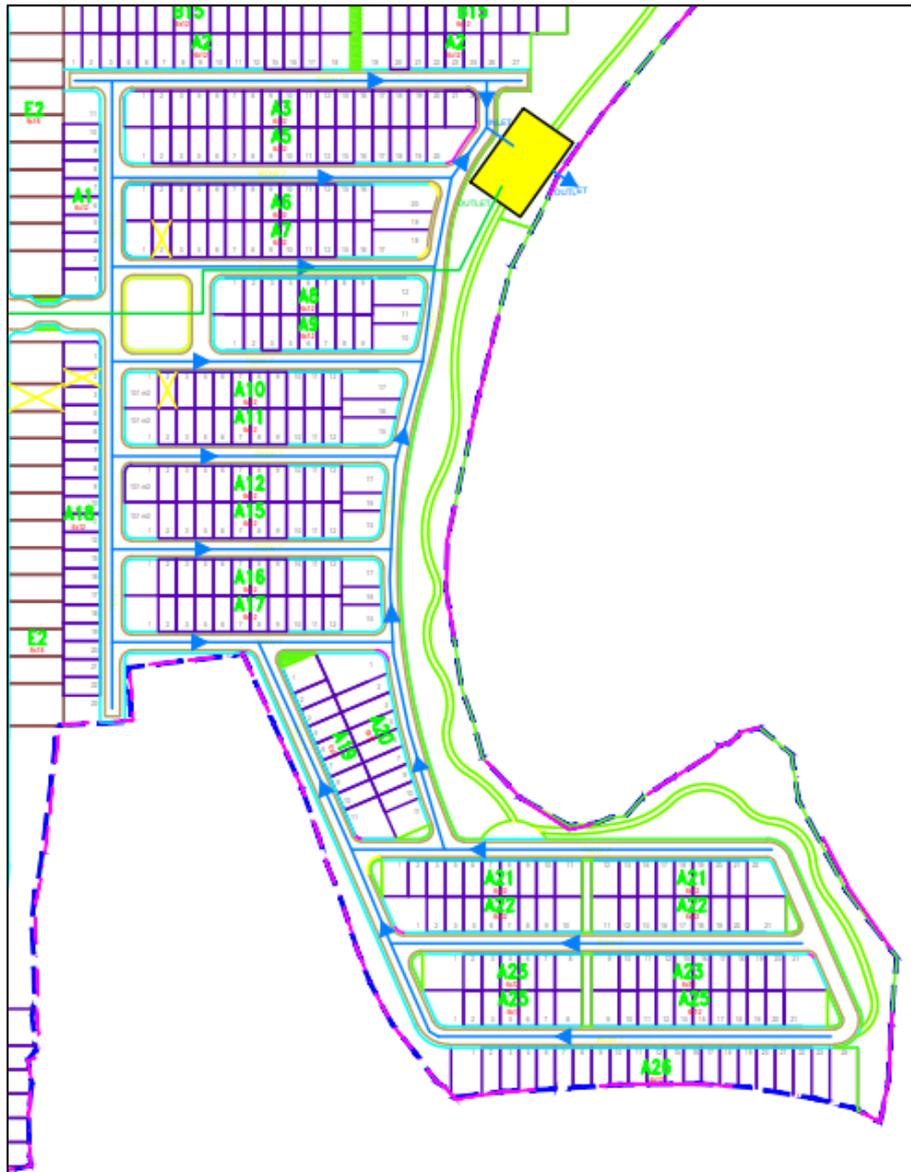
## KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA

perhitungan, didapatkan volume sebesar 4015,23 m<sup>3</sup>. Volume yang dapat ditampung oleh drainase primer pada DTA 1 sebesar 3940,75 m<sup>3</sup>, sedangkan pada drainase sekunder sebesar 2522,08 m<sup>3</sup>. Volume yang dapat ditampung oleh drainase primer pada DTA 2 sebesar 1268,43 m<sup>3</sup>, sedangkan pada drainase sekunder sebesar 761,06 m<sup>3</sup>. Volume yang dapat ditampung oleh drainase primer pada DTA 3 sebesar 1390,62 m<sup>3</sup>, sedangkan pada drainase sekunder sebesar 834,37 m<sup>3</sup>. Sehingga masih terdapat sisa volume limpasan sebesar 5447,90 m<sup>3</sup> pada DTA 1, 1698,94 m<sup>3</sup> pada DTA 2 dan sebesar 1790,23 m<sup>3</sup> pada DTA 3. Besarnya volume sisa limpasan ini dapat mengakibatkan banjir apabila tidak dikelola dan dialirkan dengan tepat. Pada daerah kajian akan dibagi menjadi 3 Daerah Tangkapan Air (DTA). Masing-masing DTA akan dibangun kolam retensi yang memiliki kapasitas sebesar 5460 m<sup>3</sup> pada DTA 1, sebesar 1716 m<sup>3</sup> dan pada DTA 2 sebesar 1800 m<sup>3</sup> pada DTA 3. Sehingga setelah diterapkan pembangunan kolam retensi tidak akan menimbulkan volume sisa limpasan. Skema pengaliran drainase pada DTA 1, DTA 2 dan DTA 3 akan menuju *inlet* dari masing-masing kolam retensi. Skema pengaliran drainase pada DTA 1, DTA 2 dan DTA 3 tersaji pada Gambar 38, Gambar 39 dan Gambar 40.

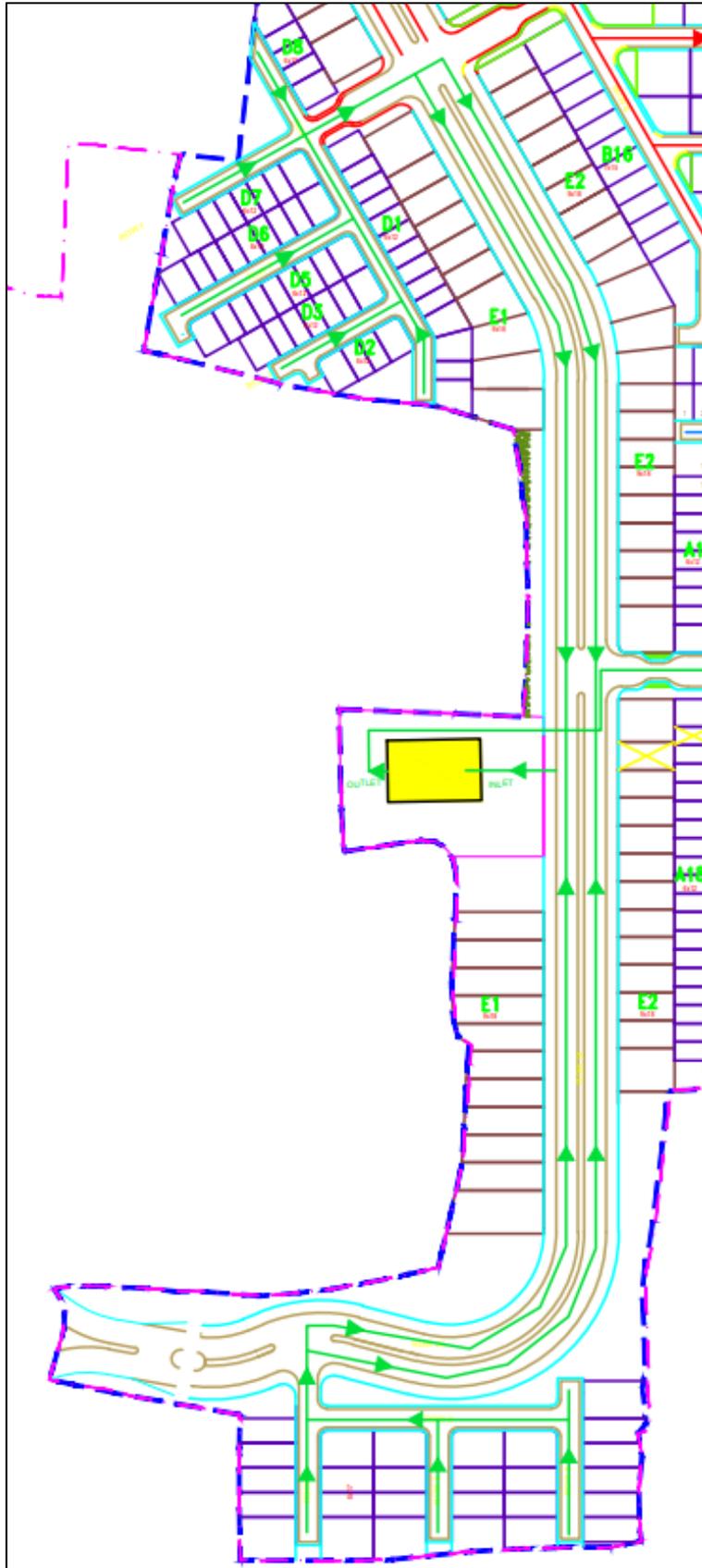


KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA

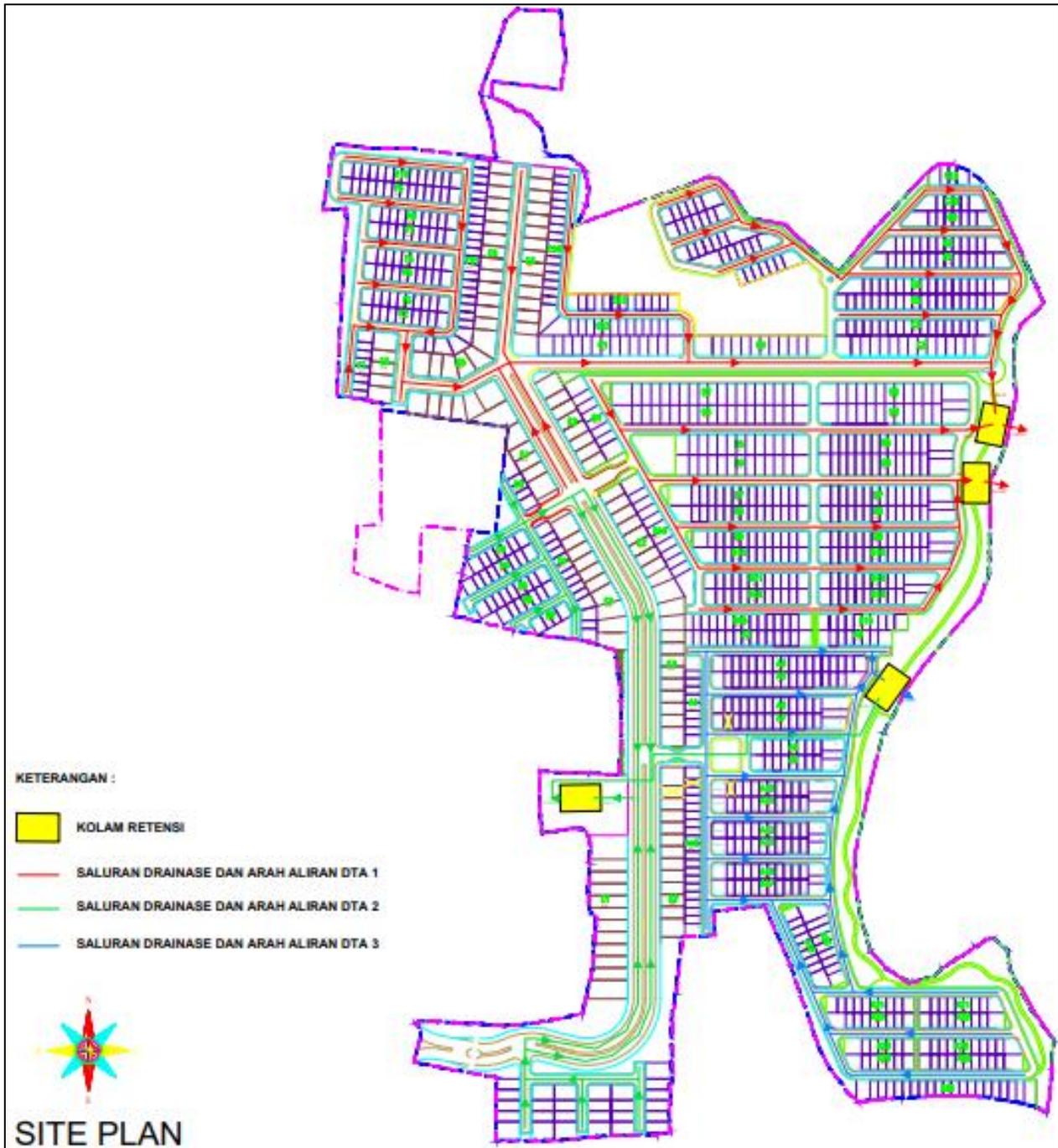
Gambar 38 Skema Pengaliran Drainase pada DTA 1



Gambar 39 Skema Pengaliran Drainase pada DTA 2



Gambar 40 Skema Pengaliran Drainase pada DTA 3

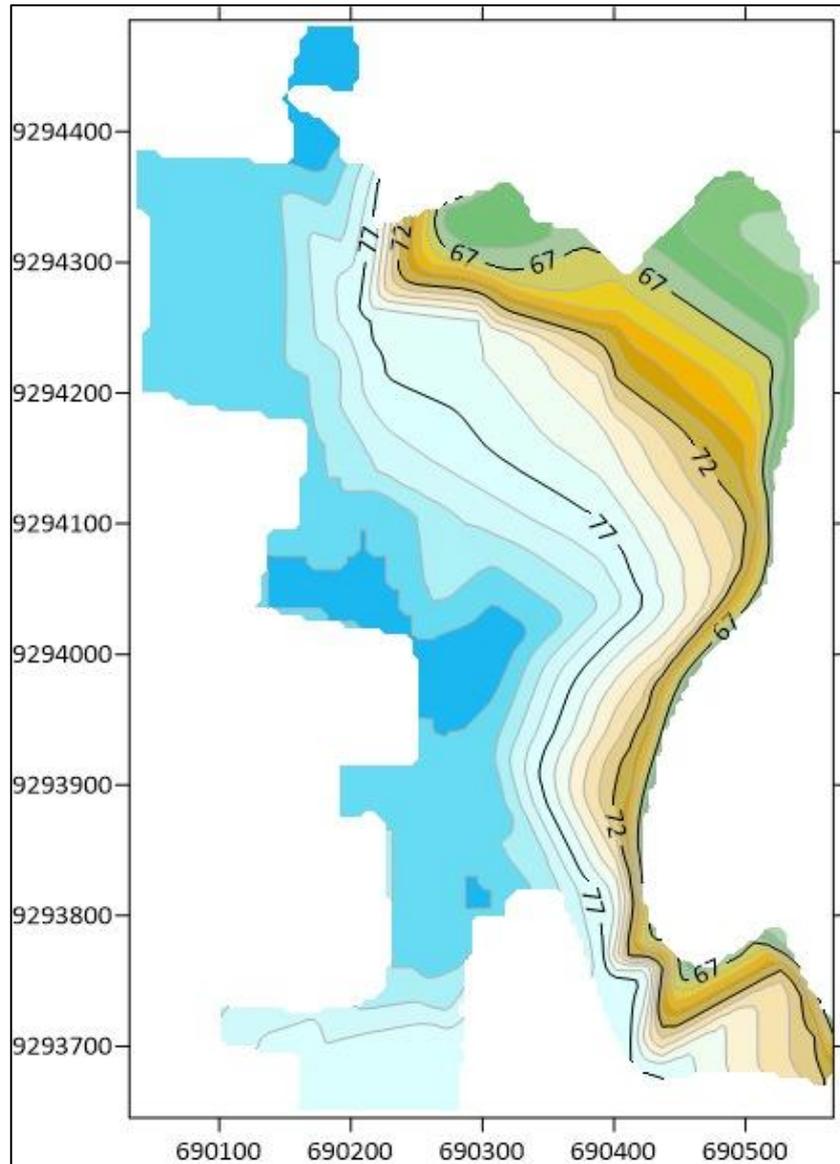


Gambar 41 Skema Pengaliran Drainase pada siteplan DTA 1, DTA 2 dan DTA 3

### 5.3. Skema *Cut and Fill*

*Cut and fill* merupakan proses pengerjaan tanah yang dimana sejumlah material tanah diambil dari suatu tempat lalu dipindahkan ke tempat lain untuk membuat permukaan tanah yang lebih rata. Teknik ini biasanya dilakukan ketika tanah dikeruk karena melebihi ketinggian permukaan yang diinginkan atau ketika tanah digunakan untuk mengisi bagian yang kosong hingga ke mencapai ketinggian permukaan tertentu. Tujuan *cut and fill* adalah untuk meratakan permukaan tanah, mencegah penurunan permukaan tanah yang dapat mengakibatkan longsor, dan membuka akses terhadap area lain. Pada *proses cut and fill*, memerlukan pemetaan area, pengukuran ketinggian tanah, perhitungan volume tanah yang digali (*cut*) dan tanah yang ditimbun (*fill*), serta penyesuaian dengan efisiensi konstruksi. Alat berat yang digunakan pada pekerjaan ini berbeda tergantung pada tingkatan kekerasan tanah dan jenis pekerjaan. seperti, pada pekerjaan jalan, alat berat yang digunakan adalah bulldozer, truk dump, dan excavator. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi pekerjaan *cut and fill* yaitu keadaan asli tanah, keadaan padat tanah, ketahanan tanah terhadap tekanan, dan kemiringan tanah.

Topografi pada lokasi kajian memiliki kemiringan lahan yang beragam serta memiliki kemiringan lereng dan beda tinggi yang relatif beragam. Rekayasa perbedaan elevasi dan kemiringan lereng pada lokasi kajian dimodelkan menggunakan *software* Surfer 20. Pemodelan perbedaan elevasi dan kemiringan lereng pada lokasi kajian direncanakan memiliki perbedaan elevasi yang tidak terlalu besar sehingga kemiringan tidak terlalu curam seperti yang tersaji pada Gambar 33.



Gambar 42 Pemodelan Modifikasi Elevasi pada Lokasi Kajian

Pada proses *cut and fill*, juga perlu diperhatikan kondisi tanah sebelum pekerjaan dimulai, seperti keadaan tanah yang kering atau basah, keadaan tanah yang mengandung banyak bahan organik, dan keadaan tanah yang mengandung zat cair atau gas. Semua faktor-faktor tersebut akan mempengaruhi volume tanah yang digali dan ditimbun, serta proses pendistribusiannya. Pada proses *cut and fill*, juga perlu diperhatikan ketelitian dalam pengukuran dan perhitungan volume tanah, karena kesalahan dalam pengukuran dan perhitungan dapat menyebabkan banjir, longsor, dan hal yang lain. Hasil perhitungan volume *cut and fill* pada lokasi kajian tersaji pada Tabel 22.

Tabel 22 Hasil perhitungan volume *cut and fill* pada lokasi kajian

Jenis Pekerjaan	Jumlah	Satuan
<i>Cut</i>	503997,2	m <sup>3</sup>
<i>Fill</i>	108826,8	m <sup>3</sup>
<i>Nett</i>	395170,5	m <sup>3</sup>

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan hasil volume galian (*cut*) sebesar 503997,2 m<sup>3</sup>, volume timbunan (*fill*) sebesar 108826,8 m<sup>3</sup> dan volume *nett* sebesar 395170,5 m<sup>3</sup>. Perhitungan volume *nett* yang bernilai positif menunjukkan bahwa tanah galian pada lokasi kajian dapat digunakan sebagai tanah timbunan pada lokasi kajian dan tidak perlu mendatangkan tanah urug dari luar lokasi kajian sehingga dapat menghemat anggaran biaya pembangunan perumahan dan lebih efektif.

#### 5.4. Rancangan Peil Banjir

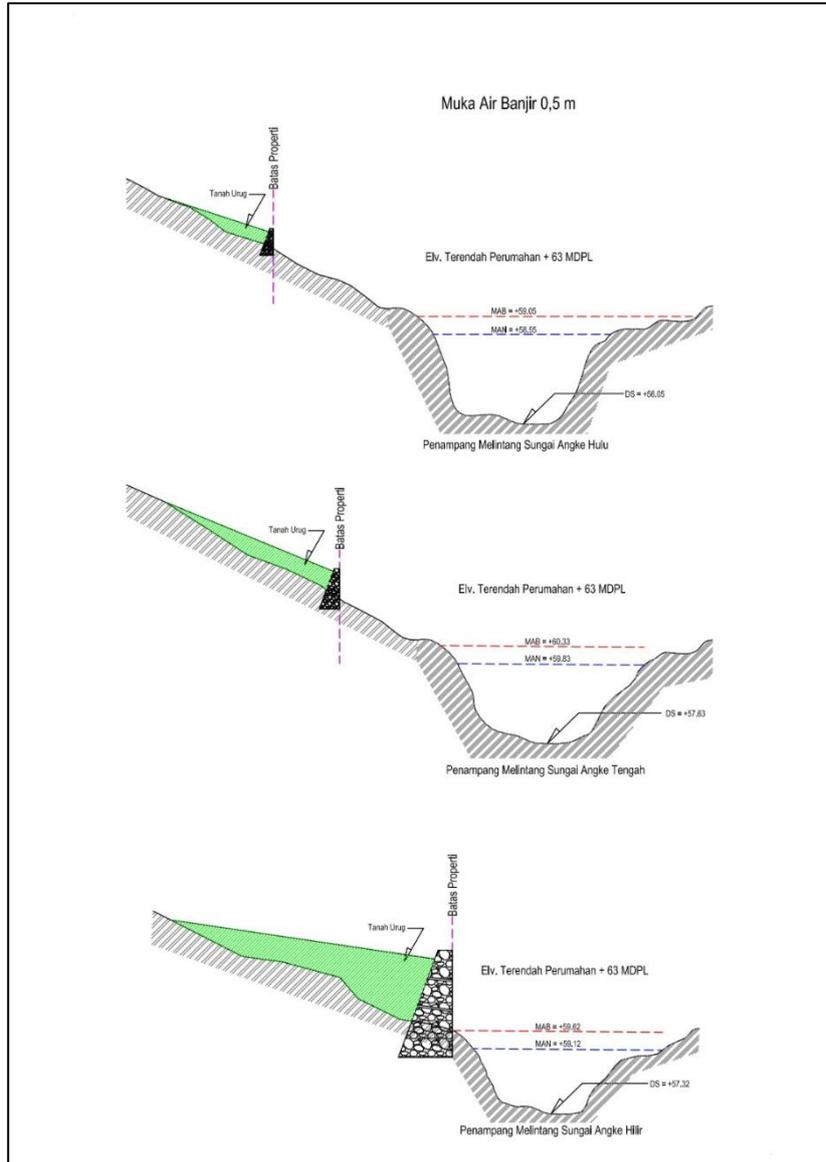
Rencana pembangunan di suatu kawasan tertentu, akan menimbulkan dampak peningkatan air larian sebagai akibat dari tertutupnya lahan oleh bangunan. Peningkatan air larian akan menimbulkan akibat berupa berkurangnya kapasitas badan air atau bahkan mengakibatkan banjir di bagian hilir. Oleh karena itu, diperlukan upaya-upaya pencegahan dampak peningkatan air larian sehingga dapat meminimalkan dampak rencana pembangunan yang akan dilaksanakan. Peil banjir adalah pengaturan ketinggian minimal lantai bangunan yang ditentukan berdasarkan lokasi bangunan tersebut, yang bertujuan untuk mencegah air banjir meluap kemudian masuk ke dalam bangunan jika lantai terlalu rendah dan di pakai sebagai pedoman pembuatan jaringan drainase agar kawasan tersebut terhindar dari banjir. Hal ini perlu diketahui untuk lahan-lahan yang dilalui oleh sungai, daerah sekitar pantai, lokasi yang di urug dan daerah rawan banjir. Perhitungan pemodelan peil banjir pada lokasi kajian dilakukan pada daerah hulu, tengah dan hilir dengan pemodelan banjir setinggi 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m, 2,0 m dan 2,5 m. Hasil perhitungan peil banjir pada lokasi kajian tersaji pada Tabel 23.

Tabel 23 Hasil perhitungan peil banjir pada lokasi kajian

Area	Pemodelan Banjir (m)	DS (mdpl)	MAN (mdpl)	MAB (mdpl)	Elv. Terendah Perumahan (mdpl)
Hulu	0,5	56,05	58,55	59,05	63
	1,0	56,05	58,55	59,55	63
	1,5	56,05	58,55	60,05	63
	2,0	56,05	58,55	60,55	63
	2,5	56,05	58,55	61,05	63
Tengah	0,5	57,63	59,83	60,33	63
	1,0	57,63	59,83	60,83	63
	1,5	57,63	59,83	61,33	63
	2,0	57,63	59,83	61,83	63
	2,5	57,63	59,83	62,33	63
Hilir	0,5	57,32	59,12	59,62	63
	1,0	57,32	59,12	60,12	63
	1,5	57,32	59,12	60,62	63
	2,0	57,32	59,12	61,12	63
	2,5	57,32	59,12	61,62	63

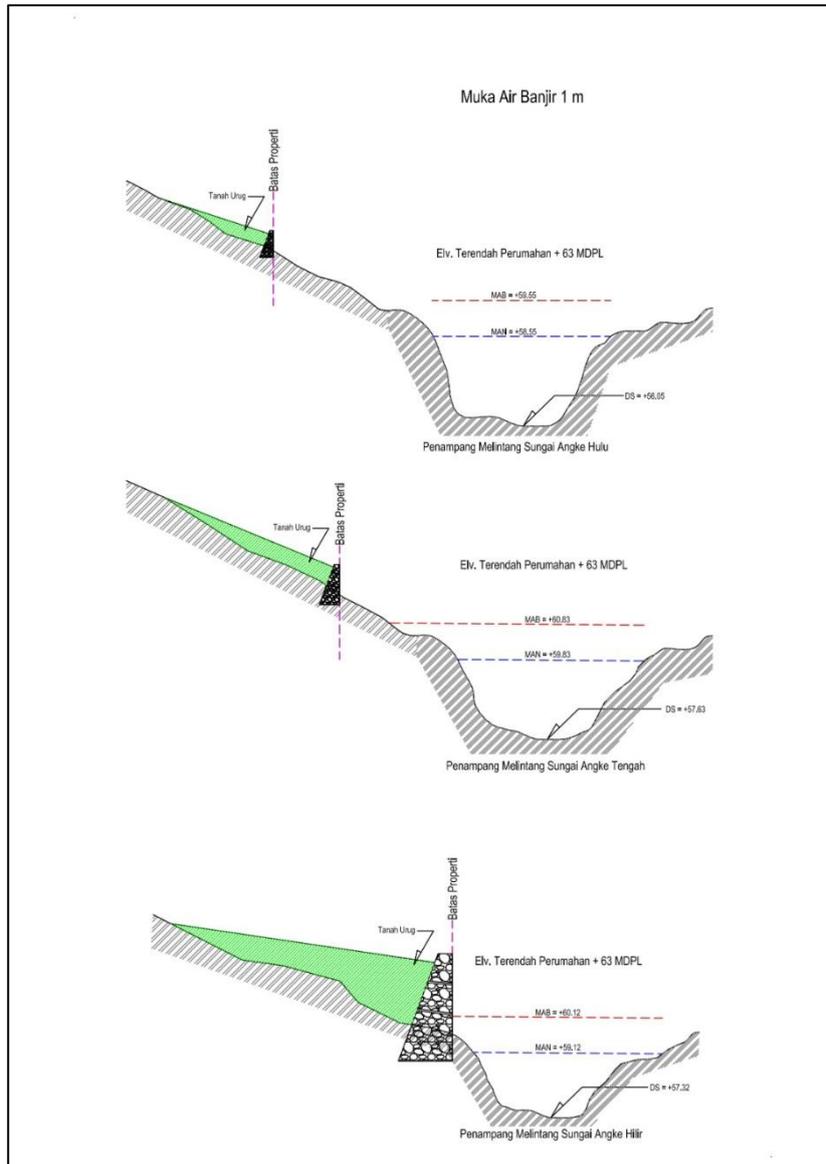
Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan hasil perhitungan peil banjir pada lokasi kajian bagian hulu dengan elevasi dasar sungai setinggi 56,05 mdpl dan muka air normal setinggi 58,55 mdpl diperoleh nilai muka air banjir setinggi 59,05 mdpl pada pemodelan banjir 0,5 m, 59,55 mdpl pada pemodelan banjir 1,0 m, 60,05 mdpl pada pemodelan banjir 1,5 m, 60,55 mdpl pada pemodelan banjir 2,0 m dan 61,05 mdpl pada pemodelan banjir 2,5 m. Pada bagian tengah lokasi kajian dengan elevasi dasar sungai setinggi 57,63 mdpl dan muka air normal setinggi 59,83 mdpl diperoleh nilai muka air banjir setinggi 60,33 mdpl pada pemodelan banjir 0,5 m, 60,83 mdpl pada pemodelan banjir 1,0 m, 61,33 mdpl pada pemodelan banjir 1,5 m, 61,83 mdpl pada pemodelan banjir 2,0 m dan 62,33 mdpl pada pemodelan banjir 2,5 m. Pada bagian hilir lokasi kajian dengan elevasi dasar sungai setinggi 57,32 mdpl dan muka air normal setinggi 59,12 mdpl diperoleh nilai muka air banjir setinggi 59,62 mdpl pada pemodelan banjir 0,5 m, 60,12 mdpl pada pemodelan banjir 1,0 m, 60,62 mdpl pada pemodelan banjir 1,5 m, 61,12 mdpl pada pemodelan banjir 2,0 m dan 61,62 mdpl pada pemodelan banjir 2,5 m. Sehingga dapat ditentukan elevasi terendah perumahan pada bagian hulu, tengah dan hilir lokasi kajian direncanakan dengan elevasi minimal sebesar 63 mdpl. Gambar pemodelan muka air banjir pada lokasi kajian tersaji pada Gambar 43, Gambar 44, Gambar 45, Gambar 46 dan Gambar 47.

# KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA



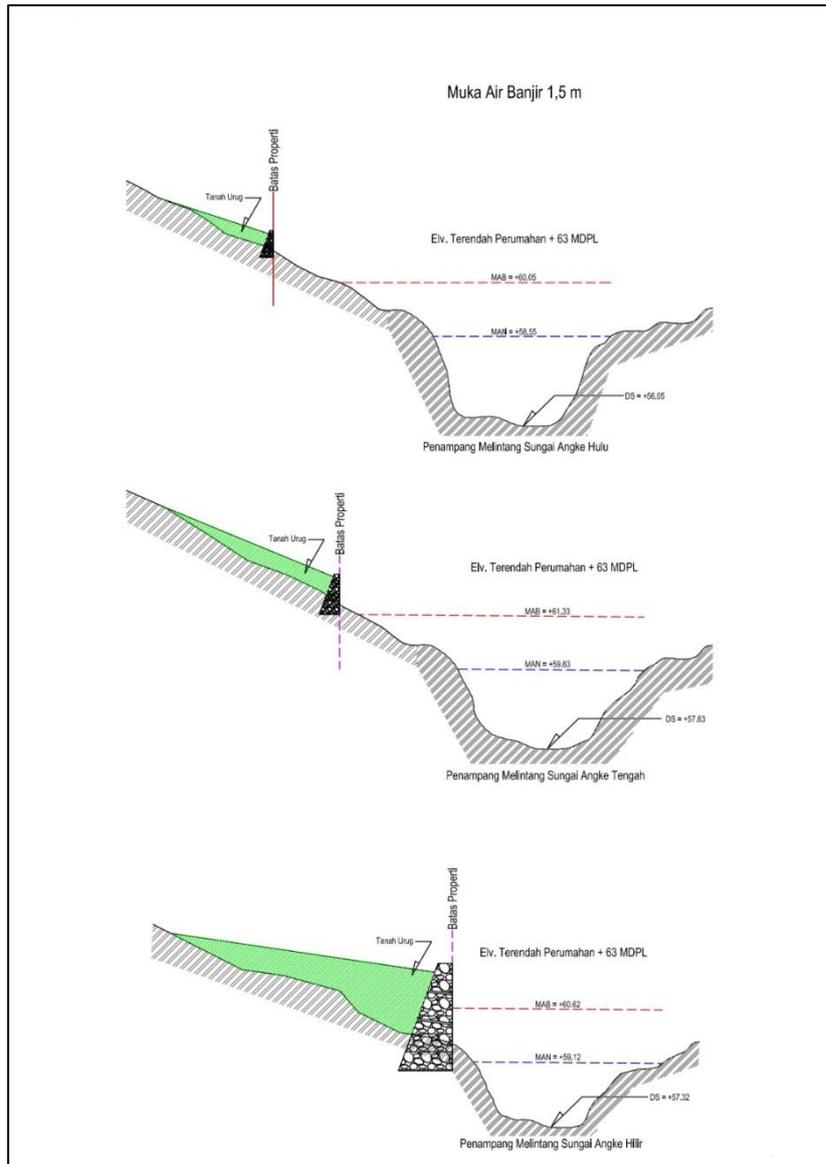
Gambar 43 Pemodelan Muka Air Banjir 0,5 m

# KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA



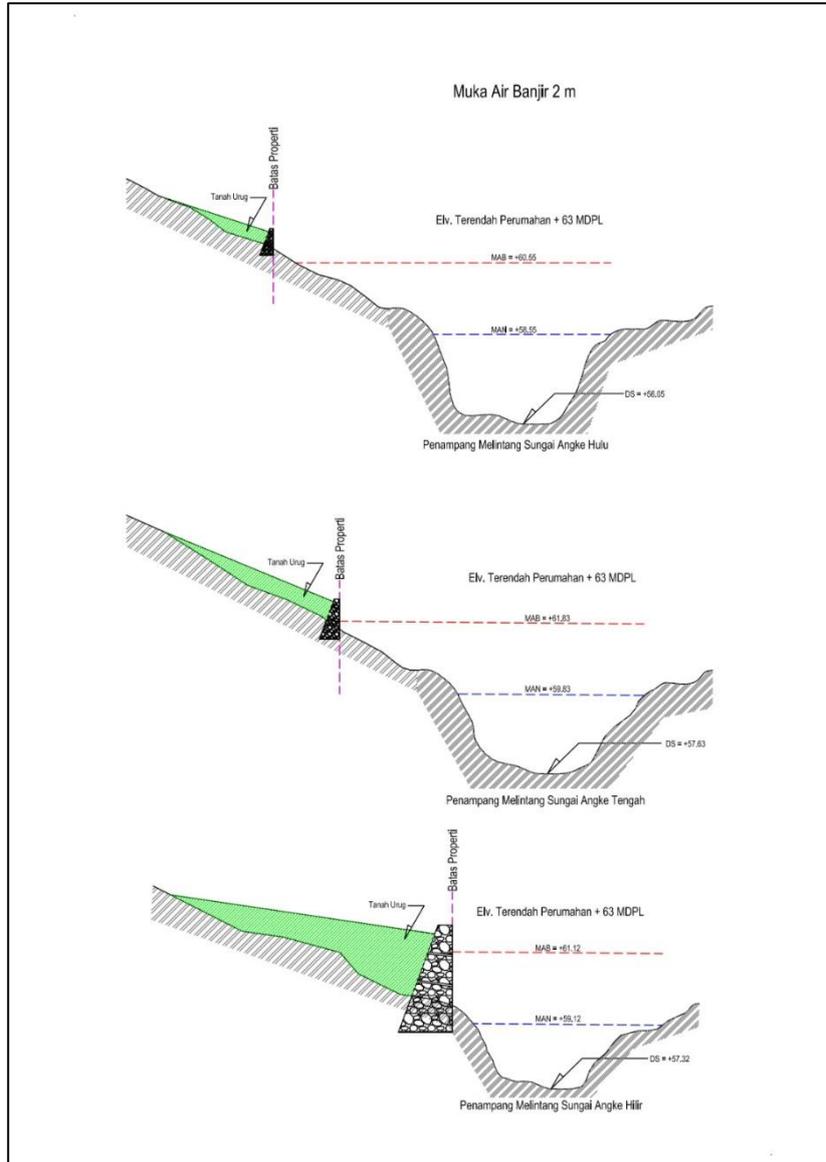
Gambar 44 Pemodelan Muka Air Banjir 1,0 m

# KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA



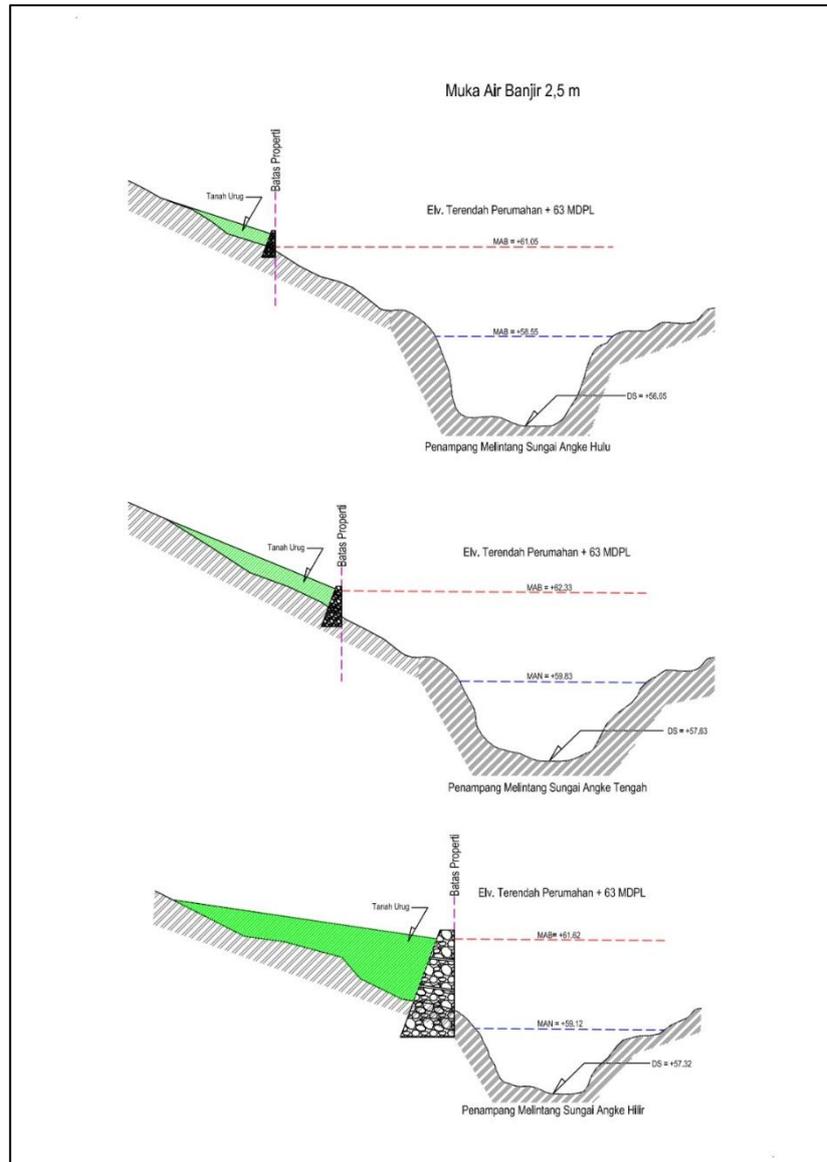
Gambar 45 Pemodelan Muka Air Banjir 1,5 m

# KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA



Gambar 46 Pemodelan Muka Air Banjir 2,0 m

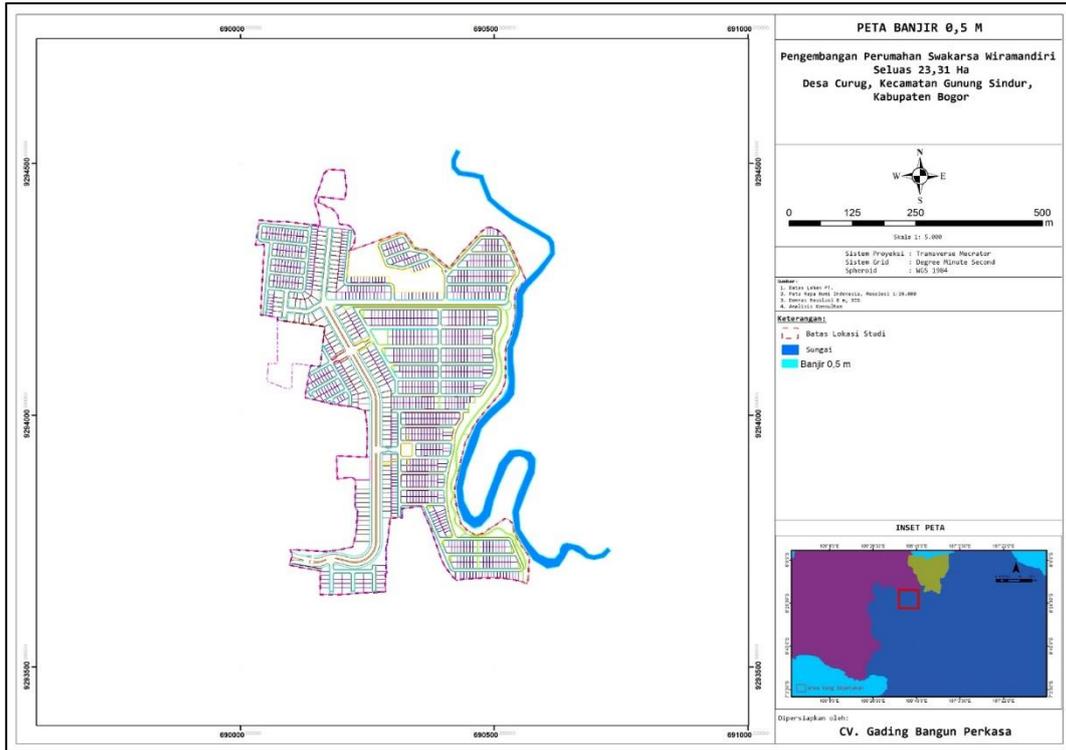
## KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA



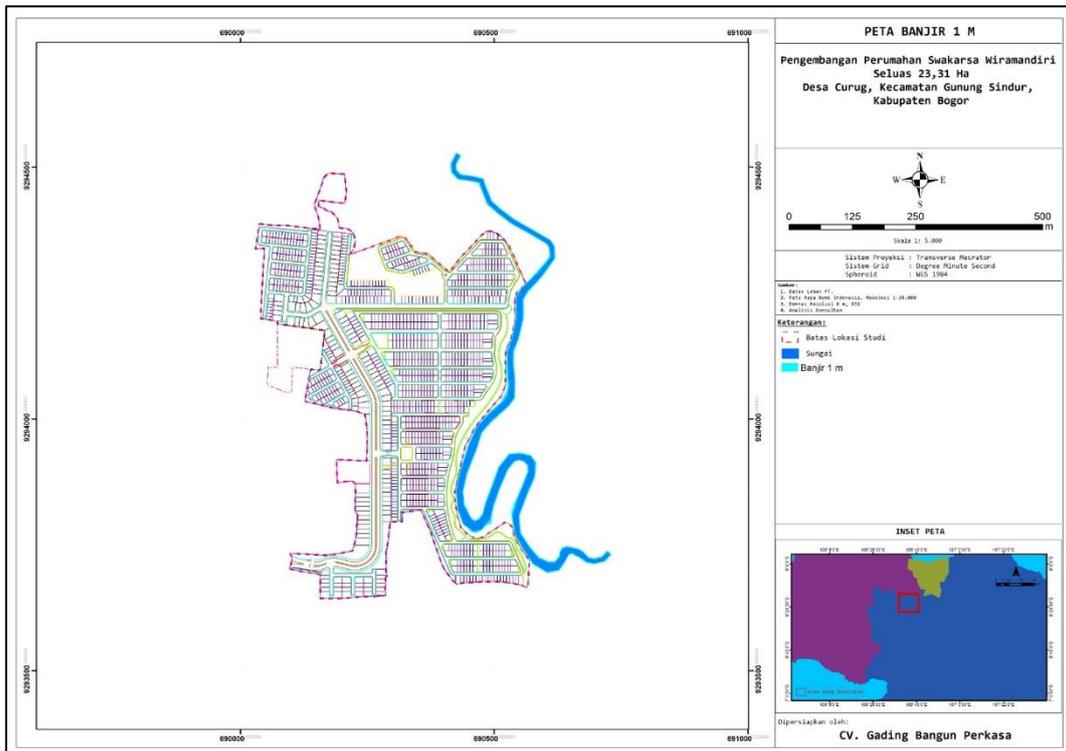
Gambar 47 Pemodelan Muka Air Banjir 2,5 m

Rancangan peil banjir pada lokasi kajian dapat dipetakan pada *siteplan* sehingga dapat diketahui bahwa debit banjir rancangan apakah berpengaruh atau tidak terhadap lokasi kajian. Gambar pemetaan peil banjir pada *siteplan* lokasi kajian tersaji pada Gambar 48. Gambar 49, Gambar 50 dan Gambar 51.

# KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA

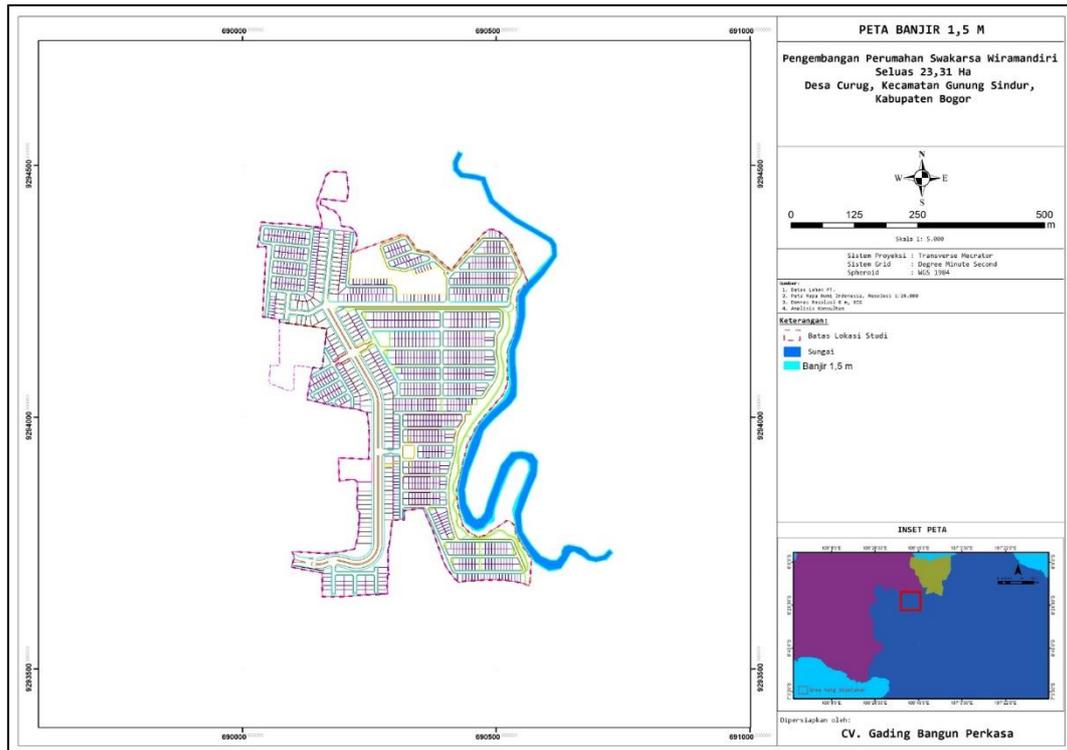


Gambar 48 Pemetaan Banjir 0,5 m pada Lokasi Kajian

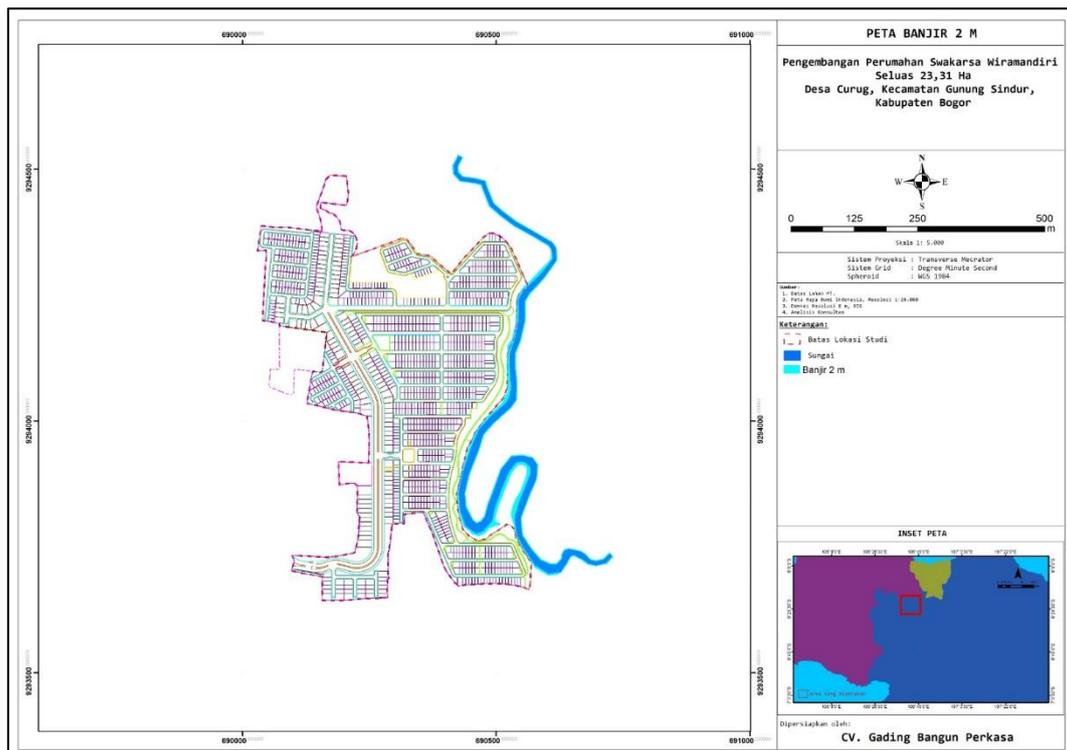


Gambar 49 Pemetaan Banjir 1,0 m pada Lokasi Kajian

# KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA



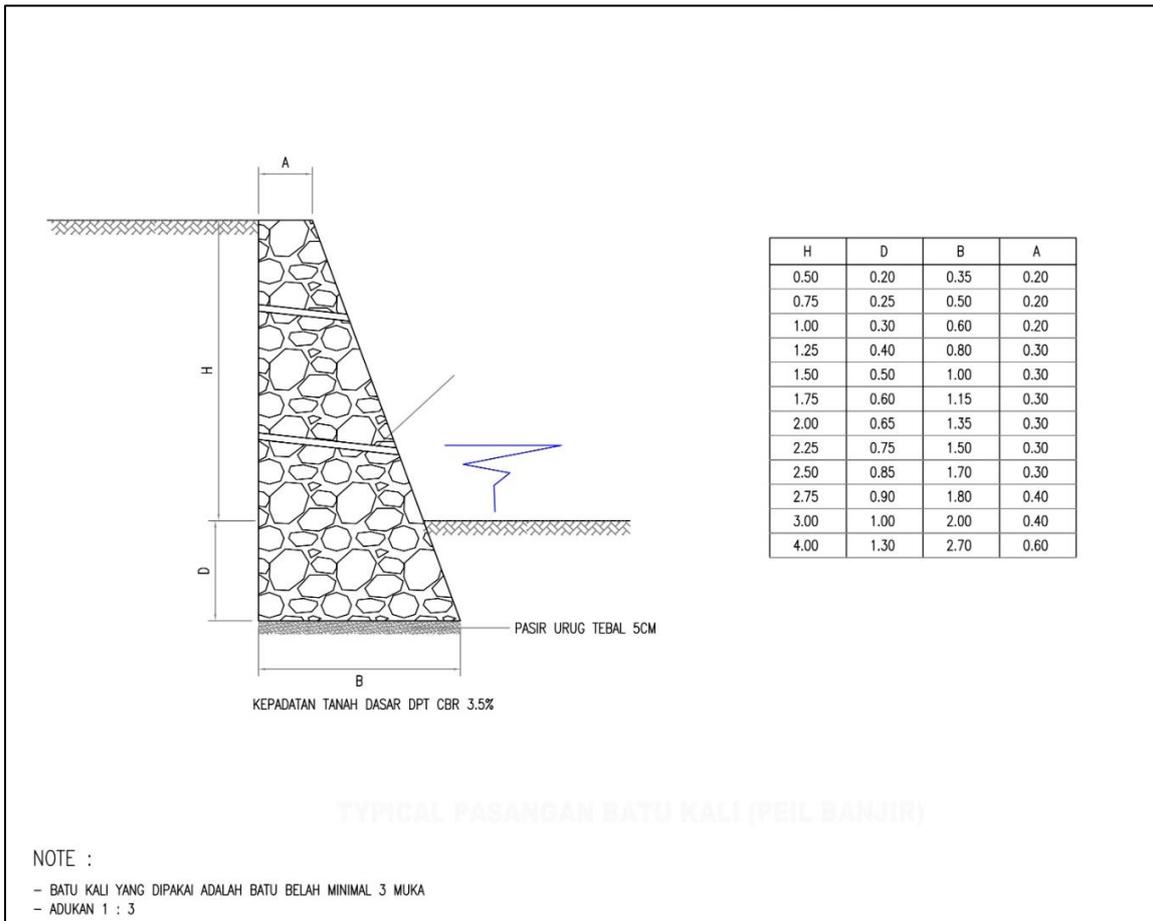
Gambar 50 Pemetaan Banjir 1,5 m pada Lokasi Kajian



Gambar 51 Pemetaan Banjir 2,0 m pada Lokasi Kajian

## KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA

Rancangan desain peil banjir pada lokasi kajian direncanakan menggunakan pasangan batu belah minimal 3 muka dengan perbandingan adukan 1:3. Ketebalan pasir urug pada lantai dasar peil direncanakan dengan tebal 5 cm. Kondisi kepadatan tanah dasar pada lokasi kajian diperoleh hasil nilai CBR 3,5%. Gambar teknik rekomendasi rancangan desain peil banjir pada lokasi kajian tersaji pada Gambar 52.



Gambar 52 Rancangan Desain Peil Banjir pada Lokasi Kajian

## BAB VI. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

### 6.1. Kesimpulan

Dari hasil kajian pengembangan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Wilayah pengembangan merupakan daerah yang relatif datar, bergelombang dan berbukit dengan beberapa kelas kemiringan lahan yaitu didominasi dengan slope 4,06 - 11,61 %
2. Wilayah kajian memiliki elevasi tertinggi sebesar +86,337 meter sementara elevasi terendah +56,719 meter
3. Pada kondisi eksisting, jarak batas lokasi kajian terdekat dengan Sungai Angke sejauh 2 m dan jarak terjauh adalah 15m. Pada kondisi eksisting Lebar Sungai Angke bagian hulu sebesar 9 m dengan ketinggian muka air normal sebesar 2,5 m (elv. 60,13 mdpl) dan ketinggian muka air banjir sebesar 3,7 m (elv. 61.33 mdpl). Lebar Sungai Angke bagian tengah sebesar 8 m dengan ketinggian muka air normal sebesar 2,2 m (elv. 59.52 mdpl) dan ketinggian muka air banjir sebesar 3,3 m (elv. 60.62 mdpl). Lebar Sungai Angke bagian hilir sebesar 7 m dengan ketinggian muka air normal sebesar 1,8 m (elv. 57.85 mdpl) dan ketinggian muka air banjir sebesar 3,2 m (elv. 59.25 mdpl).
4. Wilayah kajian merupakan lahan terbuka dengan vegetasi berupa kebun warga, rumput ilalang dan hutan bambu serta terdapat Sungai Angke dengan jarak 289 m dari wilayah kajian
5. Kondisi ketersediaan air tanah dangkal/bebas (*unconfined*) umumnya didapatkan pada kedalaman berkisar 13-30 m dibawah muka tanah setempat
6. Analisis curah hujan rencana menggunakan distribusi Gumbel didapat nilai curah hujan rencana yaitu  $R_2 = 125,11$  mm,  $R_5 = 214,91$  mm,  $R_{10} = 295,74$  mm,  $R_{25} = 349,48$  mm,  $R_{50} = 405,21$  mm dan  $R_{100} = 460,52$  mm
7. Berdasarkan perhitungan dengan rumus Kirpich waktu konsentrasi (tc) yaitu 1 jam, Intensitas hujan dengan periode ulang hujan 50 tahun didapat 140,48 mm/jam
8. Pada kondisi existing luas DTA 1 adalah 14,12 Ha, DTA 2 sebesar 4,42 Ha dan DTA 3 memiliki luas sebesar 4,76 Ha. limpasan eksisting dan proyek pada DTA 1 sebesar 3,31 m<sup>3</sup>/detik dengan volume limpasan 11910,73 m<sup>3</sup>. Debit limpasan eksisting dan proyek pada DTA 2 sebesar 1,04 m<sup>3</sup>/detik dengan volume limpasan 3728,43 m<sup>3</sup>. Debit limpasan eksisting dan proyek pada DTA 3 sebesar 1,12 m<sup>3</sup>/detik dengan volume limpasan 4015,23 m<sup>3</sup>

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA

9. Skema untuk menerapkan konsep *zero run off* adalah sebagai berikut :

No.	Skema	Volume Limpasan (m <sup>3</sup> )	Volume Tampungan (m <sup>3</sup> )	Volume Sisa (m <sup>3</sup> )	Keterangan
DTA 1					
1	Tanpa Drainase	11910,73	0,00	11910,73	Terjadi Genangan
2	Drainase (Primer + Sekunder 7,9 km)	11910,73	6462,83	5447,90	Terjadi Genangan
3	Drainase (Primer + Sekunder 7,9 km + kolam retensi (35 m x 26 m x 3 m))	5447,90	5460,00	-12,10	Tidak ada genangan (aman dari banjir)
DTA 2					
1	Tanpa Drainase	3728,43	0,00	3728,43	Terjadi Genangan
2	Drainase (Primer + Sekunder 3,2 km)	3728,43	2029,49	1698,94	Terjadi Genangan
3	Drainase (Primer + Sekunder 3,2 km + kolam retensi (26 m x 22 m x 3 m))	1698,94	1716,00	-17,06	Tidak ada genangan (aman dari banjir)
DTA 3					
1	Tanpa Drainase	4015,23	0,00	4015,23	Terjadi Genangan
2	Drainase (Primer + Sekunder 3,5 km)	4015,23	2225,00	1790,23	Terjadi Genangan
3	Drainase (Primer + Sekunder 3,5 km + kolam retensi (30 m x 20 m x 3 m))	1790,23	1800,00	-9,77	Tidak ada genangan (aman dari banjir)

10. Prakiraan volume limpasan pada area pengembangan dibagi menjadi tiga Daerah Tangkapan Air, Prediksi volume limpasan ditunjukkan pada tabel berikut :

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA

Area	PUH (tahun)	A (Ha)	R24 (mm)	C	tc (jam)	I (mm/jam)	Qt (m <sup>3</sup> /detik)	V Limpasan (m <sup>3</sup> )
DTA 1	10	14,12	295,74	0,6	1	102,53	2,41	8693,08
	25	14,12	349,48	0,6	1	121,16	2,85	10272,68
	50	14,12	405,21	0,6	1	140,48	3,31	11910,73
DTA 2	10	4,42	295,74	0,6	1	102,53	0,76	2721,21
	25	4,42	349,48	0,6	1	121,16	0,89	3215,67
	50	4,42	405,21	0,6	1	140,48	1,04	3728,43
DTA 3	10	4,76	295,74	0,6	1	102,53	0,81	2930,53
	25	4,76	349,48	0,6	1	121,16	0,96	3463,03
	50	4,76	405,21	0,6	1	140,48	1,12	4015,23

11. Nilai koefisien limpasan (C) untuk DTA 1, DTA 2 dan DTA 3 masing-masing adalah 0,6. Nilai C semakin besar, peluang limpasan yang terjadi semakin besar
12. Rencana desain saluran drainase primer dan sekunder pada lokasi kajian ditunjukkan pada tabel berikut :

Area	Dimensi	Keterangan	Primer	Sekunder	Satuan
DTA 1	Luas lahan	A	14,12	14,12	ha
	Debit limpasan	Q	0,00	3,31	m <sup>3</sup> /det
	Lebar saluran	b	1,0	0,8	m
	Tinggi saluran	h	1,0	0,8	m
	Panjang saluran	L	3940,75	3940,75	m
DTA 2	Luas lahan	A	4,42	4,42	ha
	Debit limpasan	Q	1,04	1,04	m <sup>3</sup> /det
	Lebar saluran	b	0,8	0,6	m
	Tinggi saluran	h	1,0	0,8	m
	Panjang saluran	L	1585,54	1585,54	m
DTA 3	Luas lahan	A	4,76	4,76	ha
	Debit limpasan	Q	1,12	1,12	m <sup>3</sup> /det
	Lebar saluran	b	0,8	0,6	m
	Tinggi saluran	h	1,0	0,8	m
	Panjang saluran	L	1738,28	1738,28	m

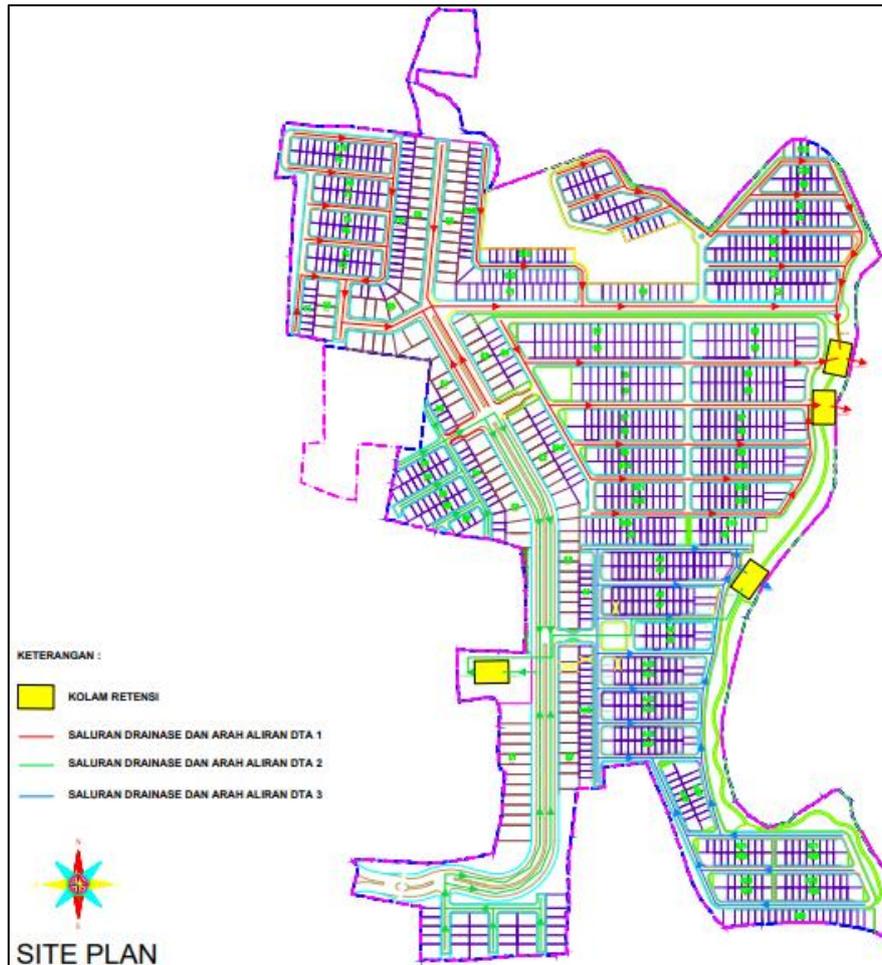
13. Lokasi kajian direncanakan memiliki 4 kolam retensi pada 3 DTA, di mana perencanaan kolam retensi dapat berubah sesuai dengan *masterplan* yang akan disahkan dan tetap memperhatikan besar debit limpasan rencana

**KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA**

14. Rencana desain saluran drainase primer dan sekunder pada lokasi kajian ditunjukkan pada tabel berikut :

<b>Area</b>	<b>Dimensi</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
DTA 1	Panjang	p	35	m
	Lebar	b	26	m
	Kedalaman	h	3	m
	Volume tampungan	Vt	5460	m <sup>3</sup>
	Jumlah	n	2	
DTA 2	Panjang	p	26	m
	Lebar	b	22	m
	Kedalaman	h	3	m
	Volume tampungan	Vt	1716	m <sup>3</sup>
	Jumlah	n	1	
DTA 3	Panjang	p	30	m
	Lebar	b	20	m
	Kedalaman	h	3	m
	Volume tampungan	Vt	1800	m <sup>3</sup>
	Jumlah	n	1	

15. Pada lokasi kajian dimungkinkan dilakukan cut and fill setempat dengan nilai volume net fill dalam kategori positif
16. Skema pengaliran air limpasan menuju kolam retensi tersaji pada gambar berikut :



17. Hasil perhitungan volume galian (*cut*) sebesar 503997,2 m<sup>3</sup>, volume timbunan (*fill*) sebesar 108826,8 m<sup>3</sup> dan volume *nett* sebesar 395170,5 m<sup>3</sup>. Perhitungan volume *nett* yang bernilai positif menunjukkan bahwa tanah galian pada lokasi kajian dapat digunakan sebagai tanah timbunan dan tidak perlu mendatangkan tanah urug dari luar lokasi kajian
18. Hasil pemodelan peil banjir 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m, 2,0 m dan 2,5 m didapatkan elevasi terendah perumahan pada bagian hulu, tengah dan hilir lokasi kajian direncanakan dengan elevasi minimal sebesar 63 mdpl
19. Rancangan desain peil banjir pada lokasi kajian direncanakan menggunakan pasangan batu belah minimal 3 muka dengan perbandingan adukan 1:3. Ketebalan pasir urug pada lantai dasar peil direncanakan dengan tebal 5 cm. Kondisi kepadatan tanah dasar pada lokasi kajian diperoleh hasil nilai CBR 3,5%

## 6.2. Rekomendasi

1. Perlu dilakukan peninjauan ulang besarnya KDB yang akan dibangun dengan memperhitungkan faktor lahan terbuka yang berguna sebagai daerah

## KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA

*catchment area*. Hal ini didasarkan pada kondisi lokasi yang relatif memiliki kontur yang beragam

2. Sebelum proses pembangunan sebaiknya dibuat saluran penampung air hujan atau kolam retensi sejumlah 4 kolam retensi pada 3 DTA, di mana perencanaan kolam retensi dapat berubah sesuai dengan *masterplan* yang akan disahkan dan tetap memperhatikan besar debit limpasan rencana
3. Pada kondisi eksisting tidak terdapat tempat tampungan air sebagai tempat konservasi air. Direncanakan empat tampungan air berupa Kolam Retensi pada DTA 1 dengan volume tampungan sebesar 5460 m<sup>3</sup>, DTA 2 sebesar 1716 m<sup>3</sup> dan pada DTA 3 sebesar 1800 m<sup>3</sup>
4. Desain kolam retensi pada setiap DTA 1 dengan luas ukuran minimal 35 m x 26 m dan kedalaman 3 m, DTA 2 dengan luas ukuran minimal 26 m x 22 m dan kedalaman 3 m dan DTA 3 dengan luas ukuran minimal 30 m x 20 m dan kedalaman 3 m
5. Tidak perlu mendatangkan tanah galian dari luar lokasi kajian karena volume *nett* bernilai positif yaitu sebesar 395170,5 m<sup>3</sup>
6. Perlu adanya integrasi pengelolaan sumber daya air dengan perumahan eksisting sebelum adanya pembangunan pada daerah pengembangan.
7. Tidak merubah dimensi anak sungai yang menuju Sungai Angke dan dilakukan normalisasi sepanjang anak sungai yang melintasi wilayah kajian
8. Perlu ditambahkan bak kontrol dan screening pada saluran masuk drainase untuk mencegah terjadinya sumbatan akibat sedimentasi maupun sampah yang masuk saluran
9. Penataan drainase di pemukiman sekitar lokasi kajian dengan saluran ke arah air atau dengan tembok atau pemipaan diarahkan ke arah lembah untuk menghindari resapan air tanah yang dapat memicu terjadinya gerakan tanah
10. Pola aliran drainase dapat disesuaikan berdasarkan *masterplan* yang nantinya disahkan dengan mempertimbangkan volume limpasan yang telah dihitung.
11. Perlu diperhatikan pada pembangunan yang berada pada lahan yang mempunyai kemiringan cukup besar dengan membuat bangunan penahan longsor
12. Saluran drainase perlu dibuat dengan saluran berbentuk segiempat (*box culvert*) yang terdiri dari saluran primer dan sekunder. Pada DTA 1 saluran primer memiliki lebar minimal 1,0 m dan kedalaman 1,0 m. Saluran sekunder memiliki ukuran lebar minimal 0,8 m dan kedalaman 0,8 m. Pada DTA 2 dan DTA 3 saluran primer memiliki lebar minimal 0,8 m dan kedalaman 1,0 m.

## **KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA**

Saluran sekunder memiliki ukuran lebar minimal 0,6 m dan kedalaman 0,8 m

13. Perlu dibuat peil banjir dengan penentuan elevasi terendah perumahan pada bagian hulu, tengah dan hilir lokasi kajian direncanakan dengan elevasi minimal sebesar 63 mdpl

## DAFTAR PUSTAKA

- [BSN], Badan Standarisasi Nasional, 1994, SNI 03 3424 1994 *Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan*, Jakarta: BSN
- [BSN], Badan Standarisasi Nasional, 2016, SNI 2415 2016 *Tentang tata cara perhitungan Debit Banjir Rencana*, Jakarta: BSN,
- [PUPR], Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2012, *Buku Jilid IA Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan*, Ed ke-2012, Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya,
- Argue J, Ahammed F, Hewa G, Myers B, Pezzaniti D, Argue J, Ahammed F, Hewa G, Myers B, Icsn DP, 2021, *ICSM : A Strategy to Manage Flooding in Urban Catchments Experiencing Regrowth*, University of South Australia,
- Asdak C, 1995, *Hidrologi dan pengolahan air sungai*, Yogyakarta : Gajah Mada Univesity Press,
- Chayati C, Rezi NH, 2018, Perencanaan drainase vertikal di Jalan Cendana 2 Perumahan Bumi Sumekar Asri Kecamatan Kota Kabupaten Sumenep, *Ge-STRAM J, Perenc, dan Rekayasa Sipil*, 1(2):58–64,doi:10,25139/jprs,v1i2,1110,
- Chow VT, 1964, *Handbook of Applied Hydrology*, New York: Mc Graw Hill,
- Chow, 1992, *Hidrolika Saluran Terbuka*, Jakarta: Erlangga,
- Dawson KJ, Istok JD, 1991, *Aquifer Testing: Design and Analysis of Pumping and Slug Tests*, Michigan: Lewis Publishers,
- Dobrin, MB, 1998, *Introduction to Geophysical Prospecting*, Singapore : Mc Graw Hill Book, Co,
- DPU, 2006, *Pedoman Konstruksi Bangunan Perencanaan Sistem Drainase Jalan*, Ed ke-02, Jakarta: Direktorat Jenderal Tata Perkotaan dan Tata Perdesaan,
- Fetter CW, 1994, *Applied Hydrogeology, 3<sup>rd</sup>ED*, Merrill Publishing Company, Ohio
- John A, Shimer, 1968, *An Introuction to Geology*, New York : Appleton Century Crofts,
- Feyen, 1980, *Drainage of Irigated Land*, London (UK): Batsford Academic and Educatonial Ltd, Katholieke Universitet Leuven, Center for Irrigation Engineering,
- Kashef AAI, 1987, *Ground water Engineering*, Singapore: Me Graw – Hill Book Co,
- Kodoatie RJ, 1996, *Pengantar Hidrogeologi*, Yogyakarta: Penerbit ANDI,
- Koten SW, Suhudi S, 2020, Perencanaan jaringan drainase pemukiman pada perumahan Istana Safira jalan Jambu Semanding Sumbersekar dau Kabupaten

Malang, Reka Buana J, *Ilm, Tek, Sipil dan Tek, Kim*, 5(2):50,doi:10,33366/rekabuana,v5i2,1945,

Mays LW, Tung YK,, 1992, *Hydrosystem Engineering & Managenment*, Singapore: Mc Graw-Hill,

Mays LW, 2005, *Water Resources Engineering*, Second Edition, New York: John Wiley & Sons,

Nemec J, 1972, *Engineering Hydrology*, London: Mc Graw-Hill,,

Porajouw AM, Mananoma T, Tangkudung H, T, 2019, Analisis sistem drainase di kelurahan Tikala Kumaraka Kota Manado, *Sipil Statik*, 7(12):1593–1604,

Quener EP, 2001, *The Effect of Human Interventions on Groundwater Recharge*, Paper in Impact of Human Activity on Groundwater Dinamics, Proceeding of Sixth IAHS Scientific Assembly, July 2001, Maastricht, Netherland, IAHS Publ, 269 : 59-56,

Robinson C, 1988, Basics Exploration Geophysics, John Willey And Son Inc,, Canada,

Schwab GO, Frevert RK , Barnes T, 1968, *Soil and Water Conservation Engineering*, 3<sup>rd</sup>edition, Jihn Willey & Sons Inc, New York,

Seyhan E, 1977, *Fundamentals of Hydrology*, Geografisch Instituut der Rijks-universiteit te Utrecht, Utrecht,

Soemarto CD, 1995, *Hidrologi Untuk teknik*, Jakarta: Erlangga,

Sorodarsono S, Takeda K,, 1999, *Hidrologi untuk Pengairan*, Jakarta: Pradnya Paramita,

Srijatno, 1980, *Geofisika Terapan*, Bandung : Departemen fisika ITB,

Suripin, 2004, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Yogyakarta: Adi,

Telford, Geldart, Sheriff, 1976, *Applied Geophysics*, 2nd edition, Cambridge University Press, New York,

Todd D,K, 1995, *Groundwater Hydrology*, Second Edition, John Wiley & Sons, Singapore,

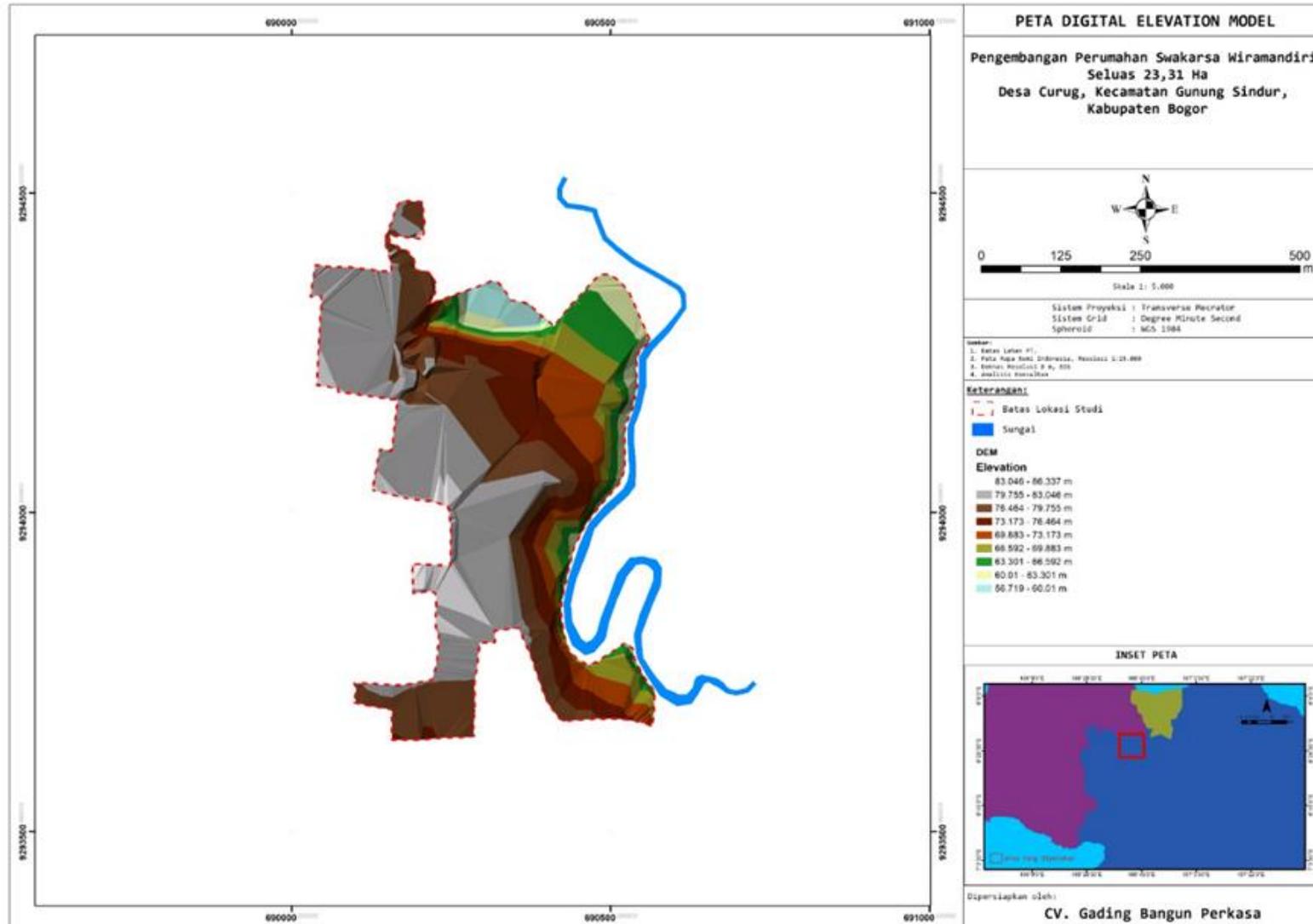
Vingoe, P,, 1972, *Electrical Resistivity Surveying*, Geophysical Memorandum,

Widodo E, Ningrum D, 2015, Evaluasi sistem jaringan drainase permukiman Soekarno Hatta Kota Malang dan penanganannya, *J, Ilmu-Ilmu Tek*, 11(3):1–9,

Wijaya HK, Prastowo, Sapei A, Pandjaitan NH, 2014, Analisa kriteria rancangan hidraulika pada pemanfaatan air limpasan untuk air baku di kawasan perumahan, *Tek, Hidraul*, 5(1):57–68,

**LAMPIRAN**

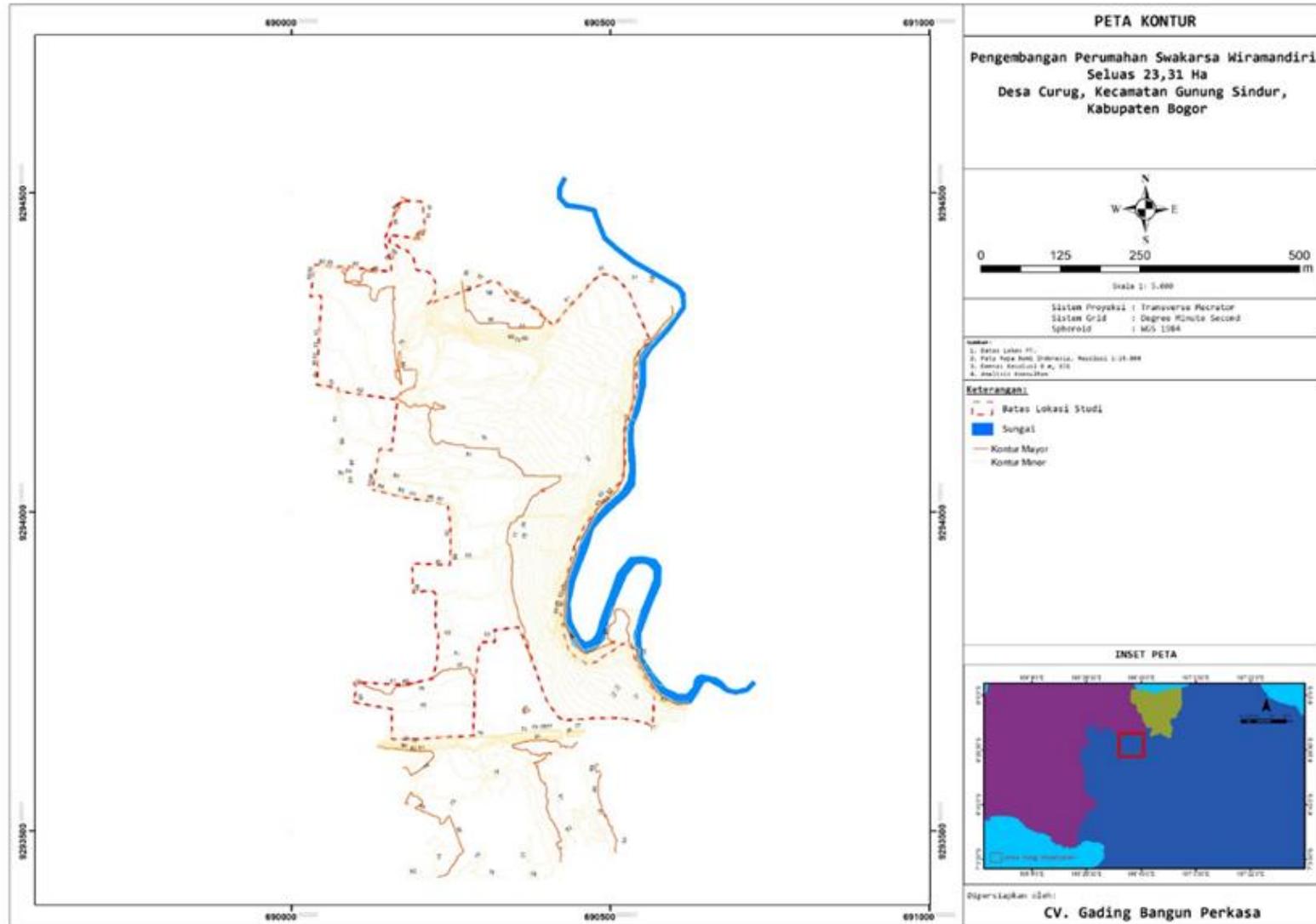
Lampiran 1. Peta topografi wilayah pengembangan



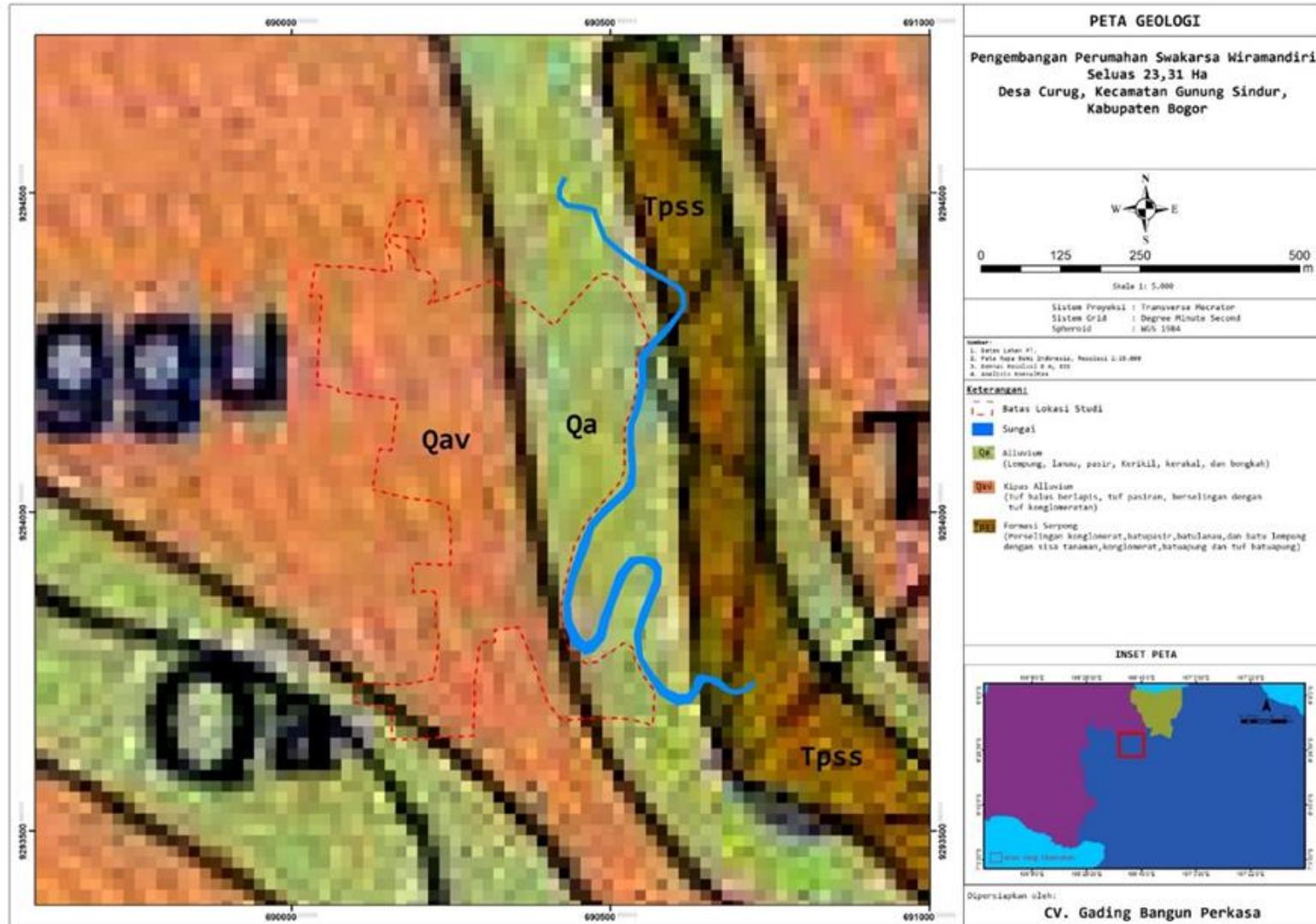
Lampiran 2. Peta kelerengan lahan wilayah kajian



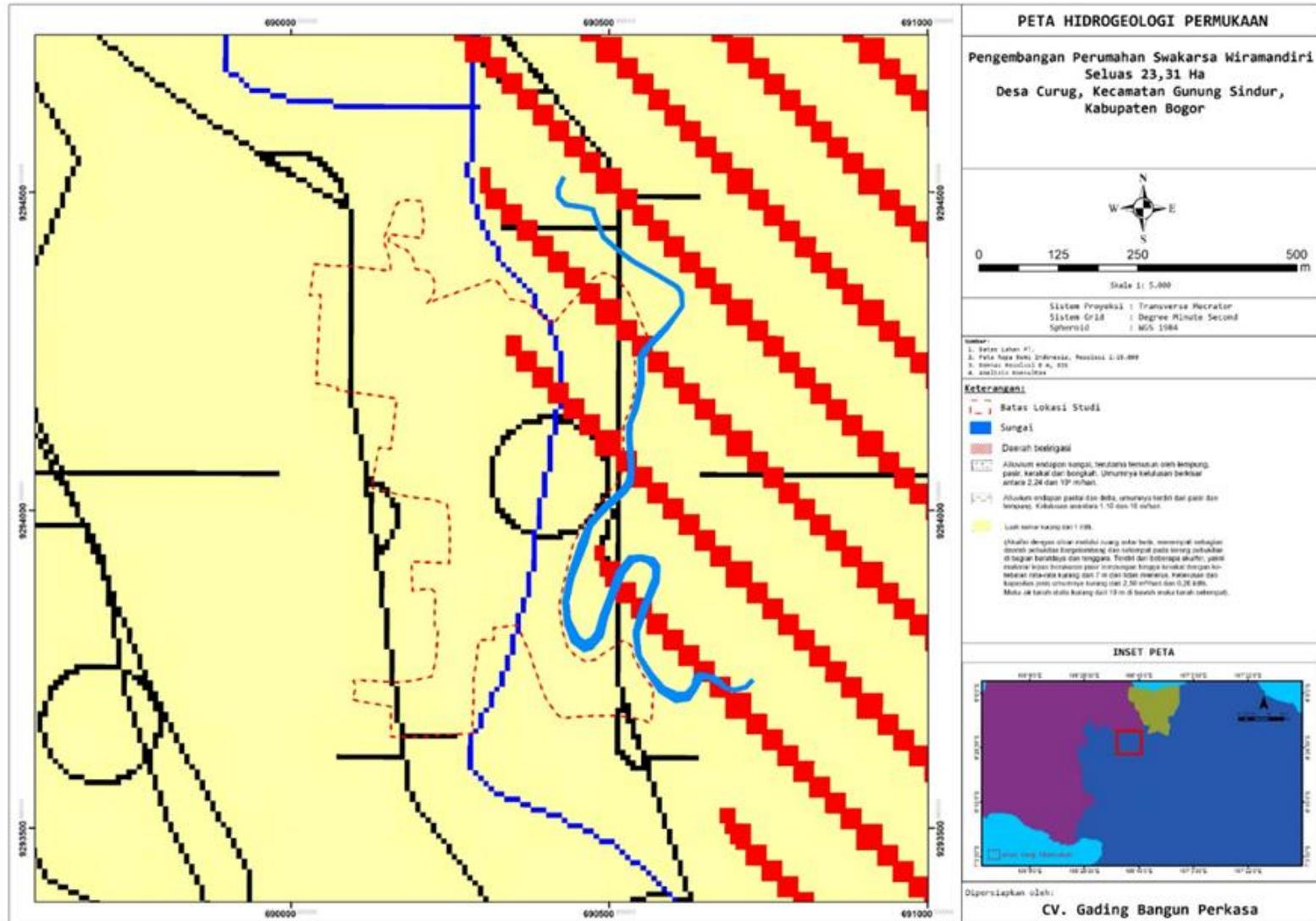
Lampiran 3. Peta kontur wilayah kajian



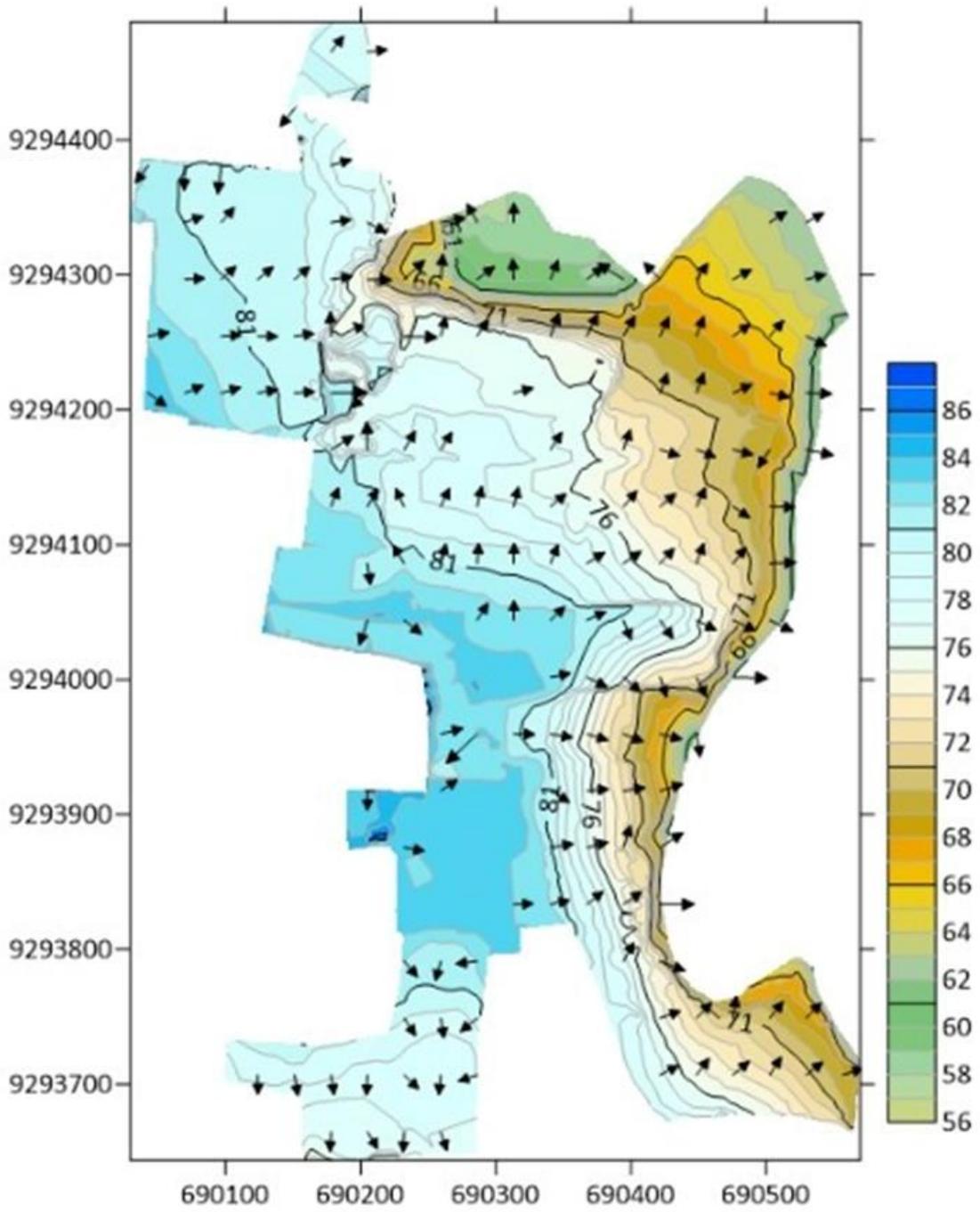
Lampiran 4. Peta Geologi Wilayah Kajian



Lampiran 5. Peta Hidrogeologi Permukaan



Lampiran 6. Pola Jejaring Aliran (Flownet) 2D



Lampiran 7. Gambaran Kondisi Aliran Sungai Eksisting





Lampiran 8. Gambaran Lahan Eksisting



KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA



**KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA**



Lampiran 9 Pengukuran Lapangan



KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA



KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA





KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA



23 Mar 2024 at 09:54:39  
208° SW  
Jalan Berlian IV  
Kabupaten Bogor  
Jawa Barat  
Indonesia  
Altitude: 79.3meter  
Speed: 0.8km/h

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA



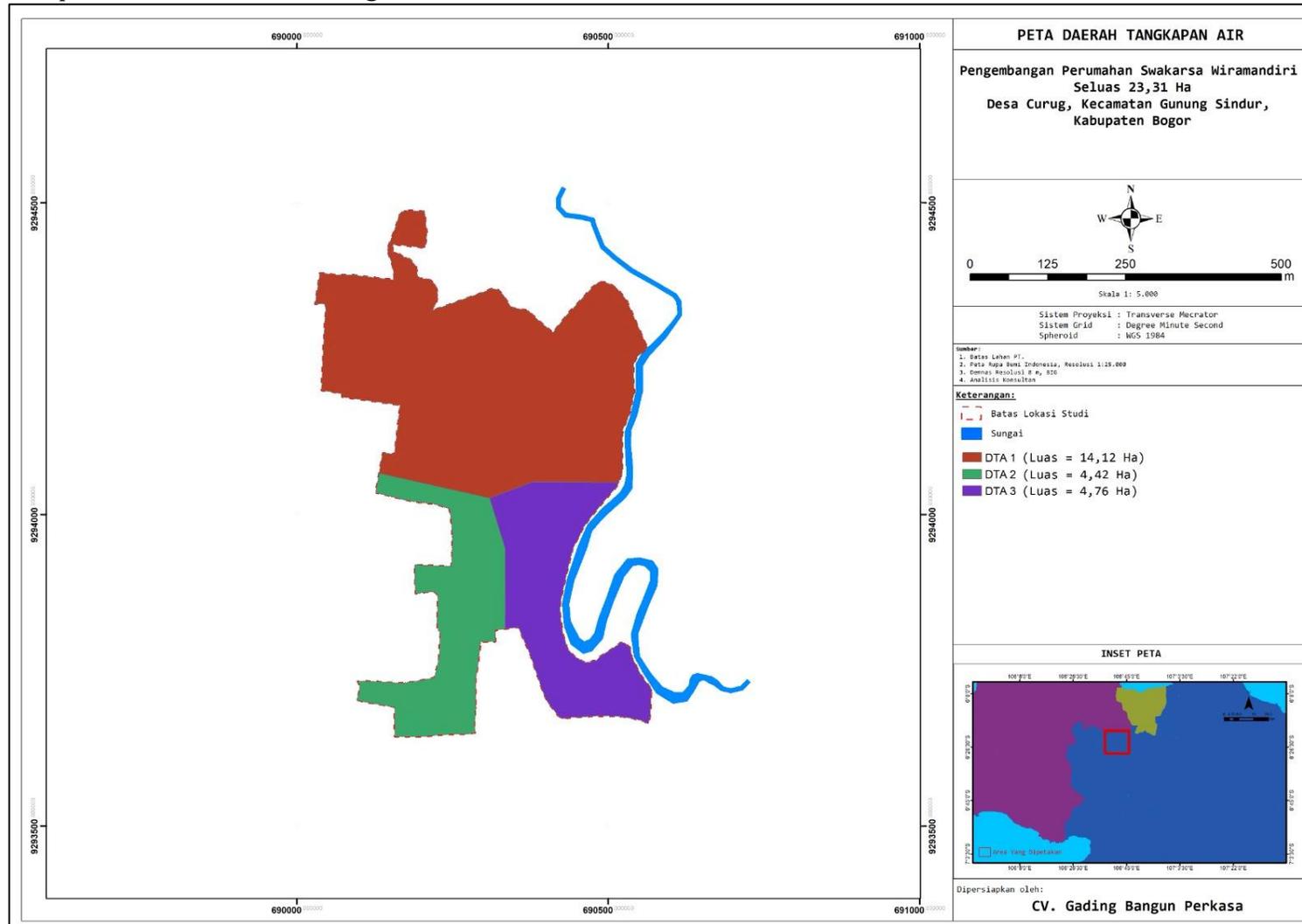
KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA



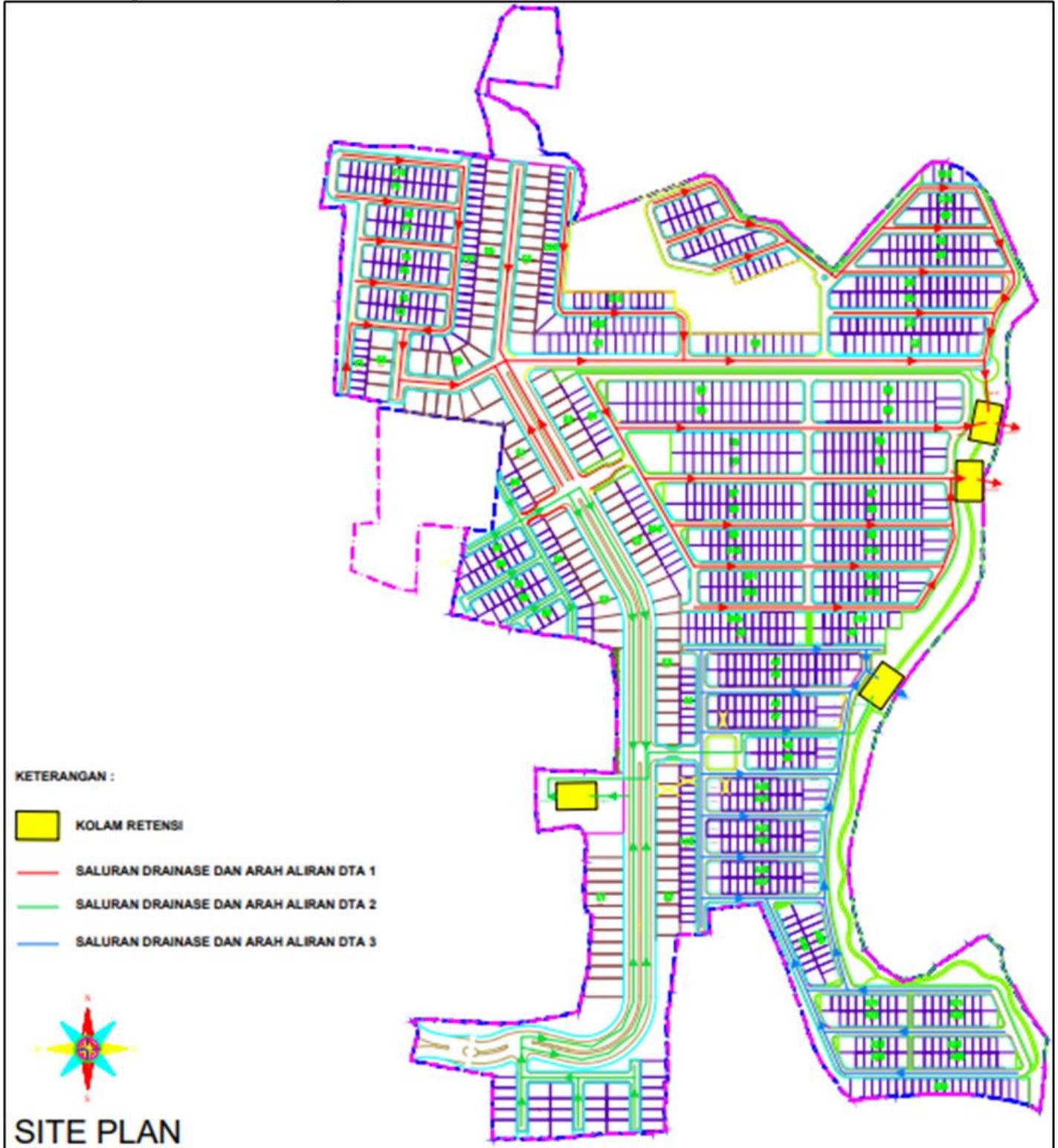
KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA



Lampiran 10 Blok Plan Pembagian DTA

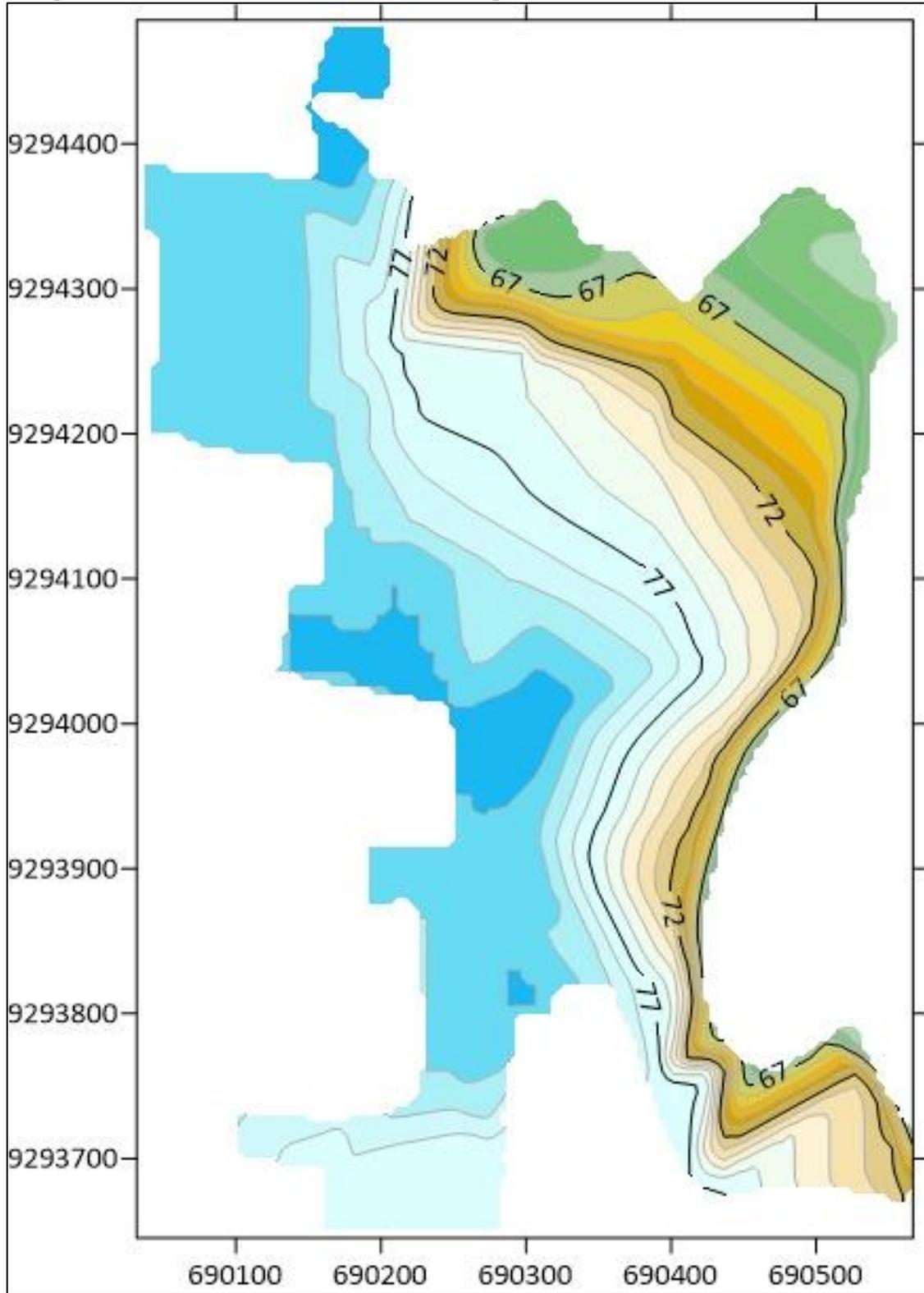


Lampiran 11 Skema Pengaliran Drainase\*

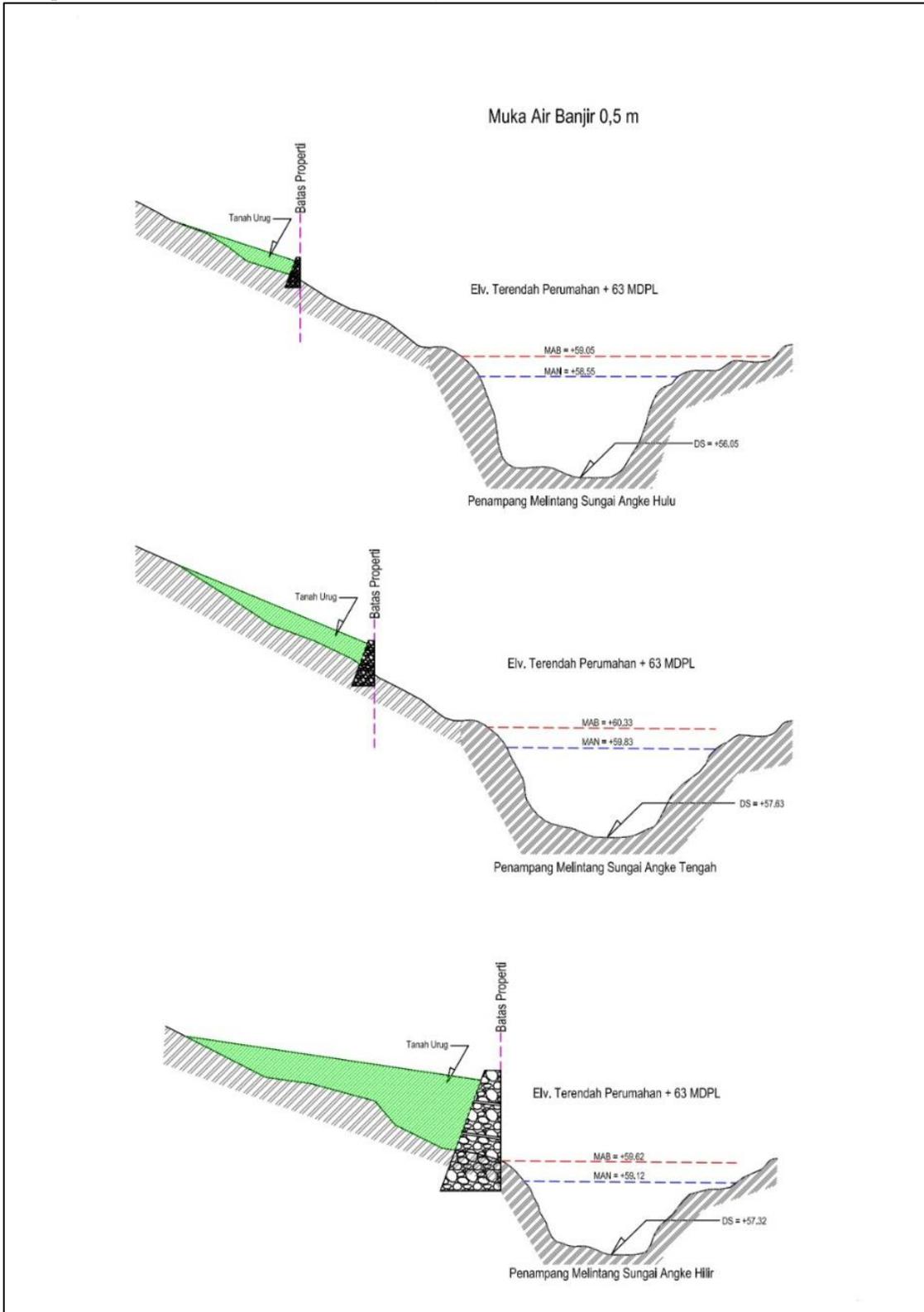


\*Rencana drainase dapat disesuaikan berdasarkan *masterplan* yang disahkan

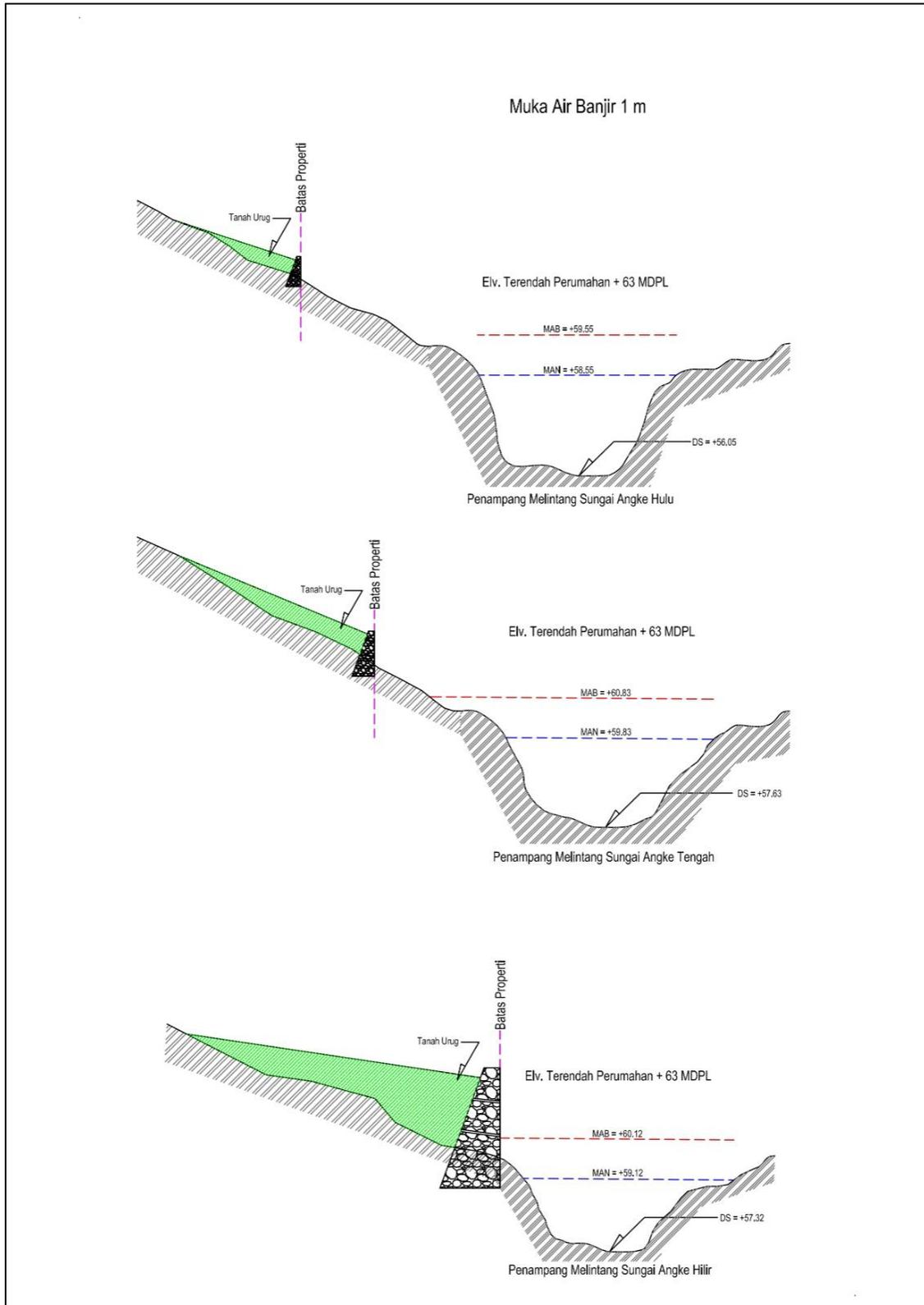
Lampiran 12 Pemodelan Modifikasi Elevasi pada Lokasi Kajian



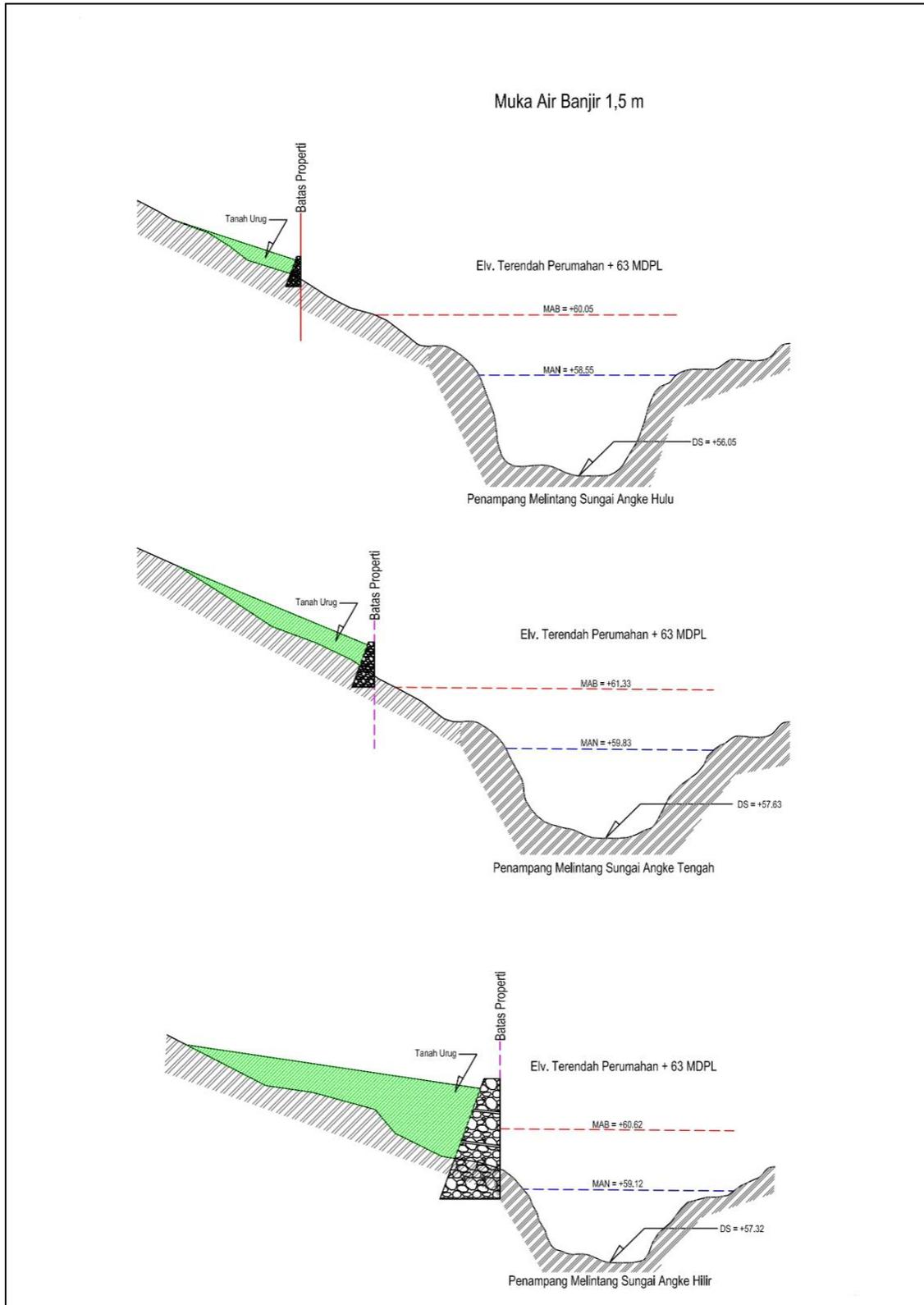
Lampiran 13 Pemodelan Muka Air Banjir

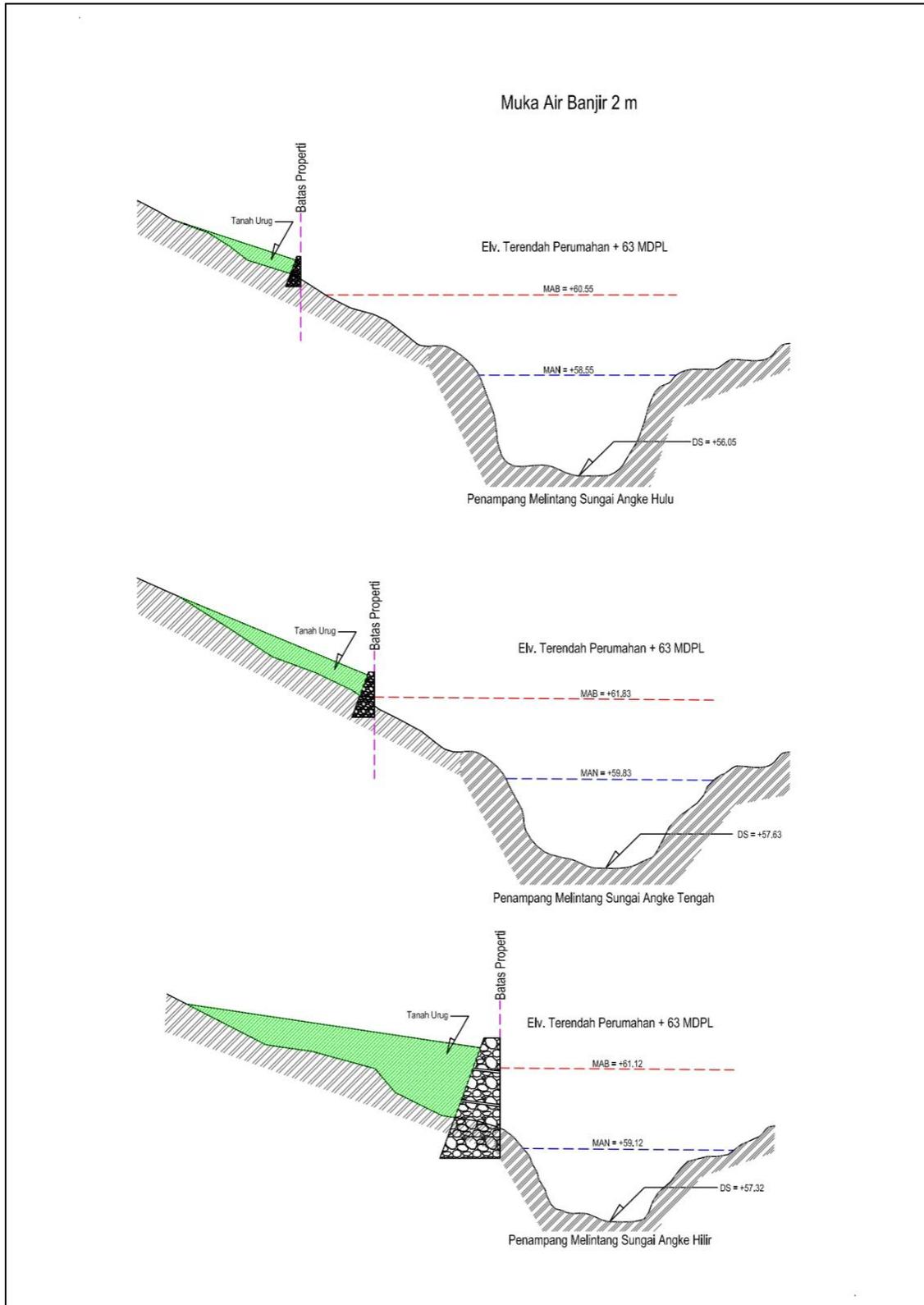


KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA

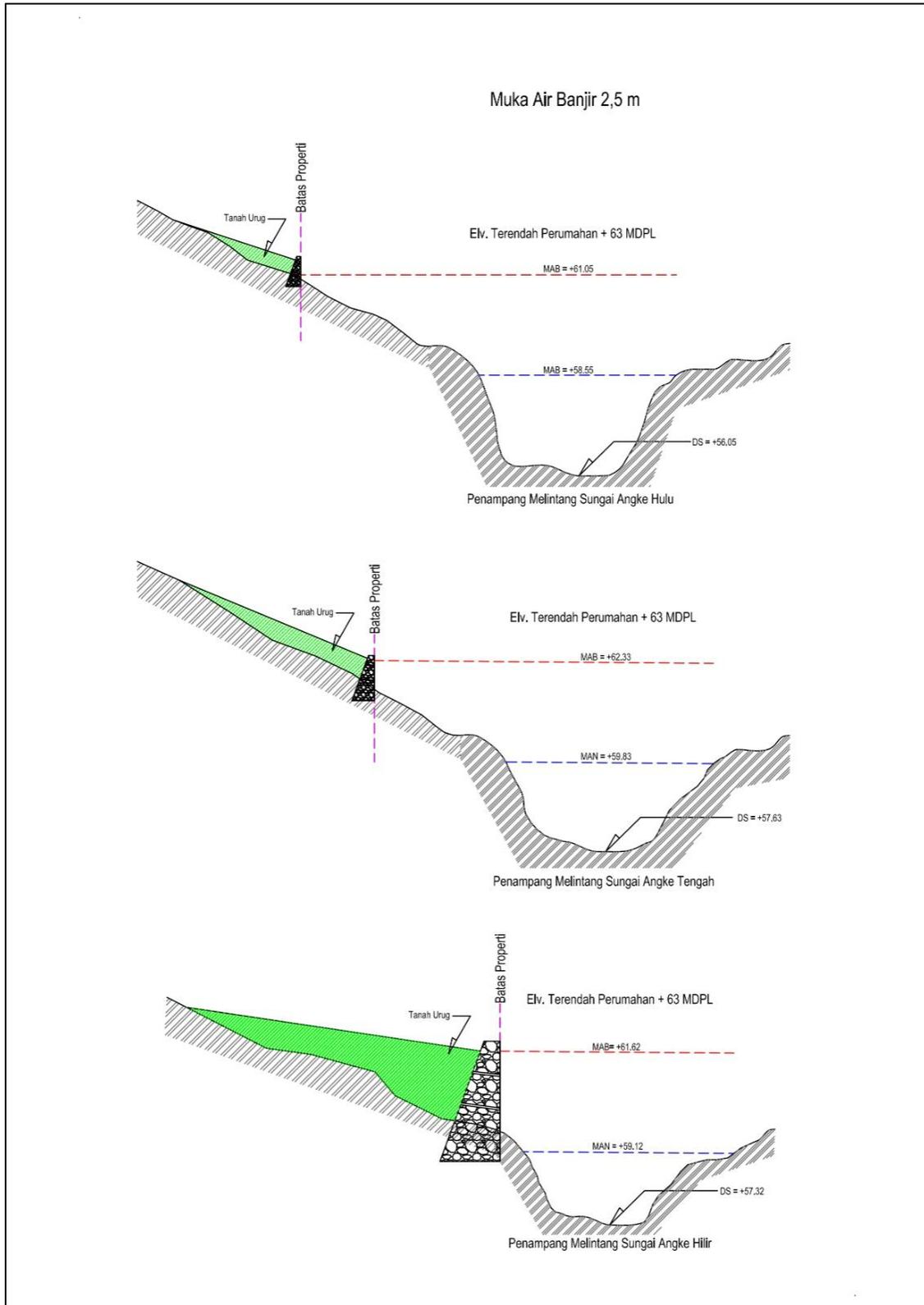


# KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA

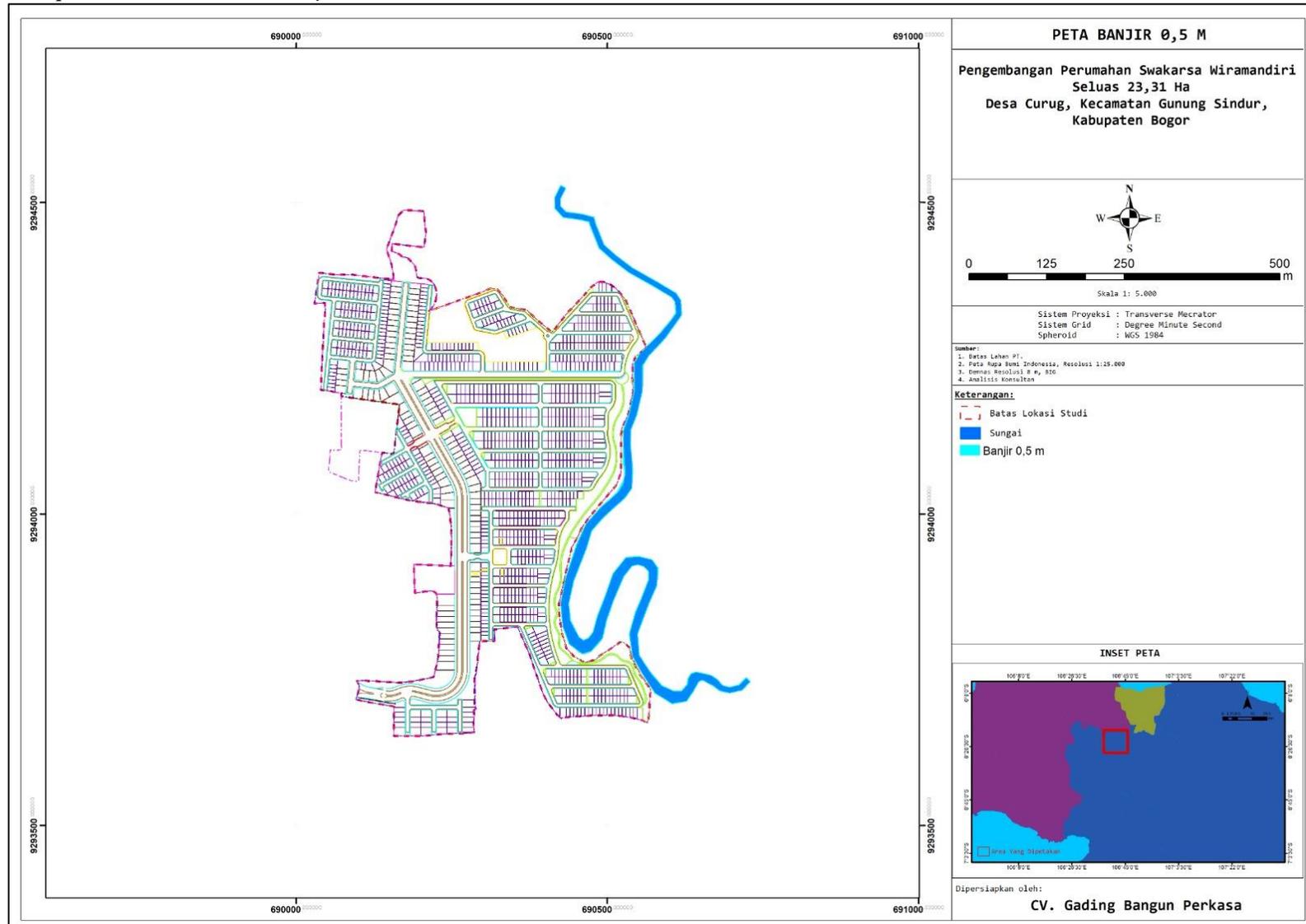




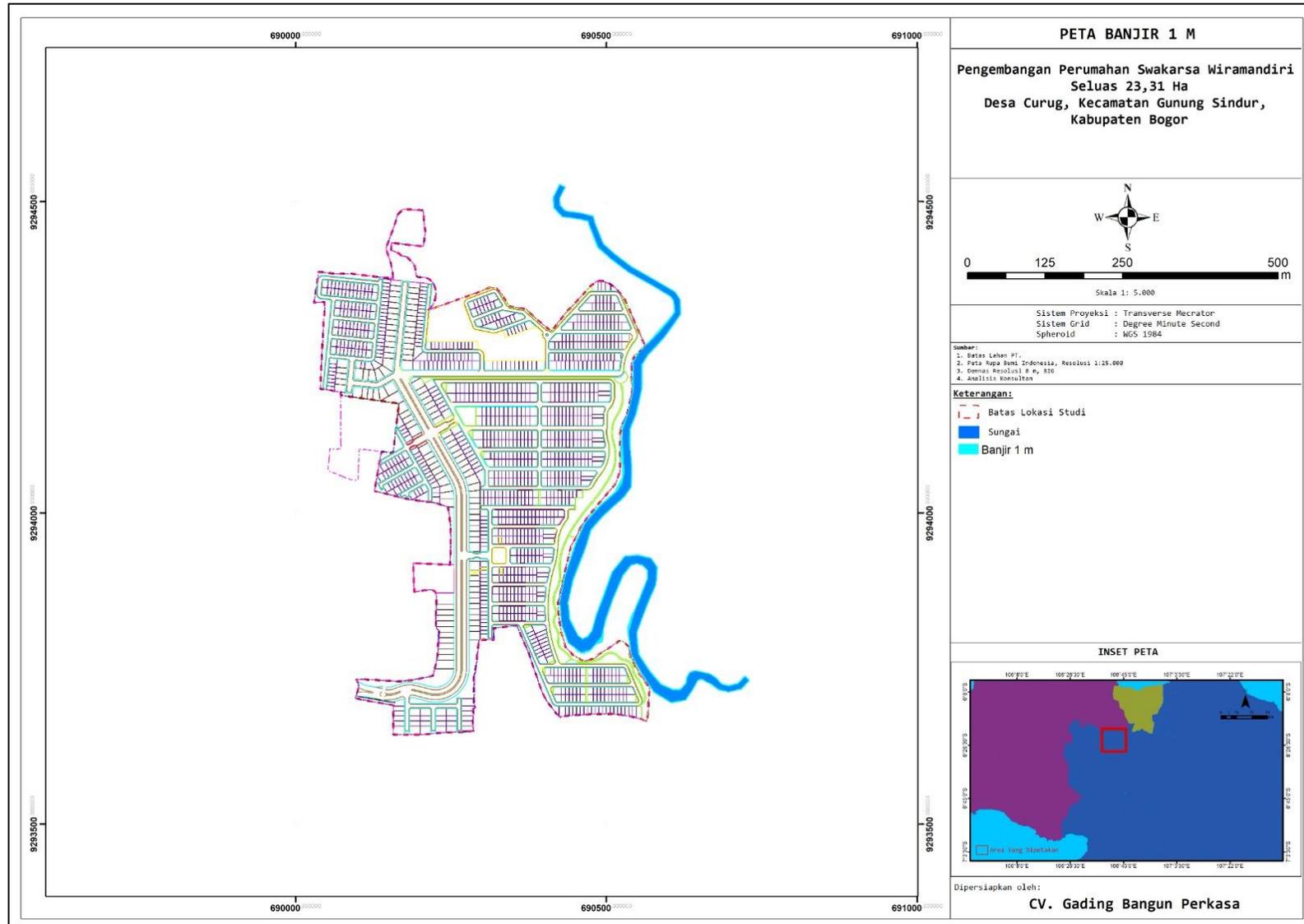
KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA



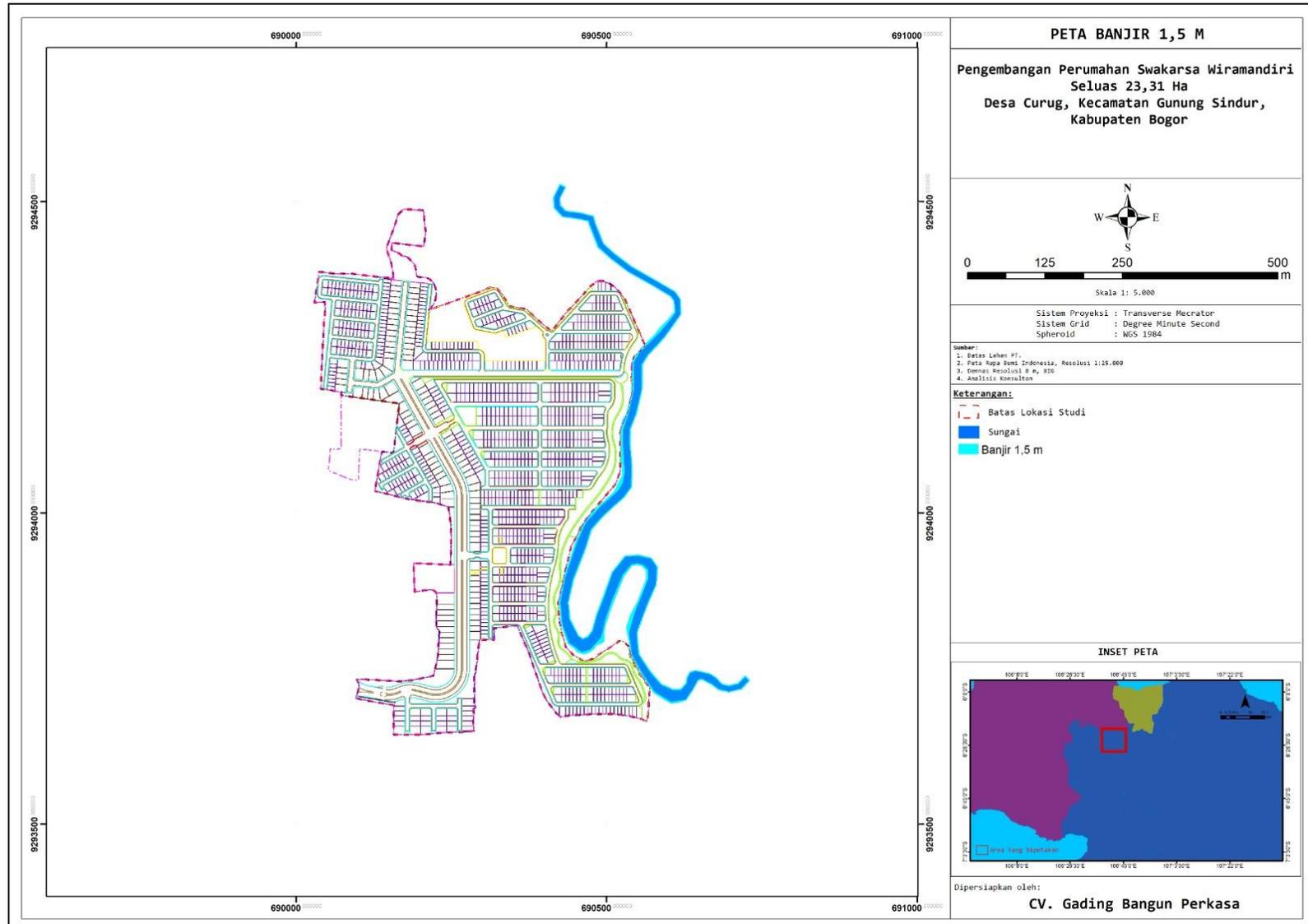
Lampiran 14 Pemetaan Banjir



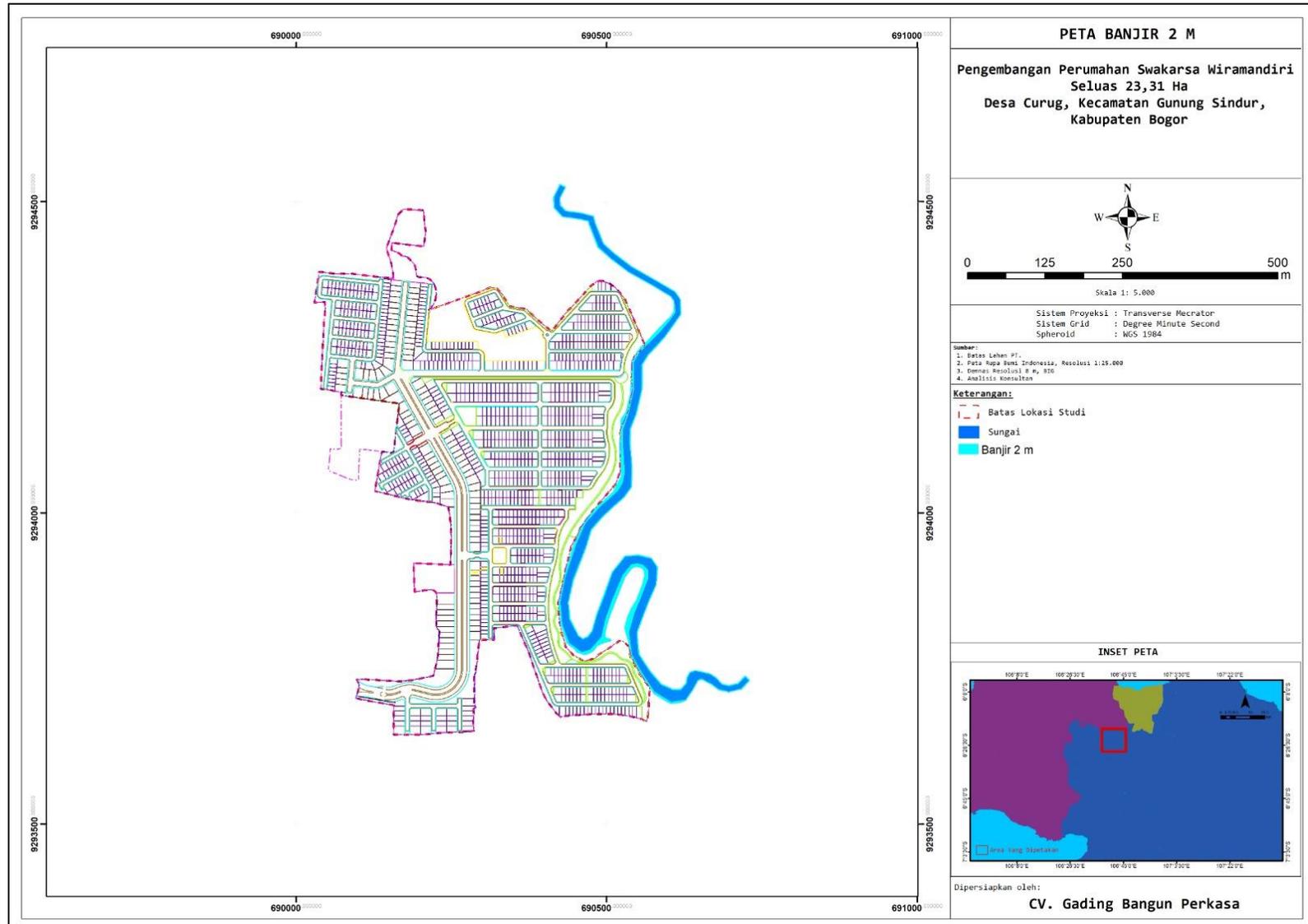
# KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA



# KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA



# KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN PERUMAHAN LAHAN 23,31 HA



Lampiran 15 Rancangan Desain Peil Banjir

