

KAJIAN HIDROLOGI

**Pengembangan Kawasan Peruntukan
Industri, Kawasan Permukiman Perkotaan,
dan Badan Air Seluas 26,8 Ha**

Disusun Oleh:

Dimas Ardi Prasetya
Ardayan Regi Manda
Firdan Ihsanul In'am
Farrel Evandra Nainggolan

2026

KATA PENGANTAR

Pembangunan berwawasan lingkungan sangatlah penting dilakukan, Pembangunan kawasan peruntukan industri, kawasan permukiman perkotaan, dan badan air dilakukan untuk memenuhi kebutuhan distribusi dan logistik.

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.

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, Juni 2026

.....
PEMRAKARSA

RINGKASAN EKSEKUTIF

Judul : Kajian Hidrologi Pengembangan Kawasan Peruntukan Industri,
Kawasan Permukiman Perkotaan, dan Badan Air Seluas 26,8 Ha
Penyusun : Dimas Ardi Prasetya
Ardyan Regi Manda
Firdan Ihsanul In'am
Farrel Evandra Nainggolan

Pendahuluan

Laju pertumbuhan penduduk dan perekonomian yang cepat di Kabupaten Bogor memicu tuntutan peningkatan pembangunan di berbagai bidang, salah satunya di bidang kawasan peruntukan industri, kawasan permukiman perkotaan, dan badan air. Seiring dengan meningkatnya aktivitas distribusi dan logistik, dibutuhkan Kawasan peruntukan industri, kawasan permukiman perkotaan, dan badan air yang tertata, aman dan sesuai dengan standar infrastuktur guna mendukung efisiensi sistem transportasi dan penyimpanan barang yang memadai sesuai dengan peraturan yang berlaku yaitu PERDA No. 11 Tahun 2016 Tentang Rencana Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Bogor.

Pemrakarsa Berencana akan melakukan pembangunan Kawasan peruntukan industri, kawasan permukiman perkotaan, dan badan air dengan area seluas 26,8946 Ha. Pembangunan berwawasan lingkungan sangatlah penting dilakukan, melakukan Kajian Hidrologi pada lokasi rencana pembangunan kawasan peruntukan industri, kawasan permukiman perkotaan, dan badan air tersebut.

Masterplan

Pemrakarsa berencana melakukan pembangunan Kawasan peruntukan industri, kawasan permukiman perkotaan, dan badan air pada area seluas 26,8946 Ha. Rencana pengembangannya adalah sebagai berikut: wilayah studi yang digunakan sebagai wilayah kajian merupakan wilayah belum terbangun dan masih berbentuk tanah yang sudah dipadatkan. Masterplan yang direncanakan dalam proses pemetaan dasar untuk penentuan presentase kavling efektif, kavling komersil, sarana, serta prasarana & utilitas. Perencanaan pembangunan oleh dengan perencanaan Kawasan peruntukan Industri, Kawasan Permukiman Perkotaan, dan Badan Air sebesar 26,8946 Ha. Luas Koefisien Dasar Bangunan perencanaan sebesar 60 %

Kondisi Existing

Berdasarkan Badan Pusat Statistik 2024, Kecamatan Cileungsi memiliki rata-rata curah hujan selama satu tahun adalah 154.3 mm dengan curah hujan maksimum bulanan adalah 338 mm pada bulan November dengan jumlah hari hujan 18 hari. Suhu dan kelembaban udara di lokasi penelitian diperkirakan sama dengan Kabupaten Bogor. Berdasarkan stasiun pengamatan di Citeko, Kabupaten Bogor, suhu udara berkisar rata-rata 19⁰ C sampai 28⁰ 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 di dekat badan air. Pemanfaatan tanah di area proyek pada awalnya berupa lahan perkebunan warga yang berbatasan dengan persawahan yang berada di sebelah barat, daerah pembangunan yang berada di sebelah utara dan di sebelah timur berbatasan dengan tanah warga. akan melakukan pengembangan lahan sebesar 26,8946 Ha yang diperuntukkan sebagai Kawasan peruntukan industri, kawasan permukiman perkotaan, dan badan air. Akses menuju wilayah memiliki akses dengan lebar rata-rata 5 m. Sedangkan pada wilayah kajian terdapat akses jalan dengan lebar rata-rata 3 m.

Kecamatan Cileungsi merupakan salah satu Kecamatan di wilayah Kabupaten Bogor dengan luas wilayah 73,76 km². Secara astronomis kecamatan Cileungsi terletak antara 6°23'17"S - 6°24'24"S LS dan 106°57'04"E - 107°58'43" BT. Ketinggian wilayah sebagian besar di Kecamatan Cileungsi adalah antara 0-308 mdpl. Kecamatan Cileungsi berbatasan sebagai berikut:

Sebelah Utara : Kota Bekasi dan Kabupaten Bekasi
Sebelah Selatan : Kecamatan Klapanunggal
Sebelah Barat : Kecamatan Gunung Putri

Lokasi proyek pengembangan Area Kawasan Peruntukan Industri, Kawasan Permukiman Perkotaan, dan Badan Air. Secara umum gambaran lokasi proyek berada pada batas sebagai berikut:

Sebelah Utara : Jl. Raya Cileungsi
Sebelah Selatan : Kecamatan Jonggol
Sebelah Barat : Permukiman Warga;
Sebelah Timur : Permukiman Warga, Tanah warga berupa lahan persawahan.

Topografi Kecamatan Cileungsi terdiri dari wilayah dataran hingga perbukitan. Ketinggian lokasi kajian bervariasi mulai dari elevasi terendah pada elv. 89 mdpl dan elv tertinggi pada elv. 100 mdpl. Terdapat Sungai yaitu Sungai Cikarang. Sungai-sungai pada DAS tersebut mempunyai peranan yang sangat penting dan

strategis sebagai sumber air. Lokasi kajian pada kondisi *eksisting* memiliki jarak berkisar 20 meter untuk jarak yang paling dekat.

Lokasi kajian memiliki kelas kelerengan yang terbagi atas 4 kelas lereng yaitu Topografi Kecamatan Cileungsi bervariasi dari berombak hingga berbukit. Wilayah ini memiliki kelas kemiringan lereng yang datar hingga landai (slope 0-1,92%), agak miring (slope 1,92-3,54%), kemiringan agak curam (slope 3,54-5,75%) serta curam (slope 5,75-14,82%). 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 Area Kawasan Peruntukan Industri, Kawasan Permukiman Perkotaan, dan Badan Air. Pada wilayah aktual memiliki dominasi kelerengan 0,87-1,92%.

Struktur geologi di daerah lembar Bogor berupa sesar, lipatan, kelurusan, maupun kekar dijumpai pada batuan berumur Oligosen – Pliosen sampai Kuarter. 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 Formasi Jatiluhur (Tmj) yang diisi oleh napal dan serpih lempungan, dan sisipan batu pasir kuarsa bertambah pasir ke arah timur. Bagian atas formasi ini menjemari dengan Formasi Klapanunggal dan berumur *Miosen* Awal. Kawasan lokasi kajian secara keseluruhan baik secara vertikal maupun lateral, memiliki satuan batuan yang menyusun daerah ini antara lain adalah Formasi Jatiluhur.

DAFTAR ISI

RINGKASAN EKSEKUTIF	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
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>)	7
2.6. Hidrologi Existing	10
2.7. Tanah	11
BAB III. TINJAUAN GEOLOGI DAN HIDROGEOLOGI	13
3.1. Fisiografi Lembar Bogor	13
3.1.1. Batuan Sedimen (Bagian selatan)	13
3.1.2. Batuan Sedimen (Bagian Utara)	15
3.1.3. Endapan Permukaan	17
3.2. Tektonik dan Struktur Geologi	18
3.3. Kerawanan Geologi	19
3.4. Kondisi Daerah Berpotensi Bencana	20
3.5. Jejaring Aliran (<i>Flownet</i>) dan Hidrogeologi	22
3.6. Pengolahan Data Hidrologi	32
BAB IV. ANALISIS HIDROLOGI	38
4.1. Kondisi Existing Sungai	38
4.2. Profil Sungai dan Saluran	39
4.3. Analisis Infiltrasi	42
4.4. Analisis Curah Hujan	46
4.4.1. Intensitas Hujan	48
4.4.2. Debit dan Volume Limpasan	50
BAB V. ANALISIS HIDROLIKA	52

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 26,8946 HA

5.1. Drainase dan Bangunan Konservasi	52
5.1.1. Saluran Drainase	52
5.1.2. Kolam Retensi	56
5.1.3. Tahap Perencanaan Daerah Kolam Retensi	56
5.2. Skema Pengaliran Drainase	59
BAB VI. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	61
6.1. Kesimpulan	61
Rekomendasi	64
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	68

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Syarat penggunaan jenis sebaran	33
Tabel 2 Nilai koefisien limpasan metode rasional	34
Tabel 3 Koefisien kekasaran manning	35
Tabel 4 Tinggi jagaan drainase pasang batu dan dari tanah.....	37
Tabel 5 Unsur geometris penampang saluran persegi dan trapesium.....	37
Tabel 6 Hubungan antara nilai Q, h, dan b/h untuk saluran drainase	37
Tabel 7 Hasil perhitungan debit sungai pada wilayah kajian.....	42
Tabel 8 Data hasil pengukuran laju infiltrasi titik 1	44
Tabel 9 Hasil pengolahan data infiltrasi titik 1	45
Tabel 10 Curah Hujan Tahunan Maksimum	47
Tabel 11 Hasil perhitungan koefisien Ck, Cs, dan Cv	47
Tabel 12 Hasil Analisis Distribusi Curah Hujan Metode Gumbel.....	48
Tabel 13 Intensitas Hujan	49
Tabel 14 Hasil perhitungan koefisien limpasan kumulatif (Cr)	51
Tabel 15 Debit dan Volume Limpasan	51
Tabel 16 Bentuk Penampang Saluran Drainase.....	54
Tabel 17 Hasil perhitungan dimensi kolam retensi	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Peta citra kegiatan pembangunan area pengembangan.....	5
Gambar 2 Peta batas desa kegiatan pembangunan area pengembangan.....	5
Gambar 3 Master plan kegiatan pembangunan area pengembangan	6
Gambar 4 Kondisi lahan pada lokasi perencanaan.....	7
Gambar 5 Topografi wilayah pengembangan.....	8
Gambar 6 Kelerengan lahan wilayah kajian	9
Gambar 7 Peta kontur wilayah kajian.....	9
Gambar 8. Kondisi Sungai Cikarang.....	10
Gambar 9 Peta Geologi Wilayah Pengembangan.....	18
Gambar 10 Jenis - Jenis Longsor	21
Gambar 11 Zona Akuifer	25
Gambar 12 Peta hidrogeologi permukaan	27
Gambar 13 Peta hidrogeologi dalam	28
Gambar 14 Gambaran kondisi akuifer.....	29
Gambar 15 Gambaran umum jejaring aliran	30
Gambar 16 Pola jejaring aliran (<i>flownet</i>) lokasi kajian	31
Gambar 17 Kondisi sungai cikarang.....	39
Gambar 18 Penampang melintang Sungai Cikarang.....	40

Gambar 19 Gambar tipikal dinding penahan tanah	41
Gambar 20 Pengukuran kecepatan aliran sungai	41
Gambar 21 Pengukuran laju infiltrasi (a) titik 1 (b) titik 2	43
Gambar 22 Grafik laju infiltrasi titik 1	46
Gambar 23 Grafik laju infiltrasi titik 2	46
Gambar 24 Curah Hujan Rancangan Metode Gumbel	48
Gambar 25 Grafik Intensitas Hujan (mm/jam)	49
Gambar 26 Blok plan pembagian DTA	50
Gambar 27 Bentuk Penampang Saluran Drainase	53
Gambar 28 Penampang melintang drainase primer pada masing-masing DTA	55
Gambar 29 Penampang melintang drainase sekunder pada masing-masing DTA	55
Gambar 30 Contoh Detail Penampang Drainase Lingkungan Bentuk Segi Empat	55
Gambar 31 Kolam retensi tipe di samping badan sungai	57
Gambar 32 Kolam retensi tipe di dalam badan sungai	57
Gambar 33 Kolam retensi tipe storage memanjang	57
Gambar 34 Rencana kolam retensi DTA 1	58
Gambar 35 Rencana kolam retensi DTA 2	59
Gambar 36 Skema pengaliran drainase	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta topografi wilayah pengembangan	69
Lampiran 2 Peta kelerenghan lahan wilayah kajian	70
Lampiran 3 Peta kontur wilayah kajian	71
Lampiran 4 Peta Geologi Wilayah Kajian	72
Lampiran 5 Peta Hidrogeologi Permukaan	73
Lampiran 6 Peta Hidrogeologi Dalam	74
Lampiran 7 Peta Penampang Sungai	75
Lampiran 8 Pola Jejaring Aliran (Flownet) 2D	76
Lampiran 9 Peta Muka Air Normal	77
Lampiran 10 Peta Simulasi Muka Air Banjir 1 Meter	78
Lampiran 11 Peta Simulasi Muka Air Baniir 2 Meter	79
Lampiran 12 Peta Muka Air Banjir 3 Meter	80
Lampiran 13 Peta Simulasi Air Banjir 2 Meter	81
Lampiran 14 Peta Simulasi Air Banjir 5 Meter	82
Lampiran 15 Peta Simulasi Air Banjir 6 Meter	83

BAB I. PENDAHULUAN

Laju pertumbuhan penduduk dan perekonomian yang cepat di Kabupaten Bogor memicu tuntutan peningkatan pembangunan di berbagai bidang, salah satunya di bidang Area Kawasan Peruntukan Industri, Kawasan Permukiman Perkotaan, dan Badan Air. Seiring dengan meningkatnya aktivitas distribusi dan logistik, dibutuhkan Area Kawasan Peruntukan Industri, Kawasan Permukiman Perkotaan, dan Badan Air yang tertata, aman dan sesuai dengan standar infrastruktur guna mendukung efisiensi sistem transportasi dan penyimpanan barang. Pembangunan ini harus diselaraskan dengan ketentuan yang berlaku yaitu PERDA No. 11 Tahun 2016 Tentang Rencana Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Bogor.

Pembangunan berwawasan lingkungan sangatlah penting dilakukan, Pembangunan Kawasan Peruntukan Industri, Kawasan Permukiman Perkotaan, dan Badan Air diperkirakan sebesar 26,8946 Ha berupa lahan perkebunan. Pembangunan Kawasan Peruntukan Industri, Kawasan Permukiman Perkotaan, dan Badan Air pada Kecamatan Cileungsi dilakukan oleh .

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 sumberdaya 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 tataguna lahan pada suatu daerah tangkapan air akan sangat mempengaruhi aspek hidrologi. Perubahan karakteristik hidrologi akibat perubahan tataguna 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 Kawasan Peruntukan Industri, Kawasan Permukiman Perkotaan, dan Badan Air.
2. Upaya-upaya konservasi apa yang harus dilakukan agar kelestarian lingkungan tetap terpelihara apabila perubahan tataguna lahan.

1.2. Maksud dan Tujuan

Maksud dari kegiatan Kajian Hidrologi terhadap Perubahan Penggunaan Lahan terbuka menjadi Kawasan Peruntukan Industri, Kawasan Permukiman Perkotaan, dan Badan Air adalah sebagai:

- a. Acuan bagi pihak-pihak yang terkait dalam mendukung master plan dan rencana ruang di Kawasan Peruntukan Industri, Kawasan Permukiman Perkotaan, dan Badan Air yang akan dibangun oleh
- b. Memberikan masukan dalam penyusunan program yang perlu dilaksanakan dalam rangka mengembalikan siklus hidrologi pada areal perubahan tataguna lahan pertanian menjadi Kawasan Peruntukan Industri, Kawasan Permukiman Perkotaan, dan Badan Air.
- 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 tataguna 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 tataguna lahan yang meliputi: Penataan *Drainase* dan Bangunan Air.

1.3.Manfaat

Manfaat dari kegiatan Kajian Hidrologi terhadap Perubahan Penggunaan Lahan Hijau menjadi Kawasan Peruntukan Industri, Kawasan Permukiman Perkotaan, dan Badan Air adalah tersusunnya dokumen pengendalian sumberdaya air dan lingkungan hidup di wilayah lahan hijau pada Kawasan Peruntukan Industri, Kawasan Permukiman Perkotaan, dan Badan Air yang akan dibangun oleh

BAB II. GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN

2.1. Master Plan

Gambaran umum wilayah pembangunan saat ini berupa lahan terbuka yang sudah memiliki akses jalan. Jenis tanaman yang paling banyak ditemui adalah padi, rerumputan dan tanaman liar. Akses jalan untuk menuju wilayah kajian berupa jalan desa dengan rata-rata lebar 5 m berupa jalan beton. Wilayah kajian dilewati oleh sungai Cikarang. Rencana kawasan pembangunan merupakan kawasan yang didominasi lahan curam berupa lereng di dekat badan air sehingga diperlukan *cut and fill* untuk menyamakan elevasi.

Pemarakarsa berencana melakukan pembangunan Kawasan Peruntukan Industri, Kawasan Permukiman Perkotaan, dan Badan Air pada area seluas 26,8946 Ha. Rencana pengembangannya adalah sebagai berikut: wilayah studi yang digunakan sebagai wilayah kajian merupakan wilayah sudah terbangun pondasi bangunan dan tanah yang sudah dipadatkan. Masterplan yang direncanakan dalam proses pemetaan dasar untuk penentuan presentase kavling efektif, kavling komersil, sarana, serta prasarana & utilitas. Perencanaan pembangunan oleh dengan perencanaan pengembangan area Industri sebesar 26,8946 Ha. Luas Koefisien Dasar Bangunan perencanaan sebesar 60 %

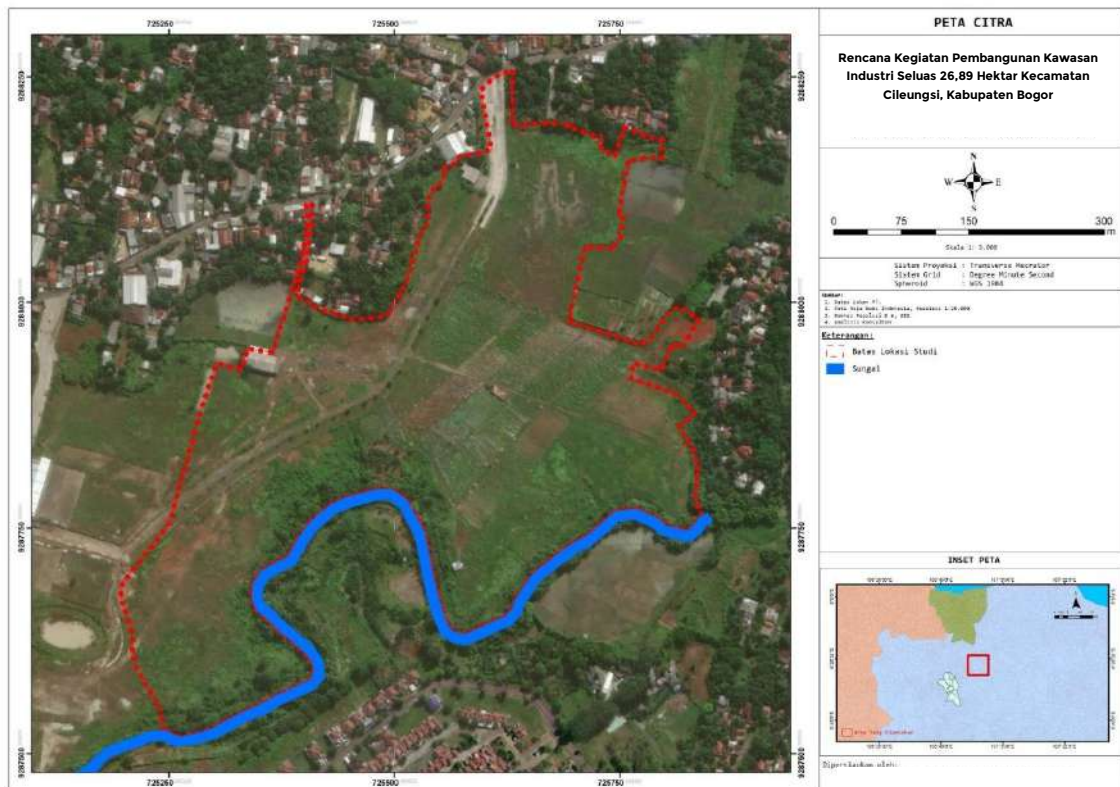
2.2. Lokasi Proyek

Kecamatan Cileungsi terletak antara 6°23'17"S - 6°24'24"S LS dan 106°57'04"E - 107°58'43" BT. disajikan pada Gambar 1. Secara administratif Kecamatan Cileungsi terdiri dari 12 Kelurahan atau desa, yaitu : Dayeuh, Mampir, Situsari, Cipeuncang, Jatisari, Gandoan, Mekarsari, Cileungsi Kidul, Cileungsi, Limusnunggal, Pasir Angin, Cipenjo. Luas area proyek 26,8946 Ha yang terletak di Kecamatan Cileungsi, Kabupaten Bogor sebagai zona pemukiman dengan kepadatan tinggi dan rawan banjir.

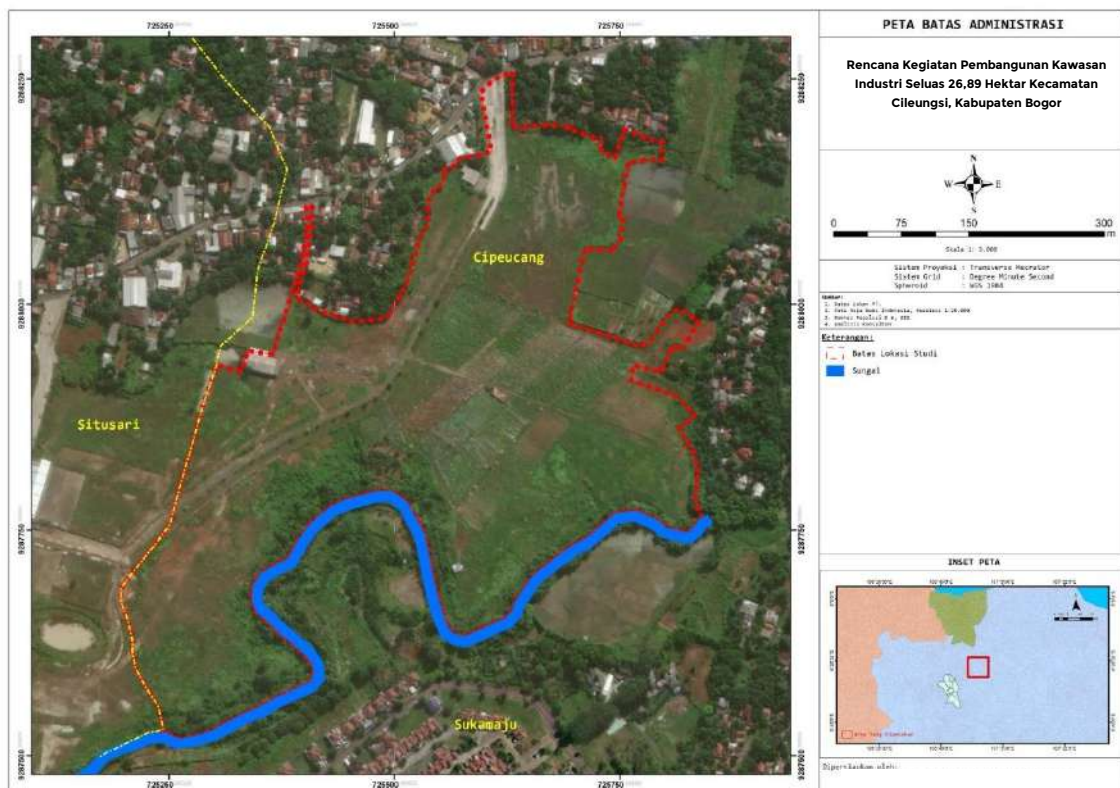
Master plan proyek ditunjukkan pada Gambar 3. Lokasi proyek Kawasan Peruntukan Industri, Kawasan Permukiman Perkotaan, dan Badan Air. Secara umum gambaran lokasi proyek berada pada batas sebagai berikut:

Sebelah Utara	:	Jl. Raya Cileungsi
Sebelah Selatan	:	Kecamatan Jonggol
Sebelah Barat	:	Permukiman Warga;
Sebelah Timur	:	Permukiman Warga, Tanah warga berupa lahan persawahan.

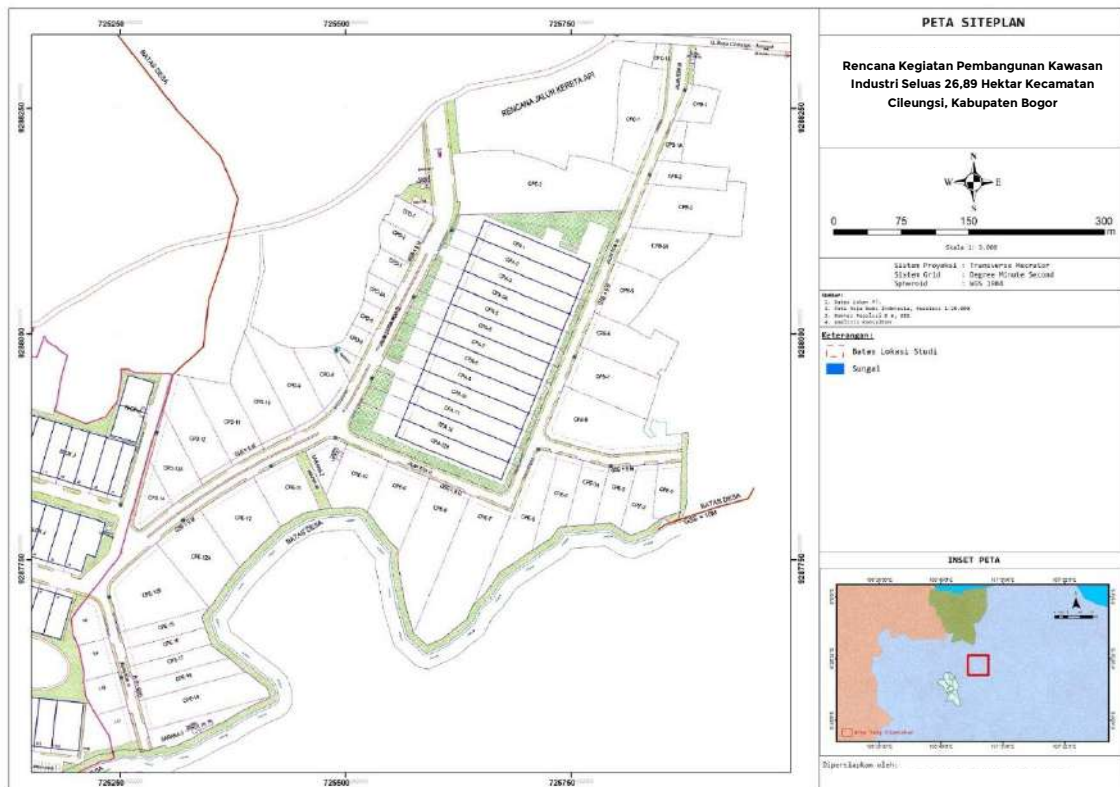
KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 26,8946 HA



Gambar 1 Peta citra kegiatan pembangunan area pengembangan



Gambar 2 Peta batas desa kegiatan pembangunan area pengembangan



Gambar 3 Master plan kegiatan pembangunan area pengembangan

2.3. Iklim

Kecamatan Cileungsi memiliki rata-rata curah hujan selama satu tahun adalah 154.3 mm dengan curah hujan maksimum bulanan adalah 338 mm pada bulan November dengan jumlah hari hujan 18 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 19⁰ C sampai 28⁰ 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 relative bergelombang. Penutupan lahan saat ini berupa lahan terbuka hijau dengan adanya vegetasi permukaan. Akses jalan menuju wilayah kajian berupa jalan desa dengan rata-rata lebar 5 m, sedangkan pada wilayah kajian terdapat jalan untuk pengunjung yaitu dominan jalan beton dengan lebar rata-rata 3 m. Pada wilayah eksisting dilalui oleh sungai Cikarang. Pemrakarsa akan melakukan pengembangan lahan sebesar 26,8946 Ha yang diperuntukkan sebagai Kawasan Peruntukan Industri, Kawasan Permukiman Perkotaan, dan Badan Air. Akses menuju wilayah terdapat jalan dengan lebar rata-rata 5 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 sudah dilakukan pengurugan yang disekelilingnya dibatasi oleh tanaman liar dan akan dilakukan pembangunan *master plan* perumahan.

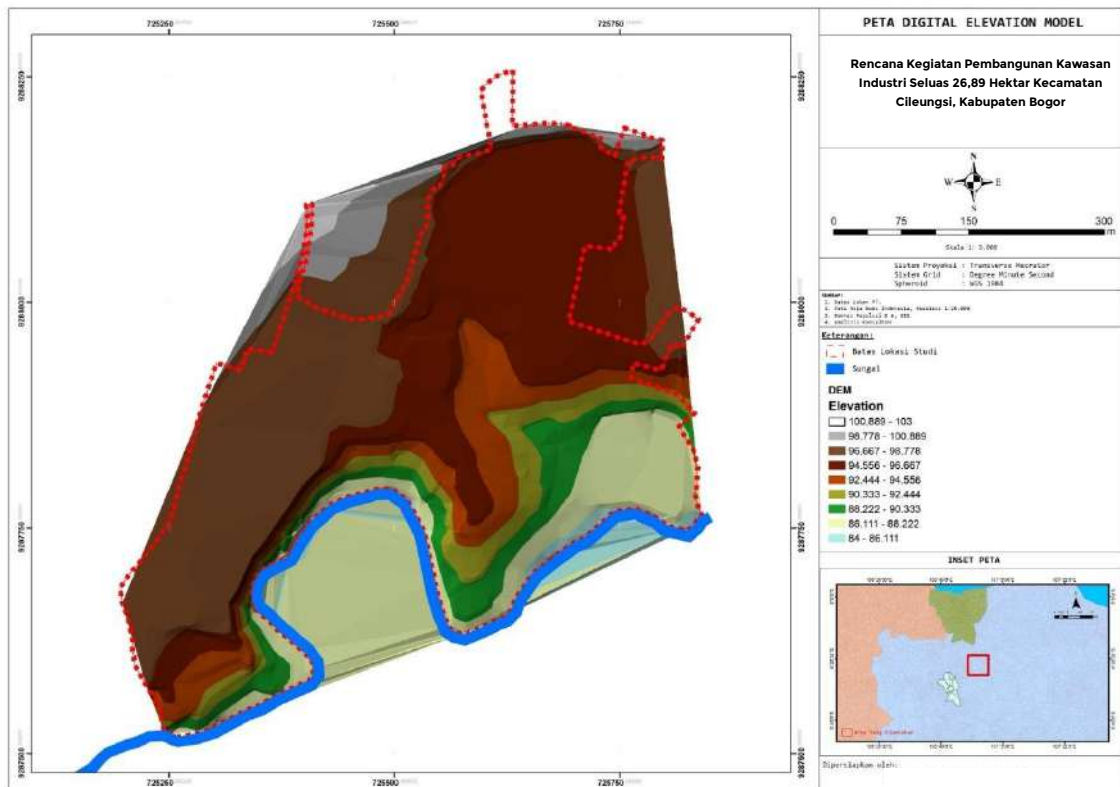


Gambar 4 Kondisi lahan pada lokasi perencanaan

Pada wilayah eksisting terdapat aliran Sungai yang melintas yaitu Sungai Cikarang. Sungai Cikarang memiliki lebar hampir seragam yaitu berkisar 7,25 – 16,73 meter dengan kedalaman muka air normal berkisar antara 0,52 – 0,62 meter. Karakteristik lahan kajian memiliki jenis tanah yang paling dominan adalah lempung berpasir dengan tuf halus berlapis. Gambar penutupan lahan tersaji pada Gambar 4. Kondisi penutupan lahan eksisting yang merupakan lahan terbuka merupakan daerah resapan air yang baik. Kondisi lahan *eksisting* sudah adanya kegiatan *cut and fill* untuk meratakan *elevasi*, tetapi mempunyai akses jalan utama untuk persiapan proses pembangunan. Kondisi *eksisting* belum adanya pembangunan Kawasan Peruntukan Industri, Kawasan Permukiman Perkotaan, dan Badan Air hanya terdapat jalan akses yang diperkirakan untuk mempermudah mobilisasi material.

2.5. Topografi dan Kemiringan Lahan (*Slope*)

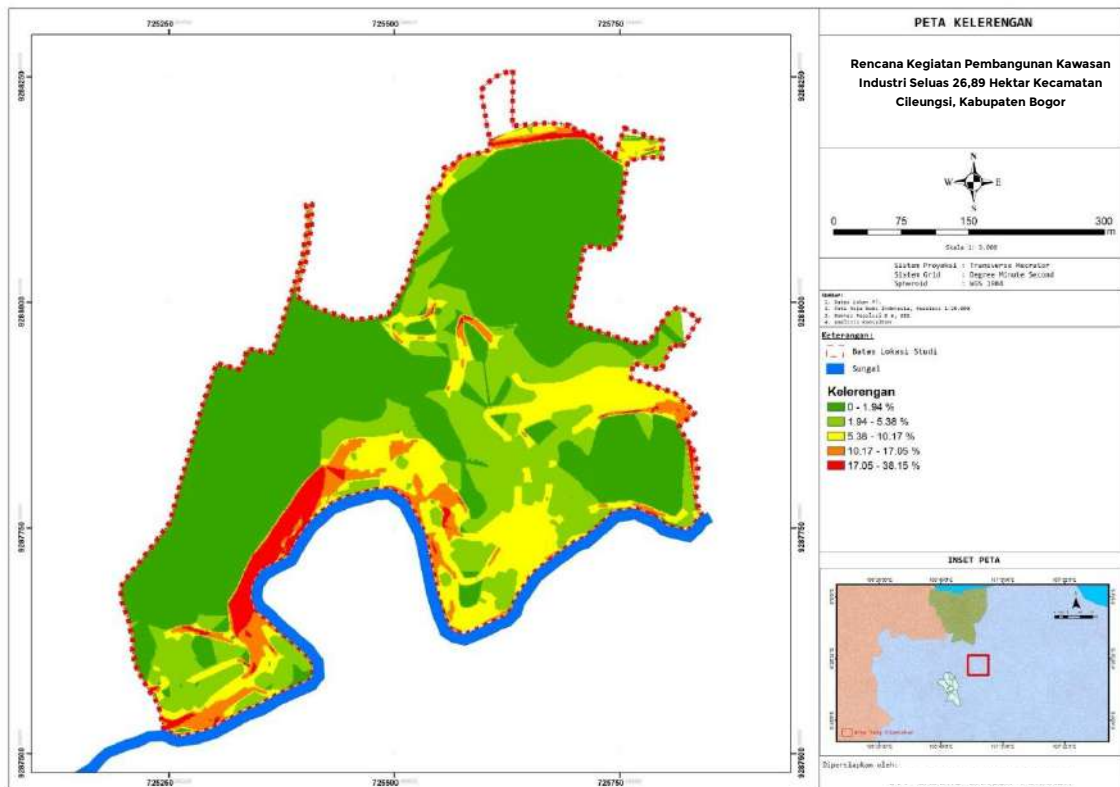
Kecamatan Cileungsi terletak di antara 6°23'17"S - 6°24'24"S LS dan 106°57'04"E - 107°58'43" BT. Topografi Kecamatan Cileungsi terdiri dari wilayah relatif datar dengan pemanfaatan sebagai lahan pertanian seperti pada Gambar 7. Ketinggian lokasi kajian bervariasi mulai dari *elevasi* terendah pada elv. 94 meter dan elv tertinggi pada elv. 100 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 5. Modifikasi *slope* perlu dilakukan dengan *cut and fill* maupun dengan cara mendatangkan tanah urugan.



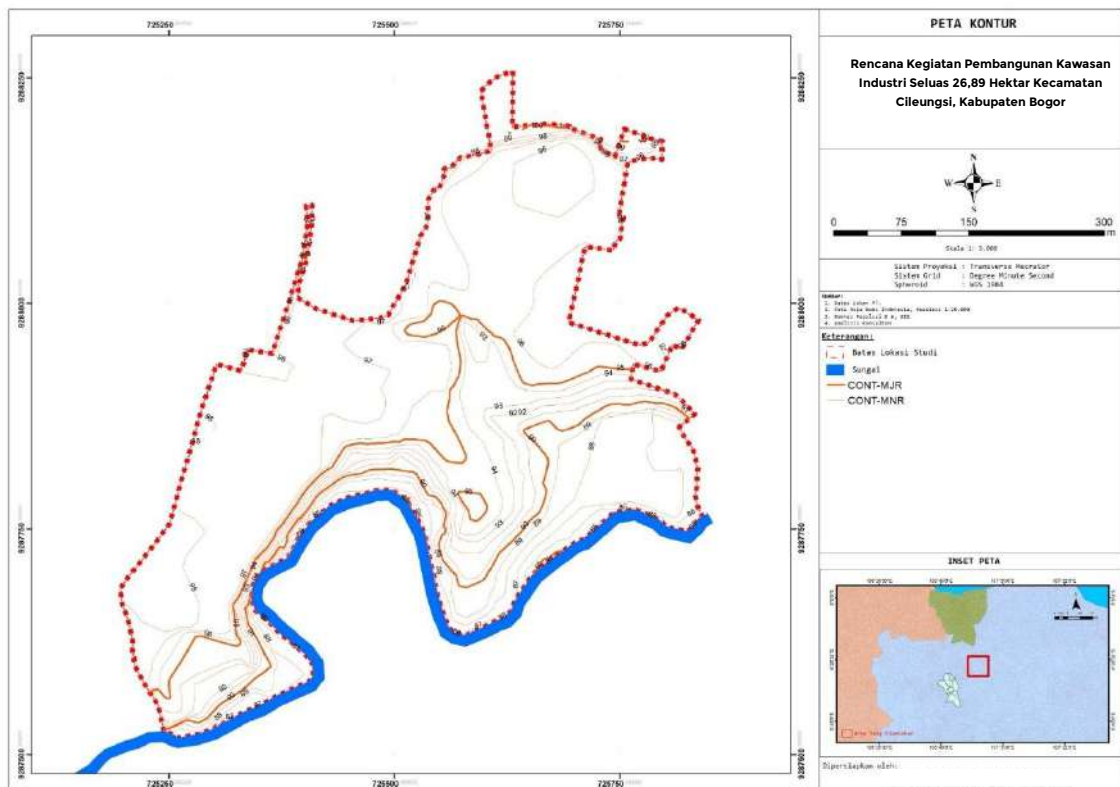
Gambar 5 Topografi wilayah pengembangan

Lokasi kajian memiliki kelas kelerengan yang terbagi atas 4 kelas lereng yaitu Topografi Kecamatan Babakan Madang bervariasi dari berombak hingga berbukit. Wilayah ini memiliki kelas kemiringan lereng yang datar hingga landai (slope 0-1,92%), agak miring (slope 1,92-3,54%), kemiringan agak curam (slope 3,54-5,75%) serta curam (slope 5,75-14,82%). 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 Peruntukan Industri, Kawasan Permukiman Perkotaan, dan Badan Air. 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 6.

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 26,8946 HA



Gambar 6 Kelerenghan lahan wilayah kajian



Gambar 7 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 Cikarang dengan debit dipengaruhi oleh kondisi iklim. Kondisi hidrologi air tanah didapatkan keterdapatan air tanah berada pada kisaran 12 - 15 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 *vertikallitologi 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 8. Kondisi Sungai Cikarang

Kondisi eksisting menunjukkan adanya sungai yang melintas, sungai melintas adalah sungai Cikarang yang membentang di Selatan pada wilayah kajian. Sungai besar terdekat dengan proyek adalah sungai Cikarang yang bermuara ke Sungai Cikarang Bekasi Laut (CBL).

Sungai-sungai yang berada di Kecamatan Cileungsi posisinya membentang, mengalir dari daerah barat daya ke timur laut dan terdapat sebanyak 1 (satu) Daerah Aliran Sungai (DAS) yaitu DAS Cikarang. Sungai-sungai pada DAS tersebut mempunyai peranan yang sangat penting dan strategis sebagai sumber air. Pada wilayah studi merupakan wilayah yang terdapat aliran Sungai Cikarang yang memiliki lebar hampir seragam yaitu berkisar 9,85 – 16,73 meter dan kedalaman muka air normal berkisar 0,52 – 0,62 meter seperti pada Gambar 8.

2.7. Tanah

Kabupaten Bogor khususnya Kecamatan Cileungsi memiliki jenis tanah Latosol dan Aluvial coklat. 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. Disamping itu, tanah aluvial di dalam lokasi kegiatan memiliki ciri tekstur halus sampai sedang, kelas *infiltrasi* sedang, *erodibilitas* tanah rendah, dan drainase pengaliran agak terhambat sampai sedang.

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. Berdasarkan Peta Tanah tersebut, pada Kecamatan Cijayanti sebagian jenis tanah yang ditemukan adalah tanah Latosol, menurut klasifikasi tanah termasuk dalam *order Inceptisol*. Kompleks Latosol merah kekuningan, Latosol coklat, Podzolik sebesar 7799 ha atau 84.49 % dari luas kecamatan. Sisanya yaitu Asosiasi Latosol merah, Latosol coklat kemerahan 1.31% dan Latosol merah 14,20%.

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 Cikarang).

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 becek, 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 barattimur 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.

- 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. Leweungkolotkalong dan Pr. Tumpang. Umumnya satuan ini bertindak sebagai nir-akuifer.
- g. Anggota Lempung dan Batu Pasir Bojong lopang, berumur Miosen bawah terdiri dari selang-seling lempung pasir, 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 pasir 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, Bantargadung, 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. Lemah deudeur 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 Pelabuhanratu 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 nir-akuifer.
- 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 (Sudjatkiko, 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 (Sudjatkiko, 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 kuartir tua, terdiri dari breksi, aliran larva bersusunan andesit sampai basal dan tufabatu 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 Permukaan

- 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 *Pleistosen* 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

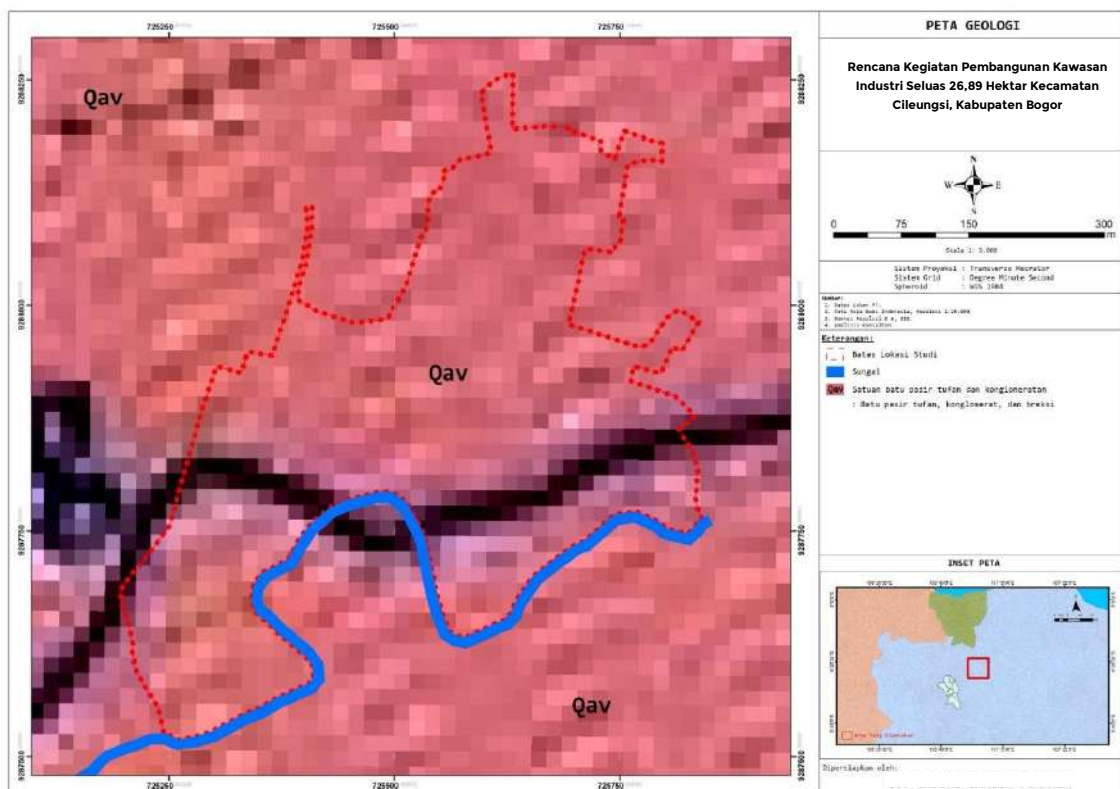
(Holosen). Penyebarannya terbatas di sebelah barat daya lembar peta, yakni di sepanjang pantai Pelabuhan Ratu. Endapan lepas ini mempunyai harga kelulusan relatif tinggi dan dapat diharapkan sebagai lapisan pengantar air (akuifer).

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 didaerah wilayah kajian terdiri dari:

- a. Formasi Jatiluhur (Tmj) yang diisi oleh napal dan serpih lempungan, dan sisipan batupasir kuarsa bertambah pasir ke arah timur. Bagian atas formasi ini menjemari dengan Formasi Klapanunggal dan berumus Miosen Awal.

Kawasan lokasi kajian secara keseluruhan baik secara vertikal maupun lateral, memiliki satuan batuan yang menyusun daerah ini antara lain adalah Formasi Jatiluhur. Gambaran kondisi geologi kawasan lokasi kajian dapat dilihat Gambar 9.



Gambar 9 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 bergeraknya massa tanah dan batuan ke tempat yang lebih rendah. Gaya yang menahan 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 mengalihfungsikan 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 Cikarang). 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.

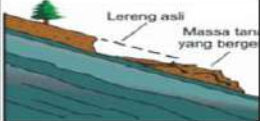
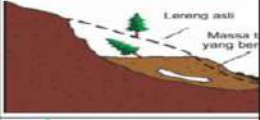
Tata guna lahan didominasi oleh tanah perkebunan warga. Pada sekitar wilayah pengembangan terdapat Sungai Cikarang yang berfluktuatif berdasarkan kondisi iklim. Kenaikan muka air banjir dari Sungai Cikarang berkisar antara 5,02 – 5,89 meter dari muka air sungai normal sehingga lokasi tersebut tidak memiliki 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 longsor translasi, longsor rotasi, pergerakan blok, runtuh batu, rayapan tanah, dan aliran bahan rombakan seperti tersaji pada Gambar 10 berikut.

Jenis Longsor	Sketsa	Keterangan
Longsor Translasi		Longsor translasi adalah bergesernya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai.
Longsor Rotasi		Longsor rotasi adalah bergesernya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung.
Pergerakan Blok		Pergerakan blok adalah bergesernya 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 10 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 sifatsifat 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 lautataupun 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 kadang-kadang 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 hidrolik (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 (semiimpermeable layer) adalah suatu lapisan-lapisan, formasi, atau kelompok formasi satuan geologi yang permeabel dengan nilai konduktivitas hidrolik 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 hidrolik 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 hidrolik konduktivitasnya jauh lebih kecil dibanding hidrolik 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 hidrolik lebih kecil daripada

konduktivitas hidrolik dari akuifer. Akuifer ini juga mempunyai muka air tanah yang terletak pada lapisan pembatas tersebut. *Artesian aquifer* merupakan *confined aquifer* dimana ketinggian hidroliknya (*potensiometric surface*) lebih tinggi dari pada 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 hidrolik 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).

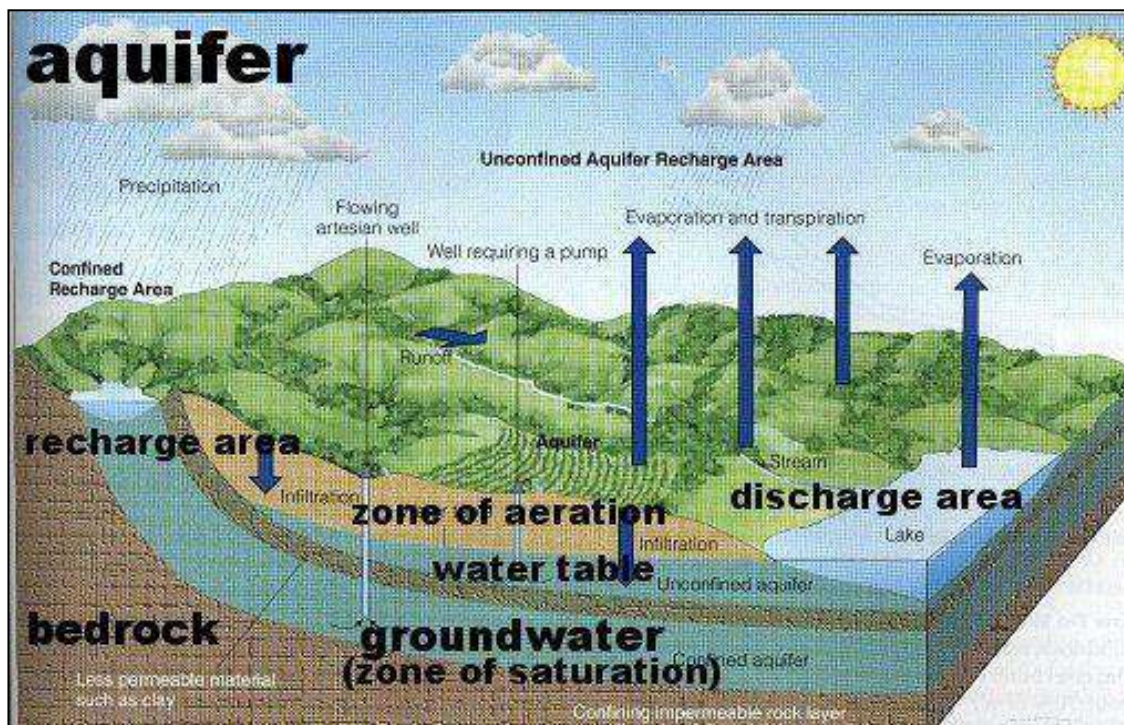
Air konat adalah air yang dijebak pada beberapa batuan sedimen atau gunung pada asal mulanya. Air tersebut biasanya sangat termineralisasi dan mempunyai salinitas yang lebih tinggi daripada air laut. Untuk lebih memahami proses terbentuknya air tanah, pertama kali harus diketahui tentang gaya-gaya yang 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 11.



Sumber : Todd, 1995

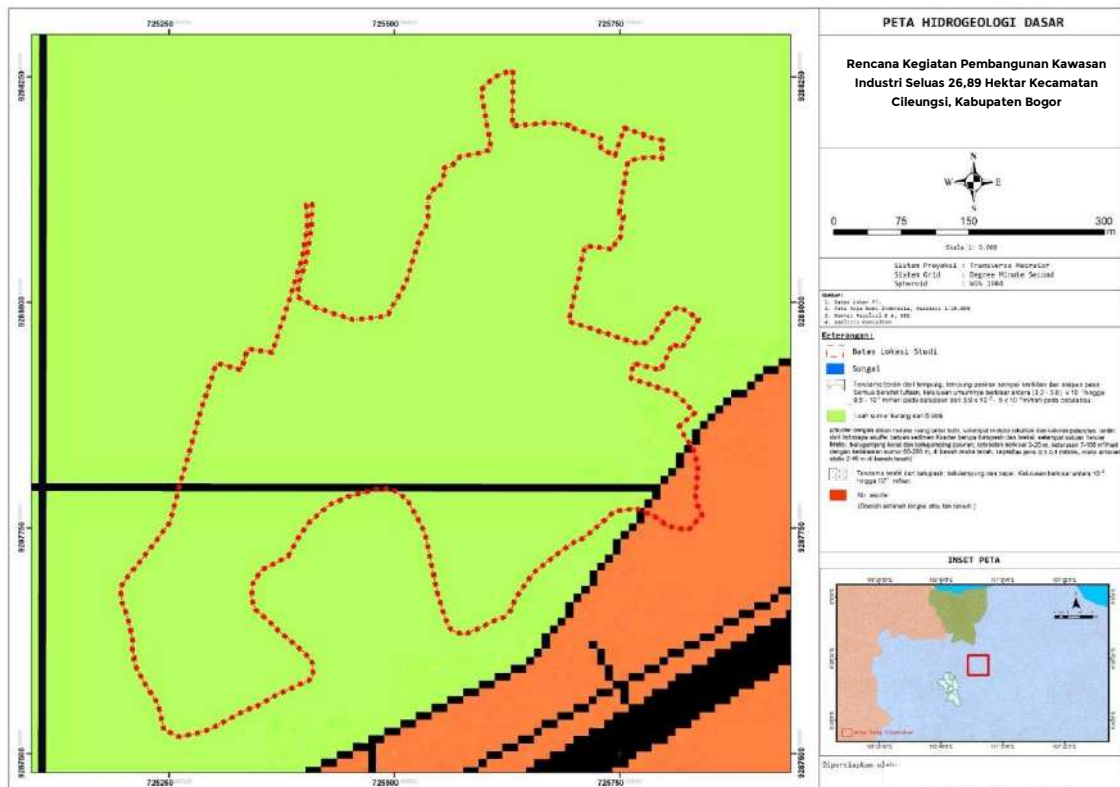
Gambar 11 Zona Akuifer

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

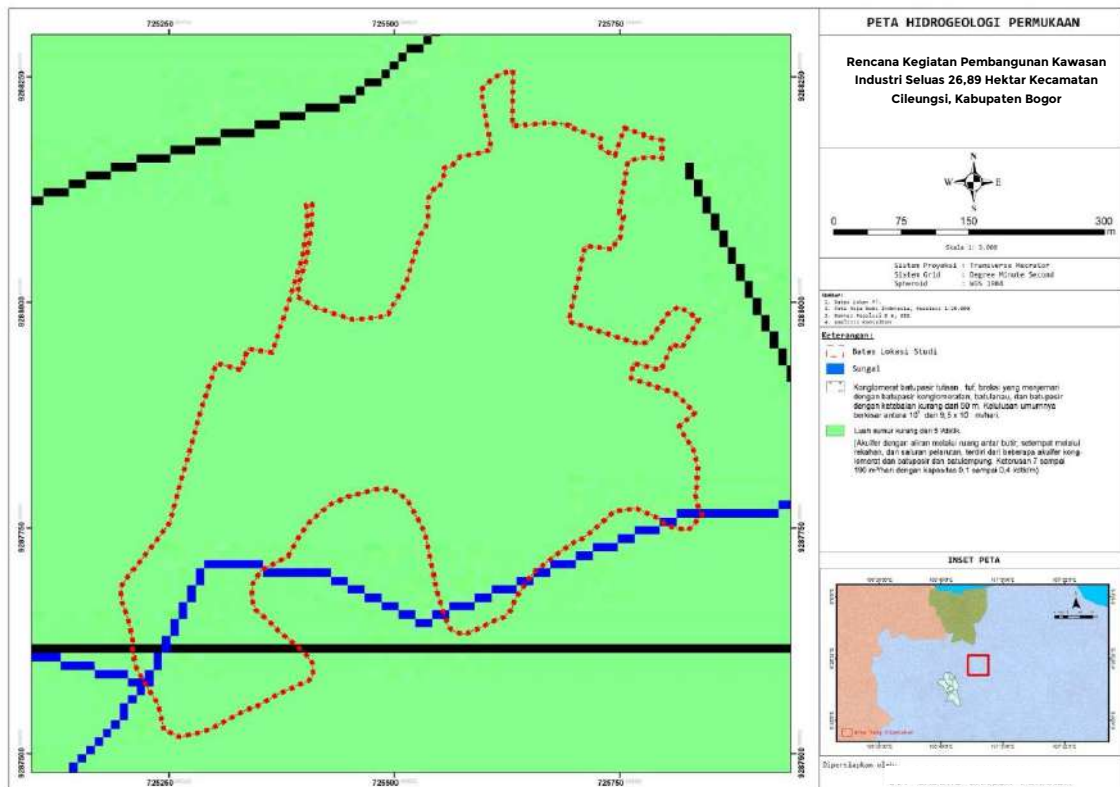
Kondisi hidrogeologi merupakan kondisi keterdapatan air pada tanah. Padalokasi pengembangan ditunjukkan oleh adanya peta hidrogeologi pengembangan. Berdasarkan peta hidrogeologi permukaan, komposisi litologi batuan dan kelulusannya : terutama terdiri dari lempung pasir halus dengan kelulusan yang beragam dari 10 sampai 3 m/hari.

Luas sumur kurang dari 5 l/detik. Akuifer dengan aliran melalui ruang antar butir melalui ruang antar butir, umumnya melampar di daerah perbukitan dan setempat di daerah dataran, umumnya dimanfaatkan melalui sumur gali dengan diameter 1 m. Terdiri dari beberapa lapisan akuifer, yakni pasir lempungan dan lempung pasiran dengan ketebalan total antara 3 - 20 m. keterusan antara 7-100 m²/hari (*Metoda Theis Recovery*), antara 7-100 m²/hari (*Metoda Papadopulus*). Kapasitas jenis antara 0,1-0,4 m/hari. Muka Air Setempat dalam kisaran 2 - 45 m bmt.



Gambar 12 Peta hidrogeologi permukaan

Berdasarkan peta hidrogeologi dalam, komposisi litologi batuan dan kelulusannya: terutama terdiri dari batu lempung, napal dengan sisian batu pasir, tufa dan batu gamping. Kelulusannya antara 10^1 dan $9,5 \times 10$ m/hari. Luas sumur pada lokasi kajian ini berupa nir akuifer atau yang berarti daerah air tanah langka atau tak berarti.



Gambar 13 Peta hidrogeologi dalam

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 :

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

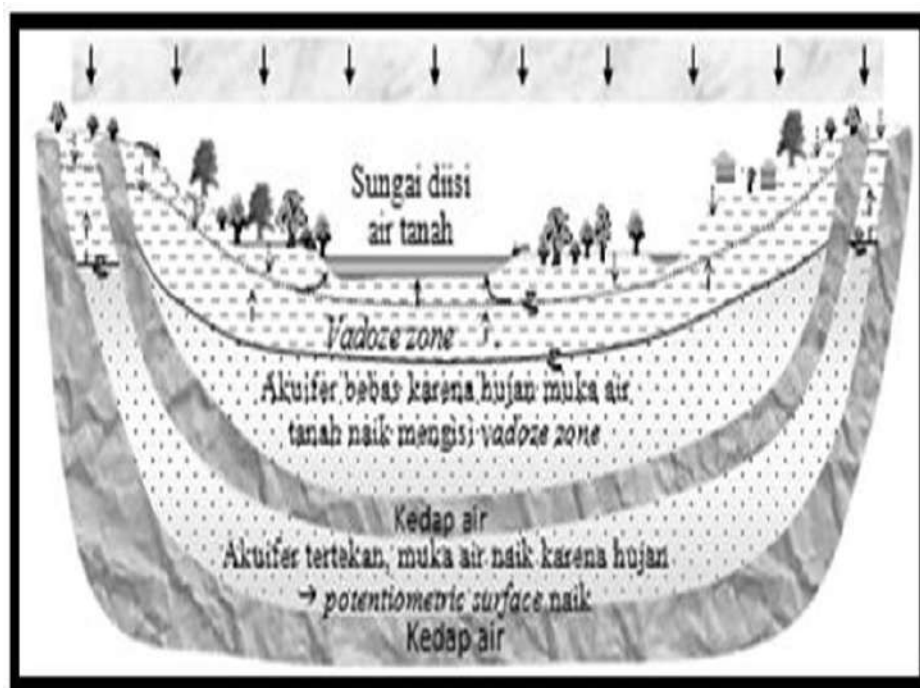
Cekungan Air Tanah ini tersebar diseluruh wilayah Indonesia dengan total besarnya potensi masing-masing Cekungan Air Tanah adalah:

- Cekungan Air Tanah Bebas: Potensi 1.165.971 juta m^3 /tahun
- Cekungan Air Tanah Tertekan: Potensi 35.325 juta m^3 /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 14.

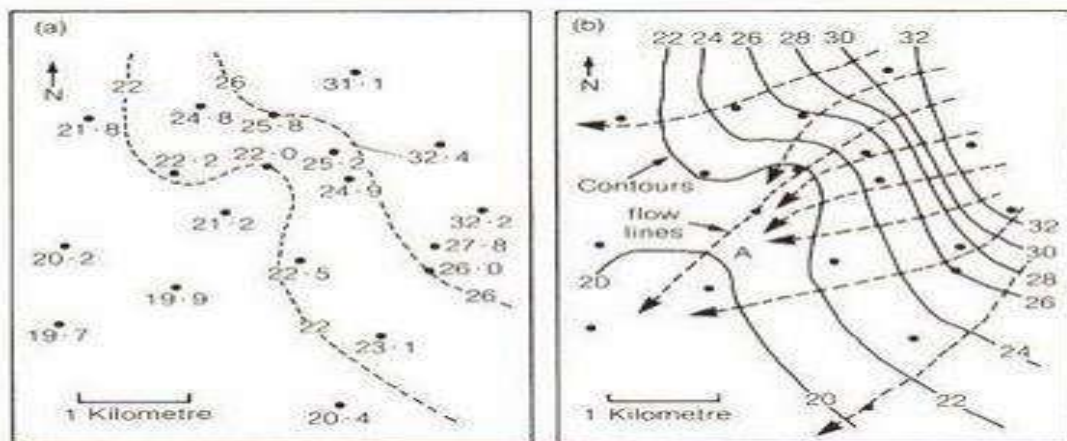


Gambar 14 Gambaran kondisi akuifer

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 15.

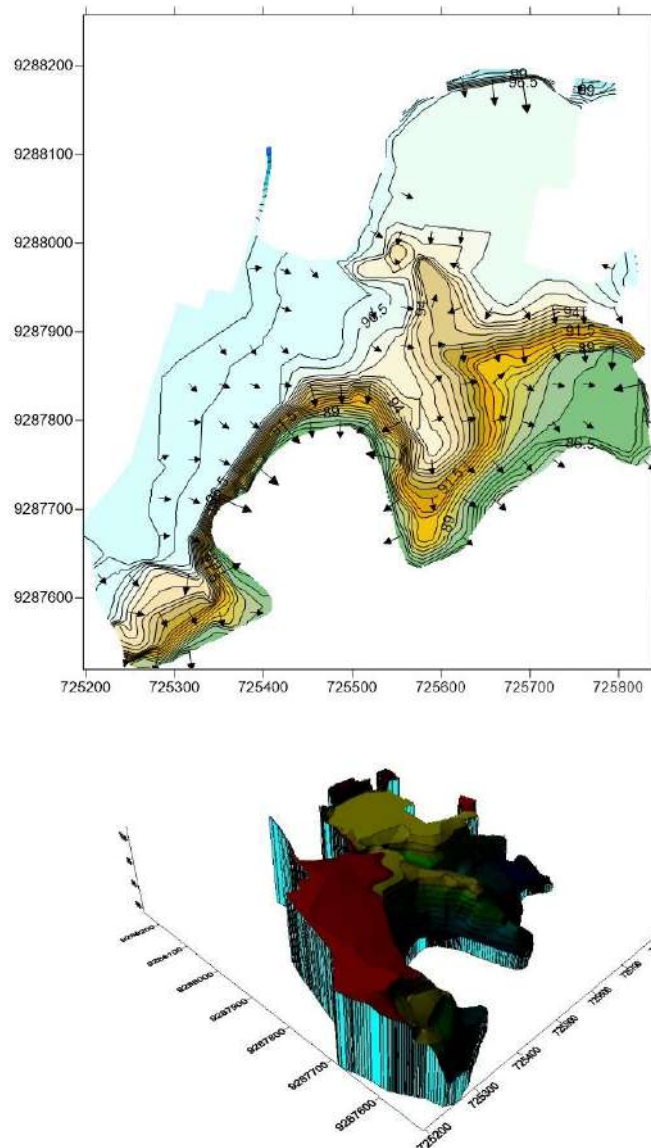


Gambar 15 Gambaran umum jejaring aliran

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 akuifer 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 ekipotensial dinamakan *jaringan aliran (flow net)*. Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa jaringan aliran dibuat untuk menghitung aliran air tanah tersaji pada Gambar 16.



Gambar 16 Pola jejaringg aliran (*flownet*) lokasi kajian

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

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

$$X_{Tr} = \underline{X} + K. Sd \quad (2)$$

Distribusi Log Normal

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

Distribusi Log Pearson III

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

Distribusi Normal

$$X_{Tr} = \underline{X} + K. Sd \quad (5)$$

X_{Tr} 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).

$$C_s = \frac{\frac{1}{n} \sum (X_i - \bar{X})^3}{\left(\frac{1}{n} \sum (X_i - \bar{X})^2 \right)^{3/2}} \left(\frac{n^2}{(n-1)(n-2)} \right) \quad (6)$$

$$C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum (X_i - \bar{X})^4}{\left(\frac{1}{n} \sum (X_i - \bar{X})^2 \right)^2} \left(\frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)} \right) \quad (7)$$

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).

$$Q = 0,278 C I A \quad (8)$$

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
Perkerasan	
Aspal dan beton	0,75 – 0,95
Batu bata, paving	0,50 – 0,70
Area bisnis	
Perkotaan	0,75 – 0,95
Pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan	
Rumah tinggal	0,30 – 0,50
Rumah multi unit, terpisah	0,40 – 0,60
Rumah multi unit, tergabung	0,60 – 0,75
Halaman, tanah berpasir	
Datar, 2%	0,05 – 0,10
Rata-rata, 2 – 7%	0,10 – 0,15
Halaman, tanah berat	
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).

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 (m³/detik), v sebagai nilai kecepatan aliran (m²/detik), n sebagai nilai kekasaran manning, S yaitu kemiringan dasar saluran, R merupakan jari jari hidrolis (m), dan A sebagai luas penampang basah (m²). 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 LAHAN 26,8946 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 pasangan 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^3/det)	Tinggi jagaan pasangan batu (m)	Tinggi jagaan saluran dari tanah (m)
$Q < 0,50$	0,20	0,40
$0,50 < Q \leq 1,50$	0,20	0,50
$1,50 < Q \leq 5,00$	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	$B + 2h$	$B + 2h\sqrt{1 + m^2}$
Jari-jari hidrolis (R)	m	$B. h / b h$	$(B + m.h)h / B + 2h\sqrt{1 + m^2}$
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. 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 run off* 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 run off* 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

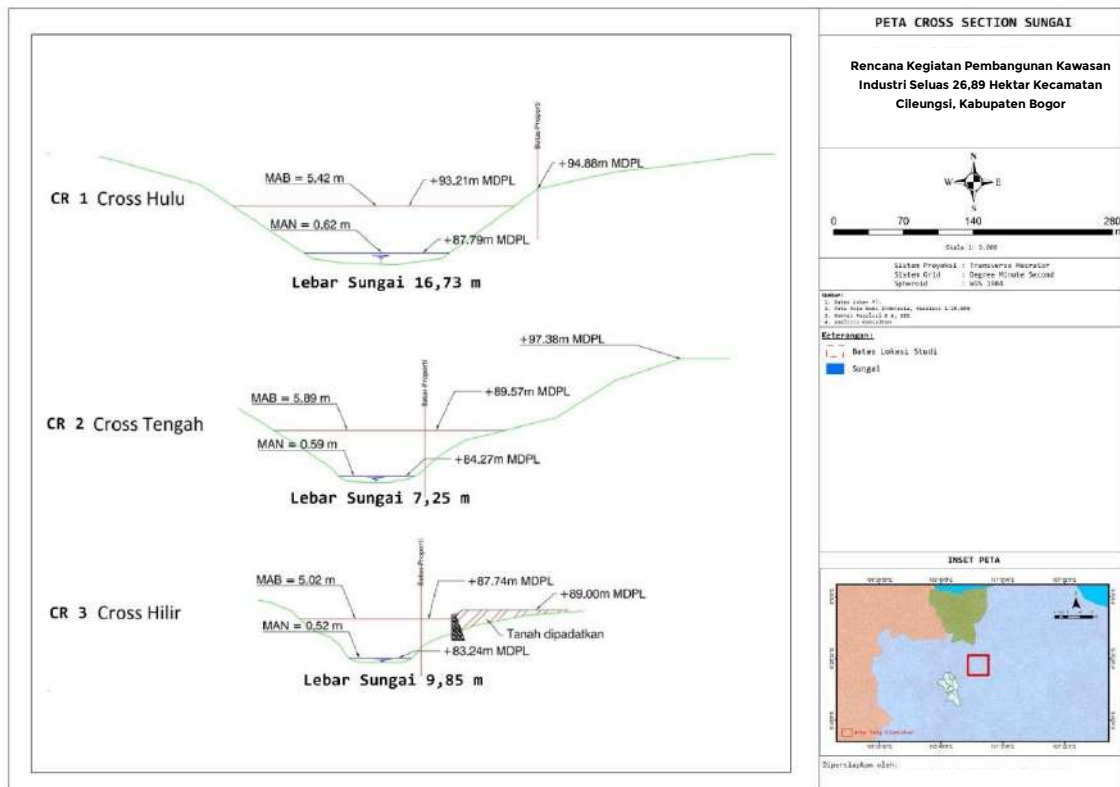
Pada kondisi eksisting terdapat sungai yang melintas. Jarak lokasi dengan Sungai utama (Sungai Cikarang) paling dekat sebesar 20 meter. Sungai Cikarang memiliki lebar berkisar 7,62 – 16,73 m dan kedalaman muka air normal berkisar 0,52 – 0,62 m. Kenaikan muka air banjir pada Sungai Cikarang di lokasi kajian berkisar antara 5,02 – 5,89 meter. Sehingga tidak ditemukan potensi banjir pada lokasi kajian. Dokumentasi sungai pada kondisi eksisting tersaji pada Gambar 18.



Gambar 17 Kondisi sungai cikarang

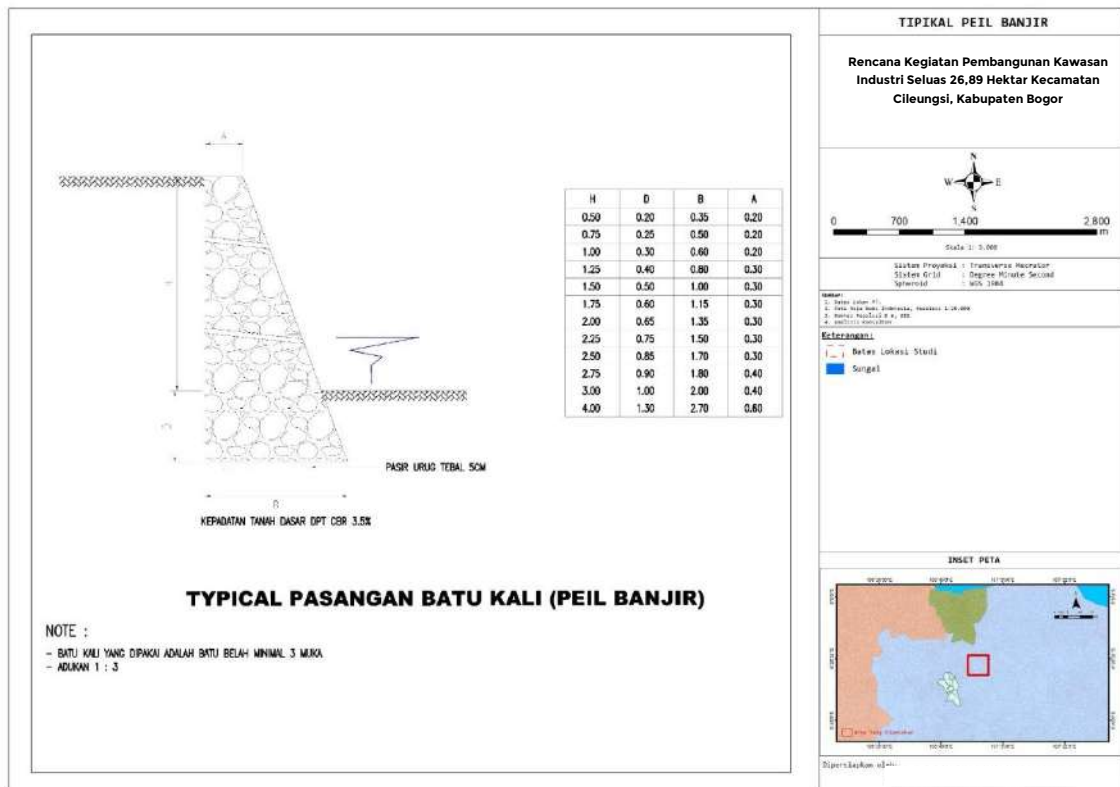
4.2. Profil Sungai dan Saluran

Kawasan pengembangan Kawasan Peruntukan Industri, Kawasan Permukiman Perkotaan, dan Badan Air yang dikaji dibatasi langsung oleh Sungai Cikarang. Pada saat survey lokasi kegiatan juga dilakukan pengukuran lebar dan kedalaman Sungai Cikarang pada bagian hulu, tengah dan hilir serta muka air banjir (MAB) dan muka air normal (MAN) dapat dilihat pada Gambar 18. Lebar Sungai Cikarang bagian hulu berkisar 16,73 m dengan ketinggian muka air normal sebesar 0,62 m dan ketinggian muka air banjir sebesar 5,42 m. Kenaikan muka air banjir pada daerah hulu Sungai Cikarang sebesar 4,8 m. Lebar Sungai Cikarang bagian tengah sebesar 7,25 m. dengan ketinggian muka air normal sebesar 0,59 m dan ketinggian muka air banjir sebesar 5,89 m. Kenaikan muka air banjir pada daerah tengah Sungai Cikarang sebesar 5,3 m.. Lebar Sungai Cikarang bagian hilir sebesar 9,85 m dengan ketinggian muka air normal sebesar 0,52 m dan ketinggian muka air banjir sebesar 5,02 m. Kenaikan muka air banjir pada daerah hilir Sungai Cikarang sebesar 4,5 m. Pada kondisi eksisting pengaruh kenaikan muka air banjir Sungai Cikarang berpengaruh pada lokasi Kajian.



Gambar 18 Penampang melintang Sungai Cikarang

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 19.



Gambar 19 Gambar tipikal dinding penahan tanah

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 20 berikut.



Gambar 20 Pengukuran kecepatan aliran sungai

Hasil dari pengukuran debit Sungai Cikarang lokasi 1 (hulu), lokasi 2 (tengah), dan lokasi 3 (hilir) diperoleh seperti pada Tabel 7. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh kecepatan aliran rata-rata Sungai Cikarang bagian hulu adalah 0,33 m/s, sementara pada bagian tengah dan hilir berturut-turut adalah sebesar 0,27 m/s dan 0,37 m/s. Luas perimeter atau penampang terbasahkan bagian hulu adalah 19,73 m², pada bagian tengah sebesar 11,1 m² sementara pada bagian hilir sebesar 12,45 m². Berdasarkan muka air normal, diperoleh rata-rata besarnya debit untuk Sungai Cikarang pada bagian hulu, tengah dan hilir sebesar 5,55 m³/s.

Tabel 7 Hasil perhitungan debit sungai pada wilayah kajian

Hulu				
Lokasi	Titik	Kecepatan (m/s)	Luas penampang (m ²)	Debit (m ³ /s)
Saluran <i>Outlet</i>	1	0,20	25,10	5,02
	2	0,30		7,53
	3	0,50		12,55
Rata-rata		0,33		8,37
Tengah				
Lokasi	Titik	Kecepatan (m/s)	Luas penampang (m ²)	Debit (m ³ /s)
Saluran <i>Outlet</i>	1	0,20	13,50	2,70
	2	0,30		4,05
	3	0,30		4,05
Rata-rata		0,27		3,60
Hilir				
Lokasi	Titik	Kecepatan (m/s)	Luas penampang (m ²)	Debit (m ³ /s)
Saluran <i>Outlet</i>	1	0,20	12,81	2,56
	2	0,50		6,40
	3	0,40		5,12
Rata-rata		0,37		4,70

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 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 dan Titik 2 disajikan pada Gambar 23.



(a)



(b)

Gambar 21 Pengukuran laju infiltrasi (a) titik 1 (b) titik 2

Laju infiltrasi pada pembangunan Kawasan Peruntukan Industri, Kawasan Permukiman Perkotaan, dan Badan Air 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 (ΔH).

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 (ΔH) dicatat setiap selang waktu 1 menit. Pengukuran dihentikan ketika perubahan ketinggian telah konstan. Pengukuran infiltrasi dilakukan pada dua titik. Hasil pengukuran laju infiltrasi pada Titik 1 dan 2 tersaji pada Tabel 8.

Tabel 8 Data hasil pengukuran laju infiltrasi titik 1

No	Waktu (Menit)	H (cm)	$\Delta H(\text{cm})$	ΔH kumulatif (cm)
1	0	13,5	0	0
2	1	13,3	0,2	0,2
3	2	13	0,3	0,5
4	3	12,9	0,1	0,6
5	4	12,5	0,4	1
6	5	12	0,5	1,5
7	6	11,7	0,3	1,8
8	7	11,5	0,2	2
9	8	11,3	0,2	2,2
10	9	11,1	0,2	2,4
11	10	10,9	0,2	2,6

Data hasil pengukuran laju infiltrasi titik 2

No	Waktu (Menit)	H (cm)	$\Delta H(\text{cm})$	ΔH kumulatif (cm)
1	0	13	0	0
2	1	12,5	0,5	0,5
3	2	12	0,5	1
4	3	11,7	0,3	1,3
5	4	11,3	0,4	1,7
6	5	11	0,3	2
7	6	10,8	0,2	2,2
8	7	10,4	0,4	2,6
9	8	10,2	0,2	2,8
10	9	10	0,2	3
11	10	9,8	0,2	3,2

Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh perubahan tinggi muka air (ΔH) pada setiap masing-masing pengulangan. Pengukuran dilakukan 1 kali ulangan untuk memperoleh laju infiltrasi yang konstan dengan waktu 10 menit. Perubahan ketinggian (ΔH) kumulatif dari hasil pengukuran sebesar 0,5 cm pada Titik 1, sebesar 2,6 dan pada Titik 2 sebesar 3,2. Data-data tersebut diolah untuk memperoleh nilai laju infiltrasi menggunakan Model Kostiakov seperti tersaji pada Tabel 9.

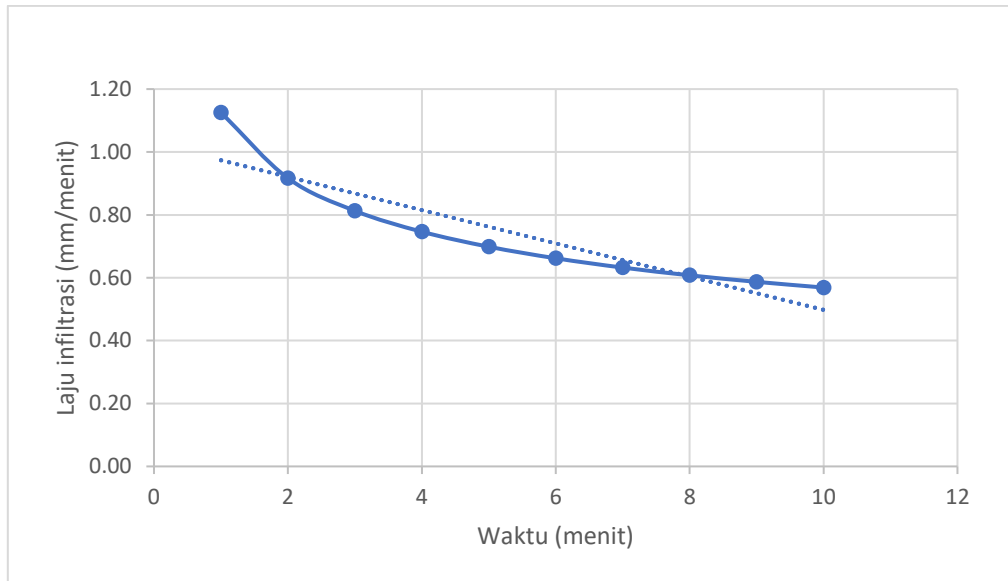
Tabel 9 Hasil pengolahan data infiltrasi titik 1

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	1,13	1,60
2	5,0	2,5	0,3	0,7	0,92	0,98
3	6,0	2,0	0,5	0,8	0,81	0,74
4	10,0	2,5	0,6	1,0	0,75	0,60
5	15,0	3,0	0,7	1,2	0,70	0,52
6	18,0	3,0	0,8	1,3	0,66	0,45
7	20,0	2,9	0,8	1,3	0,63	0,41
8	22,0	2,8	0,9	1,3	0,61	0,37
9	24,0	2,7	1,0	1,4	0,59	0,34
10	26,0	2,6	1,0	1,4	0,57	0,32

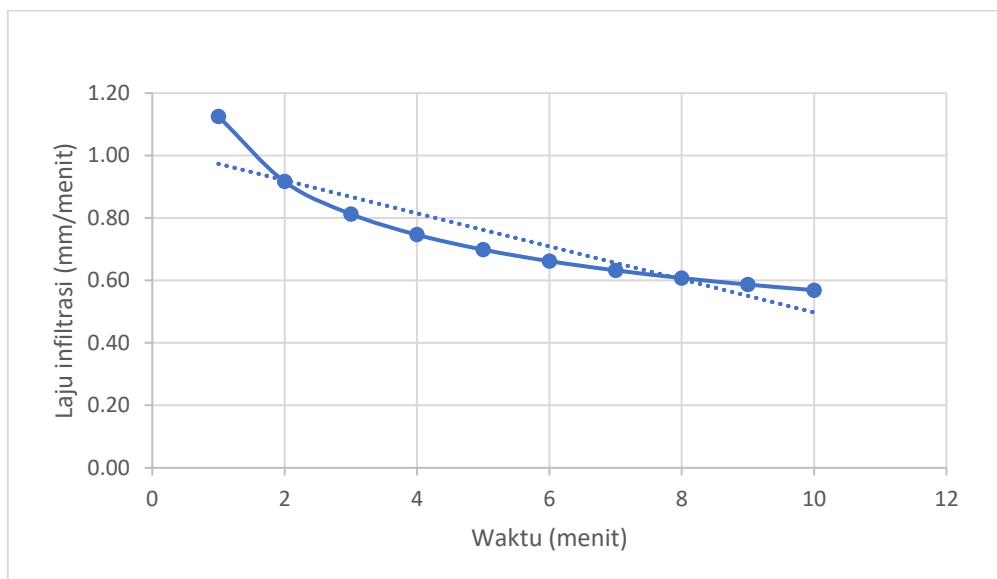
Hasil pengolahan data infiltrasi titik 2

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	1,13	1,60
2	10,0	5,0	0,3	1,0	0,92	0,98
3	13,0	4,3	0,5	1,1	0,81	0,74
4	17,0	4,3	0,6	1,2	0,75	0,60
5	20,0	4,0	0,7	1,3	0,70	0,52
6	22,0	3,7	0,8	1,3	0,66	0,45
7	26,0	3,7	0,8	1,4	0,63	0,41
8	28,0	3,5	0,9	1,4	0,61	0,37
9	30,0	3,3	1,0	1,5	0,59	0,34
10	32,0	3,2	1,0	1,5	0,57	0,32

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 dan Titik 2 tersebut diplotkan pada grafik yang tersaji pada Gambar 24. 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 5 menit yang memiliki nilai 0,70 mm/menit dan Titik 2 menunjukkan konstan mulai pada waktu 6 menit yang memiliki nilai 0,66 mm/menit.



Gambar 22 Grafik laju infiltrasi titik 1



Gambar 23 Grafik laju infiltrasi titik 2

4.4. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan dilakukan dengan menggunakan data curah hujan selama 10 tahun dari tahun 2015 hingga tahun 2024 yang diperoleh dari stasiun meteorologi terdekat dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Citeko. Data curah hujan tahunan maksimum tersaji pada Tabel 10. 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 106,71 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 *Koefisien Variasi* (Cv) seperti pada Tabel 11 menunjukkan bahwa metode Gumbel adalah metode yang memenuhi persyaratan. Selain itu, juga dilakukan uji *Smirnov-Kolmogorov* dan Chi Kuadrat yang hasilnya memenuhi kriteria.

Tabel 10 Curah Hujan Tahunan Maksimum

Tahun	Curah hujan (mm)
2015	86.6
2016	80.5
2017	90
2018	164.1
2019	120.5
2020	118.7
2021	124
2022	89.1
2023	86.4
2024	107.2
Rata-rata	106,71

Sumber : Stasiun Meteorologi Citeko, 2024

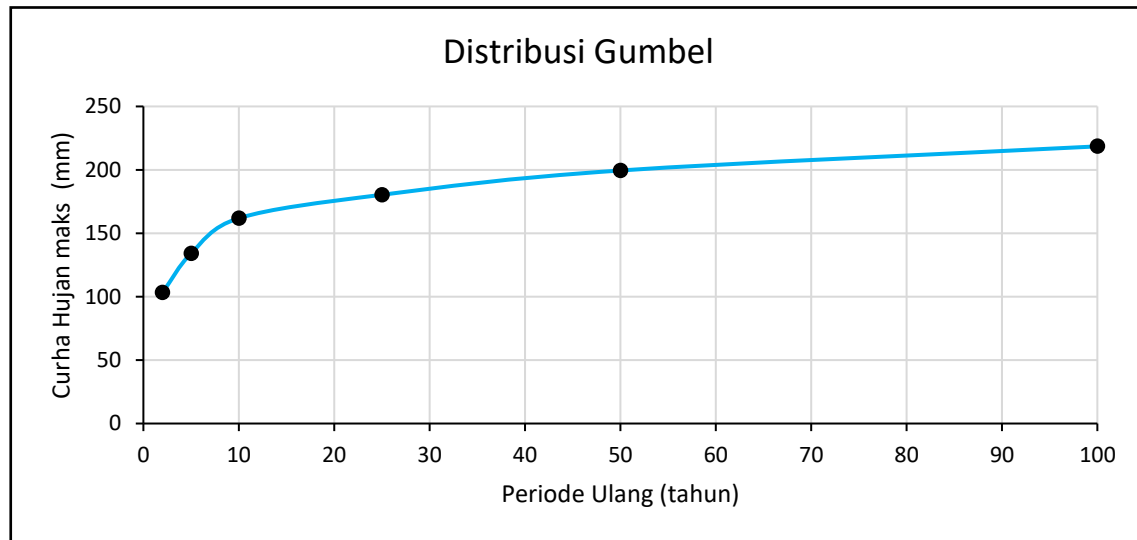
Tabel 11 Hasil perhitungan koefisien Ck, Cs, dan Cv

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Metode Gumbel I	$Ck \leq 5,4$	2,676	memenuhi
		$Cs \leq 1,14$	1,236	tidak memenuhi
2	Metode Log Normal	$Cs = 3Cv + Cv^3 = 1,14$	0,741	tidak memenuhi
		$Ck = 0$	2,676	tidak memenuhi
3	Metode Log Pearson III	$Cs \neq 0$	1,236	memenuhi
		$Ck = 1,5 \quad Cs (\ln x)^2 + 3 = 8,43$	14,443	tidak memenuhi
4	Metode Normal	$Ck = 3$	2,676	tidak memenuhi
		$Cs = 0$	1,236	tidak memenuhi

Tabel 12 Hasil Analisis Distribusi Curah Hujan Metode Gumbel

PUH (Tahun)	2	5	10	25	50	100
CH Maks (mm)	103,2	134,1	161,9	180,3	199,5	218,5

Sumber : Hasil pengolahan data hujan



Gambar 24 Curah Hujan Rancangan Metode Gumbel

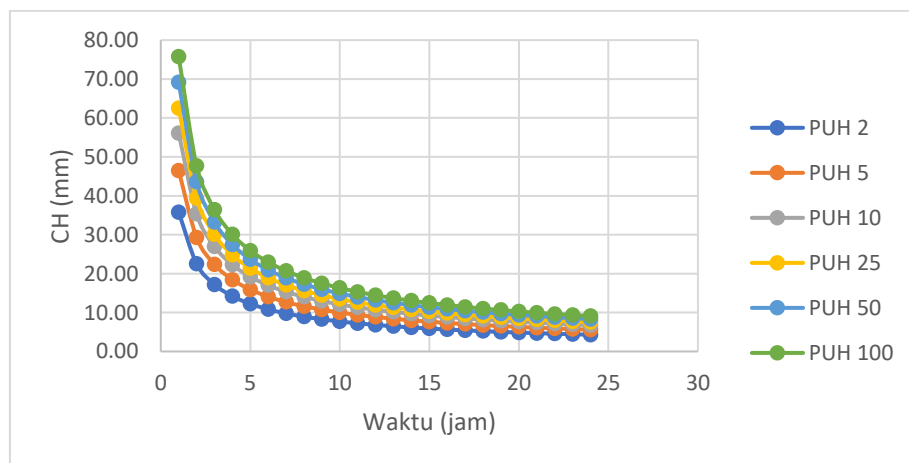
Analisis distribusi yang dilakukan menggunakan nilai periode 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun seperti tersaji pada Tabel 12 dan Gambar 25. Periode ulang didefinisikan sebagai waktu hipotetik dimana debit atau hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut. Pada periode ulang hujan 50 tahun diketahui curah hujan rancangan sebesar 199,5 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 13 dan Gambar 25.

Tabel 13 Intensitas Hujan

t (jam)	Periode Ulang Hujan (tahun)					
	2	5	10	25	50	100
	103,19	134,07	161,87	180,35	199,51	218,53
1	35,78	46,48	56,12	62,52	69,17	75,76
2	22,54	29,28	35,35	39,39	43,57	47,73
3	17,20	22,35	26,98	30,06	33,25	36,42
4	14,20	18,45	22,27	24,81	27,45	30,07
5	12,23	15,90	19,19	21,38	23,65	25,91
6	10,83	14,08	17,00	18,94	20,95	22,94
7	9,78	12,70	15,34	17,09	18,90	20,70
8	8,94	11,62	14,03	15,63	17,29	18,94
9	8,27	10,74	12,97	14,45	15,99	17,51
10	7,71	10,01	12,09	13,47	14,90	16,32
11	7,23	9,40	11,35	12,64	13,98	15,32
12	6,83	8,87	10,71	11,93	13,20	14,45
13	6,47	8,41	10,15	11,31	12,51	13,70
14	6,16	8,00	9,66	10,76	11,91	13,04
15	5,88	7,64	9,23	10,28	11,37	12,46
16	5,63	7,32	8,84	9,85	10,89	11,93
17	5,41	7,03	8,49	9,46	10,46	11,46
18	5,21	6,77	8,17	9,10	10,07	11,03
19	5,02	6,53	7,88	8,78	9,71	10,64
20	4,86	6,31	7,62	8,49	9,39	10,28
21	4,70	6,11	7,37	8,21	9,09	9,95
22	4,56	5,92	7,15	7,96	8,81	9,65
23	4,42	5,75	6,94	7,73	8,55	9,37
24	4,30	5,59	6,74	7,51	8,31	9,11

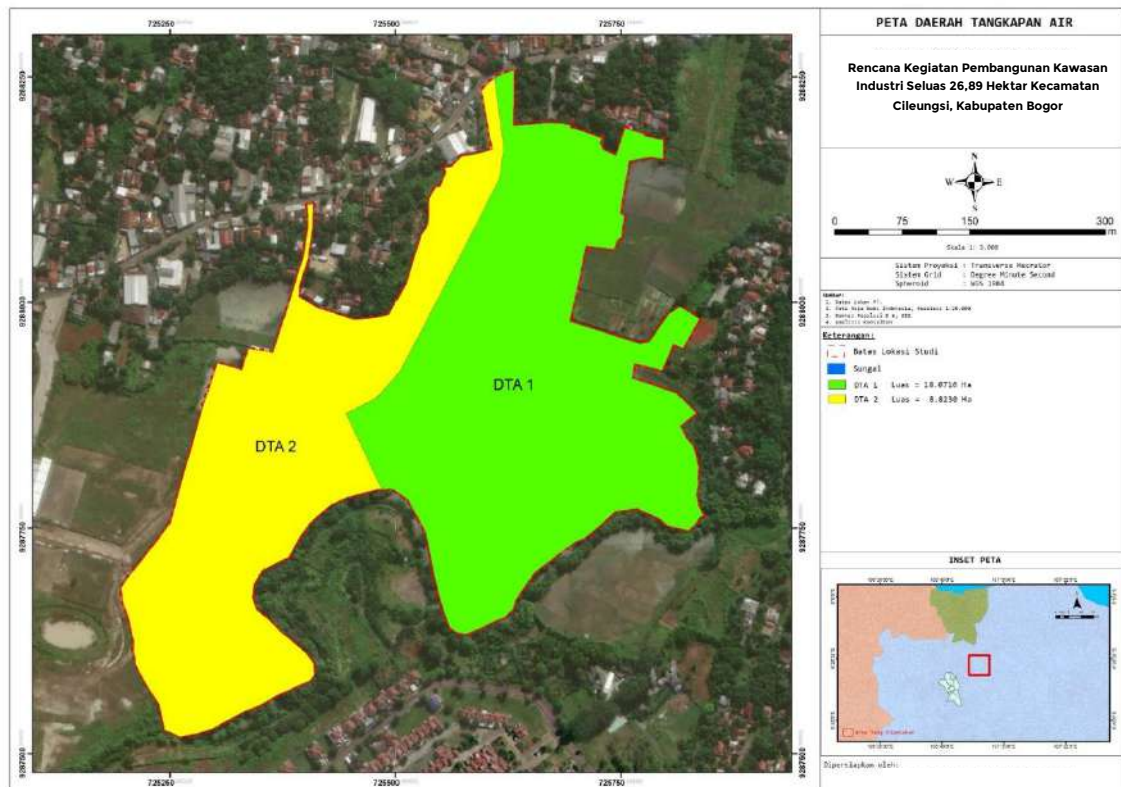


Gambar 25 Grafik Intensitas Hujan (mm/jam)

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 69,17 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 18,0716 Ha dan DTA 2 memiliki luas sebesar 8,8230 Ha.



Gambar 26 Blok plan pembagian DTA

Tutupan lahan eksisting berupalahan terbuka dan kebun warga, Dengan pembangunan berupa Kawasan Peruntukan Industri, Kawasan Permukiman Perkotaan, dan Badan Air maka akan menyebabkan perubahan nilai C. Berdasarkan SNI 03-2415-2016, koefisien limpasan (C) berupa tanah berat dengan vegetasi sebesar 0,37 dan setelah dilakukan pembangunan kawasan peruntukan industri, kawasan permukiman perkotaan, dan badan air akan berubah menjadi 0,44.

Perhitungan koefisien limpasan kumulatif (Cr) didasarkan pada perbandingan luas lahan, Nilai Cr untuk DTA 1 dan DTA 2 masing masing sebesar 0,37 untuk tata guna lahan kawasan peruntukan industri, kawasan permukiman perkotaan, dan badan air seperti pada Tabel 14.

Tabel 14 Hasil perhitungan koefisien limpasan kumulatif (Cr)

Area	Tata guna lahan	Luas		Koefisien Limpasan (C)	Cr
		ha	%		
DTA 1	Industri	18,07	100	0,37	0,37
DTA 2	Industri	8,82	100	0,37	0,37

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 1,29 m³/det dan DTA 2 sebesar 0,63 m³/det. Waktu konsentrasi sebesar 1 jam maka Volume limpasan eksisting DTA 1 adalah 4628,5 m³ dan DTA 2 sebesar 2259,75 m³. Volume limpasan pada proyek DTA 1 adalah 5504,16 m³ dan DTA 2 sebesar 2687,27 m³.

Tabel 15 Debit dan Volume Limpasan

Parameter	Proyek		Eksisting	
	DTA 1	DTA 2	DTA 1	DTA 2
Luas lahan, A (ha)	18,072	8,823	18,072	8,823
Koef. Limpasan, C	0,44	0,44	0,37	0,37
Intensitas hujan, I (mm/jam)	69,17	69,17	69,17	69,17
Debit Rancangan, Q (m ³ /det)	1,53	0,75	1,29	0,63
Waktu konsentrasi (det)	3600	3600	3600	3600
Volume limpasan (m ³)	5504,16	2687,27	4628,50	2259,75
Koefisien drainase, q (m ³ /det.ha)	0,08	0,08	0,07	0,07

Sumber : Hasil perhitungan, 2026

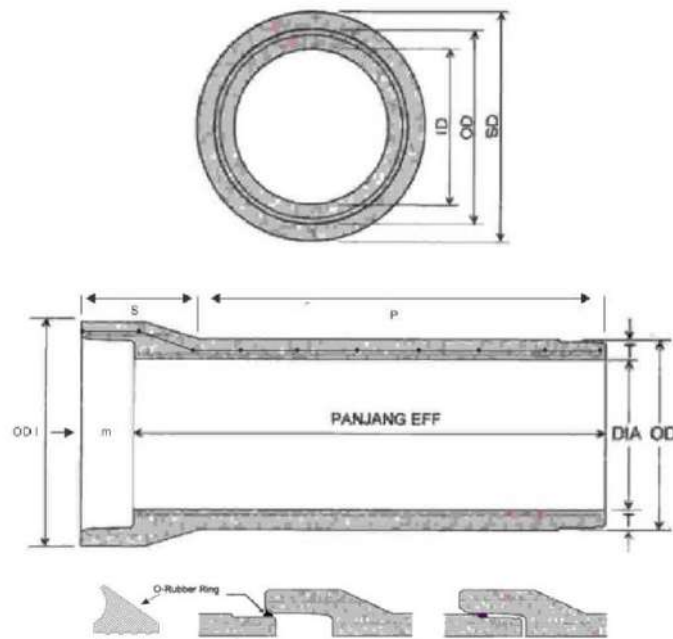
BAB V. ANALISIS HIDROLIKA

5.1. Drainase dan Bangunan Konservasi

Terjadinya perubahan tataguna lahan akan meningkatkan laju limpasan, Pada rancangan perencanaan pembangunan kawasan peruntukan industri, kawasan permukiman perkotaan, dan badan air 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 lingkaran, Seperti tersaji pada Gambar 28 berikut,

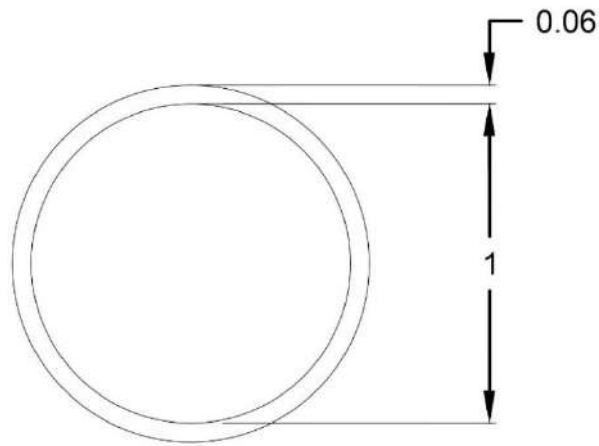


Gambar 27 Bentuk Penampang Saluran Drainase

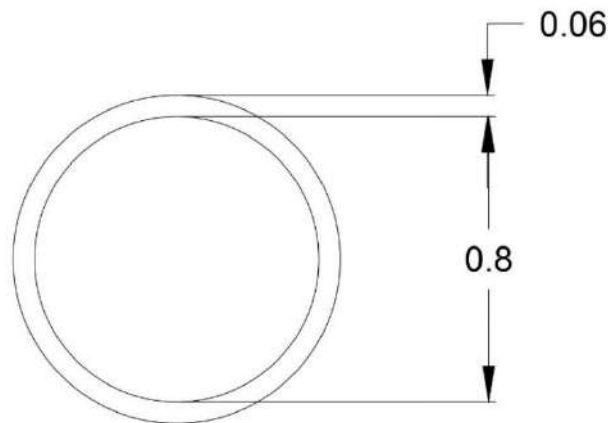
Dimensi drainase dihitung dan diperoleh seperti tersaji pada Tabel 16. Penampang drainase direncanakan berbentuk segi empat karena dapat menghemat lahan dan mudah pada pekerjaan kontruksi. Dimensi drainase ditentukan berdasarkan faktor keamanan dan ergonomi, Drainase terbagi menjadi drainase primer dan 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 dan DTA 2 direncanakan memiliki dimensi drainase primer dan sekunder yang berbeda. Diameter drainase primer pada DTA 1 dan DTA 2 memiliki besar 1 m. Diameter drainase sekunder pada DTA 1 dan DTA 2 memiliki besar 0,8 m. Volume tampungan dari drainase primer pada DTA 1 sebesar $1552,73 \text{ m}^3$ dan dari drainase sekunder sebesar $284,86 \text{ m}^3$. Volume tampungan dari drainase primer pada DTA 2 sebesar $1480,5 \text{ m}^3$ dan dari drainase sekunder sebesar $243,7 \text{ m}^3$. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai sisa limpasan yang masih belum tertampung oleh drainase. Sehingga akan direncanakan pembuatan kolam retensi pada masing-masing DTA agar mampu menampung seluruh air limpasan sesuai dengan konsep *zero runoff*. Gambar teknik penampang drainase tersaji pada Gambar 28 dan Gambar 29.

Tabel 16 Bentuk Penampang Saluran Drainase

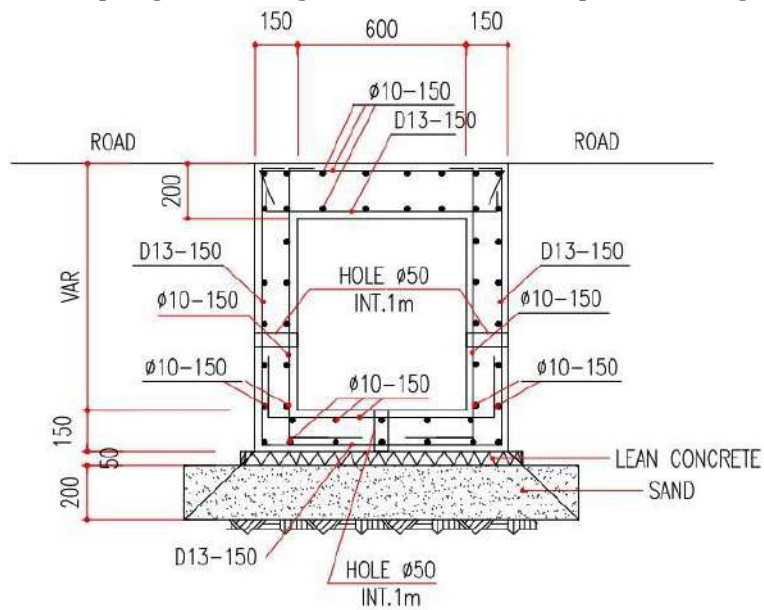
Area	Dimensi	Keterangan	Primer	Sekunder	Satuan
DTA 1	Luas Lahan	A	18,072	18,072	ha
	Debit Limpasan	Q	1,53	1,53	m ³ /detik
	Diameter Drainase	b	1	0,80	m
	Panjang Saluran	h	1978	567	m
	Waktu Kosentrasi	L	3600	3600	m
	Luas Penampang Drainase	tc	0,785	0,502	det
	Volume Limpasan	f	2687,27		m
	Volumen				
	Tampungan Drainase	s	1552,73	284,86	
	Volume Retensi	VI	882		m ³
	Vol Limpasan Kelola	Vt	849,67		m ³
	Vol Sisa	Vd	0		m ³
DTA 2	Luas Lahan	A	8,823	8,823	ha
	Debit Limpasan	Q	1,53	1,53	m ³ /detik
	Diameter Drainase	b	1,0	0,8	m
	Panjang Saluran	h	1886	485	m
	Waktu Kosentrasi	L	3600	3600	m
	Luas Penampang Drainase	tc	0,8	0,5	det
	Volume Limpasan	f	2687,3		m
	Volumen				
	Tampungan Drainase	s	1480,5	243,7	
	Volume Retensi	VI	997,5		m ³
	Vol Limpasan Kelola	Vt	963,1		m ³
	Vol Sisa	Vd	0		m ³



Gambar 28 Penampang melintang drainase primer pada masing-masing DTA



Gambar 29 Penampang melintang drainase sekunder pada masing-masing DTA



Gambar 30 Contoh Detail Penampang Drainase Lingkungan Bentuk Segi Empat

5.1.2. Kolam Retensi

Kolam retensi adalah kolam/waduk penampungan air hujan dalam jangka waktu tertentu. Fungsinya untuk memotong puncak banjir yang terjadi dalam badan air/sungai. Kolam retensi merupakan suatu cekungan atau kolam yang dapat menampung atau meresapkan air didalamnya, tergantung dari jenis bahan pelapis dinding dan dasar kolam. Kolam retensi dapat dibagi menjadi 2 macam, yaitu kolam alami dan kolam non alami. Kolam alami berbentuk cekungan air baik terbentuk secara alami maupun penyesuaian dan biasanya tidak ada pelapis pada dinding maupun dasar kolamnya.

Kolam buatan/non alami 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*. Pada kolam jenis ini air yang dengan lapisan bahan material yang kaku, seperti beton. Pada kolam jenis ini air yang masuk ke dalam inlet harus dapat menampung air sesuai dengan kapasitas yang telah direncanakan sehingga dapat mengurangi debit banjir puncak (*Peak flow*) pada saat *over flow*, sehingga kolam berfungsi sebagai tempat mengurangi debit banjir dikarenakan adanya penambahan waktu konsentrasi air untuk mengalir dipermukaan. Kapasitas kolam retensi yang dapat menampung volume air pada saat debit banjir puncak, dihitung dengan persamaan umum seperti di bawah ini :

$$V = \int_0^t (Q_{in} - Q_{out}) dt$$

Dengan : V = volume kolam

t = waktu awal air masuk ke dalam inlet

t_0 = waktu air keluar dari outflow

Q_{in} = debit inflow

Q_{out} = debit outflow

5.1.3. Tahap Perencanaan Daerah Kolam Retensi

Dalam perencanaan kolam retensi sebagai sistem pengendalian banjir atau limpasan permukaan, langkah awal yang dilakukan adalah mengidentifikasi secara rinci kondisi daerah genangan. Hal ini mencakup luas area terdampak, tinggi muka air saat genangan, durasi genangan, serta frekuensi kejadiannya dalam satu tahun. Data ini diperlukan untuk menghitung kapasitas tampung dan merancang dimensi teknis kolam secara tepat. Selain itu, penting untuk memastikan bahwa elevasi muka air di muara saluran lebih tinggi daripada elevasi lahan di area genangan, agar air dapat mengalir menuju kolam tanpa hambatan. Penentuan lokasi kolam retensi

dilakukan dengan mempertimbangkan arah aliran, potensi ruang yang tersedia, serta debit limpasan dari wilayah sekitarnya, sehingga kolam dapat berfungsi optimal dalam menampung kelebihan air dan mengurangi risiko genangan ulang.



Gambar 31 Kolam retensi tipe di samping badan sungai



Gambar 32 Kolam retensi tipe di dalam badan sungai



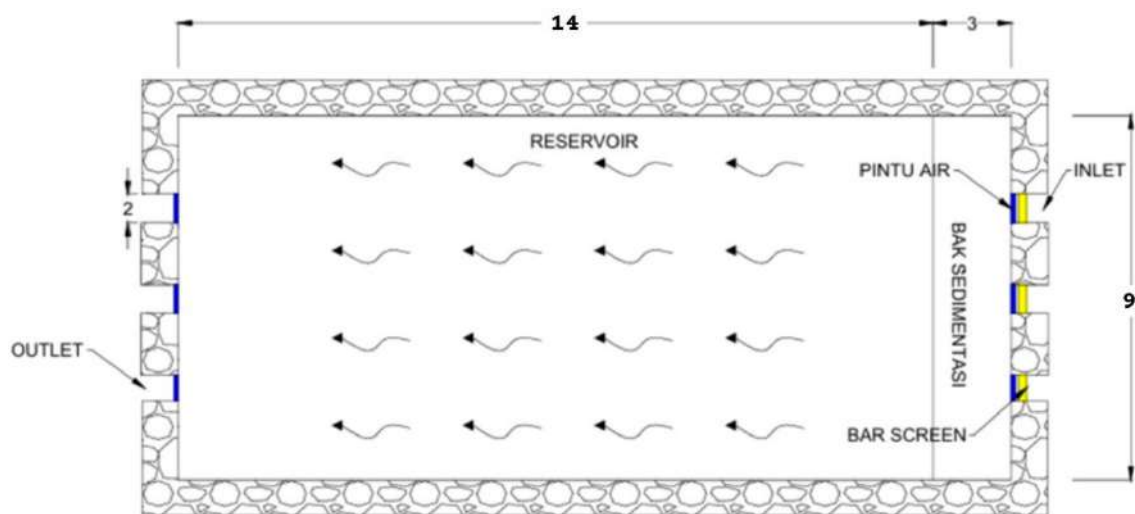
Gambar 33 Kolam retensi tipe storage memanjang

Kolam retensi pada DTA 1 direncanakan sejumlah 2 kolam retensi dengan ukuran panjang 14 m, lebar 9 m, dan kedalaman 3,5 m. Kolam retensi pada DTA 2 direncanakan sejumlah 1 kolam retensi dengan ukuran panjang 19 m, lebar 14 m, dan kedalaman 3,5 m. Dengan dimensi tersebut, volume tampungan kolam retensi DTA 1 dan DTA 2 sebesar 882 m³ dan 998 m³. Hasil perhitungan dimensi tersaji pada Tabel 17.

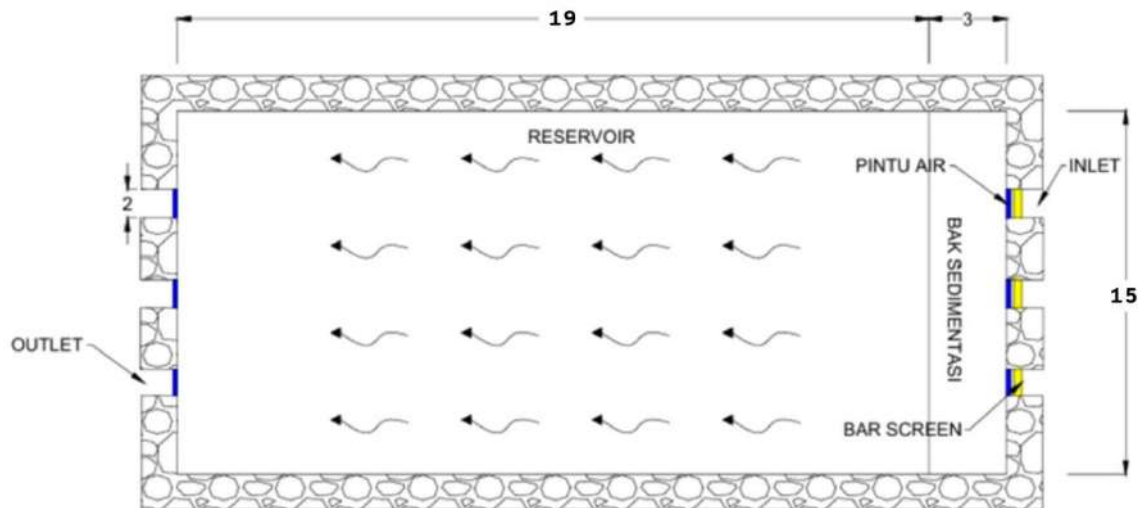
Pembuatan kolam retensi disarankan tidak lebih dari 3,5 meter karena selain faktor keamanan juga menghindari pada zona *water table* air tanah dangkal. Gambar perencanaan kolam retensi DTA 1 dan DTA 2 tersaji pada Gambar 36. Kolam retensi dilengkapi dengan *bar screen* yang berfungsi untuk menahan dan 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 membukakan dan menutup aliran.

Tabel 17 Hasil perhitungan dimensi kolam retensi

Area	Dimensi	Keterangan	Nilai	Satuan
DTA 1	Panjang	p	14	m
	Lebar	b	9	m
	Kedalaman	h	3.50	m
	Jumlah	n	2	
	Volume tampungan	Vt	882	m ³
DTA 2	Panjang	p	19	m
	Lebar	b	14	m
	Kedalaman	h	3.50	m
	Jumlah	n	1	
	Volume tampungan	Vt	998	m ³



Gambar 34 Rencana kolam retensi DTA 1

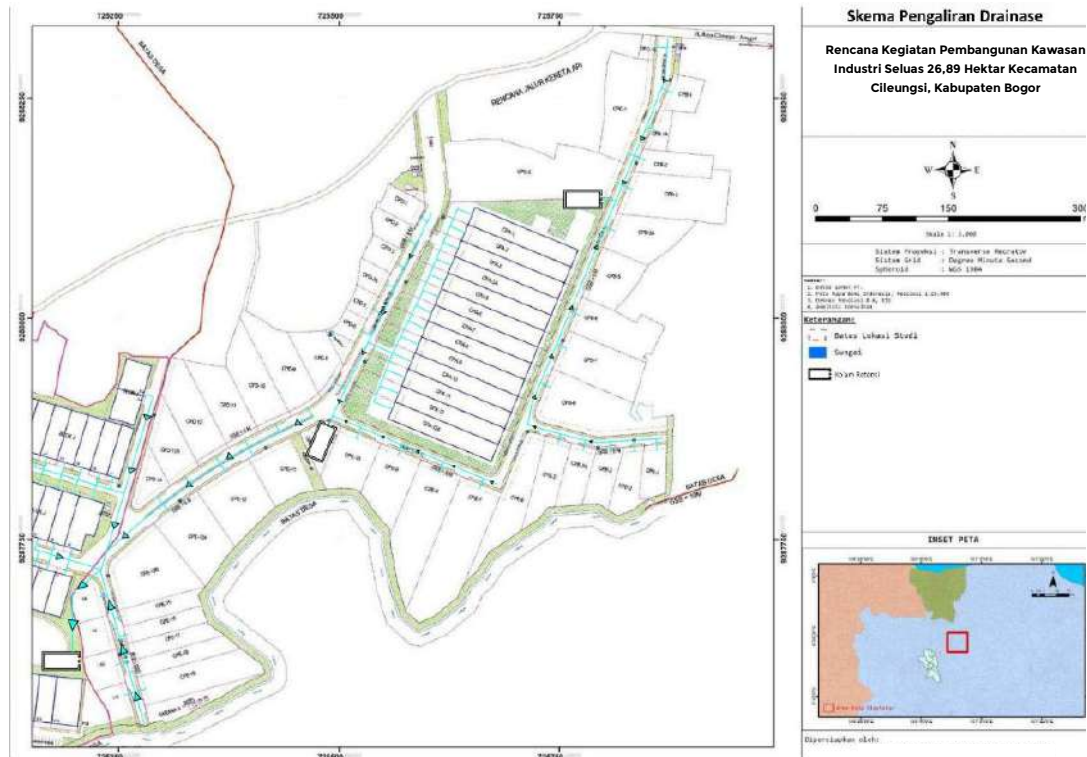


Gambar 35 Rencana kolam retensi DTA 2

5.2. Skema Pengaliran Drainase

Terjadinya perubahan tataguna lahan akan meningkatkan laju limpasan, Pada rancangan perencanaan pembangunan kawasan peruntukan industri, kawasan permukiman perkotaan, dan badan air diperlukan drainase untuk mencegah *run off*. 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 run off* diperlukan bangunan konservasi berupa kolam retensi. Volume limpasan pada DTA 1 berdasarkan perhitungan, didapatkan volume sebesar 882 m³. Volume limpasan pada DTA 2 berdasarkan perhitungan, didapatkan volume sebesar 2687,3 m³. Volume tampungan dari drainase primer pada DTA 1 sebesar 1552,73 m³ dan dari drainase sekunder sebesar 284,86 m³. Volume tampungan dari drainase primer pada DTA 2 sebesar 1480,5 m³ dan dari drainase sekunder sebesar 243,7 m³. Sehingga masih terdapat sisa volume limpasan sebesar -32,32 m³ pada DTA 1 dan m³ pada -34,4 DTA 2. Besarnya volume sisa limpasan ini dapat mengakibatkan banjir apabila tidak dikelola dan dialirkan dengan tepat. Pada daerah kajian akan dibagi menjadi 2 Daerah Tangkapan Air (DTA). Masing-masing DTA akan dibangun kolam retensi yang memiliki kapasitas sebesar 882 m³ pada DTA 1 dan sebesar 998 m³ pada DTA 2. Sehingga setelah diterapkan pembangunan kolam retensi tidak akan menimbulkan volume sisa limpasan. Skema pengaliran drainase pada DTA 1 dan DTA 2 akan menuju *inlet* dari masing-masing kolam retensi. Skema pengaliran drainase pada DTA 1 dan DTA 2 tersaji pada Gambar 36.

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 26,8946 HA



Gambar 36 Skema pengaliran drainase

BAB VI. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

6.1. Kesimpulan

Dari hasil kajian pengembangan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Wilayah kajian saat ini berupa area yang sudah dalam proses pembangunan. Wilayah pengembangan merupakan daerah yang relatif datar, dengan beberapa kelas kemiringan lahan yaitu didominasi dengan slope berkisar 0.87-1,92 %
2. Pada lokasi kajian dibatasi oleh Sungai Cikarang yang melintas di arah
3. Wilayah kajian memiliki elevasi tertinggi sebesar +101 mdpl sementara elevasi terendah +89 mdpl. Area terdekat dengan Sungai Cikarang memiliki elevasi +89 mdpl
4. Pada lokasi kajian direncanakan menggunakan saluran tertutup dengan dimensi lingkaran atau gorong – gorong dan saluran terbuka berupa U-Ditch
5. Pada kondisi eksisting, jarak batas lokasi kajian terdekat dengan Sungai Cikarang. Pada kondisi eksisting lebar Sungai Cikarang bagian hulu sebesar 16,73 m dengan ketinggian (kedalaman) muka air normal sebesar 0,62 m dan ketinggian muka air banjir sebesar 5,42 m. Lebar Sungai Cikarang bagian tengah sebesar 7,25 m dengan ketinggian muka air normal sebesar 0,59 m dan ketinggian muka air banjir sebesar 5,89 m. Lebar Sungai Cikarang bagian hilir sebesar 9,85 m dengan ketinggian muka air normal sebesar 0,52 m dan ketinggian muka air banjir sebesar 5,02 m. Pada kondisi eksisting pengaruh kenaikan muka air banjir Sungai Cikarang berpengaruh pada lokasi kajian dengan kenaikan air 4,5 – 5,3 m dari muka air normal. Elevasi muka air normal dari hulu, tengah, hilir pada wilayah kajian relatif seragam sebesar +85,1 mdpl. Kenaikan muka air banjir menjadi +90,18 mdpl
6. Pada lokasi kajian sudah dilakukan pembangunan konservasi air hujan berupa kolam tampungan sementara
7. Pada lokasi kajian sudah dilakukan *cut and fill* sehingga tidak diperlukan pemadatan tanah dan Rencana peil banjir atau penahan tanah 7 meter sepanjang area pengembangan yang dilalui Sungai Cikarang untuk menahan erosi dan limpasan air sungai jika terjadi debit air sungai Cikarang
8. Kondisi ketersediaan air tanah dangkal/bebas (*unconfined*) umumnya didapatkan pada kedalaman berkisar 12-15 m dibawah muka tanah setempat

9. Analisis curah hujan rencana menggunakan distribusi Gumbel didapat nilai curah hujan rencana yaitu $R_2 = 103,2$ mm, $R_5 = 134,1$ mm, $R_{10} = 161,9$ mm, $R_{25} = 180,3$ mm, $R_{50} = 199,5$ mm dan $R_{100} = 218,5$ mm
10. Berdasarkan perhitungan dengan rumus Kirpich waktu konsentrasi (t_c) yaitu 1 jam, Intensitas hujan dengan periode ulang hujan 50 tahun didapat 199,5 mm/jam
11. Pada kondisi existing luas DTA (Daerah Tangkapan Air) dibagi menjadi 2 luasan yang menghasilkan limpasan yang berbeda yaitu:

Area	Parameter	Eksisting	Proyek
DTA 1	Luas lahan, A (ha)	18,072	18,072
	Koef. Limpasan, C	0,37	0,44
	Intensitas hujan, I (mm/jam)	69,17	69,17
	Debit Rancangan, Q (m ³ /det)	1,29	1,53
	Waktu konsentrasi (det)	3600	3600
	Volume limpasan (m ³)	4628,50	5504,16
	Koefisien drainase, (m ³ /det.ha)	0,07	0,08
DTA 2	Luas lahan, A (ha)	8,823	8,823
	Koef. Limpasan, C	0,37	0,44
	Intensitas hujan, I (mm/jam)	69,17	69,17
	Debit Rancangan, Q (m ³ /det)	0,63	0,75
	Waktu konsentrasi (det)	3600	3600
	Volume limpasan (m ³)	2259,75	2687,27
	Koefisien drainase, (m ³ /det.ha)	0,07	0,08

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

Area	Dimensi	Keterangan	Primer	Sekunder	Satuan
DTA 1	Luas Lahan	A	18,072	18,072	ha
	Debit Limpasan	Q	1,53	1,53	m ³ /detik
	Diameter Drainase	b	1	0,80	m
	Panjang Saluran	h	1978	567	m
	Waktu Kosentrasi	L	3600	3600	m
	Luas Penampang Drainase	t_c	0,785	0,502	det
	Volume Limpasan	f	2687,27		m
	Volumen Tampungan Drainase	s	1552,73	284,86	
	Volume Retensi	Vl	882		m ³
	Vol Limpasan Kelola	Vt	849,67		m ³
	Vol Sisa	Vd	0		m ³

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 26,8946 HA

DTA 2	Luas Lahan	A	8,823	8,823	ha
	Debit Limpasan	Q	1,53	1,53	m ³ /detik
	Diameter Drainase	b	1,0	0,8	m
	Panjang Saluran	h	1886	485	m
	Waktu Kosentrasi	L	3600	3600	m
	Luas Penampang	tc	0,8	0,5	det
	Drainase				
	Volume Limpasan	f	2687,3		m
	Volumen				
	Tampungan	s	1480,5	243,7	
	Drainase				
	Volume Retensi	Vl	997,5		m ³
	Vol Limpasan Kelola	Vt	963,1		m ³
	Vol Sisa	Vd	0		m ³

13. Lokasi kajian direncanakan memiliki 3 kolam retensi, pada DTA 1 akan dibangun 2 unit kolam retensi dan DTA 2 sebanyak 1 unit, di mana perencanaan kolam retensi dapat berubah sesuai dengan *masterplan* yang akan disahkan dan tetap memperhatikan besar debit limpasan rencana serta volume retensi.

14. Rencana desain kolam retensi pada lokasi kajian ditunjukkan pada tabel berikut :

Kolam Retensi	Luas Area (Ha)	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)	Jumlah	Volume Tampungan (m ³)
DTA 1	18,07	14	9	3,5	2	882
DTA 2	8,82	19	15	3,5	1	998

Rekomendasi

1. Perlu dilakukan peninjauan ulang besarnya KDB yang akan dibangun dengan memperhitungkan faktor lahan terbuka dan relatif luas untuk skala pembangunan kawasan peruntukan industri, kawasan permukiman perkotaan, dan badan air.
2. Pembangunan kawasan peruntukan industri, kawasan permukiman perkotaan, dan badan air sebaiknya mempertimbangkan kondisi luapan air sungai. Pembangunan sebaiknya dilakukan minimal 2 meter dari jarak sepadan Sungai Cikarang
3. Perlu dilakukan pembangunan kolam retensi sebanyak 3 area dengan pertimbangan kondisi kontur sebelum *outlet* mengalir menuju saluran drainase yang mengalir menuju sungai.
4. Pembuangan air hujan sebaiknya tidak langsung keluar menuju area Sungai melalui saluran pembawa untuk mengantisipasi adanya perubahan debit air Sungai dan peningkatan sedimen.
5. Debit Sungai pada kondisi normal berkisar 0,52-0,62 m³/detik dan kenaikan muka air banjir berkisar 5,02-5,89 m dari muka air normal sehingga pada area lahan dekat dengan Sungai Cikarang perlu diberikan peil banjir minimal setinggi 7 meter
6. Sebelum proses pembangunan sebaiknya dibuat saluran penampung air hujan atau kolam retensi sejumlah 3 kolam retensi pada 2 DTA, untuk DTA 1 rencana yang akan dibangun sebanyak 2 unit kolam retensi dengan volume tampungan 882 m³ dan pada DTA 2 akan dibangun sebanyak 1 unit dengan volumen tampungan 998 m³
7. Perencanaan kolam retensi disesuaikan dengan *masterplan* yang akan disahkan dan tetap memperhatikan besar debit limpasan rencana serta volume retensi.
8. Tidak merubah dimensi anak sungai yang menuju Sungai Cikarang dan dilakukan normalisasi sepanjang anak sungai yang melintasi wilayah kajian
9. Perlu ditambahkan bak kontrol dan *screening* pada saluran masuk drainase untuk mencegah terjadinya sumbatan akibat sedimentasi maupun sampah yang masuk saluran
10. Penataan drainase dipemukiman sekitar lokasi kajian dengan saluran kedap air atau dengan tembok untuk menghindari resapan air tanah yang dapat memicu terjadinya gerakan tanah
11. Pola aliran drainase dapat disesuaikan berdasarkan *masterplan* yang nantinya disahkan dengan mempertimbangkan volume limpasan yang telah

dihitung dan memperhatikan kemudahan menuju kolam retensi (pemanfaatan kemiringan saluran dan gravitasi).

12. Perlu diperhatikan pada pembangunan yang berada pada lahan yang mempunyai kemiringan cukup besar dengan membuat bangunan penahan longsor/dinding penahan tanah pada area Sungai.
13. Saluran drainase perlu dibuat dengan saluran berbentuk lingkaran yang terdiri dari saluran primer dan sekunder. Pada masing-masing DTA ukuran diameter saluran primer adalah 1 m dan diameter saluran sekunder adalah 0,8 m.

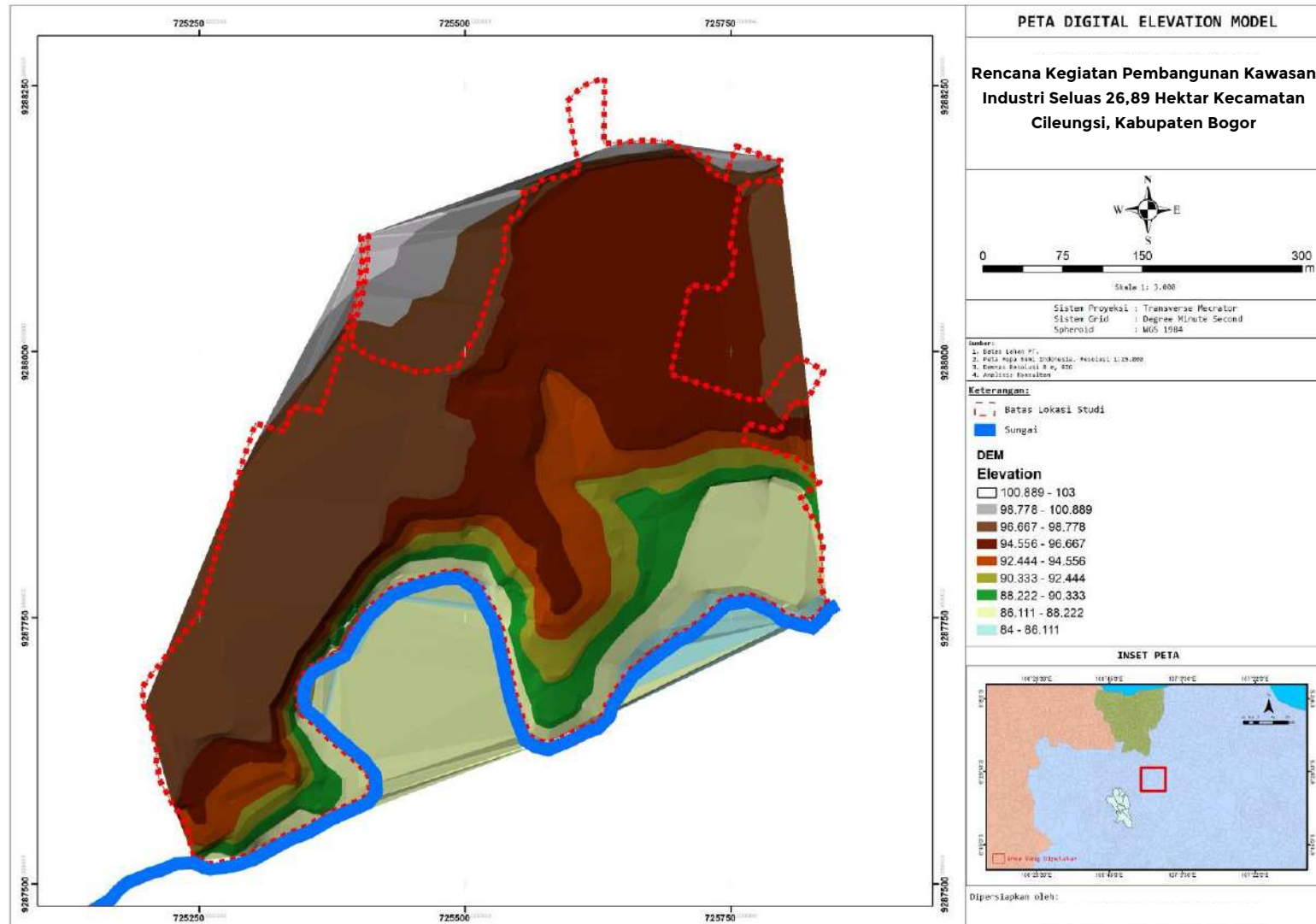
DAFTAR PUSTAKA

- [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*, 3rdED, 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*

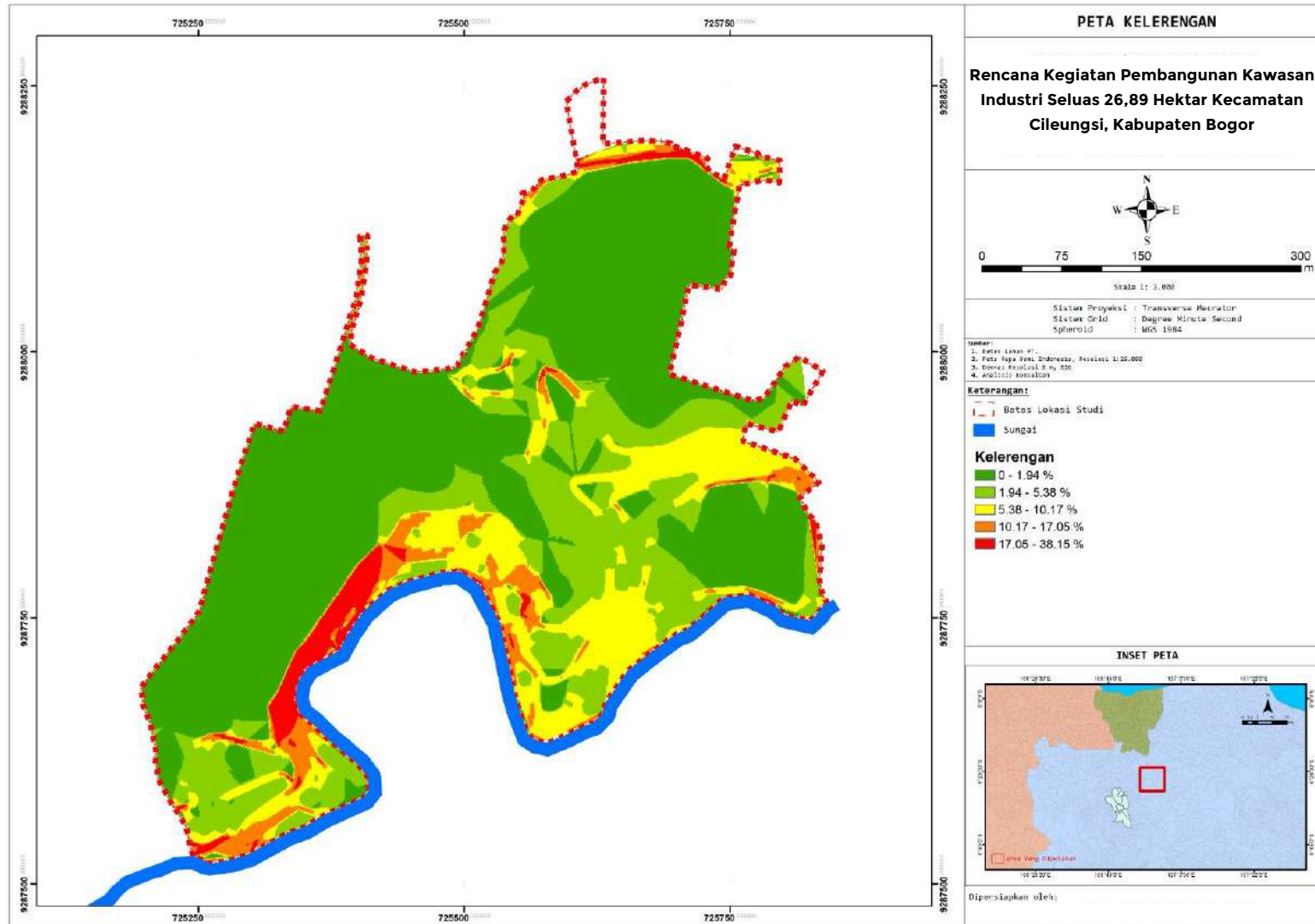
- perumahan Istana Safira jalan Jambu Semanding Sumbersekar dau Kabupaten Malang, *Reka Buana*, *Ilm, Tek, Sipil dan Tek, Kim*, 5(2):50, doi:10,33366/rekabuana,v5i2,1945,
- Mays LW, Tung YK, 1992, *Hydrosystem Engineering & Managenment*, Singapore: Mc Graw-Hill,
- Mays LW, 2005, *Water Resources Engineering*, 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, Maastrict, 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*, 3rd 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

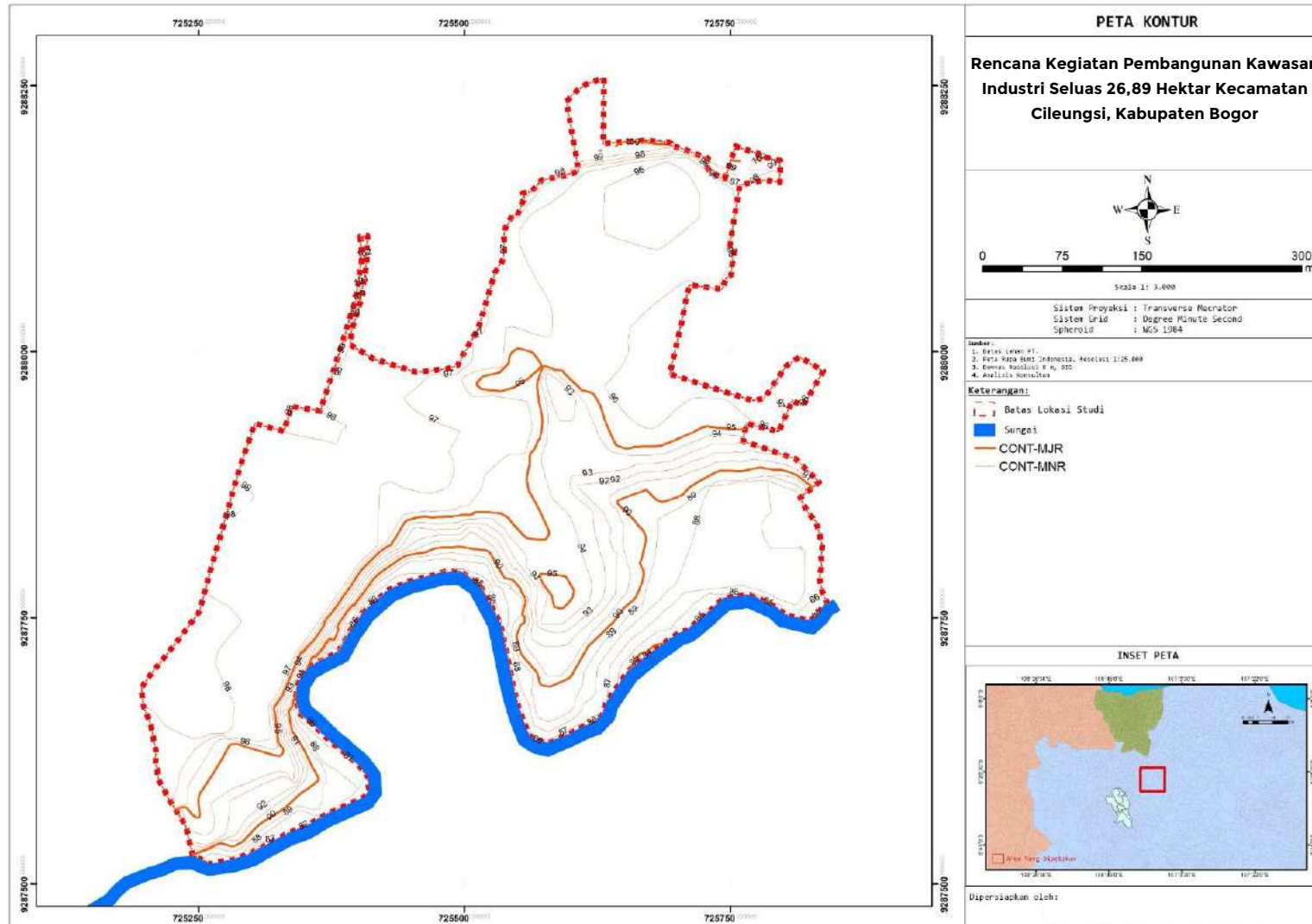
Lampiran 1 Peta topografi wilayah pengembangan



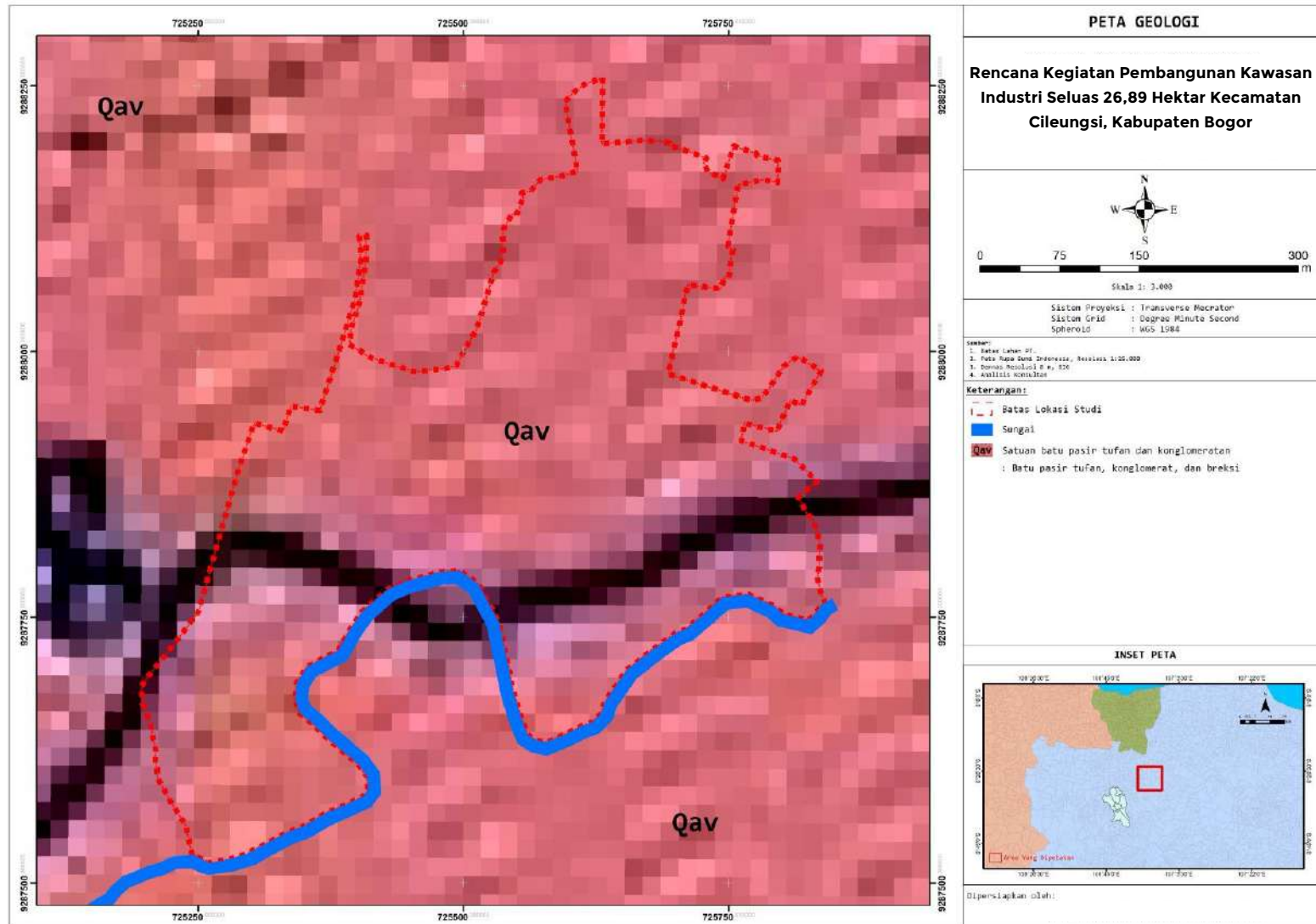
Lampiran 2 Peta kelerenghan lahan wilayah kajian



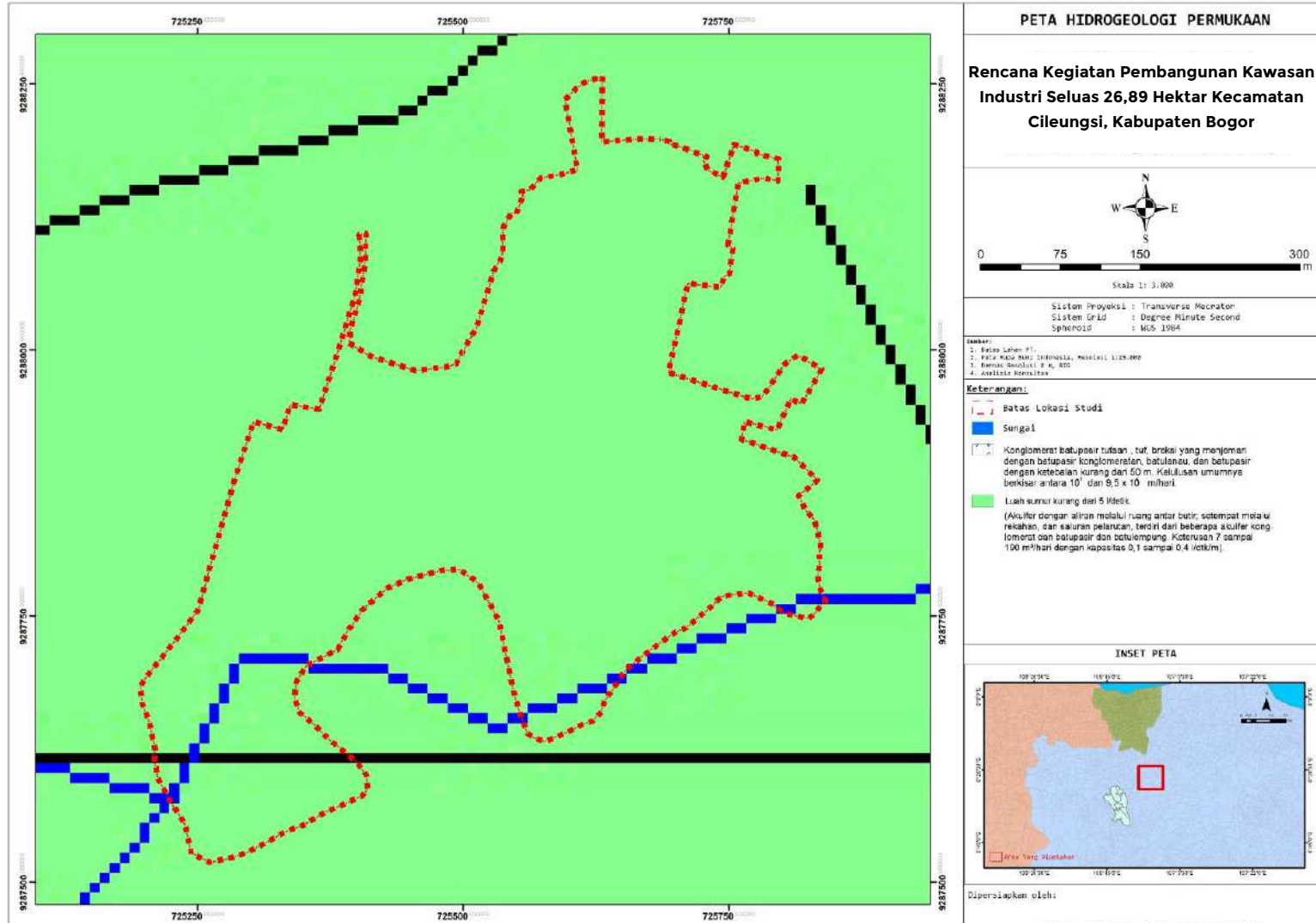
Lampiran 3 Peta kontur wilayah kajian



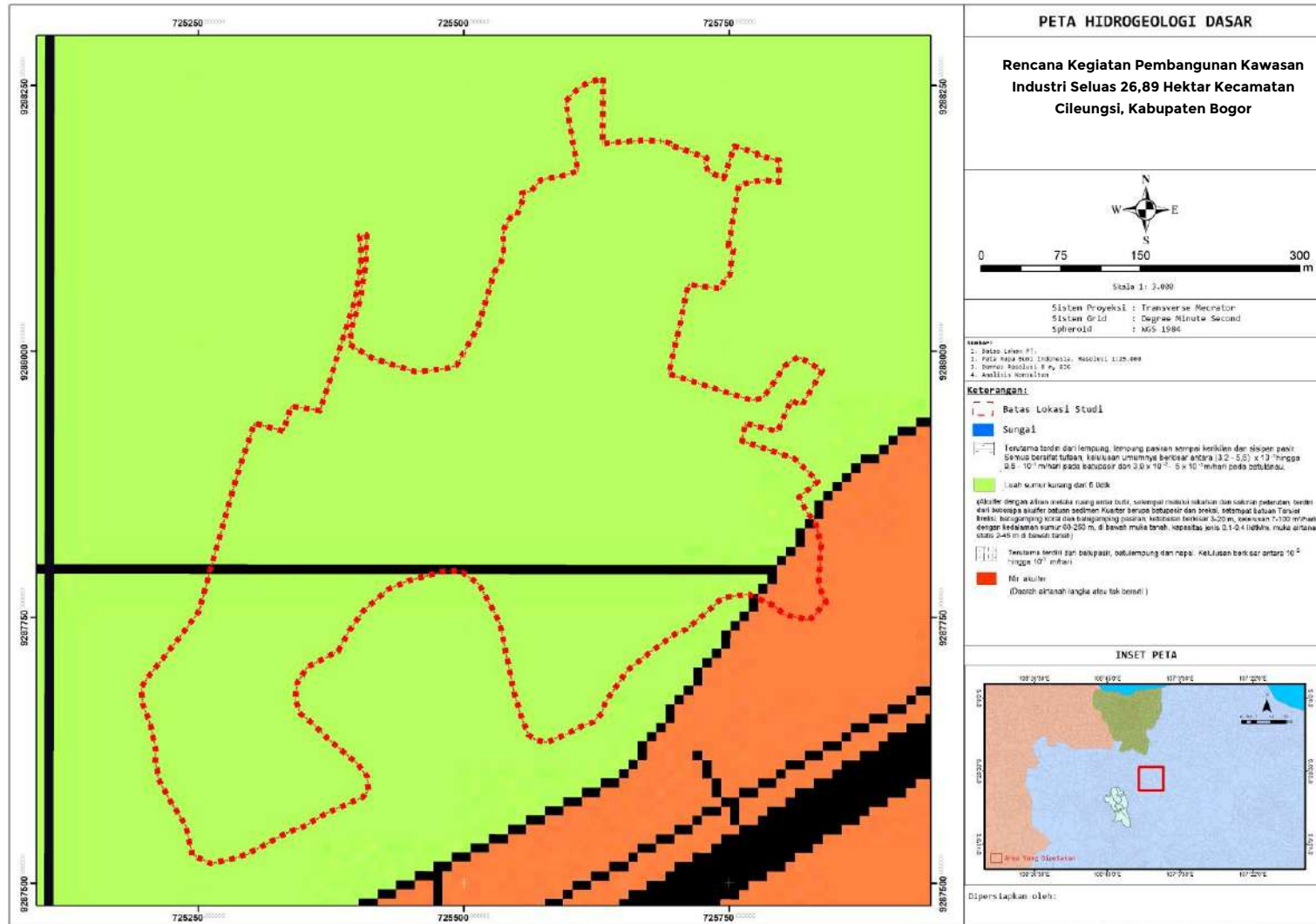
Lampiran 4 Peta Geologi Wilayah Kajian



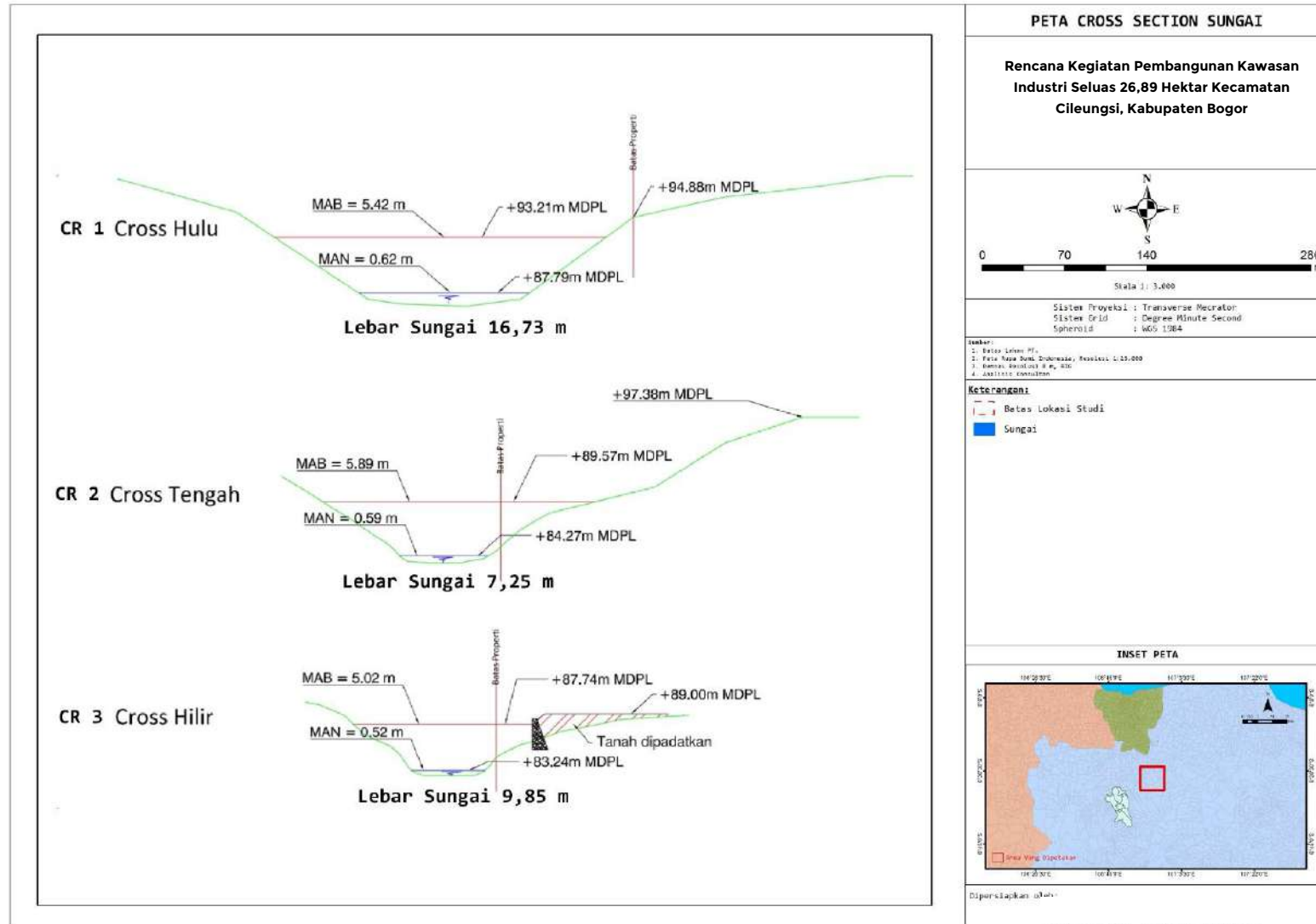
Lampiran 5 Peta Hidrogeologi Permukaan



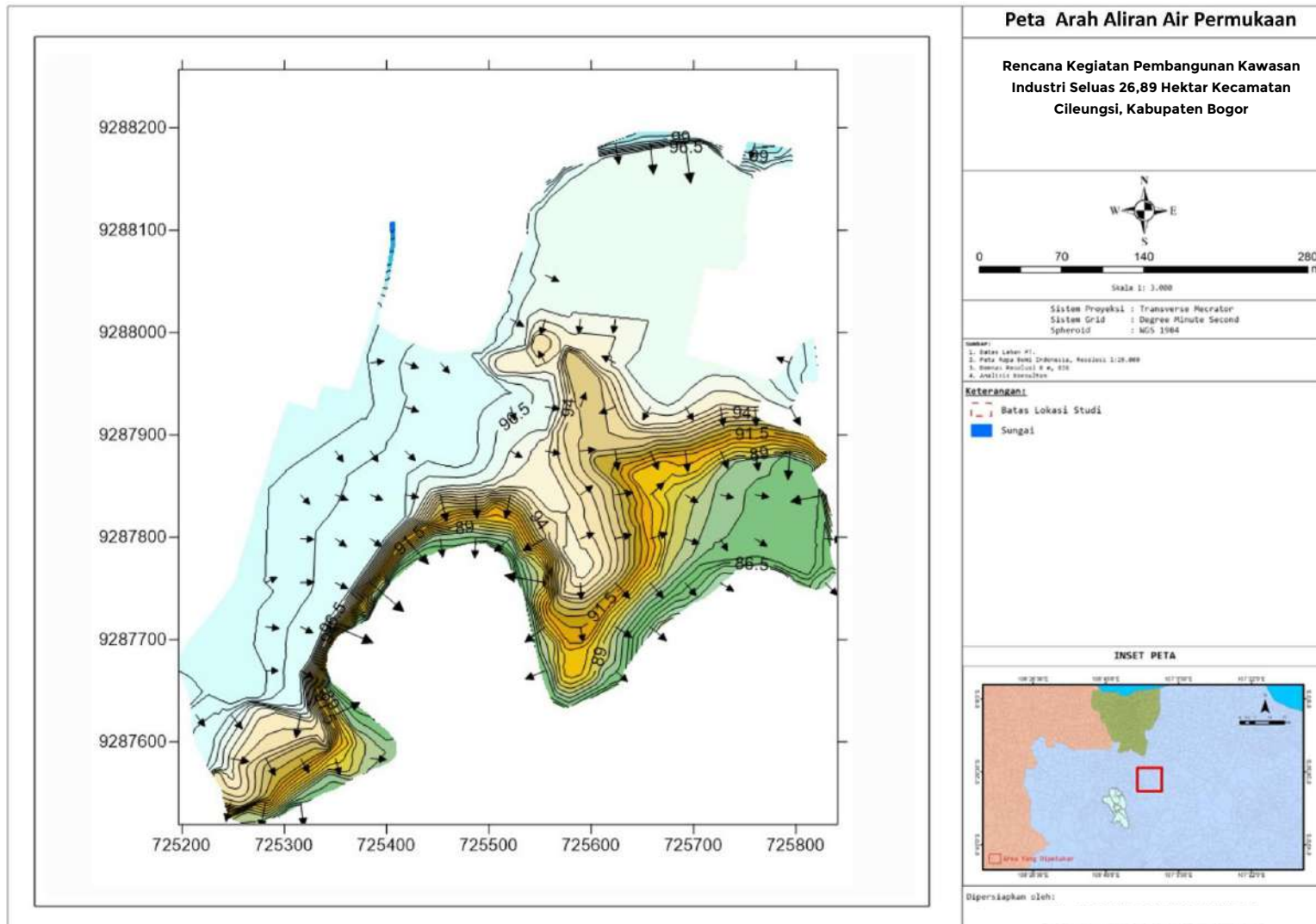
Lampiran 6 Peta Hidrogeologi Dalam



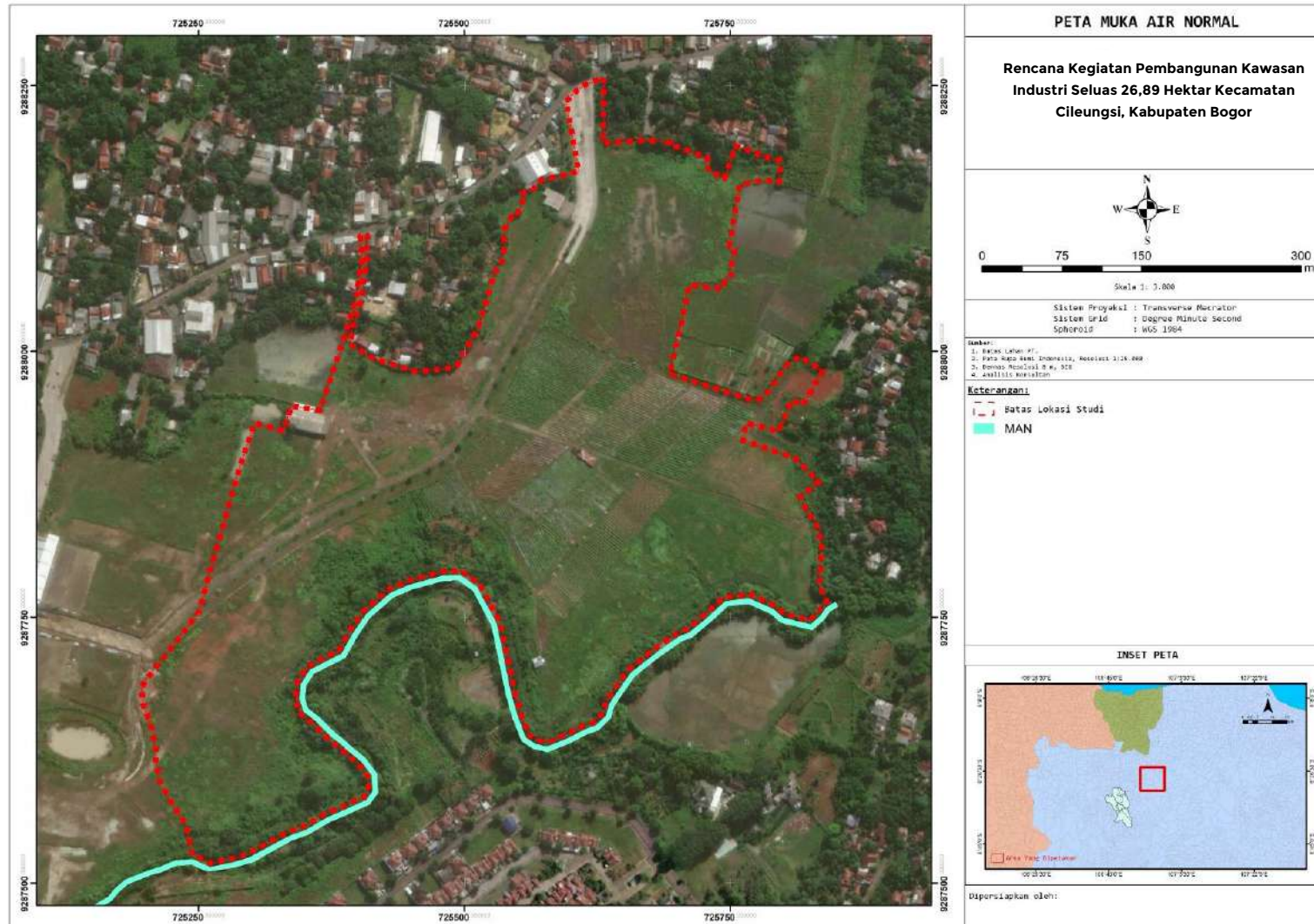
Lampiran 7 Peta Penampang Sungai



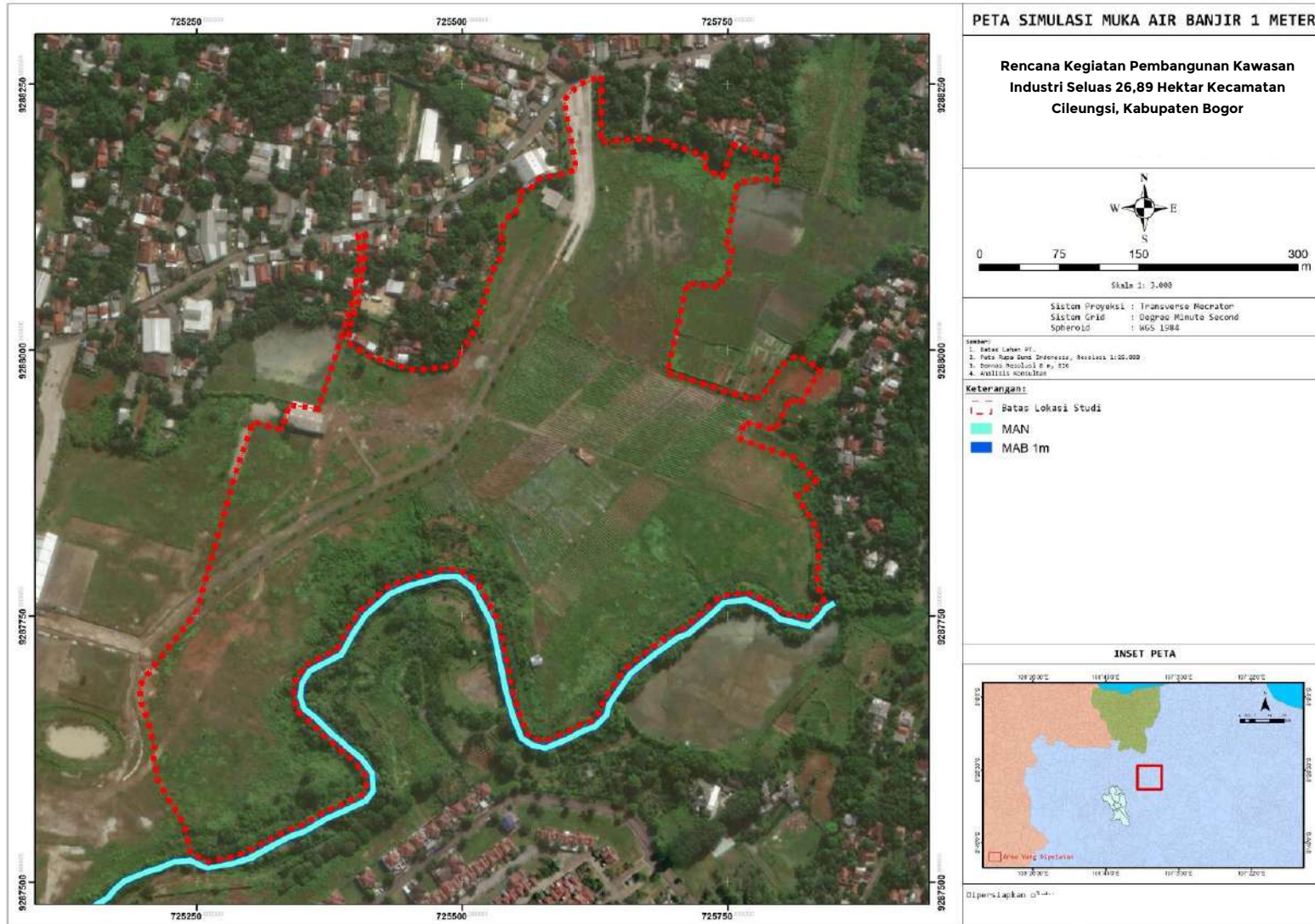
Lampiran 8 Pola Jejaring Aliran (Flownet) 2D



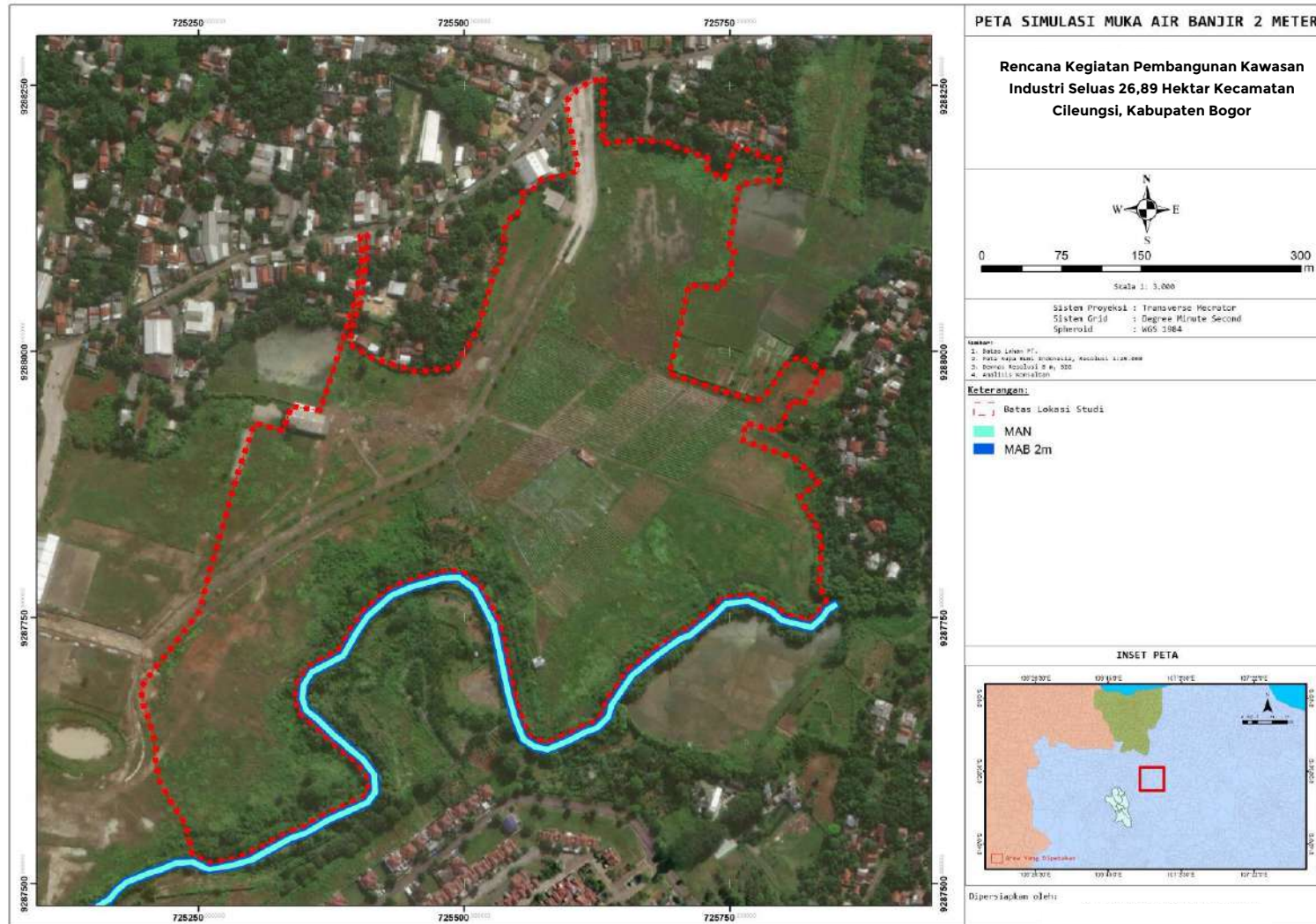
Lampiran 9 Peta Muka Air Normal



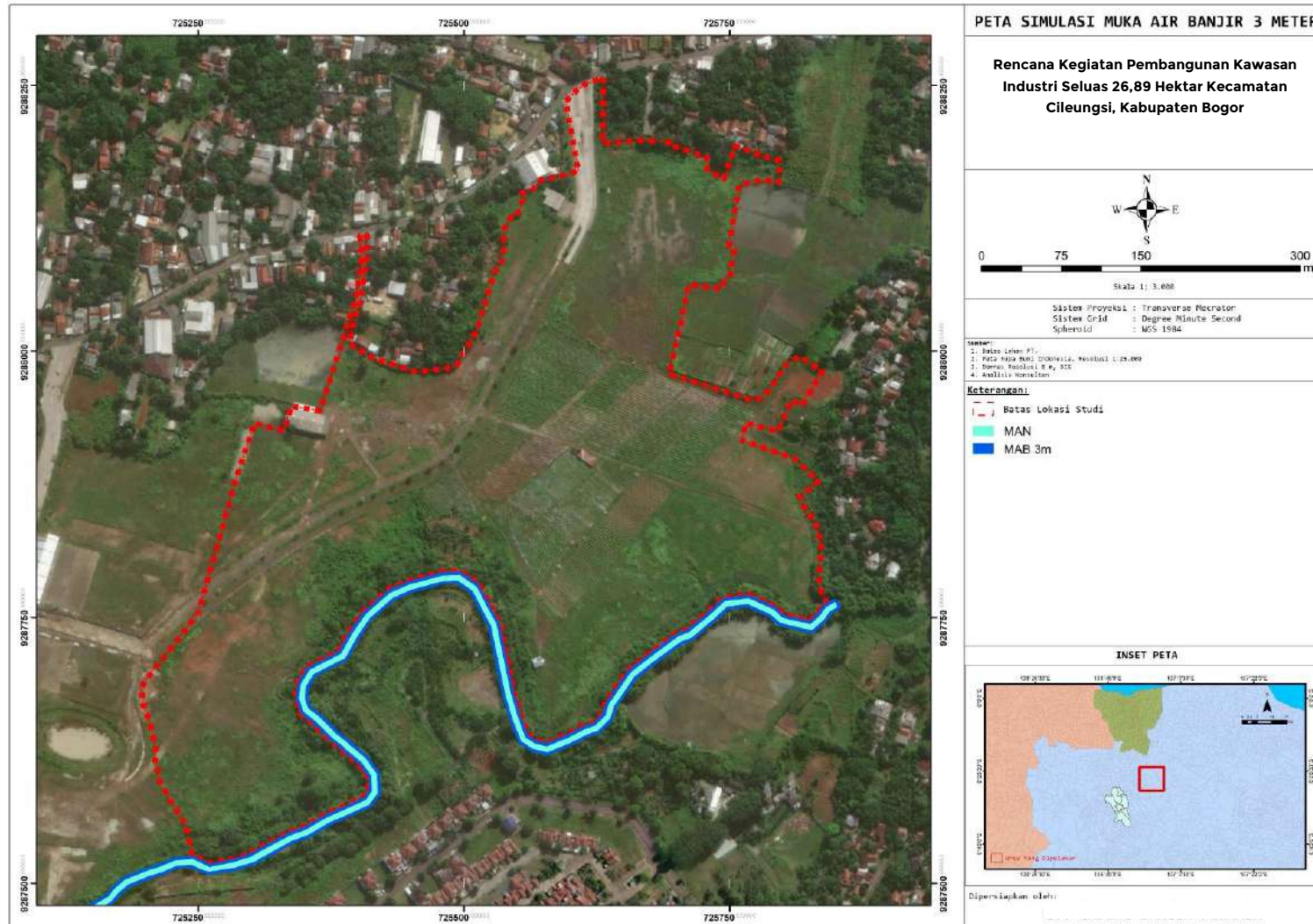
Lampiran 10 Peta Simulasi Muka Air Banjir 1 Meter



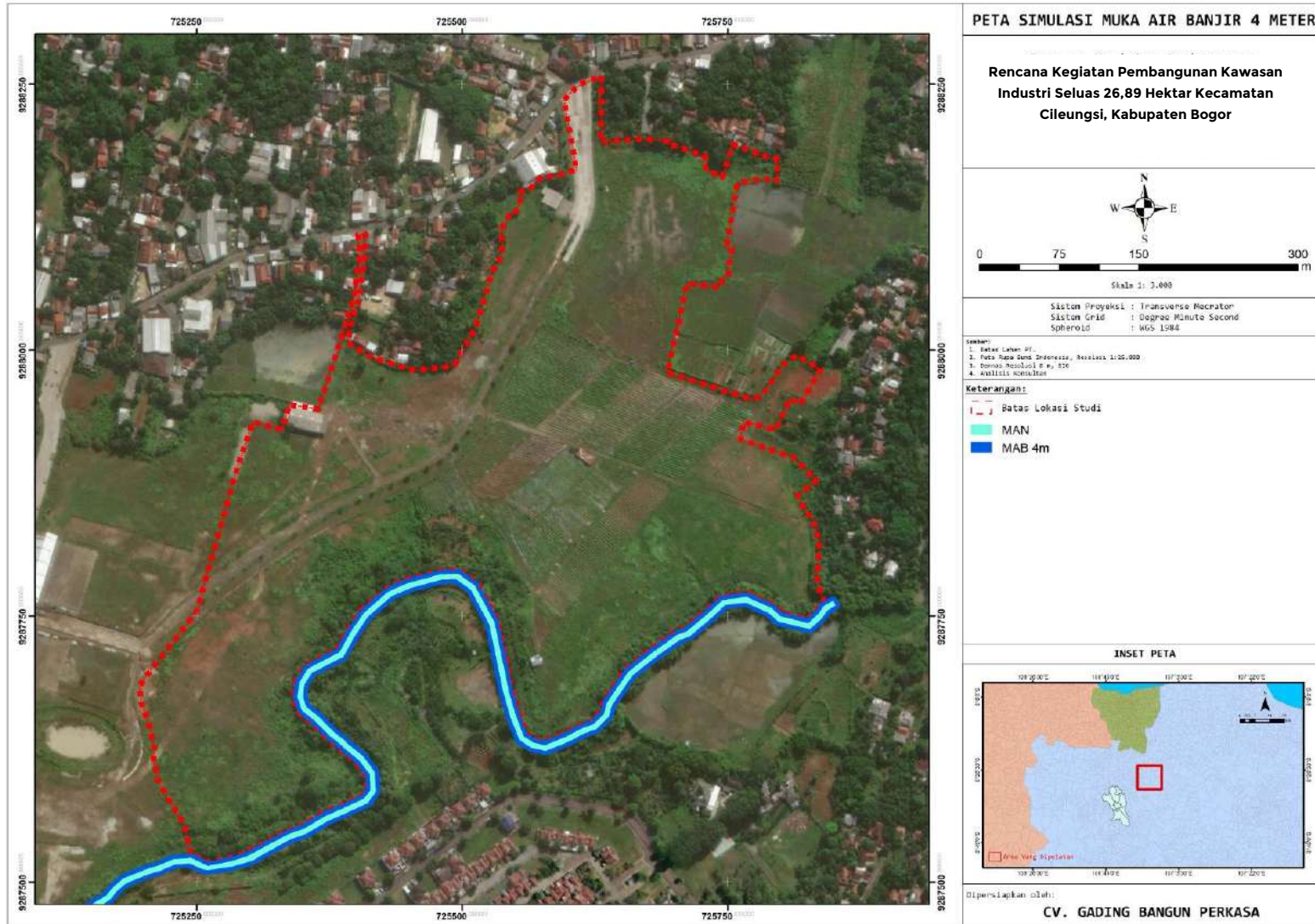
Lampiran 11 Peta Simulasi Muka Air Baniir 2 Meter



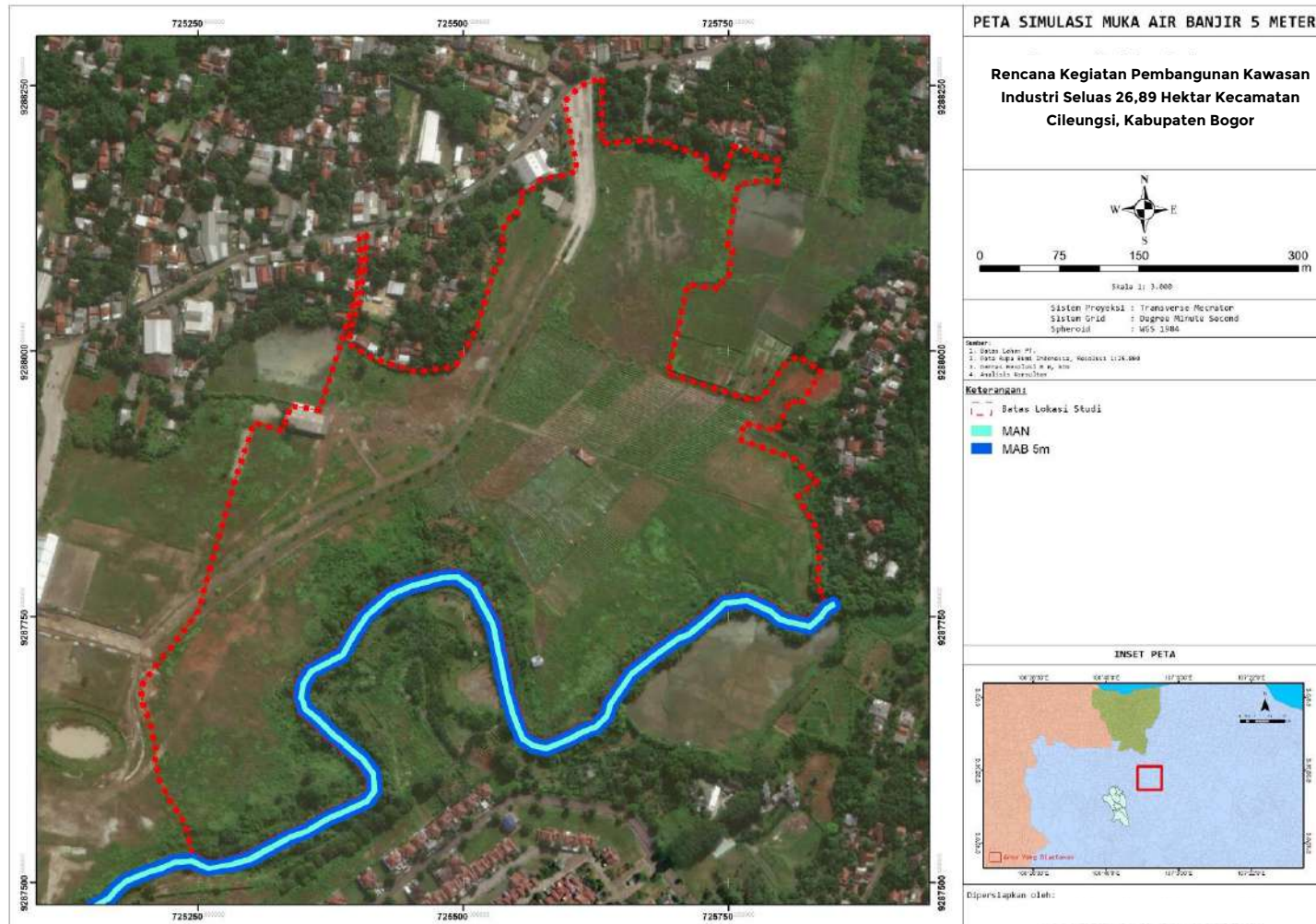
Lampiran 12 Peta Muka Air Banjir 3 Meter



Lampiran 13 Peta Simulasi Air Banjir 2 Meter



Lampiran 14 Peta Simulasi Air Banjir 5 Meter



Lampiran 15 Peta Simulasi Air Banjir 6 Meter

