

ANALISIS HIDROLOGI

Perencanaan Sistem Drainase Pada
Kawasan Seluas 76,73 Ha di Kota
Bogor



KATA PENGANTAR

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

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

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

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

Bogor, April 2025

.....
PENYUSUN

RINGKASAN EKSEKUTIF

Judul	: Analisis Hidrologi untuk Perencanaan Sistem Drainase Pada Kawasan Seluas 76,73 Ha di Kota Bogor
Lokasi	: Jl. Danau Bogor Raya, Cimahpar, Kec. Bogor Utara, Kota Bogor, Jawa Barat
Penyusun	: Dimas Ardi Prasetya Emil Wahdhi Dodik Ariyanto Muhammad Akbar

Pendahuluan

Laju pertumbuhan penduduk dan perekonomian yang cepat di Kabupaten Bogor memicu tuntutan peningkatan pembangunan di berbagai bidang, salah satunya di bidang perumahan. Semakin meningkatnya kebutuhan masyarakat akan tempat tinggal yang sehat, aman dan nyaman sehingga memerlukan perbaikan dan pembangunan sarana dan prasarana yang memadai sesuai dengan peraturan yang berlaku yaitu PERDA No. 06 Tahun 2021 Tentang Rencana Ruang Wilayah (RTRW) Kota Bogor.

Pembangunan dan pengembangan kawasan perumahan dan area wisata seluas 76,73 ha di Jl. Danau Bogor Raya, Cimahpar, Kecamatan Bogor Utara, Kota Bogor, Jawa Barat. Pembangunan berwawasan lingkungan sangatlah penting, sehingga wajib melakukan Kajian Hidrologi pada kawasan perumahan tersebut.

Masterplan

Kawasan perumahan dengan area seluas 76,73 Ha, dengan rencana pengembangannya adalah sebagai berikut: wilayah studi yang digunakan sebagai wilayah kajian merupakan wilayah yang sudah terbangun perumahan, ruko, area wisata dan ada wilayah yang akan dilaksanakan pengembangan. *Masterplan* yang direncanakan dalam proses pemetaan dasar untuk penentuan presentase kavling efektif, kavling komersil, sarana, serta prasarana & utilitas. Perencanaan pembangunan dengan kawasan perumahan, ruko, area wisata. Luas Koefisien Dasar Bangunan perencanaan sebesar 60 %.

Kondisi Existing

Berdasarkan Badan Pusat Statistik 2024, Kota Bogor memiliki rata - rata curah hujan 315.7 mm dengan curah hujan maksimum bulanan adalah 1.068 mm pada bulan November dengan jumlah hari hujan 25 hari. Pada curah hujan minimum sebesar 62.2 mm pada bulan September dengan jumlah hari hujan 9 hari. Suhu dan kelembaban udara di lokasi penelitian di perkirakan sama dengan Kota Bogor. Berdasarkan stasiun pengamatan klimatologi Jawa Barat, suhu udara berkisar rata - rata 25.5°C sampai 27.7°C , rata - rata kelembaban 72% sampai 86.3% dengan kelembaban maksimum pada bulan September.

Pembangunan kawasan perumahan sebesar 76,73 Ha diperuntukkan sebagai perumahan dan area wisata. Akses menuju wilayah terdiri dari Kalurahan Cimahpar, Kelurahan Tanah Baru dan Kelurahan Katulampa dengan lebar rata-rata 10 m. Sedangkan pada wilayah kajian terdapat akses jalan dengan lebar rata-rata 6 m. Koordinat lokasi perencanaan pembangunan perumahan dan area wisata terletak pada $6^{\circ}35'51.3''\text{S}$ dan $106^{\circ}49'46.5''\text{E}$.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik tahun 2024, Kelurahan Cimahpar memiliki luas $3,78 \text{ km}^2$. Kecamatan Bogor Utara merupakan salah satu Kecamatan di wilayah Kota Bogor dengan luas wilayah $18,14 \text{ km}^2$. Secara astronomis Kecamatan Bogor Utara terletak antara $6^{\circ}32'37'' - 6^{\circ}35'21,1'' \text{ LS}$ dan $106^{\circ}48'2,6'' - 106^{\circ}49'80'' \text{ BT}$. Ketinggian wilayah sebagian besar di Kecamatan Bogor Utara adalah antara 190 – 350 mdpl. Kecamatan Bogor Utara berbatasan sebagai berikut:

- | | | |
|-----------------|---|---|
| Sebelah Utara | : | Desa Cimandala, Desa Pasir Jambu dan Desa Pasir Laja, Kecamatan Sukaraja Kabupaten Bogor; |
| Sebelah Selatan | : | Kelurahan Babakan Madang dan Kelurahan Tegallega, Kecamatan Bogor Tengah Kota Bogor; |
| Sebelah Barat | : | Kelurahan Tanah Sereal, Kedung Badak, Kecamatan Tanah Sereal; |
| Sebelah Timur | : | Kelurahan Kecamatan Bogor Timur, Desa Sukaraja dan Desa Cadas Ngampar |

Lokasi proyek Perumahan terletak pada $6^{\circ}35'51.3''\text{S}$ dan $106^{\circ}49'46.5''\text{E}$. Secara umum gambaran lokasi proyek berada pada batas sebagai berikut:

- | | | |
|-----------------|---|--|
| Sebelah Utara | : | Kelurahan Cimahpar, Jalan Danau Bogor Raya, Jalan Tol Jagorawi |
| Sebelah Selatan | : | Kelurahan Katulampa, Kecamatan Bogor Timur, Perumahan Parahyangan Regency, Tanah Tegalan dan Tanah Kosong; |

- Sebelah Barat : Kelurahan Tanah Baru, Jl Kolonel Ahmad Syam,
Pemukiman Warga;
Sebelah Timur : Golf Estate Bogor Raya, Jalan Tol Jagorawi, Desa
Sukaraja, Kabupaten Bogor;

Topografi Kecamatan Bogor Utara terdiri dari wilayah dataran hingga perbukitan. Ketinggian lokasi kajian bervariasi mulai dari elevasi terendah pada elv. 254 meter dan elv tertinggi pada elv. 294 meter mdpl. Terdapat Sungai yaitu Sungai anak Sungai Ciliwung. Sungai pada DAS tersebut mempunyai peranan yang sangat penting dan strategis sebagai sumber air dan irigasi dan sumber air. Lokasi kajian pada kondisi *eksisting* dilintasi oleh aliran sungai.

Lokasi kajian memiliki kelas kelerengan yang terbagi atas 4 kelas lereng yaitu Topografi Kecamatan Bogor Utara bervariasi dari berombak hingga berbukit. Wilayah ini memiliki kelas kemiringan lereng yang dominan curam (slope 26-40%) dengan luas 45.4 %, 34.4 % sangat curam (slope>40%), dan 0,3% memiliki kelas kemiringan agak curam (slope16-25%) serta 19% datar (slope<8%). Menurut SNI 03-1733-2004 kemiringan lereng kawasan permukiman maksimal 15%. Tidak diperlukan tindakan rekayasa untuk kawasan yang terletak pada lahan datar landai dengan kemiringan 0-8%, dan diperlukan rekayasa teknis untuk lahan dengan kemiringan 8-15%. Sehingga diketahui bahwa sebagian besar wilayah tepat dijadikan kawasan perumahan. Pada wilayah aktual memiliki dominasi kelerengan 2.84-9.09%.

Struktur geologi di daerah lembah 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 pasiran 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

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>)	8
2.6. Hidrologi Existing	11
2.7. Tanah	12
BAB III. TINJAUAN GEOLOGI DAN HIDROGEOLOGI	14
3.1. Fisiografi Lembar Bogor	14
3.1.1. Batuan Sedimen (Bagian selatan)	14
3.1.2. Batuan Sedimen (Bagian Utara)	16
3.1.3. Endapan Permukaan	18
3.2. Tektonik dan Struktur Geologi	19
3.3. Kerawanan Geologi	20
3.4. Kondisi Daerah Berpotensi Bencana	21
3.5. Jejaring Aliran (<i>Flownet</i>) dan Hidrogeologi	23
3.6 Pengolahan Data Hidrologi	32
BAB IV. ANALISIS HIDROLOGI	39
4.1. Kondisi Existing Sungai	39
4.2. Profil Sungai dan Saluran	40
4.3. Analisis Infiltrasi	43
4.4. Analisis Curah Hujan	47
4.4.1. Intensitas Hujan	49
4.4.2. Debit dan Volume Limpasan	51
BAB V. ANALISIS HIDROLIKA	53

ANALISIS HIDROLOGI KAWASAN PERUMAHAN 76,73 HA

5.1. Drainase dan Bangunan Konservasi	53
5.1.1. Saluran Drainase	53
5.1.2. Kolam Retensi	56
BAB VI. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	59
6.1. Kesimpulan	59
6.2. Rekomendasi	61
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	65

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Syarat penggunaan jenis sebaran.....	34
Tabel 2 Nilai koefisien limpasan metode rasional	34
Tabel 3 Koefisien kekasaran manning.....	36
Tabel 4 Tinggi jagaan drainase pasang batu dan dari tanah.....	37
Tabel 5 Unsur geometris penampang saluran persegi dan trapesium	38
Tabel 6 Hubungan antara nilai Q, h, dan b/h untuk saluran drainase	38
Tabel 7 Hasil perhitungan debit sungai pada wilayah kajian.....	43
Tabel 8 Data hasil pengukuran laju infiltrasi titik 1	45
Tabel 9 Hasil pengolahan data infiltrasi titik 1	46
Tabel 10 Curah Hujan Tahunan Maksimum.....	51
Tabel 11 Hasil perhitungan koefisien C _k , C _s , dan C _v	48
Tabel 12 Hasil Analisis Distribusi Curah Hujan Metode Gumbel.....	52
Tabel 13 Intensitas Hujan.....	50
Tabel 14 Hasil perhitungan koefisien limpasan kumulatif (C _r)	52
Tabel 15 Debit dan Volume Limpasan.....	52
Tabel 16 Bentuk Penampang Saluran Drainase.....	54
Tabel 17 Hasil perhitungan dimensi kolam retensi	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Peta citra kegiatan pembangunan perumahan	5
Gambar 2 Peta batas desa kegiatan pembangunan perumahan	5
Gambar 3 Master plan kegiatan pembangunan perumahan.....	6
Gambar 4 Kondisi lahan pada lokasi perencanaan.....	8
Gambar 5 Topografi wilayah pengembangan.....	9
Gambar 6 Kelerengan lahan wilayah kajian	10
Gambar 7 Peta kontur wilayah kajian.....	10
Gambar 8 Kondisi anak sungai ciliwung.....	11
Gambar 9 Peta Geologi Wilayah Pengembangan.....	20
Gambar 10 Jenis – Jenis Longsor.....	23
Gambar 11 Zona Akuifer	27
Gambar 12 Peta hidrogeologi permukaan	28
Gambar 13 Peta hidrogeologi dalam	29
Gambar 14 Gambaran Kondisi Akuifer	30
Gambar 15 Gambaran Umum Jejaring Aliran	31
Gambar 16 Pola jejaring aliran (<i>flownet</i>) 2D Lokasi Kajian	32

ANALISIS HIDROLOGI KAWASAN PERUMAHAN 76,73 HA

Gambar 17 Kondisi Anak Sungai Ciliwung.....	40
Gambar 18 Penampang melintang anak Sungai Ciliwung	41
Gambar 19 Peta penampang melintang anak Sungai Ciliwung	42
Gambar 20 Pengukuran kecepatan aliran sungai	43
Gambar 21 Pengukuran laju infiltrasi.....	44
Gambar 22 Grafik laju infiltrasitik 1	47
Gambar 23 Curah Hujan Rancangan Metode Gumbel	49
Gambar 24 Grafik Intensitas Hujan (mm/jam)	50
Gambar 25 Blok plan pembagian DTA.....	51
Gambar 26 Bentuk Penampang Saluran Drainase.....	53
Gambar 27 Penampang melintang drainase primer pada masing-masing DTA.....	55
Gambar 28 Penampang melintang drainase sekunder pada masing-masing DTA ..	56
Gambar 29 Contoh Detail Penampang Drainase Lingkungan Bentuk Segi Empat... <td>56</td>	56
Gambar 30 Kolam Retensi lokasi kajian	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta topografi wilayah pengembangan	66
Lampiran 2 Peta kelerengan lahan wilayah kajian.....	67
Lampiran 3 Peta kontur wilayah kajian.....	68
Lampiran 4 Peta Geologi Wilayah Kajian	69
Lampiran 5 Peta Hidrogeologi Permukaan	70
Lampiran 6 Peta Hidrogeologi Dalam.....	71
Lampiran 7 Peta Penampang Sungai.....	72
Lampiran 8 Pola Jejaring Aliran (Flownet) 2D	75

BAB I. PENDAHULUAN

Laju pertumbuhan penduduk dan perekonomian yang cepat di Kota Bogor memicu tuntutan peningkatan pembangunan di berbagai bidang, salah satunya di bidang perumahan. Semakin meningkatnya kebutuhan masyarakat akan tempat tinggal yang sehat, aman dan nyaman sehingga memerlukan perbaikan dan pembangunan sarana dan prasarana yang memadai sesuai dengan peraturan yang berlaku yaitu PERDA No. 06 Tahun 2021 Tentang Rencana Ruang Wilayah (RTRW) Kota Bogor.

Pembangunan berwawasan lingkungan di Kecamatan Bogor Utara mengubah lahan seluas 76.73 ha menjadi kawasan perumahan yang terintegrasi dengan ruang terbuka hijau dan sistem pengelolaan air limbah terpadu untuk mendukung keberlanjutan lingkungan dan kenyamanan penghuni.

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 diperbarui, bukan berarti tidak memiliki keterbatasan dalam memenuhi kebutuhan manusia, baik dari sisi kuantitas maupun kualitasnya serta penyebaran dari suatu waktu dan lokasi. Oleh karena itu, dengan keterbatasan sumberdaya air ini perlu pengelolaan yang cermat, agar kebutuhan air dapat terpenuhi dan terjamin dari waktu ke waktu. Permasalahannya saat ini adalah sumber daya air relatif tetap karena proses pemulihan air memerlukan waktu yang cukup panjang, sementara manusia semakin banyak jumlahnya, sehingga kebutuhan air semakin meningkat.

Sejalan dengan pertumbuhan dan pembangunan suatu wilayah diikuti pula dengan peningkatan jumlah penduduk dan kebutuhan sarana pemukiman. Keterbatasan luas dan wilayah lahan pemukiman yang ada mendesak untuk digunakannya lahan pertanian dan lahan hijau sebagai wilayah pemukiman. Padahal perubahan tata guna lahan pada suatu daerah tangkapan air akan sangat mempengaruhi aspek hidrologi. Perubahan karakteristik hidrologi akibat perubahan tata guna lahan antara lain adalah erosi, debit banjir, dan infiltrasi. Perubahan penggunaan lahan pertanian dan lahan hijau menjadi pemukiman berdasarkan kaidah yang diatur dan tetap harus dapat menjamin kelestarian lingkungan. Dengan demikian, perlu dilakukan kajian hidrologi terhadap perubahan penggunaan lahan pertanian dan lahan hijau menjadi pemukiman di area kajian.

1.1.Perumusan Masalah

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

1.2.Maksud dan Tujuan

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

- a. Acuan bagi pihak-pihak yang terkait dalam mendukung master plan dan rencana ruang di Perumahan yang akan dibangun oleh.
- b. Memberikan masukan dalam penyusunan program yang perlu dilaksanakan dalam rangka mengembalikan siklus hidrologi pada areal perubahan tata guna lahan pertanian menjadi pemukiman.
- c. Melaksanakan ketentuan perundang-undangan yang berlaku PERDA No. 06 Kota Bogor Tahun 2021 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Bogor sebagai wujud upaya konservasi dan pelestarian sumber daya air dan lingkungan hidup.

Tujuan dari kegiatan ini adalah:

- a. Mengidentifikasi rencana kegiatan untuk memelihara dan menjaga keseimbangan siklus hidrologi pada perubahan tata guna lahan hijau menjadi pemukiman, sehingga keandalan sumber-sumber air secara kuantitas airnya dapat terkendali.

- b. Mengetahui secara keruangan dan kelingkungan mengenai potensi yang dapat dikembangkan dan masalah daerah tangkapan air yang harus ditangani akibat perubahan tataguna lahan yang meliputi: Penataan *Drainase* dan Bangunan Air.

1.3. Manfaat

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

BAB II. GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN

2.1. Master Plan

Gambaran umum wilayah kajian saat ini berupa sudah berupa kawasan perumahan. Akses jalan untuk menuju wilayah kajian berupa jalan desa dengan rata-rata lebar 6 m berupa jalan beton. Wilayah kajian dilewati oleh anak sungai Ciliwung.

Pembangunan kawasan perumahan pada area seluas area seluas 76.73 Ha yang berlokasi di Jl. Danau Bogor Raya, Cimahpar, Kec. Bogor Utara, Kota Bogor, Jawa Barat. Perencanaan pembangunan kawasan meliputi perumahan, ruko dan area wisata. Koefisien Dasar Bangunan (KDB) diperkirakan sebesar wilayah terbangun sebesar 60% dan Koefisien Dasar Hijau (KDH) sebesar 40% dari total luas seluruhnya. Pembangunan berwawasan lingkungan sangatlah penting dilakukan, sehingga perlu adanya Kajian Hidrologi pada lokasi rencana pembangunan perumahan tersebut.

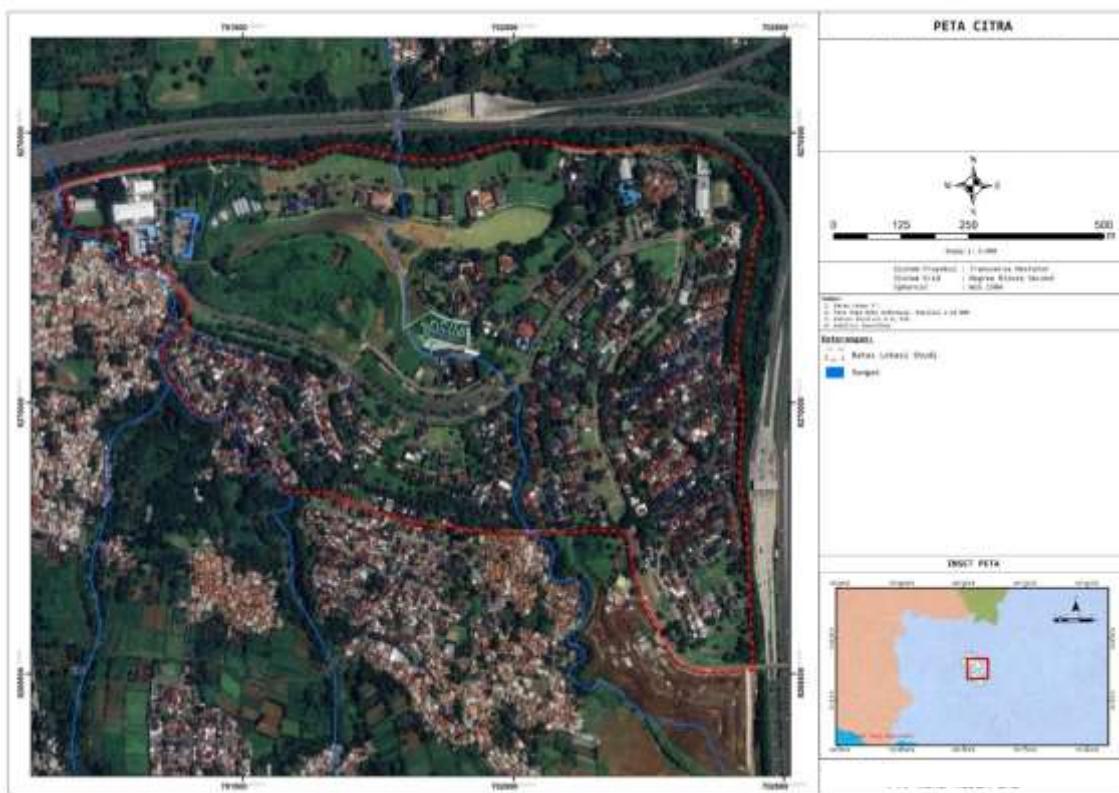
2.2. Lokasi Proyek

Kecamatan Bogor Utara terletak antara $6^{\circ}32'37''$ - $6^{\circ}35'21,1''$ LS dan $106^{\circ}48'2,6''$ - $106^{\circ}49'80''$ BT. disajikan pada Gambar 1. Secara administratif Kecamatan Bogor Utara terdiri dari delapan Kelurahan atau desa, yaitu : Bantarjati, Tegalgundil, Tanah baru, Cimahpar, Ciluar, Cibuluh, Kedunghalang, dan Ciparigi. Lokasi keberadaan proyek terletak di Kelurahan Cimahpar tepatnya pada koordinat $6^{\circ}35'51.3''S$ dan $106^{\circ}49'46.5''E$. Luas area proyek 76.73 Ha yang terletak di Kelurahan Cimahpar, Kecamatan Bogor Utara, Kota Bogor sebagai zona pemukiman dengan kepadatan tinggi dan rawan banjir.

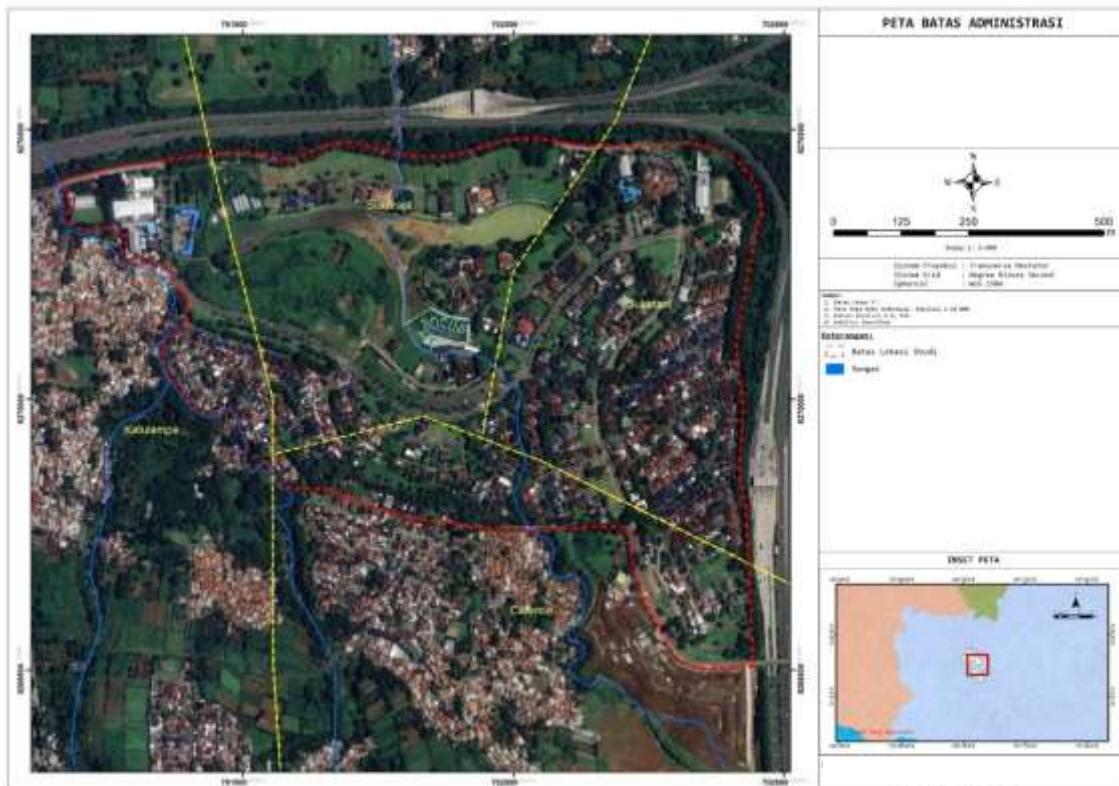
Master plan proyek ditunjukan pada Gambar 3. Lokasi proyek Perumahan terletak pada $6^{\circ}35'51.3''S$ dan $106^{\circ}49'46.5''E$. Secara umum gambaran lokasi proyek berada pada batas sebagai berikut:

- | | | |
|-----------------|---|--|
| Sebelah Utara | : | Kelurahan Cimahpar, Jalan Danau Bogor Raya,
Jalan Tol Jagorawi |
| Sebelah Selatan | : | Kelurahan Katulampa, Kecamatan Bogor Timur,
Perumahan Parahyangan Regency, Tanah Tegalan
dan Tanah Kosong; |
| Sebelah Barat | : | Kelurahan Tanah Baru, Jl Kolonel Ahmad Syam,
Pemukiman Warga; |
| Sebelah Timur | : | Golf Estate Bogor Raya, Jalan Tol Jagorawi, Desa
Sukaraja, Kabupaten Bogor; |

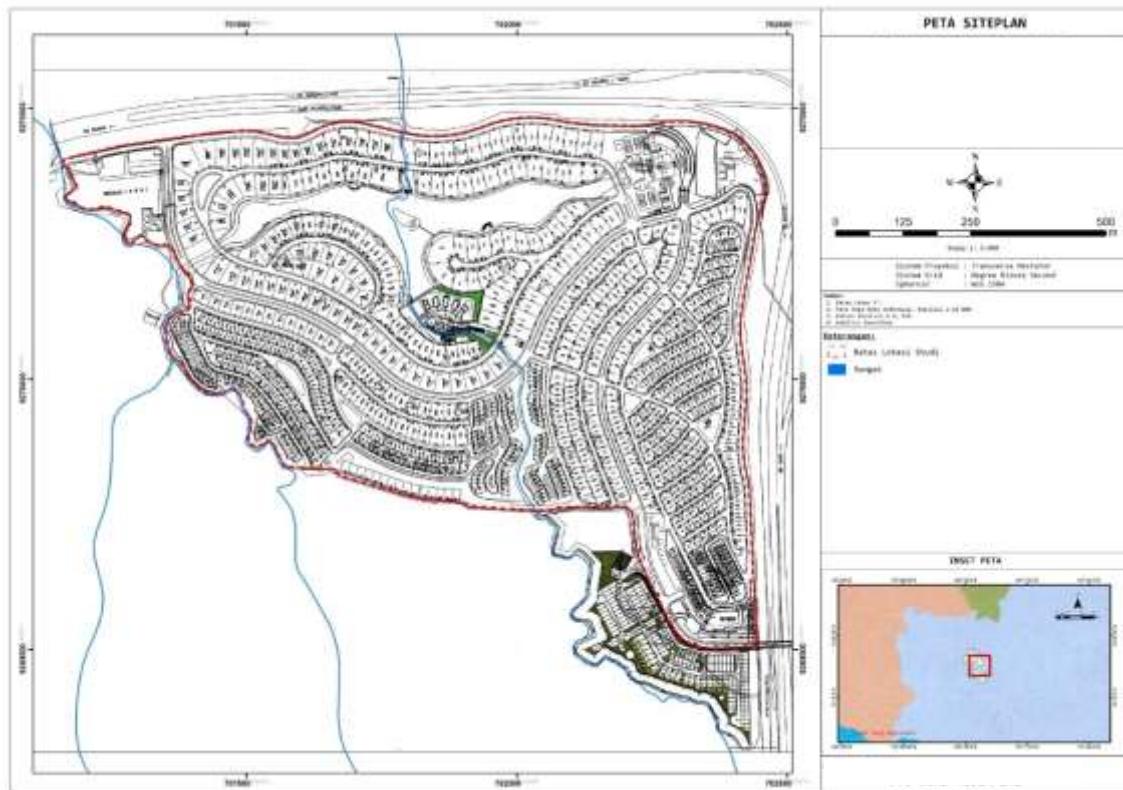
ANALISIS HIDROLOGI KAWASAN PERUMAHAN 76.73 HA



Gambar 1 Peta citra kegiatan pembangunan perumahan



Gambar 2 Peta batas desa kegiatan pembangunan perumahan



Gambar 3 Master plan kegiatan pembangunan perumahan

2.3. Iklim

Kota Bogor memiliki rata - rata curah hujan 315.7 mm dengan curah hujan maksimum bulanan adalah 1.068 mm pada bulan November dengan jumlah hari hujan 25 hari. Pada curah hujan minimum sebesar 62.2 mm pada bulan September dengan jumlah hari hujan 9 hari. Suhu dan kelembaban udara di lokasi penelitian di perkirakan sama dengan Kota Bogor. Berdasarkan stasiun pengamatan klimatologi Jawa Barat, suhu udara berkisar rata - rata 25.5°C sampai 27.7°C , rata - rata kelembaban 72% sampai 86.3% dengan kelembaban maksimum pada bulan Maret dan kelembaban minimum pada bulan September.

2.4. Kondisi Penutupan Lahan

Kondisi penutupan lahan pada area merupakan kondisi tanah yang memiliki kontur bervariasi seperti tanah datar dan lereng yang cukup curam di dekat badan air. Pemanfaatan tanah di area proyek pada awalnya berupa kebun warga yang berbatasan dengan pemukiman yang berada di sebelah Timur dan Utara. Jenis tanaman yang paling banyak ditemui adalah singkong, rerumputan dan tanaman liar yang berada di sebelah Barat dan di sebelah Selatan berbatasan dengan tanah warga. Pengembangan lahan sebesar 76.73 Ha yang diperuntukkan sebagai kawasan perumahan. Akses menuju wilayah terdiri dari Kalurahan Cimahpar, Kelurahan Tanah Baru dan Kelurahan Katulampa dengan lebar rata-rata 10 m. Sedangkan pada wilayah kajian terdapat akses jalan dengan lebar rata-rata 6 m. Pada beberapa jalan

ANALISIS HIDROLOGI KAWASAN PERUMAHAN 76.73 HA

tidak terdapat saluran *drainase* di samping jalan. Pada saat ini kondisi eksisting sudah berupa kawasan perumahan, ruko, dan area wisata dan ada beberapa wilayah yang akan dilakukan pengembangan.





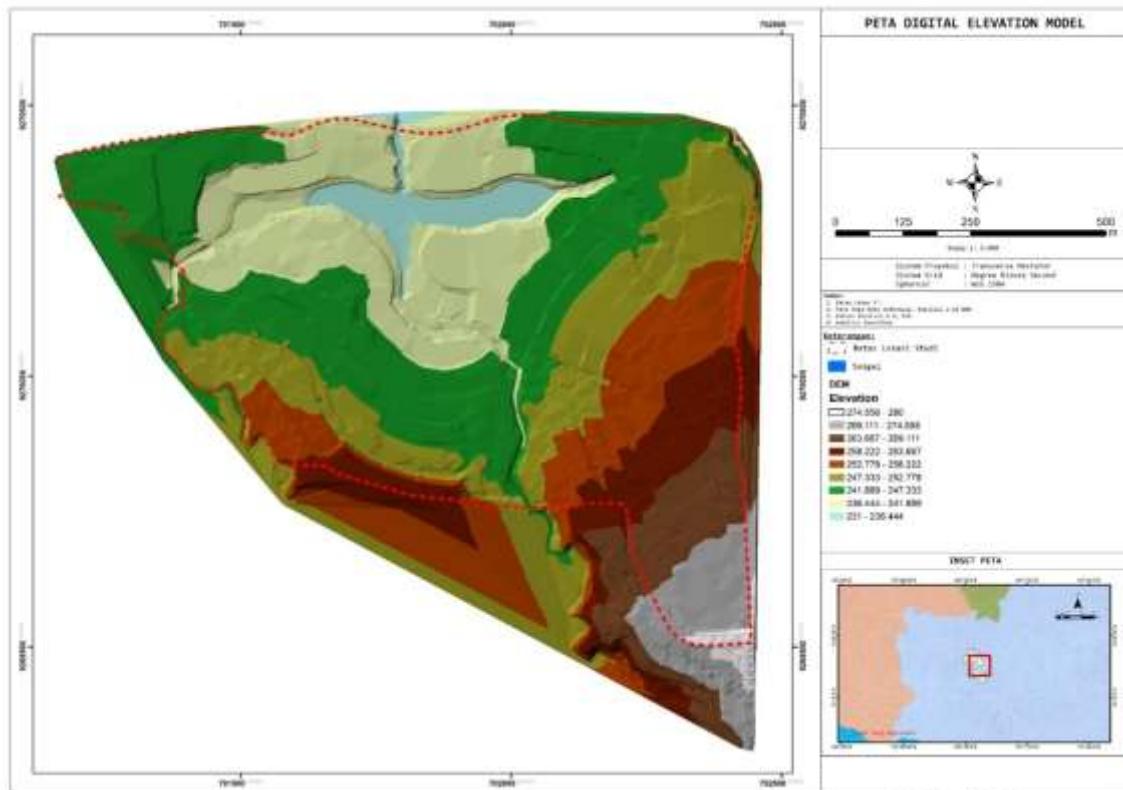
Gambar 4 Kondisi lahan pada lokasi perencanaan

Pada wilayah eksisting terdapat aliran Sungai yang melintas yaitu Anak Sungai Ciliwung. Anak Sungai Ciliwung memiliki lebar berkisar 4-10 Meter dengan kedalaman muka air normal berkisar 0,5 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 bangunan perumahan hanya terdapat jalan akses yang diperkirakan untuk mempermudah mobilisasi material.

2.5. Topografi dan Kemiringan Lahan (*Slope*)

Kecamatan Bogor Utara terletak di antara $6^{\circ}32'37''$ - $6^{\circ}35'21,1''$ LS dan $106^{\circ}48'2,6''$ - $106^{\circ}49'80''$ BT. Topografi Kecamatan Bogor Utara terdiri dari wilayah relatif datar dengan pemanfaatan sebagai lahan pertanian seperti pada Gambar 7. Ketinggian lokasi kajian bervariasi mulai dari *elevasi* terendah pada elv. 254 meter dan elv tertinggi pada elv. 294 meter mdpl. dengan kemiringan lereng yang bervariatif, 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.

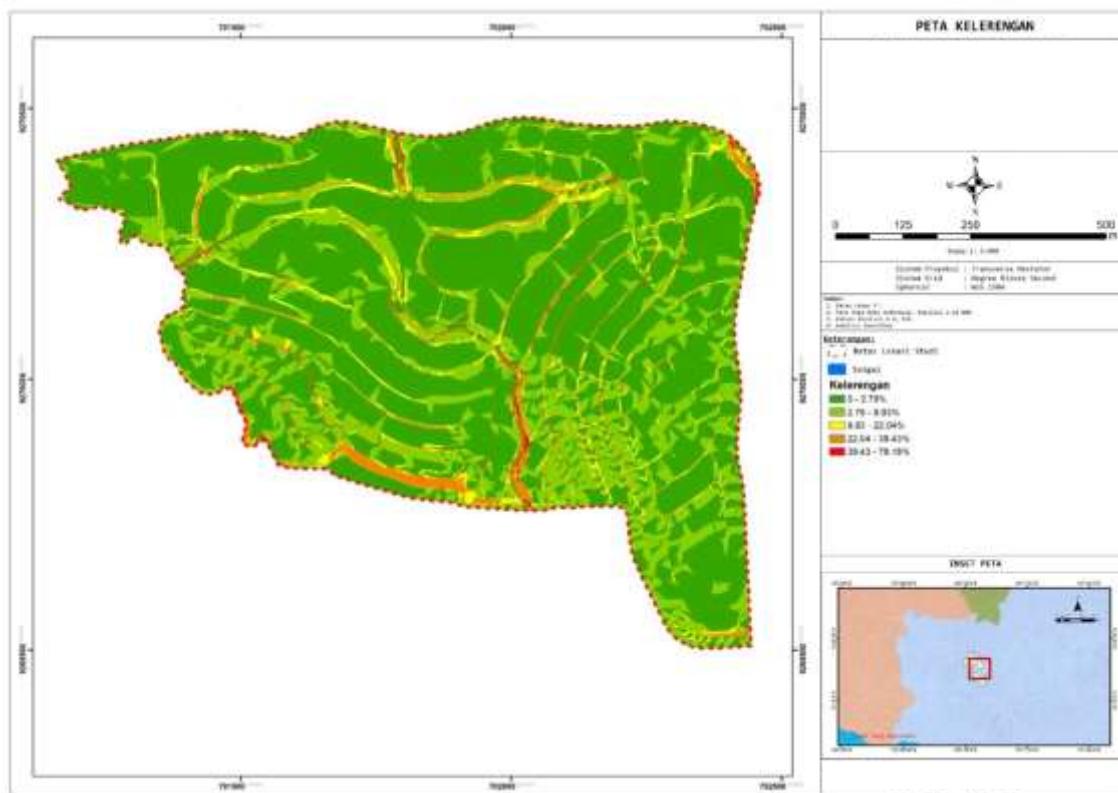
ANALISIS HIDROLOGI KAWASAN PERUMAHAN 76.73 HA



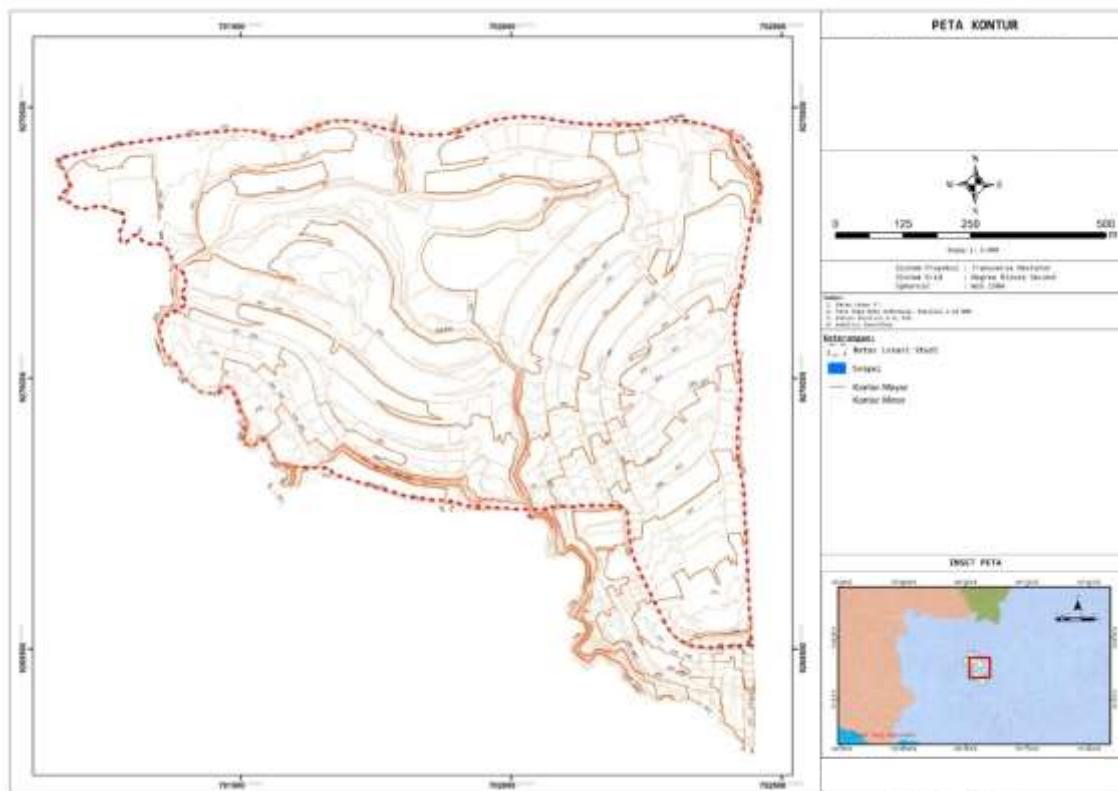
Gambar 5 Topografi wilayah pengembangan

Lokasi kajian memiliki kelas kelerengan yang terbagi atas 4 kelas lereng yaitu Topografi Kecamatan Bogor Utara bervariasi dari berombak hingga berbukit. Wilayah ini memiliki kelas kemiringan lereng yang dominan curam (slope 26-40%) dengan luas 45.4 %, 34.4 % sangat curam (slope>40%), dan 0,3% memiliki kelas kemiringan agak curam (slope16-25%) serta 19% datar (slope<8%). Menurut SNI 03-1733-2004 kemiringan lereng kawasan permukiman maksimal 15%. Tidak diperlukan tindakan rekayasa untuk kawasan yang terletak pada lahan datar landai dengan kemiringan 0-8%, dan diperlukan rekayasa teknis untuk lahan dengan kemiringan 8-15%. Sehingga diketahui bahwa sebagian besar wilayah tepat dijadikan kawasan perumahan. Sementara, untuk wilayah dengan kelerengan yang curam dapat dilakukan rekayasa pembangunan dengan *cut and fill* terlebih dahulu. Kelerengan kawasan lokasi kajian dapat dilihat pada peta kelerengan pada Gambar 6.

ANALISIS HIDROLOGI KAWASAN PERUMAHAN 76.73 HA



Gambar 6 Kelerengan lahan wilayah kajian



Gambar 7 Peta kontur wilayah kajian

2.6. Hidrologi Existing

Secara hidrologis wilayah Kota Bogor dialiri oleh dua sungai besar dan tujuh sungai, yang secara keseluruhan anak – anak sungai itu membentuk pola aliran pararel-subpararel sehingga mempercepat waktu mencapai debit puncak pada dua sungai besar yaitu Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung dan Daerah Aliran Sungai (DAS) Cisadane. Kota Bogor memanfaatkan kedua sungai ini sebagai sumber air baku. Disamping itu terdapat sistem jaringan irigasi berupa situ dan danau. Pada kondisi eksisting wilayah kajian pengembangan dialiri anak Sungai Ciliwung dan dengan debit dipengaruhi oleh kondisi iklim. Kondisi hidrologi air tanah didapatkan keterdapatannya air tanah berada pada kisaran 2 - 3 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 anak sungai ciliwung

Kondisi eksisting menunjukkan adanya sungai yang melintas, sungai melintas adalah sungai anak sungai ciliwung yang membentang di Utara pada wilayah kajian. Pada lokasi kajian, anak sungai Ciliwung melintasi area kawasan perumahan.

Sungai-sungai yang berada di Kecamatan Bogor Utara posisinya membentang, mengalir dari daerah selatan ke utara dan terdapat sebanyak 1 (satu) Daerah Aliran Sungai (DAS) yaitu DAS Ciliwung dan 1 (satu) Sub Daerah Aliran Sungai (Sub-DAS) yaitu Anak Sungai Ciliwung. Sungai-sungai pada DAS tersebut

mempunyai peranan yang sangat penting dan strategis sebagai sumber air dan irigasi dan sumber air. Pada wilayah studi merupakan wilayah yang dikelilingi aliran Anak Sungai Ciliwung yang memiliki lebar hampir seragam yaitu berkisar 4 - 10 meter dan kedalaman muka air normal berkisar 0,3 – 0,5 meter seperti pada Gambar 8.

Pada kondisi eksisting hanya terdapat tata guna lahan kebun warga (lahan pertanian). Selain itu pada kondisi eksisting terdapat hutan bambu yang terdapat di dekat badan air (Anak Sungai Ciliwung) dengan kontur yang cukup curam yang mengelilingi di sekitar lokasi kajian.

2.7. Tanah

Kota Bogor khususnya Kecamatan Bogor Utara 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 Kota 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 (Anak Sungai Ciliwung).

Kesuburan tanah merupakan kemampuan *inherent* tanah menyediakan unsur hara dalam jumlah yang cukup dan perbandingan yang tepat bagi tanaman. Tanah dengan jenis *Typic Hapludult* memiliki laju infiltrasi rendah dengan kapasitas memegang air yang cukup baik. Hal ini menyebabkan tanah cenderung becel, aliran air permukaan (*run off*) tinggi, dan tanah sulit diolah pada lokasi belereng. Selain itu, kandungan bahan organiknya sedang dan ditemukan pada kedalaman lebih dari 20 cm. Kandungan P₂O₅ 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 kejemuhan 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 volkanik. 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 dikelompokan secara sederhana menjadi 3 satuan batuan, yakni:

1. Batuan Sedimen Tersier
2. Batuan Volkanik 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 Aseupan 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 pasiran, batu pasir, tufaan dan tufa dengan sisipan lapisan tipis-tipis breksi. Tersingkap terbatas di sebelah tenggara lembar peta meliputi daerah Bojong lopang dan Cijangkar.
- h. Formasi Bojong lopang, berumur Miosen Tengah terdiri dari batu gamping terumbu padat dan batu gamping pasiran berlapis. Ketebalan berkisar antara 250 m hingga 300 m (Anonymous, 1939). Penyebarannya setempat-setempat disebelah tenggara lembar peta.
- i. Formasi Lengkong, satuan formasi ini berumur Miosen Tengah, terdiri dari batu pasir gampingan, batu lanau, lempung dan lignit. Ketebalan satuan ini mencapai lebih dari 300 m (Lemigas, 1973). Penyebarannya terbatas disebelah barat daya lembar peta sekitar daerah Leweung kolot kawung. Satuan batuan ini bertindak sebagai nir-akuifer.
- j. Anggota Batu Gamping Nyalindung, satuan batuan ini berumur Miosen atas, terdiri dari lensa-lensa batu gamping yang mengandung *moluska* dan *foraminifera*. Penyebarannya cukup kecil terbatas di sekitar Nyalindung sebelah barat daya lembar peta. Satuan ini bertindak sebagai nir-akuifer.

- k. Formasi Nyalindung, satuan formasi ini berumur Miosen atas, terdiri dari batu pasir glokonit gampingan berwarna hijau, lempung napalan, napal pasiran, konglomerat, breksi batu gamping dan napal. Penyebarannya terbatas di sebelah selatan dan tenggara lembar peta meliputi daerah-daerah Cikadu, Bantargadung, G. Gandaria, Pr. Lemah duwur, 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 kuarter (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 pengkekaran berkembang kurang

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

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

3.1.3. Batuan Gunung Api dan Terobosan

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

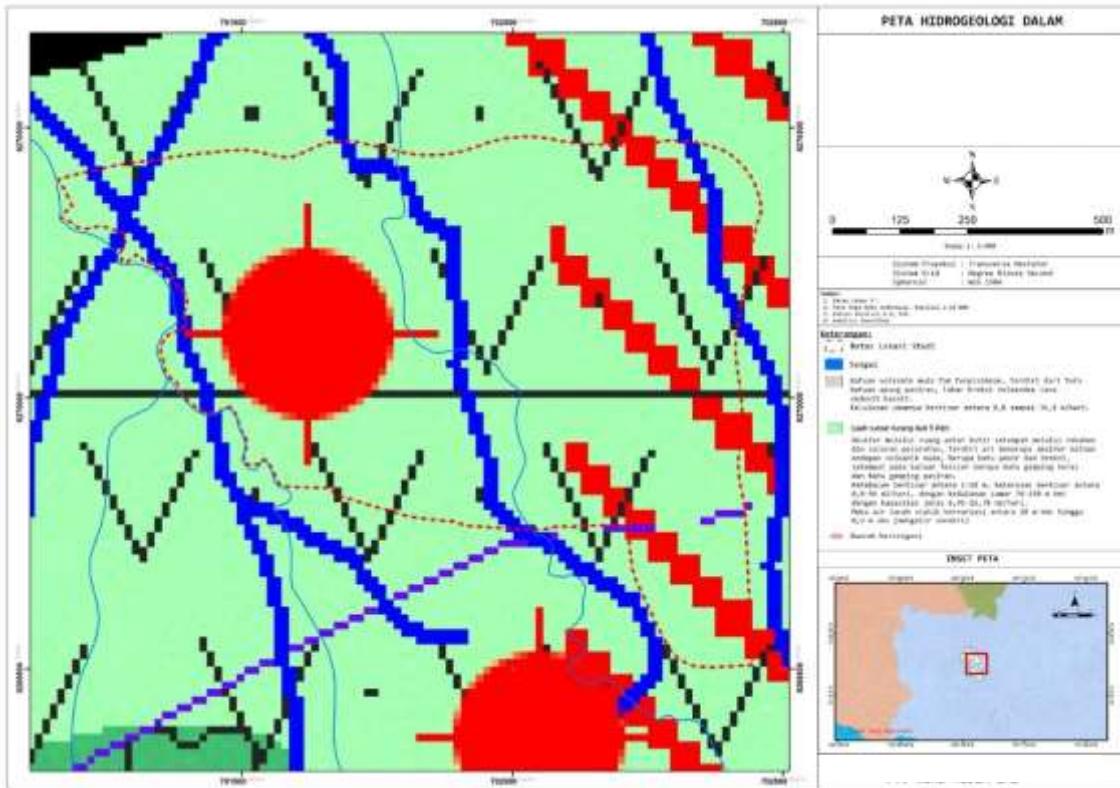
(Holosen). Penyebarannya terbatas di sebelah barat daya lembar peta, yakni di sepanjang pantai Pelabuhan Ratu. Endapan lepas ini mempunyai harga kelulusan relatif tinggi dan dapat diharapkan sebagai lapisan pengantar air (akuifer).

3.2. Tektonik dan Struktur Geologi

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

- a. Formasi Jatiluhur (Tmj) yang diisi oleh napal dan serpih lempungan, dan sisipan batupasir kuarsa bertambah pasiran 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. Gambaran kondisi geologi kawasan lokasi kajian dapat dilihat Gambar 9.



Gambar 9 Peta Geologi Wilayah Pengembangan

3.3. Kerawanan Geologi

Di Jawa Barat, Kota 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 gelologi 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 6 kecamatan di Kota Bogor, yaitu Bogor Utara, Tanah Sereal, Bogor Barat, Bogor Tengah, Bogor Timur dan Bogor Selatan 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 (Anak Sungai Ciliwung). Berdasar kondisi geologi lembar bogor memiliki batuan penyusun berupa nopal 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

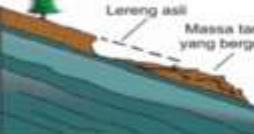
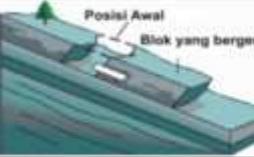
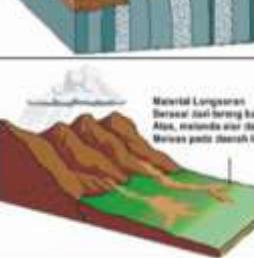
2-3 m. Komposisi didapatkan dari hasil pengeboran sumur yang dilakukan oleh penduduk sekitar.

Tata guna lahan didominasi oleh tanah perkebunan warga. Pada sekitar wilayah pengembangan terdapat Anak Sungai Ciliwung dengan debit yang berfluktuatif berdasarkan kondisi iklim. Kenaikan muka air banjir dari anak Sungai Ciliwung berkisar antara 2,5 – 6 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 Kota Bogor maka dapat diketahui daerah gerakan tanah termasuk kedalam zona dengan potensi terjadi gerakan tanah menengah-tinggi. Pergerakan tanah ini diartikan sebagai daerah yang berpotensi pergerakan tanah menengah sampai tinggi untuk pergerakan tanah. Pada zona ini dapat terjadi pergerakan tanah jika curah hujan diatas normal, terutama pada daerah yang berbatasan dengan lembah sungai, gawir, tebing jalan atau jika lereng mengalami gangguan. Pada lokasi pengembangan dapat diprediksi pergerakan tanah disebabkan oleh:

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

Menurut Subowo (2003), ada 6 (enam) jenis longsor lahan antara lain longsoran translasi, longsoran rotasi, pergerakan blok, runtuhannya batu, rayapan tanah, dan aliran bahan rombakan seperti tersaji pada Gambar 10 berikut.

Jenis Longsor	Sketsa	Keterangan
Longsoran Translasi		Longsoran translasi adalah bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai.
Longsoran Rotasi		Longsoran rotasi adalah bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung.
Pergerakan Blok		Pergerakan blok adalah bergeraknya batuan pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsoran ini disebut longsoran 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 10Jenis – 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 lengas 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 aquifer 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 aquifer (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 (semi impermeable 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 metamorfisme, pemanasan 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 mineralisasi 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.

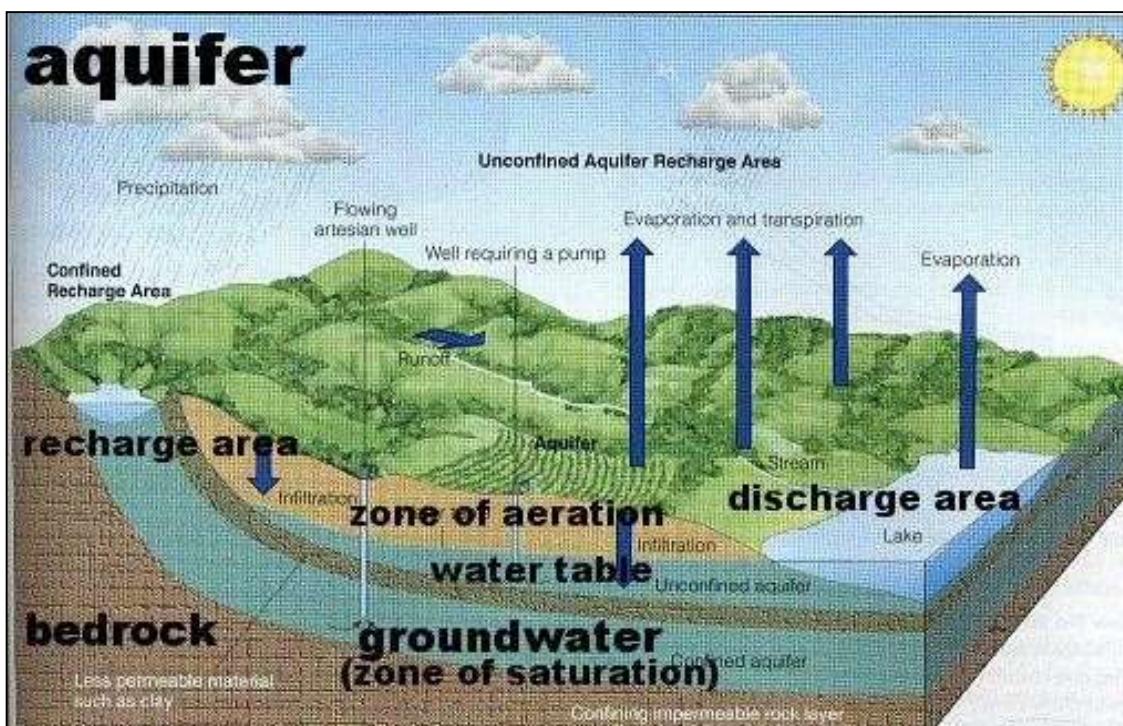
Zona akuifer tidak jenuh adalah suatu zona penampung air di dalam tanah yang terletak di atas permukaan air tanah (*water table*) baik dalam keadaan alamiah (permanen) atau sesaat setelah berlangsungnya periode pengambilan air tanah. Zona akuifer jenuh adalah suatu zona penampung air tanah yang terletak 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 aquifer 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.



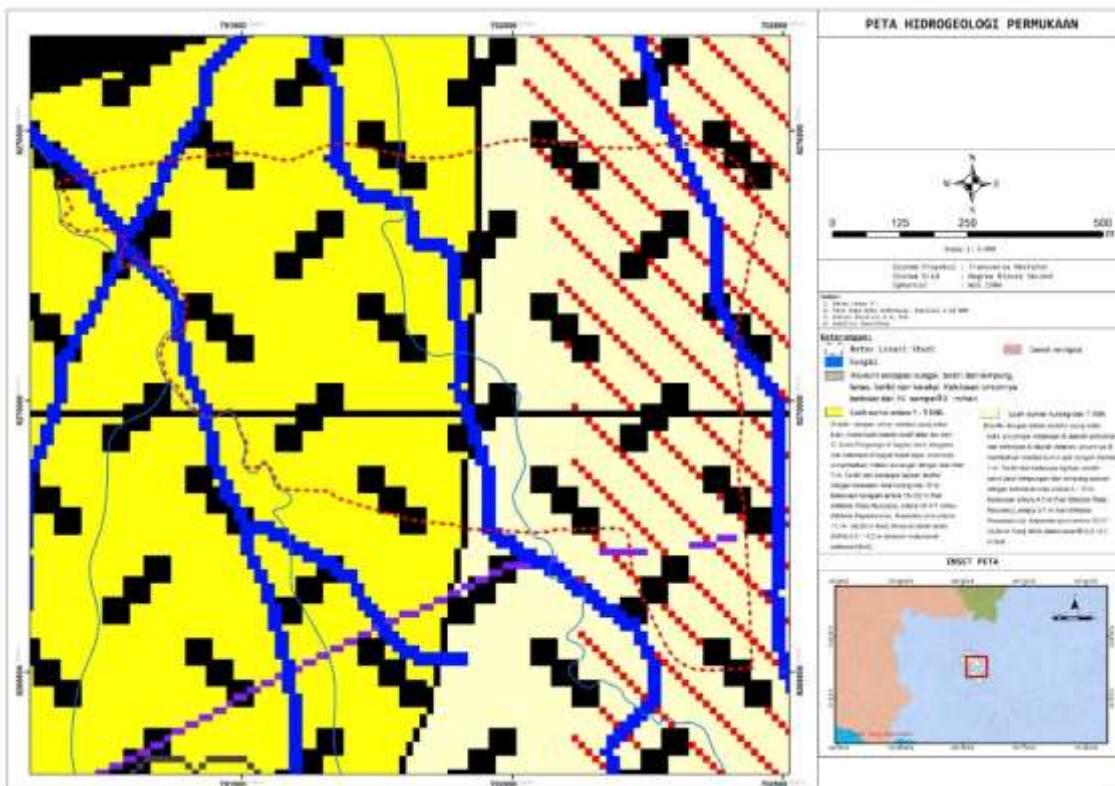
Sumber : Todd, 1995
Gambar 11 Zona Akuifer

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.

Keterdapatannya air tanah disekitar lokasi penyelidikan dipengaruhi oleh jenis batuan. Keterdapatannya air tanah dapat dibedakan menjadi air tanah pada batuan lepas (*unconsolidated and semi unconsolidated rocks*), air tanah pada endapan volkanik Kuarter, air tanah pada batuan karbonat, dan air tanah pada batuan padu (*consolidated rocks*).

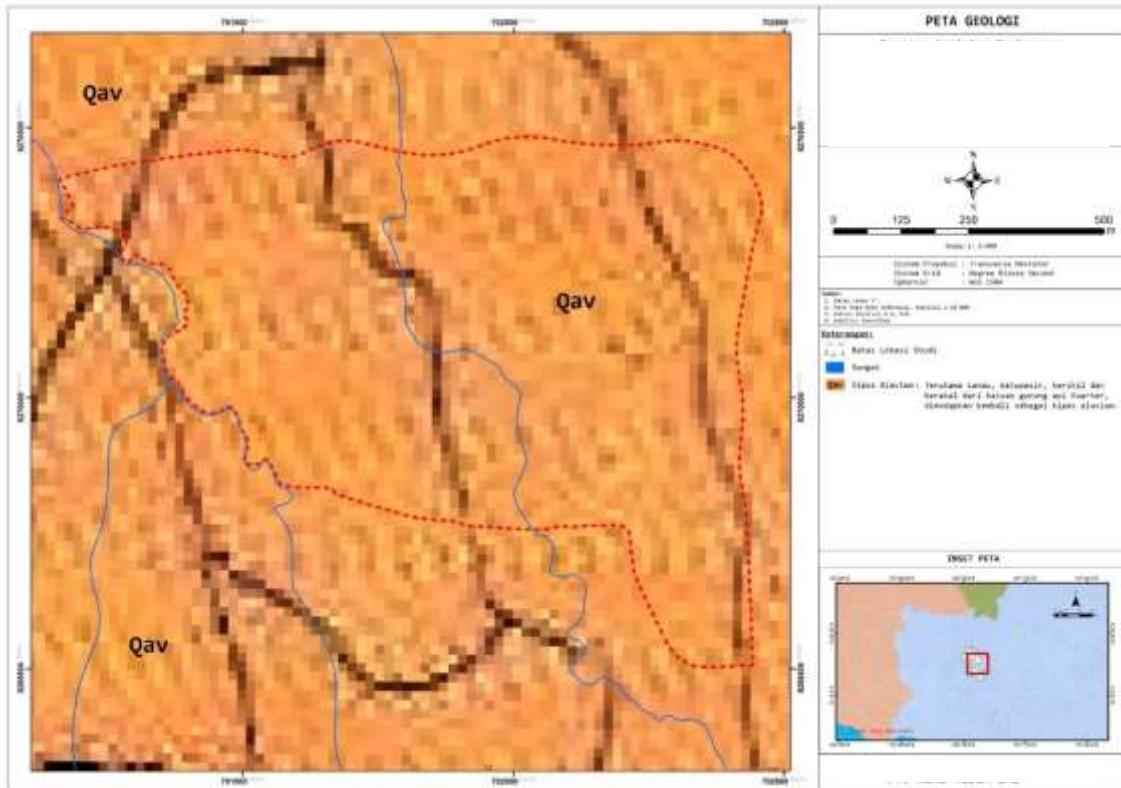
Kondisi hidrogeologi merupakan kondisi keterdapatannya air pada tanah. Padalokasi pengembangan ditunjukkan oleh adanya peta hidrogeologi pengembangan. Berdasarkan peta hidrogeologi permukaan, komposisi litologi batuan dan kelulusannya : terutama terdiri dari lempung pasirhalus dengan kelulusan yang beragam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

Luas sumur kurang dari 1 l/detik. Akuifer dengan aliran melalui ruang antar butir melalui ruang antar butir, umumnya melampir 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 -10 m. keterusan antara 4-5 m/hari (*Metoda Theis Recovery*), antara 3-7 m/hari (*Metoda Papadopulus*). Kapasitas jenis antara 20,57 – 23,83 m/hari. Muka Air Setempat dalam kisaran 0,5 -14,1 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^{-4} dan 1/hari. Luah 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 pengimbunan, 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*).

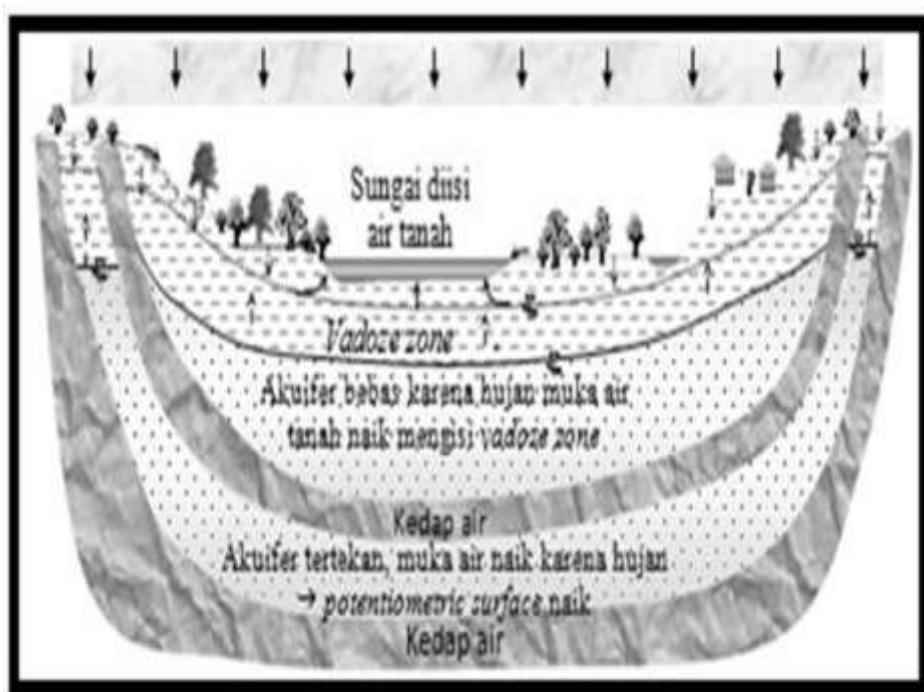
Cekungan Air Tanah ini tersebar diseluruh wilayah Indonesia dengan total besarnya potensi masing-masing Cekungan Air Tanah adalah:

- Cekungan Air Tanah Bebas: Potensi 1.165.971 juta m³/tahun
- Cekungan Air Tanah Tertekan: Potensi 35.325 juta m³/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 pengimbunan, 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.

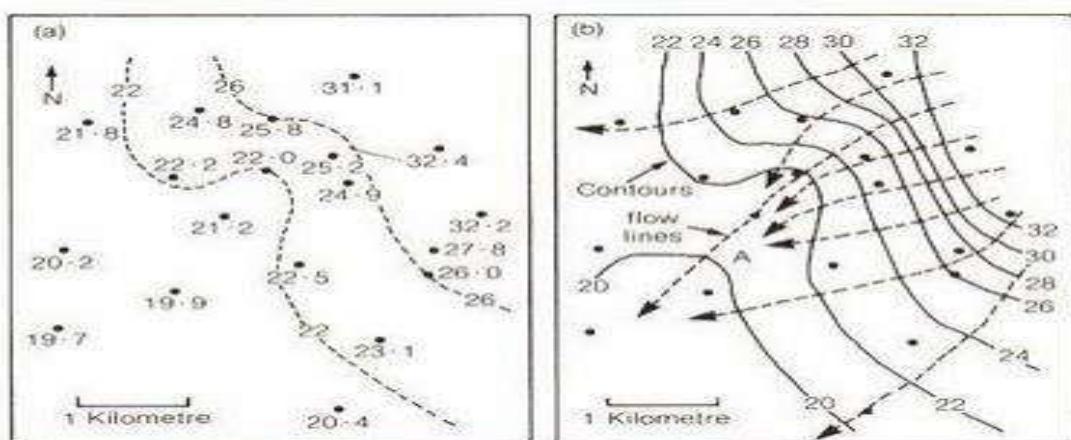


Gambar 14 Gambaran Kondisi Akuifer

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 gradientnya* 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.

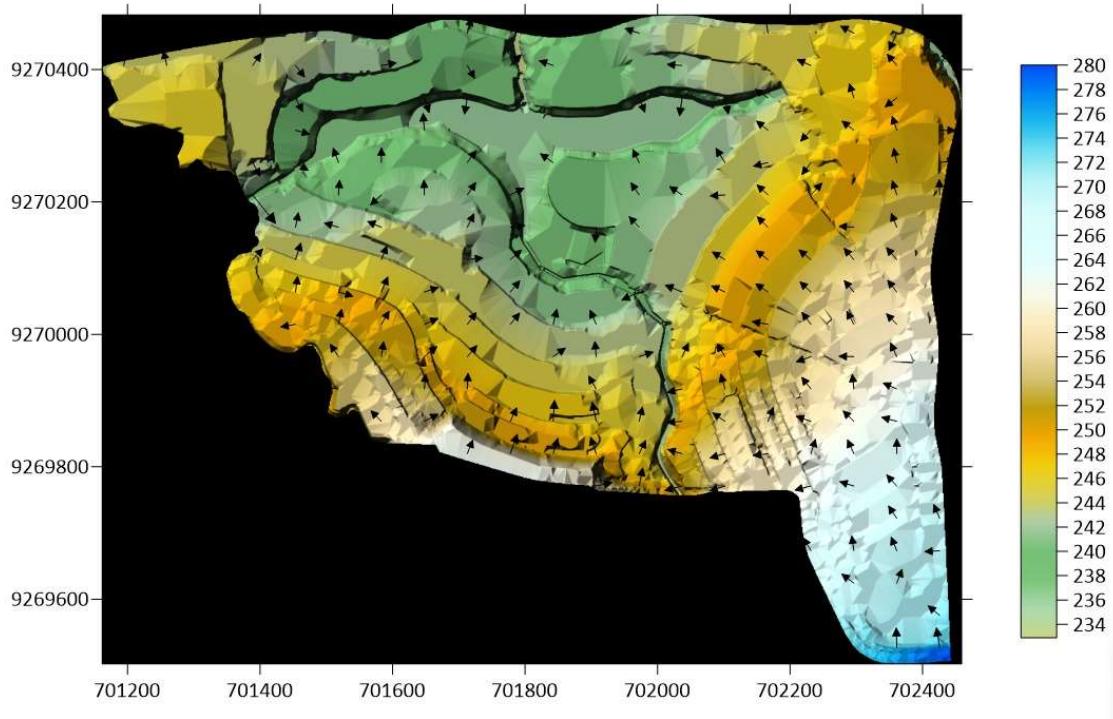


Gambar 15 Gambaran Umum Jejaring Aliran

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 aquifer yang homogen dan isotropis karena pengaruh potensial gravitasi.

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

Garis aliran adalah suatu garis sepanjang mana butir-butir akan bergerak dari bagian hulu ke bagian hilir sungai melalui media tanah yang tembus air (*permeable*). *Garis ekipotensial* adalah suatu garis sepanjang mana tinggi potensial di semua titik pada garis tersebut adalah sama. Jadi apabila alat-alat piezometer diletakkan di beberapa titik yang berbeda-beda di sepanjang suatu garis ekipotensial, air di dalam piezometer tersebut akan naik pada ketinggian yang sama. Garis aliran menunjukkan definisi garis aliran dan garis ekipotensial untuk aliran di dalam lapisan tanah yang tembus air (*permeable layer*) di sekeliling jajaran turap yang ditunjukkan pada gambar tersebut (untuk $k_x = k_z = k$). Kombinasi dari beberapa garis aliran dan garis 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 jejaring aliran (*flownet*) 2D 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 Pearson 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

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

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

Distribusi Log Normal

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

Distribusi Log Pearson III

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

Distribusi Normal

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

X_{Tr} merupakan curah hujan rencana (mm/hari), \underline{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 (C_s) dan nilai koefisien kurtosis (C_k) sehingga didapatkan jenis probabilitas yang sesuai. Nilai C_s dan C_k dihitung dengan persamaan (6) dan (7), *Soewarno (1995)* dalam (*Wijaya et al. 2014*).

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

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

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 1berikut.

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	$C_s \neq 0$
		$C_k = 1,5 \quad C_s (\ln x)^2 + 3 = 8,43$
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

Deskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien limpasan (C)
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 ($m^3/detik$), v sebagai nilai kecepatan aliran ($m^2/detik$), n sebagai nilai kekasaran manning, S yaitu kemiringan dasar saluran, R

ANALISIS HIDROLOGI KAWASAN PERUMAHAN 76.73 HA

merupakan jari jari hidrolik (m), dan A sebagai luas penampang basah (m^2). Koefisien manning berdasarkan jenis bahan pembuat saluran pada Tabel 3berikut.

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
10	melengkung, bersih, berlubang dan berdinding 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

ANALISIS HIDROLOGI KAWASAN PERUMAHAN 76.73 HA

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
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 hidrolik 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	$B \cdot h$	$(B + m \cdot h) \cdot h$
Keliling basah (P)	m	$B + 2h$	$B + 2h\sqrt{1 + m}$
Jari-jari hidrolik (R)	m	$B \cdot h / b \cdot h$	$(B + m \cdot h)h/B + 2h\sqrt{1 + m}$
Kedalaman hidrolik (d)	m	h	$(B + m \cdot h)h/B + 2mh$
Lebar puncak (B)	m	B	$B + 2mh$
Kedalaman rata-rata (dm)	m	A/B	A/B

Sumber: (DPU 2006)

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

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

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

Sumber: DPU (2006)

BAB IV. ANALISIS HIDROLOGI

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

Penerapan konsep *zero 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 dimasukan kedalam air tanah sebagai *recharge* dan seminimal mungkin air masuk ke badan air melalui saluran drainase. Air limpasan dapat dimasukan 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

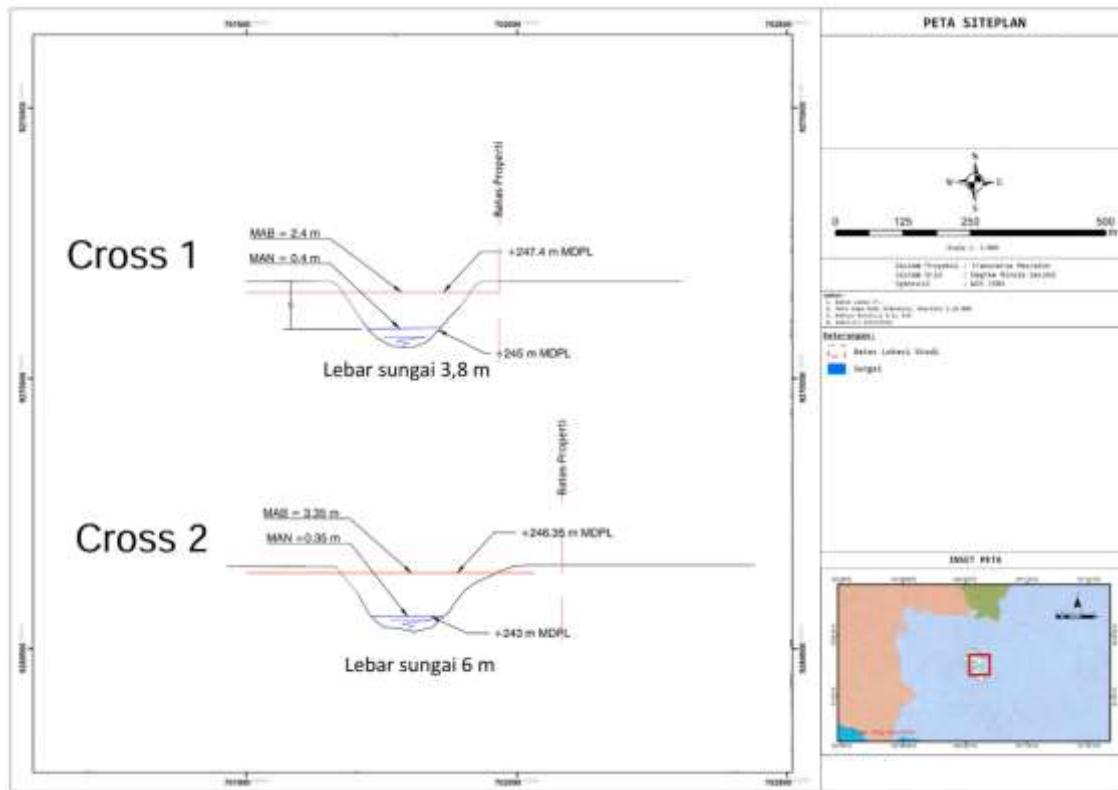
Pada kondisi eksisting terdapat sungai yang melintas. Lokasi dikelilingi dengan Anak Sungai Ciliwung dan tidak ditemukan adanya potensi banjir pada lokasi kajian. Pada lokasi kajian elevasi terendah kavling adalah +237 mdpl sedangkan elevasi tinggi muka air normal +243 mdpl berdasarkan kondisi literatur. Kenaikan muka air banjir pada Anak Sungai Ciliwung di lokasi kajian berkisar antara 2.4 – 3.35 meter. Sehingga tidak ditemukan potensi banjir pada lokasi kajian. Dokumentasi sungai pada kondisi eksisting tersaji pada Gambar 17.



Gambar 17 Kondisi Anak Sungai Ciliwung

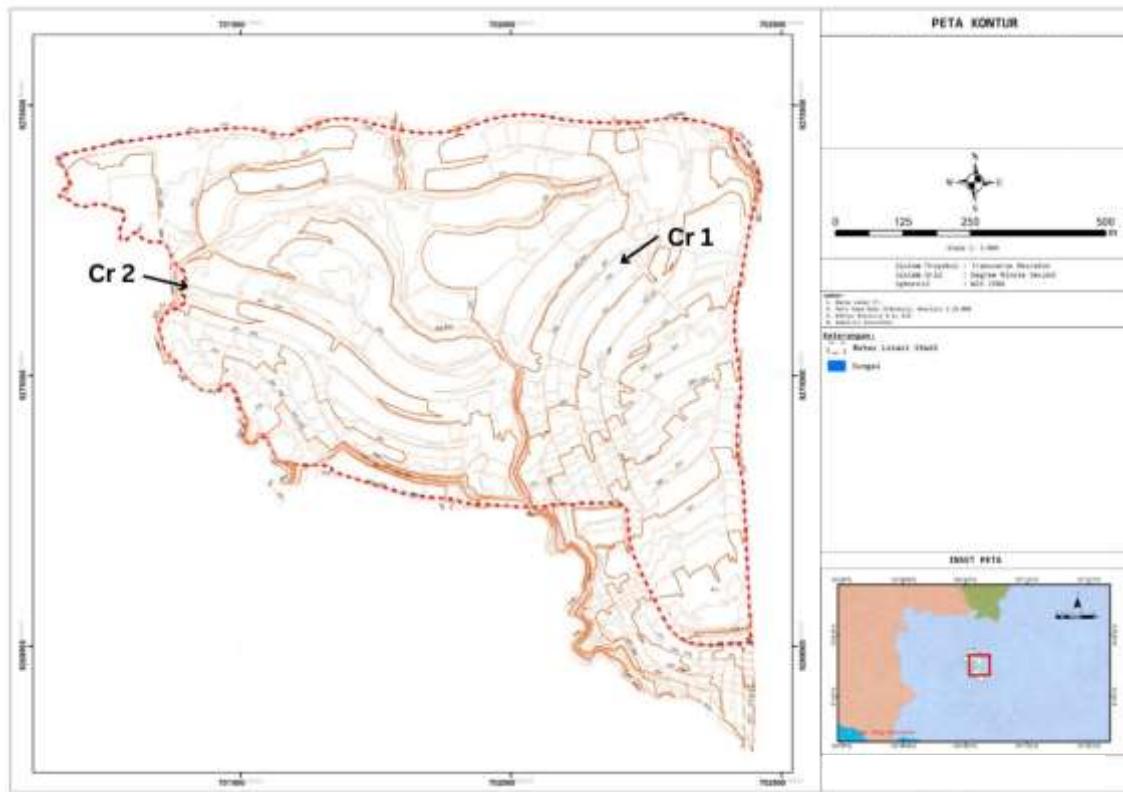
4.2. Profil Sungai dan Saluran

Lebar Anak Sungai Ciliwung bagian hulu sebesar 3,8 m dengan ketinggian muka air normal sebesar 0,25 m dan ketinggian muka air banjir sebesar 2,4 m. Kenaikan muka air banjir pada daerah hulu Anak Sungai Ciliwung sebesar 2.15 m. Kawasan pengembangan perumahan yang dikaji dibatasi langsung oleh Anak Sungai Ciliwung. Pada saat survey lokasi kegiatan juga dilakukan pengukuran lebar dan kedalaman Anak Sungai Ciliwung pada bagian hulu, tengah dan hilir serta muka air banjir (MAB) dan muka air normal (MAN) dapat dilihat pada Gambar 18. Pada daerah tengah ketinggian muka air normal sebesar 0.25 m dan ketinggian muka air banjir sebesar 2.8 m. Kenaikan muka air banjir pada daerah tengah Anak Sungai Ciliwung sebesar 2.55 m. Lebar Anak Sungai Ciliwung bagian hilir sebesar 6 m dengan ketinggian muka air normal sebesar 0,35 m dan ketinggian muka air banjir sebesar 3.35 m. Kenaikan muka air banjir pada daerah hilir Anak Sungai Ciliwung sebesar 3 m. Pada kondisi eksisting pengaruh kenaikan muka air banjir anak Sungai Ciliwung tidak berpengaruh pada lokasi Kajian



Gambar 18 Penampang melintang anak Sungai Ciliwung

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 18.



Gambar 19 Peta penampang melintang anak Sungai Ciliwung

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 22 berikut.





Gambar 20 Pengukuran kecepatan aliran sungai

Hasil dari pengukuran debit Anak Sungai Ciliwung lokasi 1 (hulu), lokasi 2 (tengah), dan lokasi 3 (hilir) diperoleh seperti pada Tabel 7. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh kecepatan aliran rata-rata Anak Sungai Ciliwung bagian hulu adalah 0,7 m/s, sementara pada bagian tengah dan hilir berturut-turut adalah sebesar 0,4 m/s dan 0,7 m/s. Luas perimeter atau penampang terbasahkan bagian hulu adalah 6,38 m², pada bagian tengah sebesar 4,16 m² sementara pada bagian hilir sebesar 1,40 m². Berdasarkan muka air normal, diperoleh rata-rata besarnya debit untuk anak Sungai Ciliwung pada bagian hulu, tengah dan hilir sebesar 0,85 m³/s.

Tabel 7 Hasil perhitungan debit sungai pada wilayah kajian

Lokasi	Titik	Kecepatan (m/s)	Luas penampang (m ²)	Debit (m ³ /s)
Saluran <i>Outlet</i>	1	0.40		2.00
	2	0.60	5.00	3.00
	3	0.30		1.50
Rata-rata		0.43		2.17

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 poros tanah, maka laju infiltrasi akan semakin tinggi. Laju infiltrasi akan semakin mengecil apabila tanah dalam kondisi jenuh air. Apabila curah hujan lebih besar daripada kapasitas infiltrasi maka dapat menyebabkan limpasan. Pemanfaatan lahan untuk pembangunan akan menurunkan kapasitas infiltrasi di suatu wilayah karena wilayah resapan air berkurang. Pengukuran infiltrasi pada Titik 1 dan Titik 2 disajikan pada Gambar 23.



Gambar 21 Pengukuran laju infiltrasi

Laju infiltrasi pada pembangunan perumahan di lokasi kajian secara langsung dengan alat *double ring infiltrometer*. Pengukuran laju infiltrasi didasarkan pada SNI 7752:2012 tentang Tata Cara Pengukuran Laju Infiltrasi Tanah di Lapangan Menggunakan *infiltrometer* Cincin Ganda. Pengukuran dilakukan satu kali pengulangan sehingga memperoleh perubahan ketinggian (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. Titik infiltrasi dilakukan pada: Titik 1: $6^{\circ}35'57.4''$ LS dan $106^{\circ}49'17.5''$ BT dan Titik 2 $6^{\circ}35'50.2''$ LS $106^{\circ}49'30.3''$ BT. Hasil pengukuran laju infiltrasi pada Titik 1 tersaji pada Tabel 8.

Tabel 8 Data hasil pengukuran laju infiltrasi titik 1

No	Waktu (Menit)	H (cm)	ΔH (cm)	ΔH kumulatif (cm)
1	0	11	0	0
2	1	10.8	0.2	0.2
3	2	10.8	0	0.2
4	3	10.7	0.1	0.3
5	4	10.5	0.2	0.5
6	5	10.5	0	0.5
7	6	10.5	0	0.5
8	7	10.4	0.1	0.6
9	8	10.3	0.1	0.7
10	9	10.2	0.1	0.8
11	10	10.1	0.1	0.9

Data hasil pengukuran laju infiltrasi titik 2

No	Waktu (Menit)	H (cm)	ΔH (cm)	ΔH kumulatif (cm)
1	0	13	0	0
2	1	12	1	1
3	2	11	1	2
4	3	10	1	3
5	4	9	1	4
6	5	8.7	0.3	4.3
7	6	8	0.7	5
8	7	7.4	0.6	5.6
9	8	6.7	0.7	6.3
10	9	6	0.7	7
11	10	5.3	0.7	7.7

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 0,9 cm pada Titik 1 dan sebesar 7,7 pada Titik 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

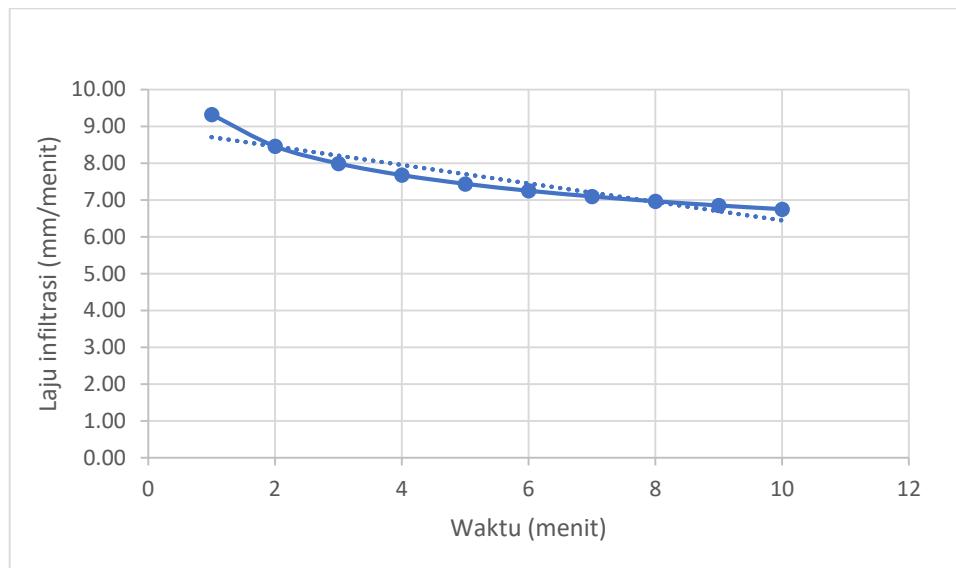
Waktu (menit)	Infiltrasi Akumulatif (mm)	Kapasitas Infiltrasi (mm/menit)	Log t	Log F	Laju Infiltrasi Kostiakov (mm/menit)	Infiltrasi Kumulatif Kostiakov (mm)
1	2.0	2.0	0.0	0.3	11.27	15.95
2	2.0	1.0	0.3	0.3	9.19	9.78
3	3.0	1.0	0.5	0.5	8.16	7.34
4	5.0	1.3	0.6	0.7	7.50	5.99
5	5.0	1.0	0.7	0.7	7.02	5.12
6	5.0	0.8	0.8	0.7	6.66	4.50
7	6.0	0.9	0.8	0.8	6.36	4.04
8	7.0	0.9	0.9	0.8	6.12	3.67
9	8.0	0.9	1.0	0.9	5.91	3.38
10	9.0	0.9	1.0	1.0	5.73	3.14

Hasil pengolahan data infiltrasi titik 2

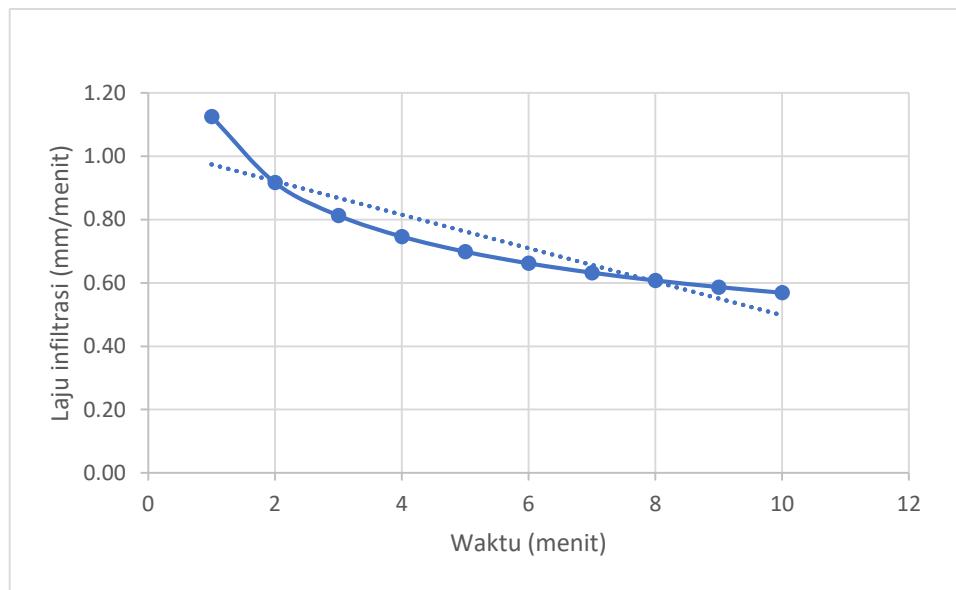
Waktu (menit)	Infiltrasi Akumulatif (mm)	Kapasitas Infiltrasi (mm/menit)	Log t	Log F	Laju Infiltrasi Kostiakov (mm/menit)	Infiltrasi Kumulatif Kostiakov (mm)
1	10.0	10.0	0.0	1.0	11.27	15.95
2	20.0	10.0	0.3	1.3	9.19	9.78
3	30.0	10.0	0.5	1.5	8.16	7.34
4	40.0	10.0	0.6	1.6	7.50	5.99
5	43.0	8.6	0.7	1.6	7.02	5.12
6	50.0	8.3	0.8	1.7	6.66	4.50
7	56.0	8.0	0.8	1.7	6.36	4.04
8	63.0	7.9	0.9	1.8	6.12	3.67
9	70.0	7.8	1.0	1.8	5.91	3.38
10	77.0	7.7	1.0	1.9	5.73	3.14

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 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 4 menit yang memiliki nilai 7,50

mm/menit dan pada Titik 2 menunjukkan konstan mulai pada waktu 4 menit yang memiliki nilai 7,50,



Gambar 22 Grafik laju infiltrasi titik 1



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 Meterologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Baranangsiang. Data curah hujan tahunan maksimum tersaji pada Tabel 10. Berdasarkan data tersebut, curah hujan maksimum selama 10 tahun terakhir adalah 164.1 mm yang terjadi pada tahun 2021. 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* (*C_k*), *koefisien Skewness* (*C_s*), dan *Koevisien Variasi* (*C_v*) 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 Baranangsiang, 2024

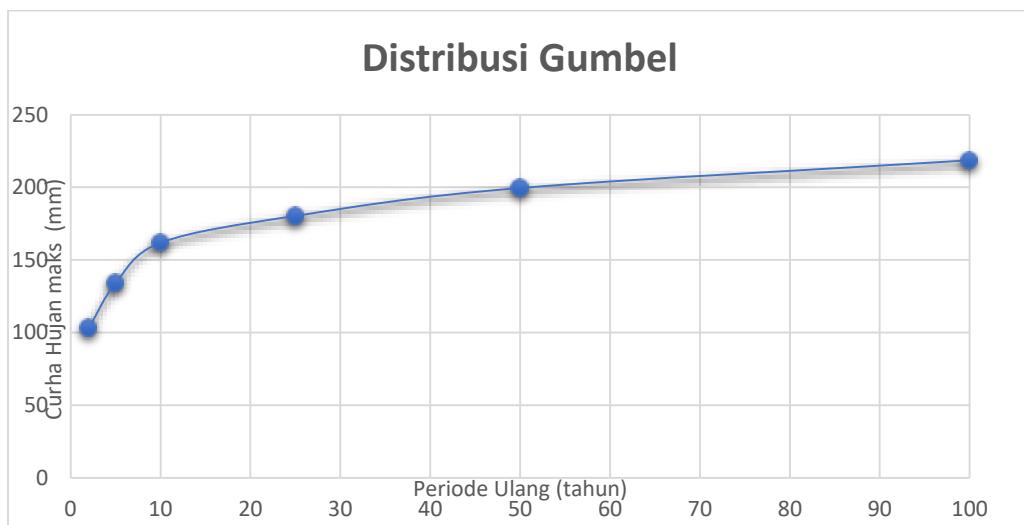
 Tabel 11 Hasil perhitungan koefisien *C_k*, *C_s*, dan *C_v*

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Metode Gumbel I	$C_k \leq 5,4$	2,676	memenuhi
		$C_s \leq 1,14$	1,236	tidak memenuhi
2	Metode Log Normal	$C_s = 3C_v + C_v^3 = 1,14$	0,741	tidak memenuhi
		$C_k = 0$	2,676	tidak memenuhi
3	Metode Log Pearson III	$C_s \neq 0$	1,236	memenuhi
		$C_k = 1,5 C_s (\ln x) 2 + 3 = 8,43$	14,443	tidak memenuhi
4	Metode Normal	$C_k = 3$	2,676	tidak memenuhi
		$C_s = 0$	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 23 Curah Hujan Rancangan Metode Gumbel

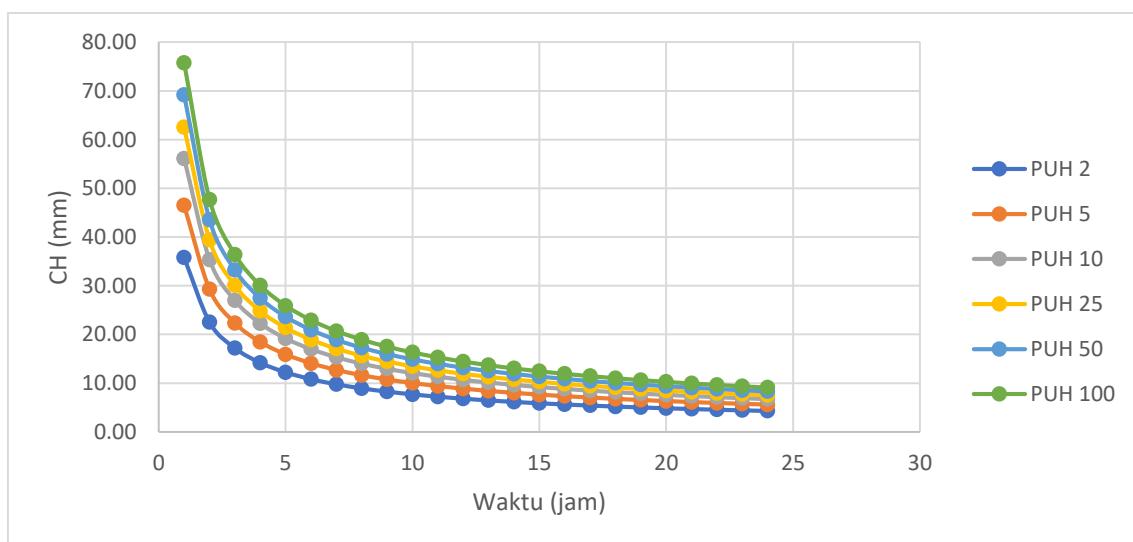
Analisis distribusi yang dilakukan menggunakan nilai periode 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun seperti tersaji pada Tabel 12 dan Gambar 25. Periode ulang didefinisikan sebagai waktu hipotetik dimana debit atau hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut. Pada periode ulang hujan 50 tahun diketahui curah hujan rancangan sebesar 245,6 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 26.

Tabel 13 Intensitas Hujan

t (jam)	Periode Ulang Hujan (tahun)					
	2	5	10	25	50	100
1	35,78	46,48	56,11	62,52	69,16	75,75
2	22,54	29,28	35,35	39,38	43,57	47,72
3	17,20	22,35	26,98	30,06	33,25	36,42
4	14,20	18,45	22,27	24,81	27,45	30,06
5	12,24	15,90	19,19	21,38	23,65	25,91
6	10,84	14,08	16,99	18,93	20,95	22,94
7	9,78	12,70	15,33	17,08	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	15,98	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	13,19	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	12,45
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	9,10

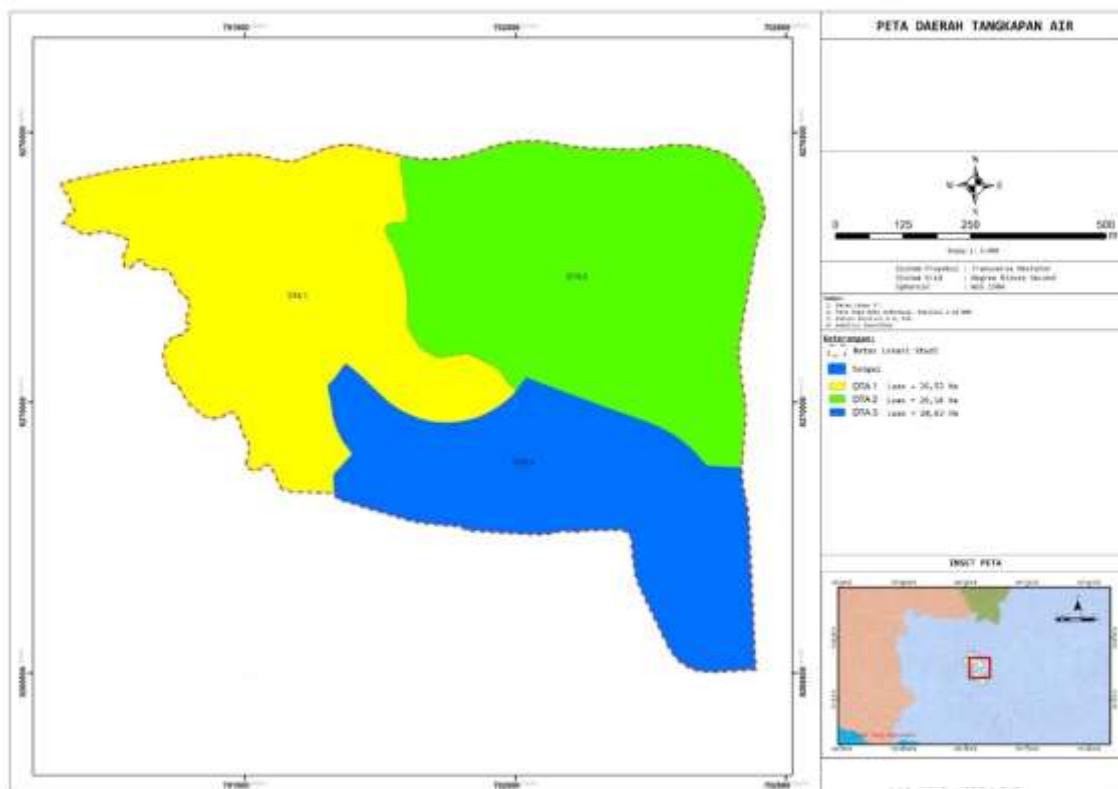


Gambar 24 Grafik Intensitas Hujan (mm/jam)

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 69.16 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 26.52 Ha, DTA 2 memiliki luas sebesar 29.58 Ha, dan DTA 3 memiliki luas sebesar 20.63 Ha dapat dilihat pada Gambar 27 berikut.



Gambar 25 Blok plan pembagian DTA

Tutupan lahan eksisting berupa lahan terbuka dan kebun warga, Dengan pembangunan berupa perumahan maka akan menyebabkan perubahan nilai C. Berdasarkan SNI 03-2415-2016, koefisien limpasan (C) berupa tanah berat dengan vegetasi sebesar 0,41 dan setelah dilakukan pembangunan perumahan berubah menjadi 0,81. Perhitungan koefisien limpasan kumulatif (C_r) didasarkan pada

ANALISIS HIDROLOGI KAWASAN PERUMAHAN 76.73 HA

perbandingan luas lahan, Nilai Cr untuk DTA 1, DTA 2 dan DTA 3 masing masing sebesar 0,81, 0,83 dan 0,78 untuk tata guna lahan perumahan seperti pada Tabel 14.

Tabel 14 Hasil perhitungan koefisien limpasan kumulatif (Cr)

Area	Tata guna lahan	Luas		Koefisien Limpasan (C)	Cr
		ha	%		
DTA 1	Perumahan	26,52	100	0,81	0,81
DTA 2	Perumahan	29,58	100	0,83	0,83
DTA 3	Perumahan	20,63	100	0,78	0,78

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 $4.13 \text{ m}^3/\text{det}$, DTA 2 sebesar $4.72 \text{ m}^3/\text{det}$, dan DTA 3 sebesar $3.09 \text{ m}^3/\text{det}$. Waktu konsentrasi sebesar 1 jam maka Volume limpasan eksisting DTA 1 adalah 14868.38 m^3 , DTA 2 sebesar 16993.41 m^3 , dan DTA 3 sebesar 11137.76 m^3 . Volume limpasan pada proyek tidak mengalami peningkatan karena sehingga volume limpasan DTA 1, DTA 2, dan DTA 3 sama seperti volume limpasan pada kondisi eksisting.

Tabel 15 Debit dan Volume Limpasan

Parameter	Eksisting		
	DTA 1	DTA 2	DTA 3
Luas lahan, A (ha)	26.52	29.58	20.63
Koef. Limpasan, C	0.81	0.83	0.78
Intensitas hujan, I (mm/jam)	69.16	69.16	69.16
Debit Rancangan, Q (m^3/det)	4.13	4.72	3.09
Waktu konsentrasi (det)	3600	3600	3600
Volume limpasan (m^3)	14868.35	16993.41	11137.76
Koefisien drainase, q ($\text{m}^3/\text{det.ha}$)	0.16	0.16	0.15

Sumber : Hasil perhitungan, 2025

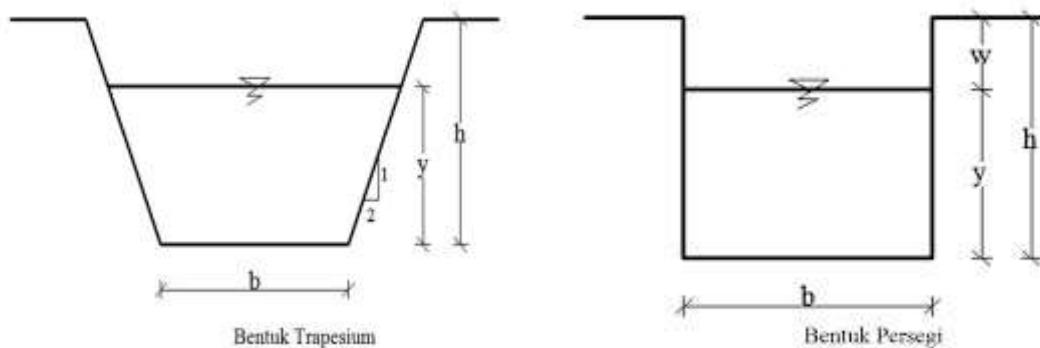
BAB V. ANALISIS HIDROLIKA

5.1. Drainase dan Bangunan Konservasi

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

5.1.1. Saluran Drainase

Drainase termasuk komponen yang penting dalam infrastruktur kota dan desa untuk menanggulangi limpasan dan genangan air yang berlebih, Sistem drainase menjadi salah satu langkah untuk menyurutkan air akibat hujan maksimum yang terjadi pada suatu kawasan, Alih fungsi lahan dapat menimbulkan kelebihan air, hal ini akan berdampak pada kurangnya daerah resapan dan meningkatnya limpasan, Jika penutupan lahan tidak diimbangi dengan bangunan pengendali limpasan maka akan menimbulkan genangan dalam waktu lama dan jumlah yang semakin banyak, Sistem drainase merupakan rangkaian yang membentuk upaya pengaliran air, baik permukaan (*limpasan/run off*), maupun air tanah (*underground water*) dari suatu kawasan, Saluran drainase yang digunakan yaitu saluran drainase tertutup untuk saluran drainase lingkungan yang mengalirkan air limbah domestik dan saluran drainase terbuka untuk drainase utama yang mengalirkan air limpasan, Kedua saluran tersebut berfungsi untuk menampung dan mengalirkan air limpasan, baik saluran tertutup maupun terbuka umumnya mempunyai bentuk penampang persegi atau trapesium, Kontruksi saluran umumnya berupa beton atau pasangan batu kali, Adapun bentuk saluran dapat berbentuk persegi dan trapesium, Seperti tersaji pada Gambar 28 berikut,



Gambar 26 Bentuk Penampang Saluran Drainase

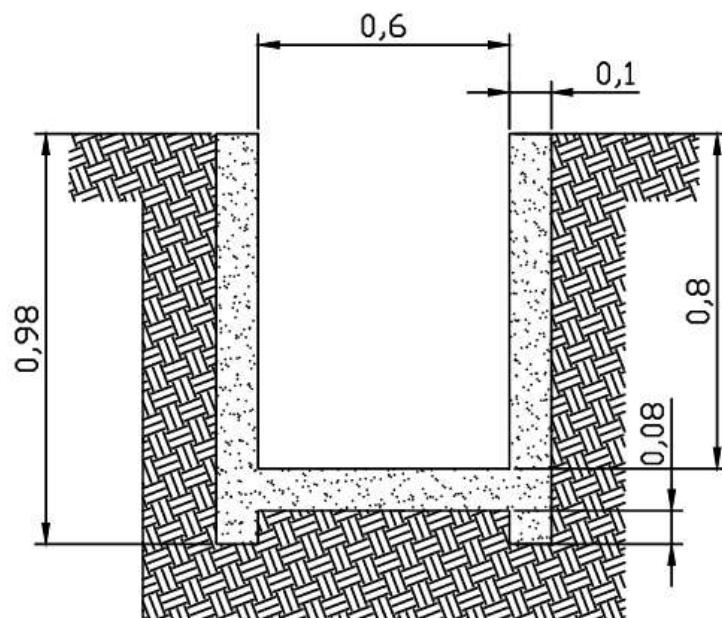
Dimensi drainase dihitung dan diperoleh seperti tersaji pada Tabel 16. Penampang drainase direncanakan berbentuk segi empat karena dapat menghemat lahan dan mudah pada pekerjaan kontruksi. Dimensi drainase ditentukan berdasarkan faktor keamanan dan ergonomi, Drainase terbagi menjadi drainase primer dan 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 *sitemplan* proyek. DTA 1, DTA 2 dan DTA 3 direncanakan memiliki dimensi drainase primer dan sekunder yang berbeda. Dimensi drainase primer pada DTA 1 memiliki lebar (b) sebesar 0.6 m dan tinggi (h) sebesar 0.5 m, sedangkan saluran sekunder memiliki lebar (b) sebesar 0.5 m dan tinggi (h) sebesar 0.5 m. Drainase primer pada DTA 2 memiliki lebar (b) sebesar 0,6 m dan tinggi (h) sebesar 0,5 m, sedangkan saluran sekunder memiliki lebar (b) sebesar 0.5 m dan tinggi (h) sebesar 0.5 m. Drainase primer pada DTA 3 memiliki lebar (b) sebesar 0.6 m dan tinggi (h) sebesar 0.5 m, sedangkan saluran sekunder memiliki lebar (b) sebesar 0.5 m dan tinggi (h) sebesar 0.5 m. Volume limpasan dari drainase pada DTA 1 sebesar 7525,95 m³. Volume limpasan dari drainase pada DTA 2 sebesar 8394,33 m³. Volume limpasan dari drainase pada DTA 3 sebesar 11137,76 m³. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai sisa limpasan yang masih belum tertampung oleh drainase. Sehingga kolam retensi pada kawasan perumahan agar mampu menampung seluruh air limpasan sesuai dengan konsep *zero runoff*. Gambar teknik penampang drainase tersaji pada Gambar 29 dan Gambar 30.

Tabel 16 Bentuk Penampang Saluran Drainase

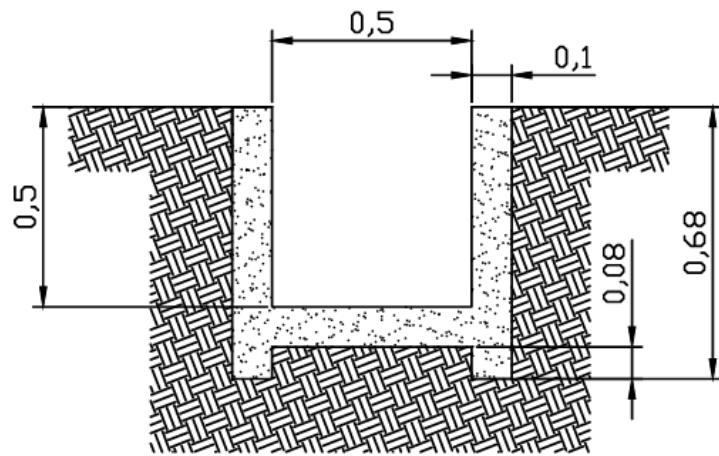
Area	Dimensi	Keterangan	Primer	Sekunder	Satuan
DTA 1	Luas Lahan	A	26.52	26.52	ha
	Debit Limpasan	Q	4.13	2.09	m ³ /detik
	Lebar Saluran	b	0.6	0.5	m
	Tinggi Saluran	h	0.5	0.5	m
	Panjang Saluran	L	600	12000	m
	Waktu Konsentrasi	tc	3600	3600	det
	<i>Freeboard</i>	f	0.12	0.12	m
	Kemiringan	s	0.02	0.02	
	Volume Limpasan	Vl	7525.95		m ³
DTA 2	Volume Sisa	Vs	7525.95		m ³
	Luas Lahan	A	29.58	29.58	ha
	Debit Limpasan	Q	4.72	2.33	m ³ /detik
	Lebar Saluran	b	0.6	0.5	m
	Tinggi Saluran	h	0.5	0.5	m
	Panjang Saluran	L	400.00	710.00	m

ANALISIS HIDROLOGI KAWASAN PERUMAHAN 76.73 HA

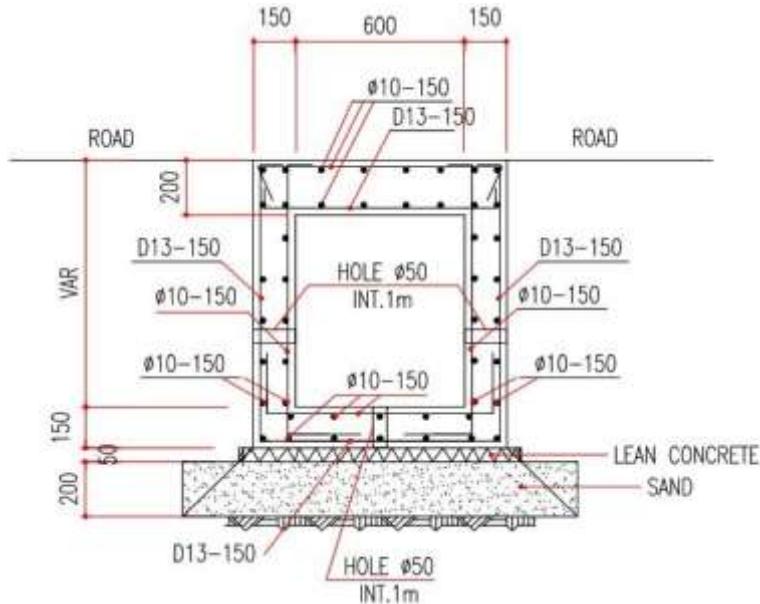
	Waktu Konsentrasi	tc	3600	3600	det
	<i>Freeboard</i>	f	0.12	0.12	m
	Kemiringan	s	0.02	0.02	
	Volume Limpasan	Vl	8394.33		m^3
	Volume Sisa	Vs	8394.33		m^3
DTA 3	Luas Lahan	A	20.63	20.63	ha
	Debit Limpasan	Q	3.09	3.09	$m^3/detik$
	Lebar Saluran	b	0.6	0.5	m
	Tinggi Saluran	h	0.5	0.5	m
	Panjang Saluran	L	350	1100	m
	Waktu Konsentrasi	tc	3600	3600	det
	<i>Freeboard</i>	f	0.12	0.12	m
	Kemiringan	s	0.02	0.02	
	Volume Limpasan	Vl	11137.76		m^3
	Volume Sisa	Vs	11137.76		m^3



Gambar 27 Penampang melintang drainase primer pada masing-masing DTA



Gambar 28 Penampang melintang drainase sekunder pada masing-masing DTA



Gambar 29 Contoh Detail Penampang Drainase Lingkungan Bentuk Segi Empat

5.1.2. Kolam Retensi

Kolam retensi adalah suatu kolam atau bak yang yang dibuat untuk menampung air limpasan dari air hujan secara langsung untuk kemudian diresapkan kedalam tanah. Kolam retensi terbagi menjadi 2 macam tergantung pelapis dinding dan dasar kolam yaitu alami dan buatan. Kolam alami berbentuk cekungan air baik terbentuk secara alami maupun penyesuaian dan biasanya tidak ada pelapis pada dinding maupun dasar kolamnya. Sedangkan kolam buatan merupakan kolam retensi yang sengaja dibuat dan didesain dengan bentuk dan kapasitas tertentu pada lokasi yang sudah ditentukan. Biasanya dinding terbuat dari beton atau *geomembrane*. Kolam retensi dibuat untuk menampung volume

limpasan sisa yang tidak dapat tertampung pada saluran drainase. Pada kondisi eksisting belum terdapat kolam retensi.

Pada lokasi kajian, telah dibangun sebuah kolam retensi (Danau Bogor Raya) yang berfungsi sebagai fasilitas pengelolaan limpasan air hujan. Kolam ini memiliki kapasitas tampung sekitar 70% dari total volume air hujan yang terjadi di kawasan tersebut. Dengan adanya kolam retensi, aliran permukaan yang berpotensi menyebabkan genangan atau banjir di area pembangunan dapat dikendalikan secara efektif. Untuk sisa volume air hujan yang tidak dapat tertampung di dalam kolam retensi, sistem drainase yang telah dirancang akan mengalirkannya secara bertahap menuju badan air alami terdekat, yaitu anak Sungai Ciliwung. Proses pengaliran ini dilakukan dengan mempertimbangkan kapasitas tampung dan daya dukung badan air, sehingga diharapkan tidak menimbulkan beban tambahan yang signifikan terhadap lingkungan sekitar. 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. Kolam retensi dilengkapi dengan *bar screen* yang berfungsi untuk menahan dan menyaring benda-benda keras dan besar seperti ranting kayu, batu dan lainnya. Bagian lain dari kolam retensi adalah pintu air pada *inlet* dan *outlet* yang berfungsi untuk membuka dan menutup aliran. Bak sedimentasi pada kolam retensi berfungsi untuk mengendapkan partikel-partikel tanah atau lumpur.

Tabel 17 Hasil perhitungan dimensi kolam retensi

Area	Dimensi	Keterangan	Nilai	Satuan
Kawasan Perumahan	Volume Total Limpasan	VI	27058.05	m ³
	Luas	A	13.070	m ²
	Kedalaman	h	2.00	m
	Jumlah	n	1	
	Volume Tampungan	Vt	26140	m ³
	Volume Tidak Tertampung	Vs	-918.05	m ³



Gambar 30 Kolam Retensi lokasi kajian

Kolam retensi, sebagai salah satu infrastuktur pengelolaan air, berfungsi untuk menampung air hujan sementara guna mengurangi risiko banjir dan memfasilitasi peresapan air ke dalam tanah yang merupakan bagian dari strategi *artificial recharge*. *Artificial recharge* adalah upaya terencana untuk meningkatkan cadangan air tanah dengan menambahkan air ke akuifer melalui metode seperti infiltrasi permukaan, injeksi langsung atau pengelolaan aliran sungai. Sumber air untuk *recharge* dapat berasal dari air hujan, air permukaan dengan pengendalian kualitas yang ketat untuk mencegah kontaminasi akuifer. Penerapan *artificial recharge* tidak hanya berfungsi sebagai mitigasi terhadap risiko kekeringan, namun juga berkontribusi dalam menjaga keberlanjutan lingkungan hidup di sekitar lokasi kajian.

BAB VI. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

6.1. Kesimpulan

Dari hasil kajian pengembangan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Wilayah pengembangan merupakan daerah yang relatif datar, bergelombang dan berbukit dengan beberapa kelas kemiringan lahan yaitu didominasi dengan slope 2,84-9.09 %
2. Wilayah kajian memiliki elevasi tertinggi sebesar +294 meter sementara elevasi terendah +254 meter
3. Pada kondisi eksisting, kawasan perumahan dilewati oleh anak Sungai Ciliwung. Pada kondisi eksisting lebar anak Sungai Ciliwung bagian hulu sebesar 3.8 m dengan ketinggian muka air normal sebesar 0.4 m dan ketinggian muka air banjir sebesar 2.4 m. Kenaikan muka air banjir pada daerah hulu Sungai Cikeas sebesar 2.15 m. Lebar anak Sungai Ciliwung bagian tengah sebesar 3.6 m dengan ketinggian muka air normal sebesar 0.25 m dan ketinggian muka air banjir sebesar 2.8 m. Kenaikan muka air banjir pada daerah tengah anak Sungai Ciliwung sebesar 2.55 m. Lebar anak Sungai Ciliwung bagian hilir sebesar 6 m dengan ketinggian muka air normal sebesar 0.35 m dan ketinggian muka air banjir sebesar 3.35 m. Kenaikan muka air banjir pada daerah tengah anak Sungai Ciliwung sebesar 3 m.
4. Muka air normal anak Sungai Ciliwung +243 mdpl, selisih elevasi dengan muka air banjir 3.35 mdpl. Kenaikan muka air banjir pada anak Sungai Ciliwung di lokasi kajian berkisar antara 2,4 – 3.35 meter (+246.35 mdpl)
5. Pada kondisi eksisting pengaruh kenaikan muka air banjir anak Sungai Ciliwung tidak berpengaruh pada lokasi Kajian, Kondisi hidrologi air tanah didapatkan keterdapatannya air tanah berada pada kisaran 14 m dibawah muka tanah setempat.
6. Wilayah kajian sudah menjadi kawasan perumahan, ruko dan area wisata serta dilewati oleh anak Sungai Ciliwung.
7. Kondisi ketersediaan air tanah dangkal/bebas (*unconfined*) umumnya didapatkan pada kedalaman berkisar 13-30 m dibawah muka tanah setempat
8. Analisis curah hujan rencana menggunakan distribusi Gumbel didapat nilai curah hujan rencana yaitu R2 = 35.78 mm, R5 = 46.48 mm, R10 = 56.11 mm, R25 = 62.52 mm, R50 = 69.16 mm dan R100 = 75.75 mm

ANALISIS HIDROLOGI KAWASAN PERUMAHAN 76,73 HA

9. Berdasarkan perhitungan dengan rumus Kirpich waktu konsentrasi (t_c) yaitu 1 jam, Intensitas hujan dengan periode ulang hujan 50 tahun didapat 85,16 mm/jam
10. Pada kondisi existing luas DTA 1 adalah 26,54 Ha, DTA 2 memiliki luas sebesar 29,58 Ha dan DTA 3 memiliki luas sebesar 20,63 Ha. Limpasan eksisting dan proyek pada DTA 1 sebesar $4.13 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan volume limpasan 7525.95 m^3 . Debit limpasan eksisting dan proyek pada DTA 2 sebesar $4.72 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan volume limpasan 8394.33 m^3 . Debit limpasan eksisting dan proyek pada DTA 3 sebesar $3,09 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan volume limpasan 11137.76 m^3
11. Prakiraan volume limpasan pada area pengembangan dibagi menjadi tiga Daerah Tangkapan Air, Prediksi volume limpasan ditunjukkan pada tabel berikut :

Area	PUH (tahun)	A (Ha)	R24 (mm)	C	t_c (jam)	I (mm/jam)	Qt (m^3/detik)	V Limpasan (m^3)
DTA 1	10	26,52	161,86	0,81	1	56,11	3,35	12063,67
	25	26,52	180,34	0,81	1	62,52	3,73	13440,53
	50	26,52	199,49	0,81	1	69,16	4,13	14868,35
DTA 2	10	29,58	161,86	0,83	1	56,11	3,83	13787,87
	25	29,58	180,34	0,83	1	62,52	4,27	15361,52
	50	29,58	199,49	0,83	1	69,16	4,72	16993,41
DTA 3	10	20,63	161,86	0,83	1	56,11	2,51	9036,80
	25	20,63	180,34	0,83	1	62,52	2,80	10068,20
	50	20,63	199,49	0,83	1	69,16	3,09	11137,76

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

Area	Dimensi	Keterangan	Primer	Sekunder	Satuan
DTA 1	Luas lahan	A	26,52	26,52	ha
	Debit limpasan	Q	4,13	2,09	m^3/det
	Lebar saluran	b	0,6	0,5	m
	Tinggi saluran	h	0,5	0,5	m
	Panjang saluran	L	600	1200	m
DTA 2	Luas lahan	A	29,58	29,58	ha
	Debit limpasan	Q	4,72	2,33	m^3/det
	Lebar saluran	b	0,6	0,5	m
	Tinggi saluran	h	0,5	0,5	m
	Panjang saluran	L	400	710	m
DTA 3	Luas lahan	A	20,63	20,63	ha

ANALISIS HIDROLOGI KAWASAN PERUMAHAN 76.73 HA

Debit limpasan	Q	3,09	3,09	m^3/det
Lebar saluran	b	0,6	0,5	m
Tinggi saluran	h	0,5	0,5	m
Panjang saluran	L	350	1100	m

13. Desain kolam retensi pada lokasi kajian ditunjukkan pada tabel berikut :

Area	Dimensi	Keterangan	Nilai	Satuan
Kawasan Perumahan	Volume Total Limpasan	VI	27058.05	m^3
	Luas	A	13.070	m^2
	Kedalaman	h	2.00	m
	Jumlah	n	1	
	Volume Tampungan	Vt	26140	m^3
	Volume Tidak Tertampung	Vs	-918.05	m^3

6.2. Rekomendasi

1. Pembuangan air hujan sebaiknya tidak langsung keluar menuju area Sungai melalui saluran pembawa untuk mengantisipasi adanya perubahan debit air Sungai dan peningkatan sedimen yang terbawa dari area perumahan.
2. Melakukan pengolahan optimalisasi konservasi air hujan dengan artificial recharge
3. Tidak merubah dimensi anak sungai yang menuju Sungai Ciliwung dan dilakukan normalisasi sepanjang anak sungai yang melintasi wilayah kajian
4. Perlu ditambahkan bak kontrol dan *screening* pada saluran masuk drainase untuk mencegah terjadinya sumbatan akibat sedimentasi maupun sampah yang masuk saluran
5. Penataan drainase dipemukiman sekitar lokasi kajian dengan saluran kedap air atau dengan tembok atau pemipaan diarahkan ke arah lembah untuk menghindari resapan air tanah yang dapat memicu terjadinya gerakan tanah
6. Pola aliran drainase dapat disesuaikan berdasarkan *masterplan* yang nantinya disahkan dengan mempertimbangkan volume limpasan yang telah dihitung.
7. Setiap cluster dilakukan penyediaan fasilitas sumur resapan dan sistem bio-retensi sebagai bagian dari pengelolaan air hujan. Penerapan infrastruktur ini bertujuan untuk meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah, mengurangi limpasan permukaan, serta mendukung upaya konservasi air tanah dan mitigasi risiko genangan.

8. Diperlukan perbaikan pada sistem pintu outlet kolam retensi agar mampu mengatur aliran air dengan lebih optimal.
9. Dilakukan upaya pendalaman kolam retensi hingga mencapai kedalaman 3 meter, sehingga kapasitas tampung kolam dapat meningkat dan mampu menahan sekitar 70% volume air hujan. Pendalaman ini diharapkan dapat secara signifikan meminimalisir debit limpasan yang masuk ke badan air (anak Sungai Ciliwung).
10. Pemanfaatan kantong lumpur yang telah tersedia di lokasi perlu dioptimalkan untuk menahan sedimen sebelum air masuk ke sistem drainase utama atau kolam retensi

DAFTAR PUSTAKA

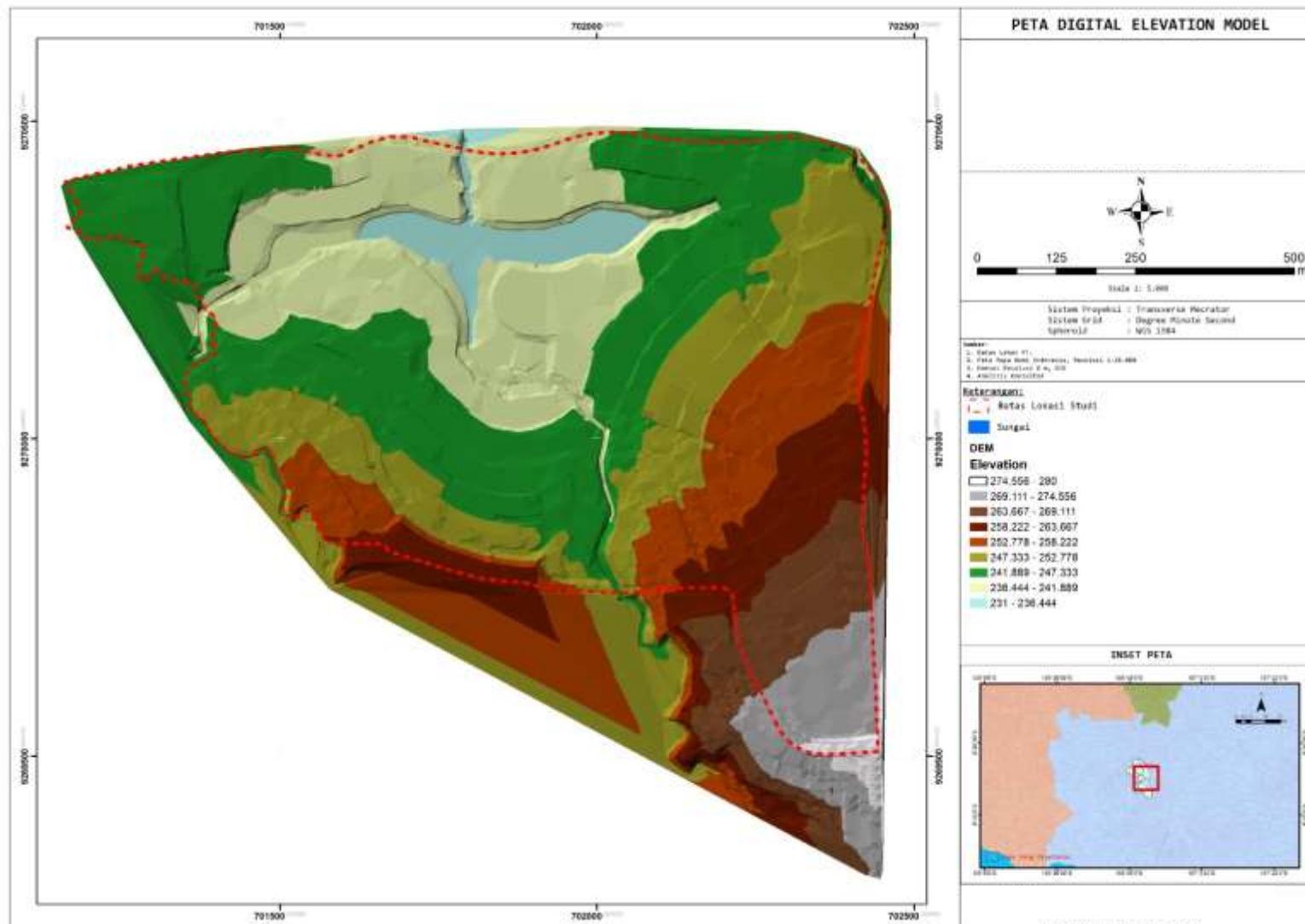
- [BSN], Badan Standarisasi Nasional, 1994, SNI 03 3424 1994 *Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan*, Jakarta: BSN
- [BSN], Badan Standarisasi Nasional, 2016, SNI 2415 2016 *Tentang tata cara perhitungan Debit Banjir Rencana*, Jakarta: BSN,
- [PUPR], Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan 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, Icsm 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 Sume Kar 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 Irrigated Land*, London (UK): Batsford Academic and Educatonial Ltd, Katholieke Universitet Leuven, Center for Irrigation Engineering,
- Kashef AAI, 1987, *Ground waterEngineering*,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 BuanaJ, Ilm, Tek, Sipil dan Tek, Kim*, 5(2):50,doi:10.33366/rekabuana,v5i2,1945,
- Mays LW, Tung YK, 1992, *Hydrosystem Engineering & Management*, 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*, 3rdedition, 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,

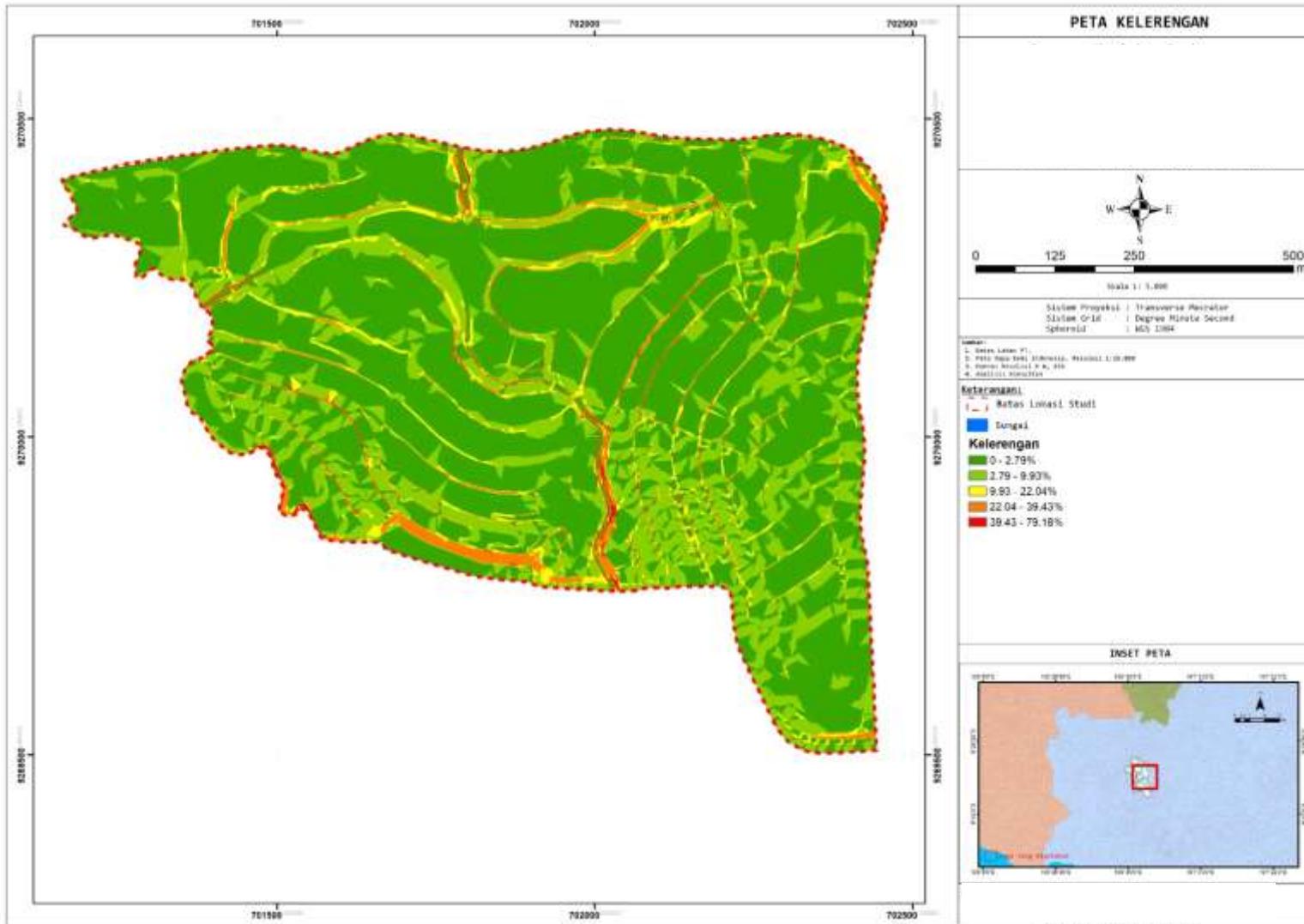
ANALISIS HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 41,045 HA

LAMPIRAN

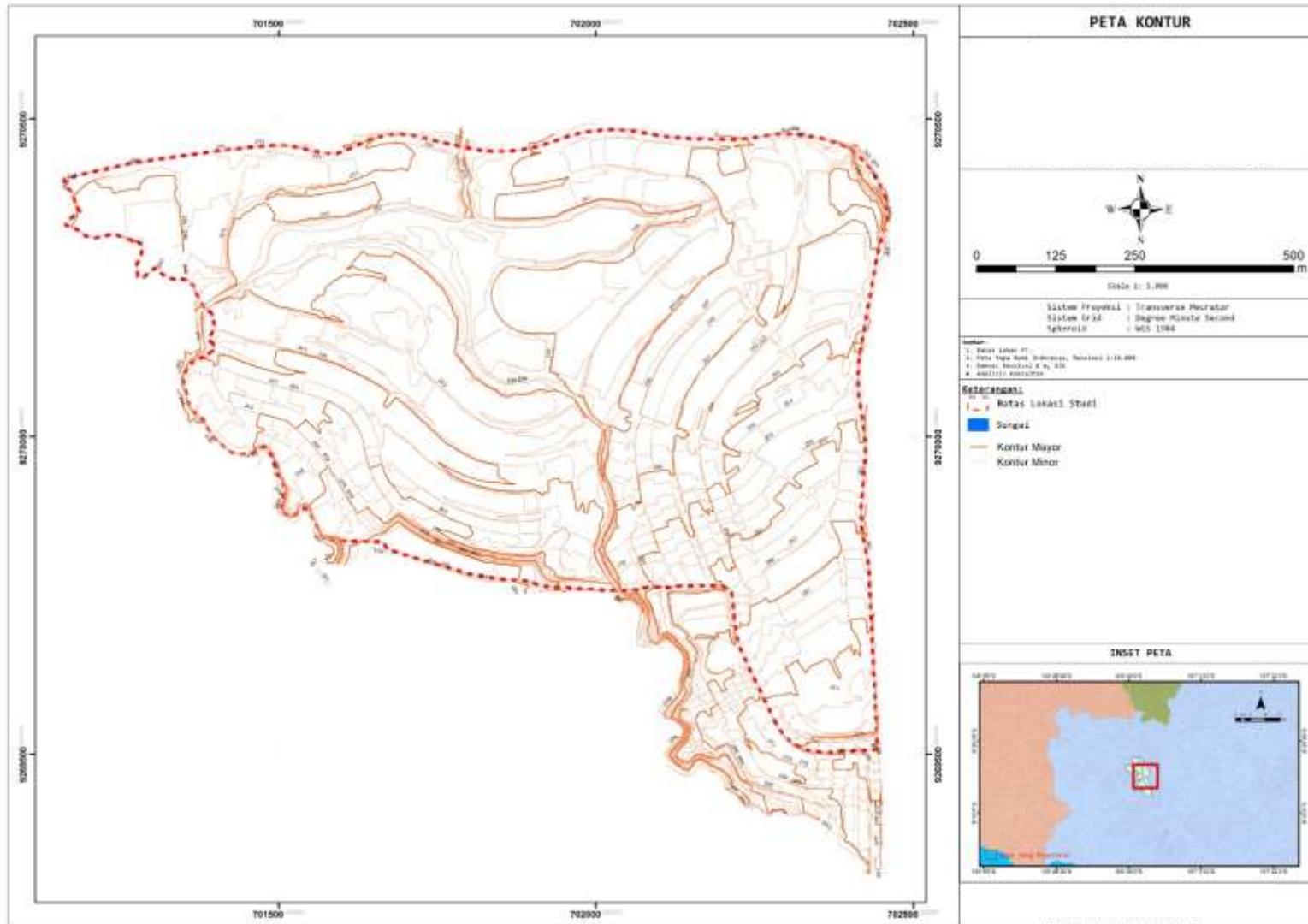
Lampiran 1 Peta topografi wilayah pengembangan



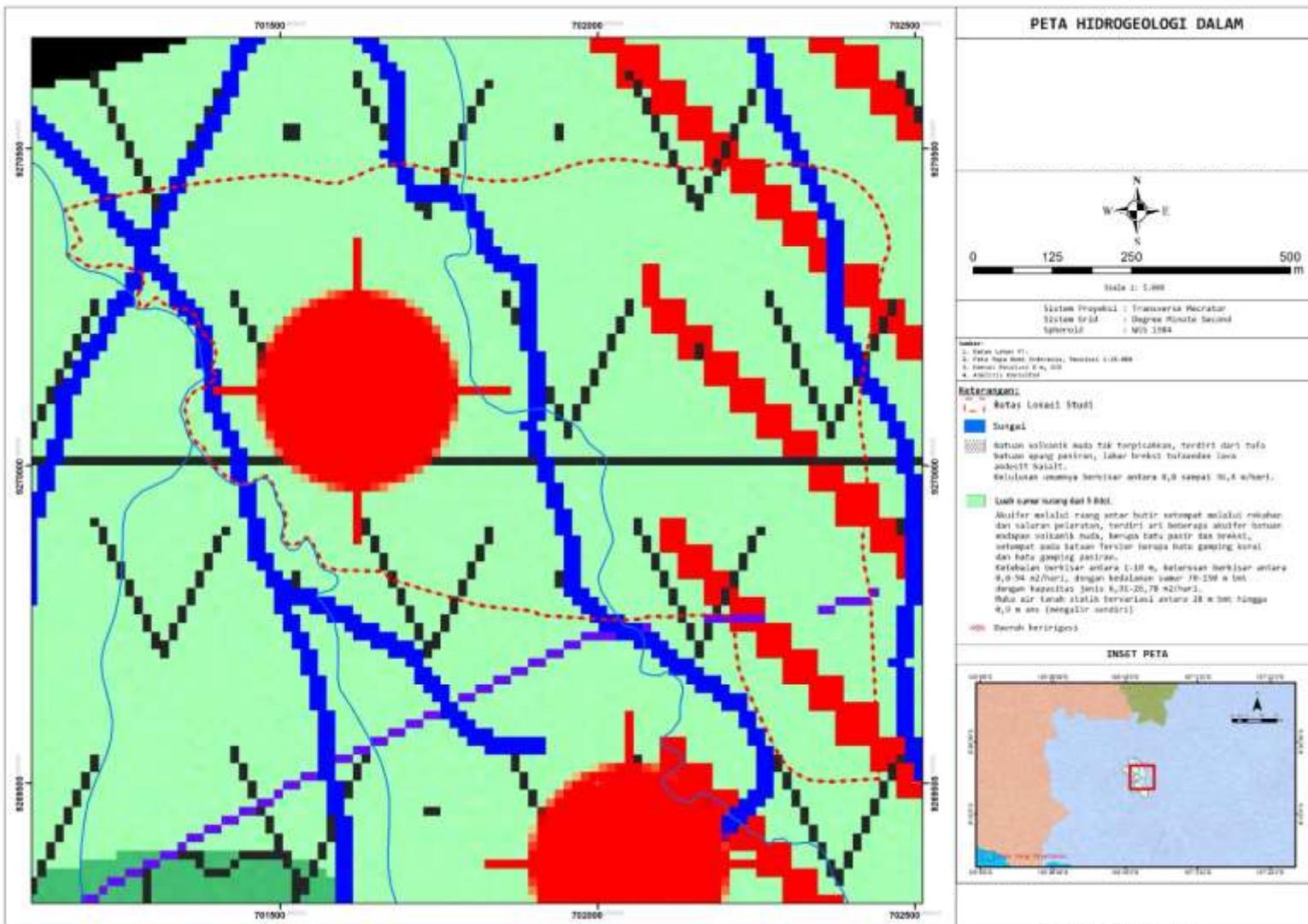
Lampiran 2 Peta kelerengan lahan wilayah kajian



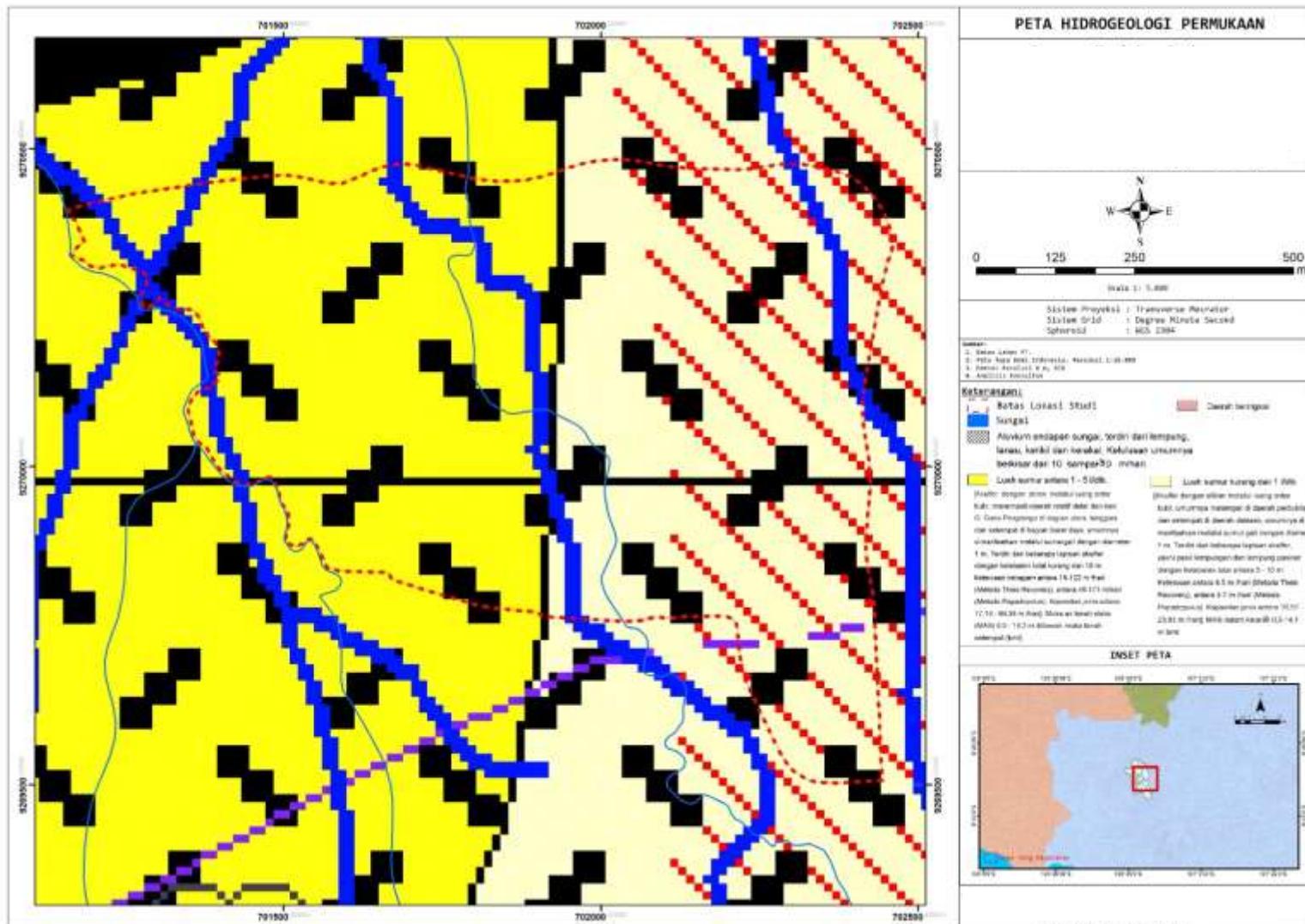
Lampiran 3 Peta kontur wilayah kajian



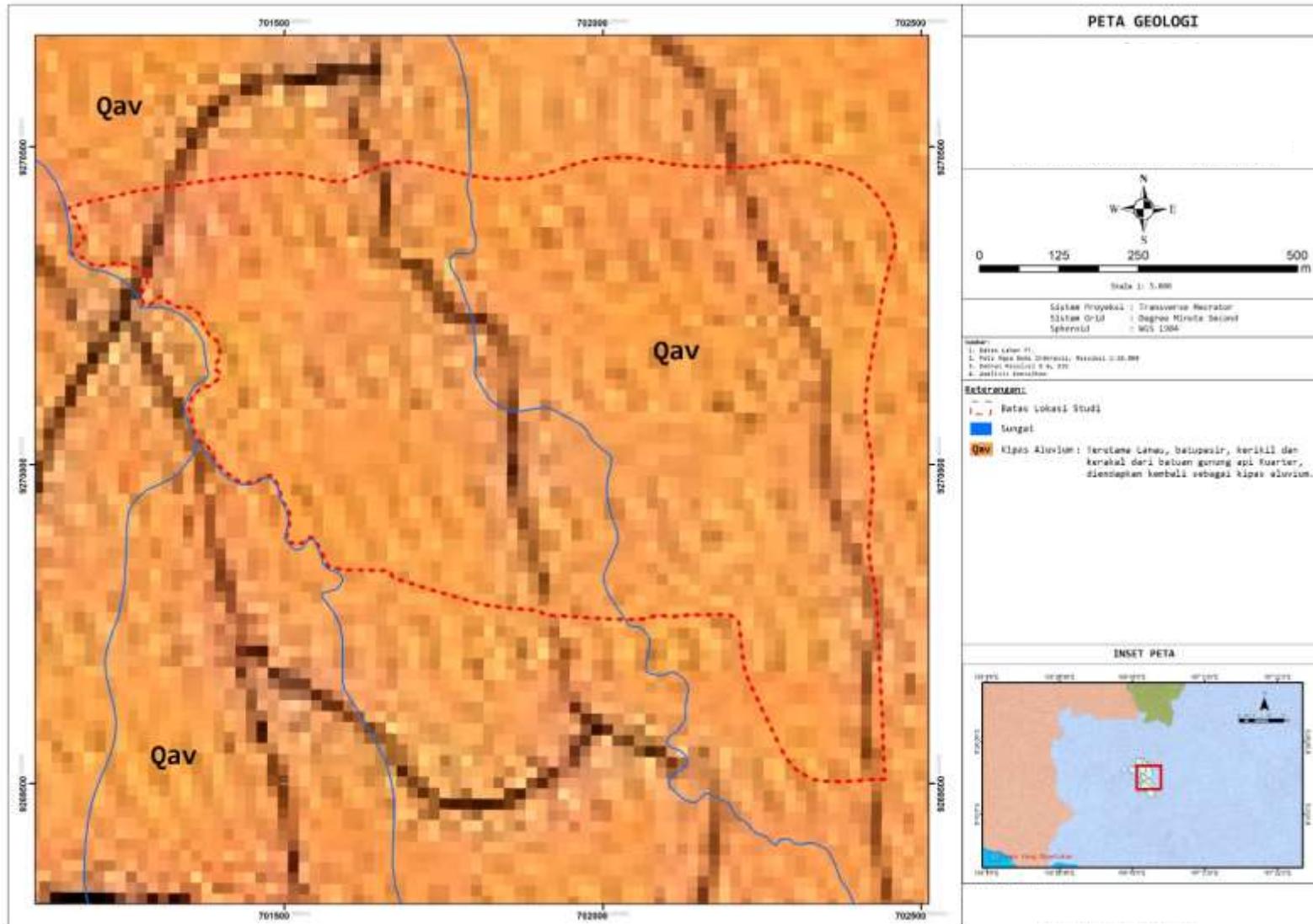
Lampiran 4 Peta Geologi Wilayah Kajian



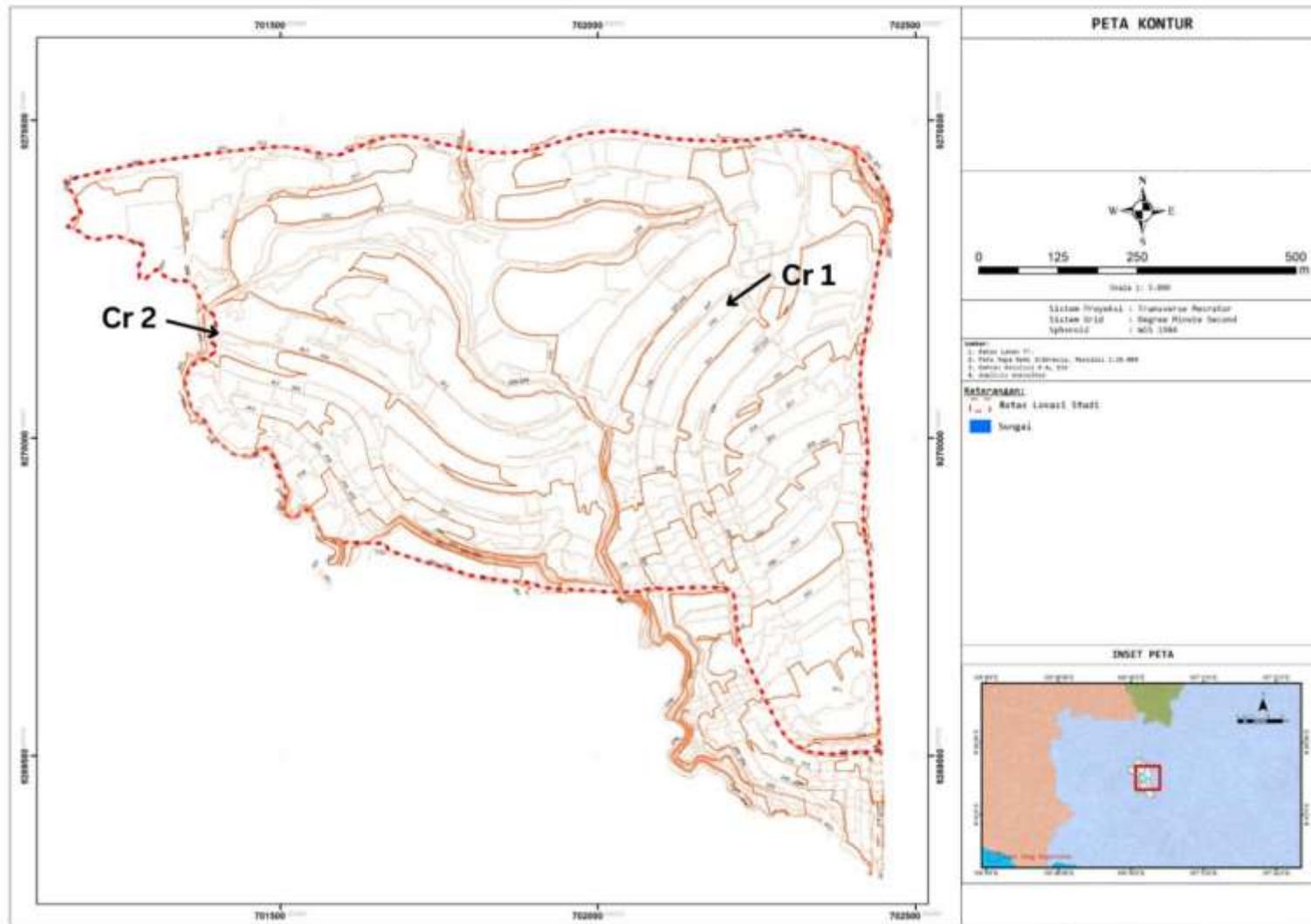
Lampiran 5 Peta Hidrogeologi Permukaan

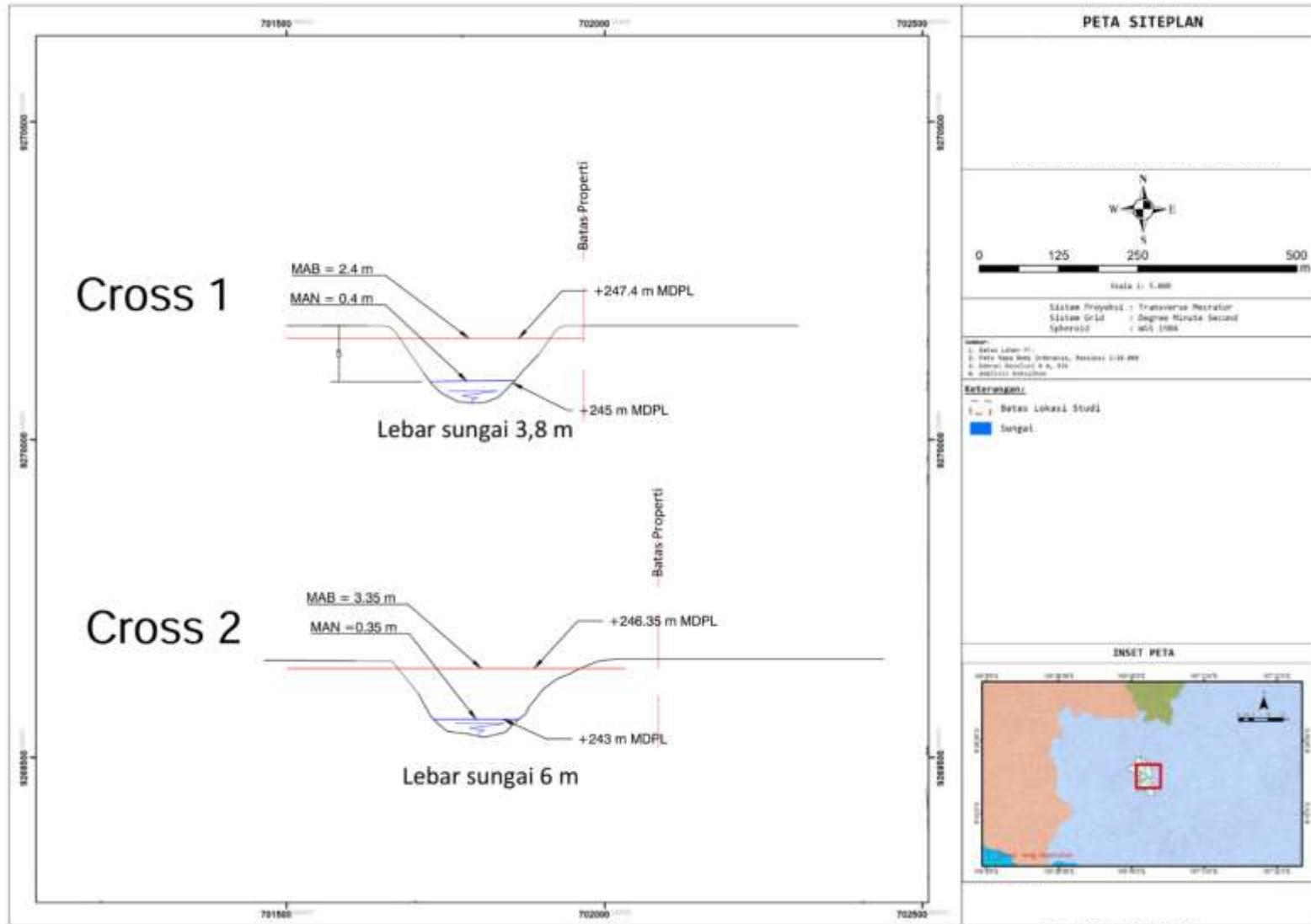


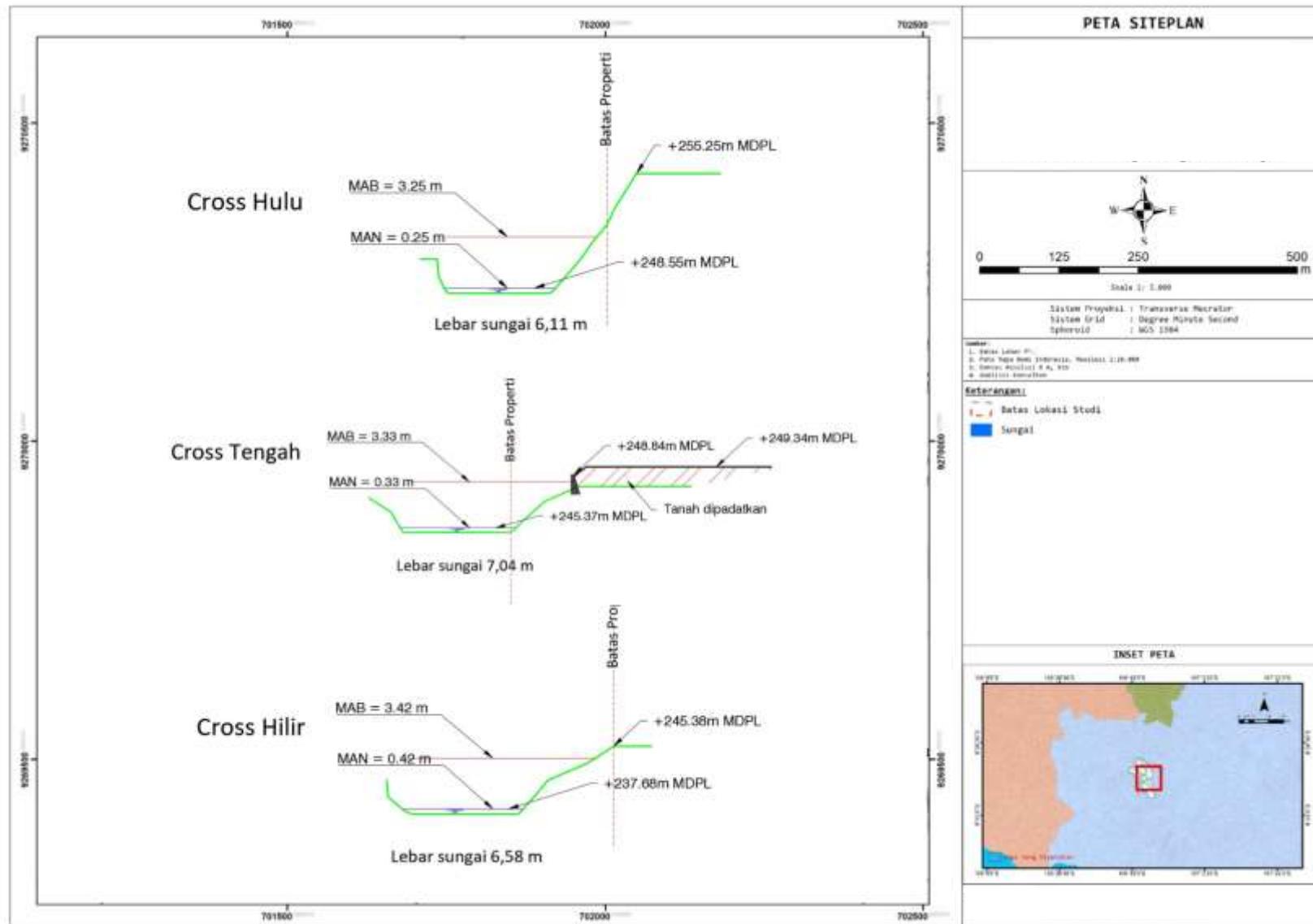
Lampiran 6 Peta Hidrogeologi Dalam



Lampiran 7 Peta Penampang Sungai







Lampiran 8 Pola Jejaring Aliran (Flownet) 2D

