

KAJIAN HIDROLOGI

PENGEMBANGAN LAHAN 26 HA BABAKAN MADANG, KAB. BOGOR



LAPORAN AKHIR

DIBUAT UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA DINAS PEKERJAAN UMUM PENATAAN RUANG
KABUPATEN BOGOR

PEMRAKARSA

PT Wahana Realty Cipta

KATA PENGANTAR

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

Kajian hidrologi dan hidrologika 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 Kabupaten Bogor.

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

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

RINGKASAN EKSEKUTIF

Judul : Kajian Hidrologi Pengembangan Lahan Seluas 26 Ha
Desa Sentul, Kecamatan Babakan Madang, Kabupaten Bogor
Lokasi : Desa Sentul, Kecamatan Babakan Madang, Kabupaten Bogor
Pemrakarsa : PT Wahana Realty Cipta
Konsultan : CV Gading Bangun Perkasa
Penyusun : Dimas Ardi Prasetya, ST.,MSi

Pendahuluan

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

PT Wahana Realty Cipta berencana akan melakukan pembangunan perumahan area seluas ± 26 Ha yang berlokasi di Desa Sentul, Kecamatan Babakan Madang, Kabupaten Bogor. Pembangunan berwawasan lingkungan sangatlah penting dilakukan, PT Wahana Realty Cipta bekerjasama dengan CV Gading Bangun Perkasa melakukan Kajian Hidrologi pada lokasi rencana pembangunan perumahan tersebut.

Masterplan

PT Wahana Realty Cipta berencana melakukan pembangunan perumahan "Perumahan Desa Sentul" pada area seluas 26 Ha yang berlokasi di Desa Sentul, Kecamatan Babakan Madang, Kabupaten Bogor. Rencana pengembangannya adalah sebagai berikut: Untuk di kawasan koefisien dasar bangun atau kavling efektif direncanakan maksimal 70%, untuk prasarana, sarana, dan utilitas, alokasi lahan sarana minimal 30 %. Pada kondisi eksisting wilayah studi yang dapat digunakan sebagai wilayah terbangun sebesar 18,2 Ha dari total luasan 26 Ha.

Kondisi Existing

Kecamatan Babakan Madang rata-rata curah hujan tahunan sebesar 3500-4000 mm/tahun dengan luas wilayah 8114 ha atau 87.90%, terletak di tengah kecamatan. Sisanya bagian Selatan mendapatkan curah hujan sebesar 4000-4500 mm/tahun (11.05%), dan bagian utara sebesar 3000-3500 mm/tahun (1.05%). Berdasarkan stasiun pengamatan di Citeko, Kabupaten Bogor, suhu udara berkisar antara $19,8^{\circ}\text{C}$ sampai $33,00^{\circ}\text{C}$ dengan Kelembaban relatif (RH) rata-rata 76,6 – 90,4 %. Kelembaban relatif maksimum pada bulan Desember dan kelembaban relatif minimum pada bulan September.

Kondisi penutupan lahan pada area merupakan kondisi tanah yang bergelombang. Pemanfaatan tanah pada umumnya terdiri dari tegalan yang ditumbuhi tanaman liar. Akses wilayah terdiri dari kondisi jalan desa selebar 3,5 - 4 m. Koordinat Desa Sentul terletak di $6^{\circ} 33' 49.12''$ Lintang Selatan dan $106^{\circ}51'50.22''$ Bujur Timur.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik tahun 2019, Kecamatan Babakan Madang merupakan salah satu Kecamatan di wilayah Kabupaten Bogor yang Sebelah Utara berbatasan dengan Desa Hambalang, Sebelah Selatan berbatasan dengan Desa Cijayanti, Sebelah Timur berbatasan dengan Desa Sumur Batu, Sebelah Barat berbatasan dengan Desa Citaringgul dan Desa Kadumanggu dengan luas wilayah 238,375 Ha. Ketinggian Kecamatan Babakan Madang sebesar 166 - 179 mdpl. Wilayah PT Wahana Realty Cipta berbatasan sebagai berikut :

- Sebelah Utara : Jl. Alternatif Sentul
- Sebelah Timur : Jl. Desa Sentul
- Sebelah Selatan : Jl. Werner Schwebig, Sekolah Anak Indonesia
- Sebelah Barat : Sungai Cikeas, Perumahan Cijujung Permai

Topografi Kecamatan Babakan Madang 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%). Terdapat sebanyak 1 (satu) Daerah Aliran Sungai (DAS) yaitu DAS Cileungsi. Sungai-sungai pada DAS tersebut mempunyai peranan yang sangat penting dan strategis sebagai sumber air dan irigasi dan sumber air.

Lahan didominasi oleh *slope* dengan kelas 0 -2,35 %, sementara itu kelas lereng dengan luasan terendah yaitu kelas 16,87 – 35,27%. 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%.

Pada wilayah studi merupakan wilayah yang dikelilingi aliran anak Sungai Cikeas dengan lebar sungai hampir seragam yaitu 14 - 17 m dan kedalaman berkisar 2 - 5 m. Sungai pada umumnya dimanfaatkan masyarakat untuk keperluan irigasi dan sumber air.

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 kode Tmj yang menunjukkan bahwa kondisi batuan napal dan batulempung dengan sisipan batu pasir gampingan. Struktur geologi merupakan formasi Jatiluhur yang menunjukkan adanya tuff halus berlapis, tuff pasiran, berselingan dengan tuff konglomerat dan kode QAv yang menunjukkan isi terdiri dari tuf halus berlapis, tuf pasiran, berselingan dengan tufa konglomerat

DAFTAR ISI

RINGKASAN EKSEKUTIF	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Perumusan Masalah	2
1.2. Maksud dan Tujuan	2
1.3. Manfaat	3
BAB II. GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN	4
2.1. Master Plan	4
2.2. Lokasi Proyek	4
2.3. Iklim	5
2.4. Kondisi Penutupan Lahan	5
2.5. Topografi dan Kemiringan Lahan (<i>Slope</i>)	7
2.6. Hidrologi Existing	10
2.7. Tanah	11
BAB III. TINJAUAN GEOLOGI DAN HIDROGEOLOGI	13
3.1. Fisiografi Lembar Bogor	13
3.1.1. Batuan Sedimen A1.1. Batuan Sedimen (Bagian selatan)	13
3.1.2. Batuan Sedimen (Bagian Utara)	15
3.1.3. Batuan Gunung Api dan Terobosan	16
3.1.4. Endapan Pemukaan	17
3.2. Tektonik dan Struktur Geologi	17
3.6 Pengolahan data Hidrologi	34
BAB IV. ANALISIS HIDROLOGI DAN PEIL BANJIR	41
4.1. Kondisi Existing Sungai	41
4.2. Analisis Peil Banjir	42
4.3. Profil Sungai dan Saluran	45
4.4. Analisis Infiltrasi	46
4.5. Analisis Curah Hujan	49
4.5.1. Intensitas Hujan	51
4.5.2. Debit dan Volume Limpasan	53
4.6. Drainase dan Bangunan Konservasi	54

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 26 HA PT WAHANA REALTY CIPTA

4.6.1. Saluran Drainase	55
4.6.2. Kolam Retensi	57
4.6.3. Sumur Resapan	59
4.7. Rekapitulasi Skema Saluran Drainase dengan Volume Limpasan	60
BAB V. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Rekomendasi	63
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Master Plan Pembangunan Perumahan Desa Sentul	5
Gambar 2 Kondisi lahan pada lokasi perencanaan.....	6
Gambar 3 Topografi wilayah pengembangan.....	8
Gambar 4 Kelerengan lahan wilayah kajian	9
Gambar 5 Peta kontur wilayah kajian.....	10
Gambar 6 Peta Geologi Wilayah Pengembangan.....	18
Gambar 7 Jenis-jenis Longsor	21
Gambar 8 Zona Akuifer.....	27
Gambar 9. Peta Hidrogeologi Permukaan	28
Gambar 10 Peta Hidrogeologi Dalam.....	29
Gambar 11 Gambaran Kondisi Akuifer	31
Gambar 12 Gambaran Umum Jejaring Aliran	32
Gambar 13 Pola Jejaring Aliran (Flownet) 2D	33
Gambar 14 Jejaring Air Tanah 3D.....	34
Gambar 15 Kondisi eksisting Sungai Cikeas di Wilayah Kajian	42
Gambar 16 Peta simulasi banjir 1 m	43
Gambar 17 Peta simulasi banjir 2 m	43
Gambar 18 Peta simulasi banjir 3 m	44
Gambar 19 Peta simulasi banjir 4 m	44
Gambar 20 Peil Banjir Sungai Cikeas	45
Gambar 21 Penampang Melintang Sungai Cikeas	45
Gambar 22 Pengukuran Kecepatan Aliran Sungai	46
Gambar 23 Pengukuran Laju Infiltrasi	47
Gambar 24 Grafik Laju Infiltrasi Lokasi Wilayah Kajian	49
Gambar 25 Curah Hujan Rancangan Metode Gumbel	51
Gambar 26 Grafik Intensitas Hujan (mm/jam).....	53
Gambar 27 Bentuk Penampang Saluran Drainase	55
Gambar 28 Penampang melintang drainase primer wilayah kajian	56
Gambar 29 Penampang melintang drainase sekunder wilayah kajian	57
Gambar 30 Contoh Detail Penampang Drainase Lingkungan Bentuk Persegi.....	57
Gambar 31 Rencana Kolam Retensi.....	58
Gambar 32 Penampang Melintang Sumur Resapan pada DTA 1	59

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Potensi gerakan tanah/longsor di Kabupaten Bogor	21
Tabel 2 Syarat penggunaan jenis sebaran.....	35
Tabel 3 Nilai koefisien limpasan metode rasional	36
Tabel 4 Koefisien kekasaran manning.....	37
Tabel 5 Tinggi jagaan drainase pasang batu dan dari tanah.....	39
Tabel 6 Unsur geometris penampang saluran persegi dan trapesium	40
Tabel 7 Hubungan antara nilai Q, h, dan b/h untuk saluran drainase	40
Tabel 8 Hasil perhitungan debit sungai pada wilayah kajian.....	46
Tabel 9 Data hasil pengukuran laju infiltrasi lokasi 1	48
Tabel 10 Hasil pengolahan data infiltrasi.....	48
Tabel 11 Curah Hujan Tahunan Maksimum.....	50
Tabel 12 Hasil perhitungan koefisien C _k , C _s , dan C _v	50
Tabel 13 Hasil Analisis Distribusi Curah Hujan Metode Gumbel.....	51
Tabel 14 Intensitas Hujan.....	52
Tabel 15 Hasil perhitungan koefisien limpasan kumulatif (C _r)	54
Tabel 16 Debit dan Volume Limpasan.....	54
Tabel 17 Bentuk Penampang Saluran Drainase.....	56
Tabel 18 Hasil perhitungan dimensi kolam retensi	58
Tabel 19 Perencanaan jumlah sumur resapan.....	59
Tabel 20 Skema Saluran Drainase.....	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta topografi wilayah pengembangan	68
Lampiran 2 Peta kelerengan lahan wilayah kajian.....	69
Lampiran 3 Peta kontur wilayah kajian.....	70
Lampiran 4 Peta Geologi Wilayah Pengembangan.....	71
Lampiran 5 Peta hidrogeologi permukaan	72
Lampiran 6 Peta Hidrogeologi Dalam.....	73
Lampiran 7 Pola Jejaring Aliran (Flownet) 2D	74
Lampiran 8 Jejaring Air Tanah 3D dan Posisi Keterdapatatan Air Tanah	75
Lampiran 9 Peta simulasi banjir 1 m	76
Lampiran 10 Peta simulasi banjir 2 m.....	77
Lampiran 11 Peta simulasi banjir 3 m.....	78
Lampiran 12 Peta simulasi banjir 4 m.....	79

BAB I. PENDAHULUAN

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

Pembangunan berwawasan lingkungan sangatlah penting dilakukan, Pembangunan kawasan diperkirakan sebesar 26 Ha berupa kawasan terbangun. Pembangunan kawasan Perumahan Desa Sentul, Kecamatan Babakan Madang, Kabupaten Bogor.

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

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

sementara manusia semakin banyak jumlahnya, sehingga kebutuhan air semakin meningkat.

Sejalan dengan pertumbuhan dan pembangunan suatu wilayah diikuti pula dengan peningkatan jumlah penduduk dan kebutuhan sarana pemukiman. Keterbatasan luas dan wilayah lahan pemukiman yang ada mendesak untuk digunakannya lahan pertanian dan lahan hijau sebagai wilayah pemukiman. Padahal perubahan 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 kaedah 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 dan lahan hijau 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 PT Wahana Realty Cipta adalah sebagai :

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

Tujuan dari kegiatan ini adalah:

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

perubahan tata guna lahan yang meliputi: Penataan Drainase, Peil banjir, Sempadan, dan Bangunan Air.

1.3. Manfaat

Manfaat dari kegiatan Kajian Hidrologi terhadap Perubahan Penggunaan Lahan Pertanian dan Lahan Hijau menjadi Perumahan adalah tersusunnya dokumen pengendalian sumberdaya air dan lingkungan hidup, lahan hijau pada area Perumahan Desa Sentul, Kecamatan Babakan Madang.

BAB II. GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN

2.1. Master Plan

Gambaran umum wilayah pembangunan merupakan kawasan siap bangun yang sudah memiliki akses jalan. Kawasan kajian memiliki wilayah tegalan. Pada selatan wilayah kajian juga terdapat Jl. Werner Schwebig dan Sekolah Anak Indonesia, sedangkan pada Bagian Barat wilayah kajian juga dilewati Sungai Cikeas. Kemudian, pada bagian Timur wilayah kajian terdapat Jl. Desa Sentul, dan pada bagian Utara wilayah kajian merupakan Jl. Alternatif Sentul. Wilayah kajian dilewati oleh Sungai besar yaitu Sungai Cikeas. Rencana kawasan pembangunan merupakan kawasan yang sudah dilakukan cut and fill untuk menyamakan elevasi.

PT. Wahana Reality Cipta berencana melakukan pembangunan perumahan pada area seluas area seluas 26 Ha yang berlokasi di Desa Sentul, Kecamatan Babakan Madang, Kabupaten Bogor. Aliran Sub-DAS dari Cikeas akan bermuara menuju Sungai Bekasi Hulu. Pembangunan kawasan terbangun diperkirakan sebesar 26 Ha. Pembangunan berwawasan lingkungan sangatlah penting dilakukan, sehingga perlu adanya Kajian Hidrologi pada lokasi rencana pembangunan perumahan tersebut.

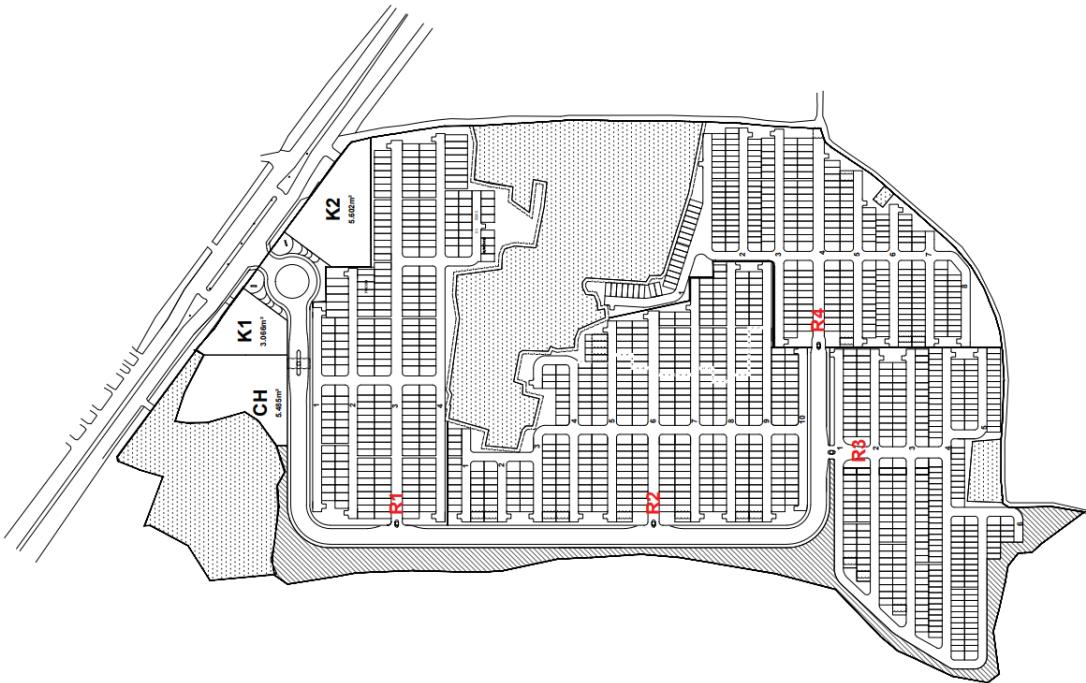
2.2. Lokasi Proyek

Kecamatan Babakan Madang terletak di $6^{\circ}33'49.12''$ Lintang Selatan dan $106^{\circ}51'50.22''$ Bujur Timur. Secara administratif Kecamatan Babakan Madang terdiri dari 9 desa, yaitu: Desa Cijayanti, Desa Bojong Koneng, Desa Karang Tengah, Desa Sumur Batu, Desa Babakan Madang, Desa Citaringgul, Desa Cipambuan, Desa Kadumangu, dan Desa Sentul. Lokasi keberadaan proyek terletak di Desa Sentul, Kec Babakan Madang Kabupaten Bogor. Luas area proyek 26 Ha dengan Kawasan yang dapat dibangun seluas 25.5 Ha membentang keseluruhan Desa Sentul dari utara ke selatan dan dikategorikan sebagai zona pemukiman dengan kepadatan rendah.

Gambaran lokasi proyek ditunjukan pada Gambar 1. Lokasi proyek pembangunan dibatasi oleh garis warna merah. Lokasi proyek pengembangan berada pada semat desa yaitu Desa Kadumangu, Desa Nangewer, Desa Leuwinutug, dan Desa Nangewer. Secara umum gambaran lokasi proyek berada pada batas sebagai berikut:

- | | |
|-----------------|---|
| Sebelah Utara | : Jl. Alternatif Sentul |
| Sebelah Selatan | : Jl. Werner Schwebig, Sekolah Anak Indonesia |
| Sebelah Barat | : Sungai Cikeas, Perumahan Cijujung Permai |

Sebelah Timur : Jl. Desa Sentul



Gambar 1 Master Plan Pembangunan Perumahan Desa Sentul

2.3. Iklim

Kecamatan Babakan Madang rata-rata curah hujan tahunan sebesar 3500-4000 mm/tahun dengan luas wilayah 8114 ha atau 87.90%, terletak di tengah kecamatan. Sisanya bagian Selatan mendapatkan curah hujan sebesar 4000-4500 mm/tahun (11.05%), dan bagian utara sebesar 3000-3500 mm/tahun (1.05%). Berdasarkan stasiun pengamatan di Citeko, Kabupaten Bogor, suhu udara berkisar antara $19,8^{\circ}\text{C}$ sampai $33,00^{\circ}\text{C}$ dengan Kelembaban relatif (RH) rata-rata 76,6 – 90,4 %. Kelembaban relatif maksimum pada bulan Desember dan kelembaban relatif minimum pada bulan September.

2.4. Kondisi Penutupan Lahan

Kondisi penutupan lahan pada area merupakan kondisi tanah yang relatif bergelombang. Penutupan lahan saat ini berupa semak dan lahan pertanian/perkebunan yang memiliki akses jalan. Jenis tanaman yang paling ditemui pada lahan perkebunan adalah tanaman singkong, pisang dan bambu pada beberapa area. Lahan saat ini didominasi dengan tanah lapang dengan rumput ilalang yang membentang luas pada wilayah kajian. Pada beberapa area juga terdapat pohon-pohon kayu dengan jumlah yang sedikit yang pada umumnya terdapat pada perbatasan lahan. Pada sekeliling lahan kajian berbatasan langsung dengan perumahan warga. Karakteristik lahan kajian memiliki jenis

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 26 HA PT WAHANA REALTY CIPTA

tanah yang paling dominan adalah latosol dan bergelombang. Akses jalan merupakan jalan lingkungan yang beraspal namun berlubang dengan lebar rata-rata 3,5 m. Sepanjang jalan tidak dijumpai adanya saluran drainase eksisting. Gambar penutupan lahan tersaji pada Gambar 2. Kondisi penutupan lahan eksisting yang merupakan lahan terbuka merupakan daerah resapan air yang baik.



Gambar 2 Kondisi lahan pada lokasi perencanaan

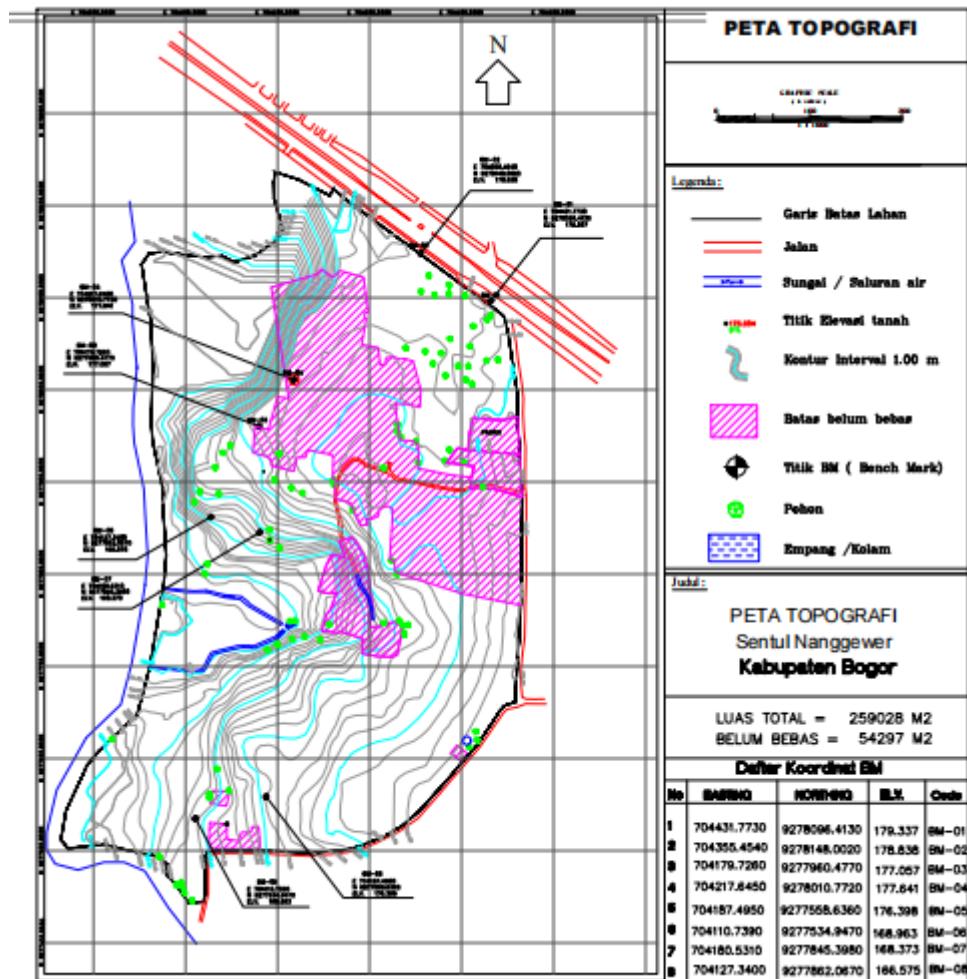
2.5. Topografi dan Kemiringan Lahan (*Slope*)

Kecamatan Babakan Madang terletak di $6^{\circ}33'49.12''$ Lintang Selatan dan $106^{\circ}51'50.22''$ Bujur Timur, Luas area proyek 26 Ha dengan Kawasan yang dapat dibangun seluas 25.5 Ha. Secara administratif Kecamatan Babakan Madang terdiri dari 9 desa, yaitu: Desa Cijayanti, Desa Bojong Koneng, Desa Karang Tengah, Desa Sumur Batu, Desa Babakan Madang, Desa Citaringgul, Desa Cipambuan, Desa Kadumangu, dan Desa Sentul. Lokasi keberadaan proyek terletak di Desa Sentul, Kecamatan Babakan Madang, Kabupaten Bogor.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik tahun 2022, Kecamatan Babakan Madang merupakan salah satu Kecamatan di wilayah Barat Kabupaten Bogor yang berbatasan dengan Kecamatan Citeureup dengan luas wilayah 4376 Ha. Ketinggian Kecamatan Babakan Madang dalam rentang 100 - 700 mdpl.

Ditinjau dari segi Topografi wilayah sangat bervariasi yaitu berupa daerah pegunungan Jonggol bagian Timur, pegunungan puncak Ciliwung di sebelah Utara. Sungai-sungai yang berada di Kecamatan Babakan Madang posisinya membentang, mengalir dari daerah Selatan ke Utara dan kemudian bergabung dengan Sungai Cileungsi menjadi Sungai Bekasi. Sungai-sungai tersebut mempunyai peranan yang sangat penting dan strategis sebagai sumber air dan irigasi dan sumber air.

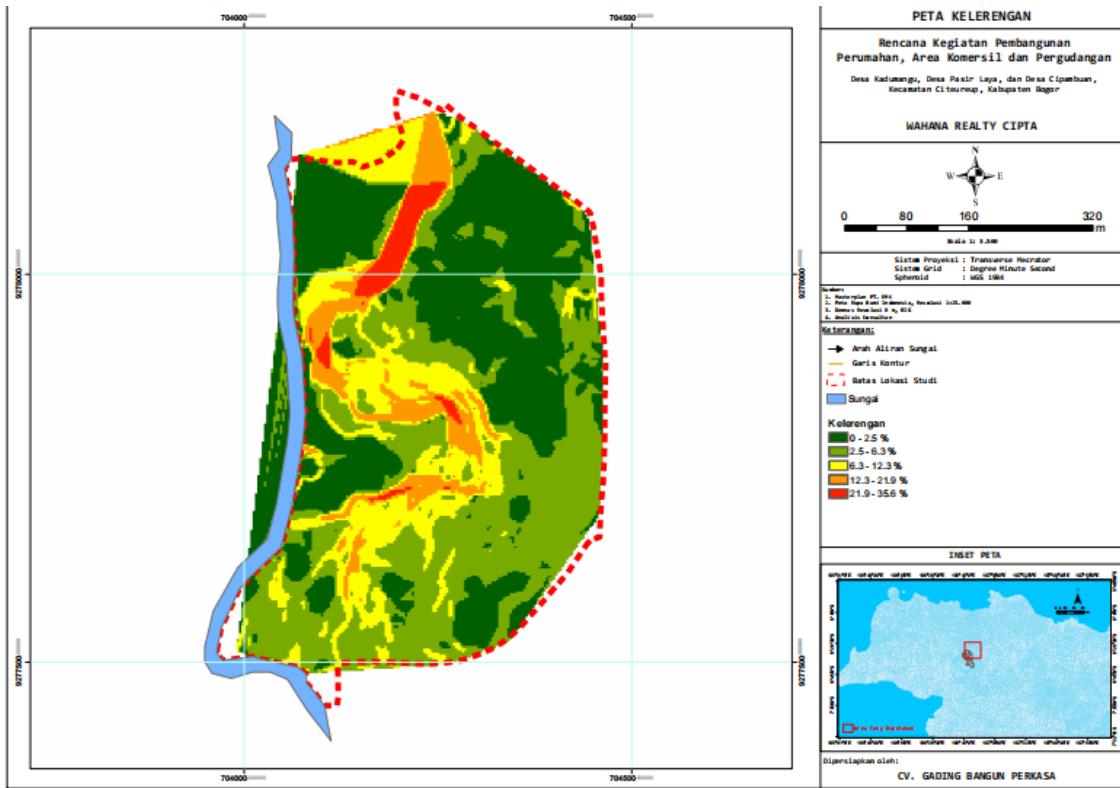
Berdasarkan data BPS 2022, rentang ketinggian Desa Sentul adalah 0-500 meter di atas permukaan laut. Peta Topografi dan Kontur wilayah kajian secara umum merupakan berupa dataran yang bergelombang yang berada pada ketinggian antara 166 m s/d 179 m diatas permukaan laut. Kecamatan Babakan Madang sebagian besar luasan wilayahnya memiliki jenis tanah Latosol dan Litosol dalam klasifikasi taksonomi tanah. Kondisi topografi pada wilayah pengembangan ditunjukan pada Gambar 3.



Gambar 3 Topografi wilayah pengembangan

Perumahan “Desa Sentul” memiliki kelas kelerengan yang terbagi atas 5 kelas lereng yaitu antara 0 % sampai dengan 35,27 %. Lahan didominasi oleh *slope* dengan kelas 0 – 2,35 %, sementara itu kelas lereng dengan luasan terendah yaitu kelas 16,87 – 35,27%. 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 perumahan “Desa Sentul” dapat dilihat pada peta kelerengan pada Gambar 4.

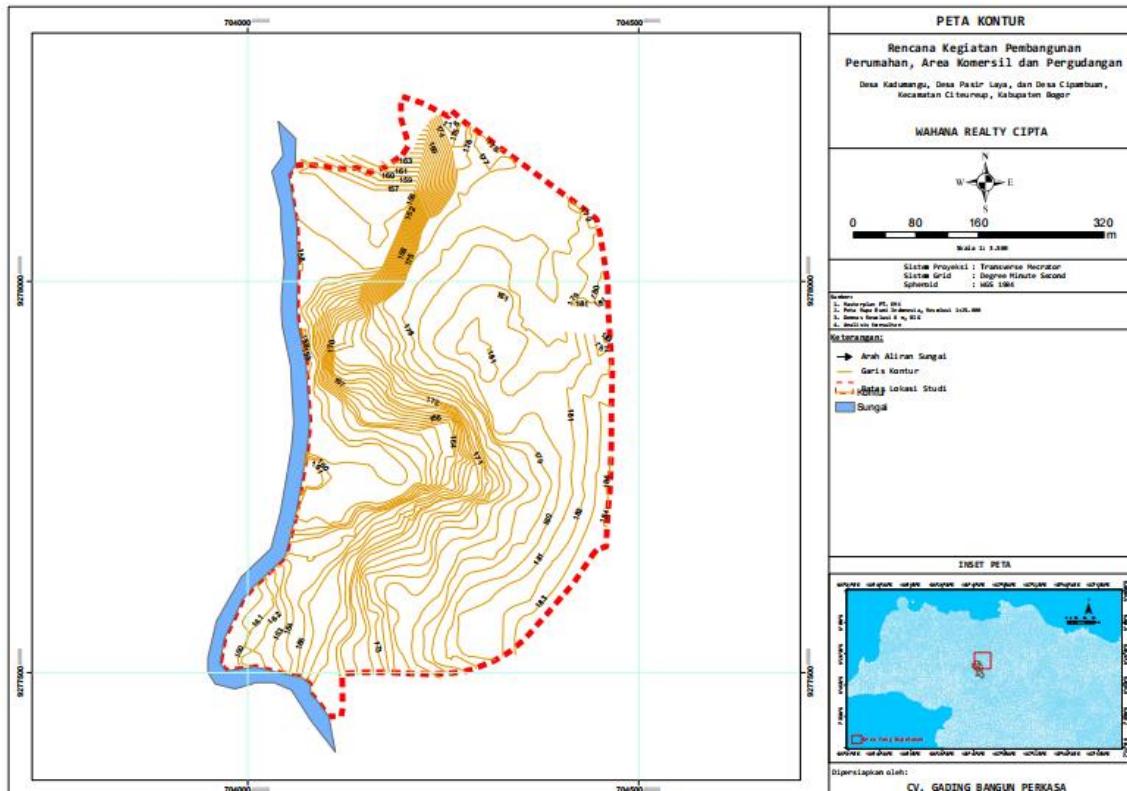
KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 26 HA PT WAHANA REALTY CIPTA



Gambar 4 Kelerengan lahan wilayah kajian

Bersarkan peta Kelerengan lahan pada wilayah studi didapatkan dominasi kemiringan lereng dengan nilai sebesar pada lahan yaitu 2.5- 6.3%. Kemiringan lereng tersebut termasuk kedalam kelas kemiringan lahan rendah. Untuk keterangan pada bagian tengah peta persentase kemiringan lahan sebesar 21.9 - 35.6% dimana kelas kemiringan lerengnya sudah termasuk kedalam kelas curam. Karakteristik kelerengan lahan ini semakin ketengah kelas kemiringannya termasuk ke kelas curam. Peta kontur wilayah kajian ditunjukan pada Gambar 5

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 26 HA PT WAHANA REALTY CIPTA



Gambar 5 Peta kontur wilayah kajian

2.6. Hidrologi Existing

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

Potensi air adalah kondisi sumber daya 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 batugamping, batugamping mempunyai sifat larut oleh air dan pada wilayah ini mempunyai karakteristik sumberdaya air yang khas Air pada wilayah dengan batuan gamping, mengalir melalui rekahan-rekahan yang selanjutnya air keluar dalam bentuk mata air. Pada wilayah studi merupakan wilayah yang dikelilingi aliran anak Sungai dengan lebar sungai hampir seragam yaitu 14 - 17 m dan kedalaman muka air

normal berkisar 0,5 - 1 m. Sungai eksisting saat ini dimanfaatkan untuk kegiatan domestik maupun irigasi.

2.7. Tanah

Kabupaten Bogor khususnya Kecamatan Klapanunggal memiliki jenis tanah Latosol dan Litosol. Jenis tanah Latosol merupakan jenis tanah terluas dan paling dominan yang sebagai hasil dari erupsi gunung api. Tanah tersebut merupakan tanah muda hasil erupsi dari Gunung Salak. Latosol adalah jenis tanah muda yang umumnya mempunyai horizon kambik, belum berkembang lanjut sehingga kebanyakan tanah ini cukup subur (Hardjowigeno 2007). Menurut Dusal dan Soepraptohardjo (1957), tanah Latosol merupakan tanah dengan pelapukan lanjut karena sangat tercuci, batas-batas horison baur, kandungan mineral primer dan unsur hara rendah, pH rendah (4,5 – 5,5), konsistensi remah, stabilitas agregat tinggi dan terjadi akumulasi seskuioksida akibat pencucian silika. Warna tanah merah, coklat kemerahan, coklat, coklat kekuningan, atau kuning, tergantung dari bahan induk, umur, iklim, dan ketinggian.

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

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

Hasil deskripsi profil tanah di lokasi pengembangan termasuk dengan ketebalan tipis, tekstur liat berat dengan konsistensi (sangat lengket, sangat plastis dan teguh) dan drainase agak buruk menunjukkan secara fisik areal penelitian termasuk tidak subur dan lahan yang sulit untuk diolah untuk tanaman budidaya. Tutupa Tanah pada wilayah pengembangan terdiri dari lahan pertanian berupa sawah dan sebagian tegalan dengan presentase yang sangat kecil.

Kesuburan tanah merupakan kemampuan inheren tanah menyediakan unsur hara dalam jumlah yang cukup dan perbandingan yang tepat bagi tanaman. Tanah dengan jenis *Typic Hapludult* memiliki laju infiltrasi rendah dengan kapasitas memegang air yang cukup baik. Hal ini menyebabkan tanah cenderung becel, aliran air permukaan (*run off*) tinggi, dan tanah sulit diolah pada lokasi belereng. Selain itu, kandungan bahan organiknya sedang dan ditemukan pada kedalaman lebih dari 20 cm. Kandungan P_2O_5 tanah ini sangat rendah akibat adanya fiksasi P yang tinggi.

Tanah dengan jenis *Typic Dystropept* memiliki laju air rendah sampai tinggi. Pada tanah ini ketersediaannya akan Kalium (K) rendah, kemampuan tukar kation (KTK) rendah dan 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 berpasit 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 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 Pelabuhanratu 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 initi 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:

- ❖ Batuan Sedimen Tersier
- ❖ Batuan Volkanik dan terobosan
- ❖ Batuan endapan Permukaan

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

3.1.1. Batuan Sedimen A1.1. Batuan Sedimen (Bagian selatan)

- a. Formasi Walat, satuan formasi ini berumur oligosen terutama terdiri dari batu pasir kuarsa selongseling 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 Batuasih, 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, Kubangherang dan pr. Peundeuy di selatan Cibadak. Satuan ini bertindak sebagai nir-akuifer.
- e. Satuan Anggota Tufa dan Breksi Bojonglopang, 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-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 Bojonglopang, 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 nirakuifer.
- g. Anggota Lempung dan Batu Pasir Bojonglopang, berumur Miosen bawah terdiri dari selongseling lempung pasiran, batu pasir, tufaan dan tufa dengan sisipan lapisan tipistipis breksi. Tersingkap terbatas di sebelah tenggara lembar peta meliputi daerah Bojonglopang dan Cijangkar.
- h. Formasi Bojonglopang, 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 Leweungkolotkawung. Satuan batuan ini bertindak sebagai nir-akuifer.
- j. Anggota Batu Gamping Nyalindung, satuan batuan ini berumur Miosen atas, terdiri dari lensa-lensa batu gamping yang mengandung moluska dan foraminifera. Penyebarannya cukup kecil terbatas di sekitar Nyalindung sebelah barat daya lembar peta. Satuan ini bertindak sebagai nir-akuifer.
- k. Formasi Nyalindung, satuan formasi ini berumur Miosen atas, terdiri dari batu pasir glokonit gampingan berwarna hijau, lempung napalan, napal pasiran, konglomerat, breksi batu gamping dan napal. Penyebarannya terbatas di sebelah selatan dan tenggara lembar peta meliputi daerah-daerah Cikadu, Bantargadung, G. Gandaria, Pr. Lemahduwur, G. Kalong. Satuan ini dapat

bertindak sebagai akuifer (batu pasir dan konglomerat) maupun nir-akuifer (lempung napalan dan napal pasiran).

- l. Formasi Bentang, satuan ini berumur Miosen atas, terdiri dari batu pasir tufaan, serpih tufaan dan breksi seperti konglomerat gampingan. Ketebalan lebih dari 500 m (A.C Effendi, 1986). Penyebarannya cukup luas di sebelah barat daya lembar peta meliputi Leweungkolotkoneng, Pr. Lemahdeudeur 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 nirakuifer.
- b. Formasi Cibungbulang, Formasi ini berumur Miosen Tengah terdiri dari batu gamping terumbu padat dengan foraminifera besar dan echinodermata, batu gamping pasiran, napal, batu pasir kuarsa glokonitan dan batu pasir hijau.
- c. Secara hidrogeologi batu gamping terumbu yang menyusun bagian bawah formasi ini dimana terjadi perekahan dan pelarutan tingkat lanjut (karstifikasi) dapat diharapkan sebagai akuifer yang baik dengan harga kelulusan yang besar. Pada batu gamping pasiran yang menyusun bagian atas formasi ini, proses kelarutan dan pengkekaran berkembang kurang bergitu 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 korall 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 koral, bersisipan dengan tufa batu apung, breksi tufaan dan batu pasir tufaan. Pada beberapa tempat dijumpai sisipan batu bara muda setebal 30-60 cm. Satuan ini menyebar terutama di barat laut Lembar peta meliputi daerah Gunung Rahong, Gunung Bodas, Warung Borong, Leuwiliang, Sungai Cikaniki dan Sungai Cianten dan sekitarnya, dengan ketebalan mencapai 550 m. Berdasarkan kesamaan batuan dan umur nisbinya formasi ini dapat dikorelasikan dengan formasi Subang (Sudjatmiko, dkk. 19989) berumur Miosen Tengah.
- g. Formasi Bojongmanik yang tersusun atas batu pasir dan batu lempung mempunyai permeabilitas sedang sampai kecil, dapat bersifat lulus air (akuifer) dan pada batu lempungnya bersifat kedap air merupakan batuan nir-akuifer.

3.1.3. Batuan Gunung Api dan Terobosan

- a. Endapan Volkanik Tua, satuan batuan endapan ini berumur kuarter tua, terdiri dari breksi, aliran larva bersusunan andesit sampai basal dan tufa batu apung, umumnya berwarna merah kecoklat-coklatan sebagian besar telah lapuk sekali. Penyebaran satuan batuan ini cukup luas di sebelah barat daya dan timur laut Lembar peta meliputi daerah-daerah Cibungbulang, Cikidang, Cikiaral, Gunung Halimun dan Gunung Kendeng.

Satuan batuan ini mempunyai harga kelulusan rendah sampai sedang, setempat dapat bertindak sebagai akuifer.

- b. Endapan Gunung Api Muda, satuan batuan ini berumur 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 bantalan umumnya berwarna kelabu-kehitaman, padat,

permukaan kasar, menyudutmembundar 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.

3.1.4. Endapan Pemukaan

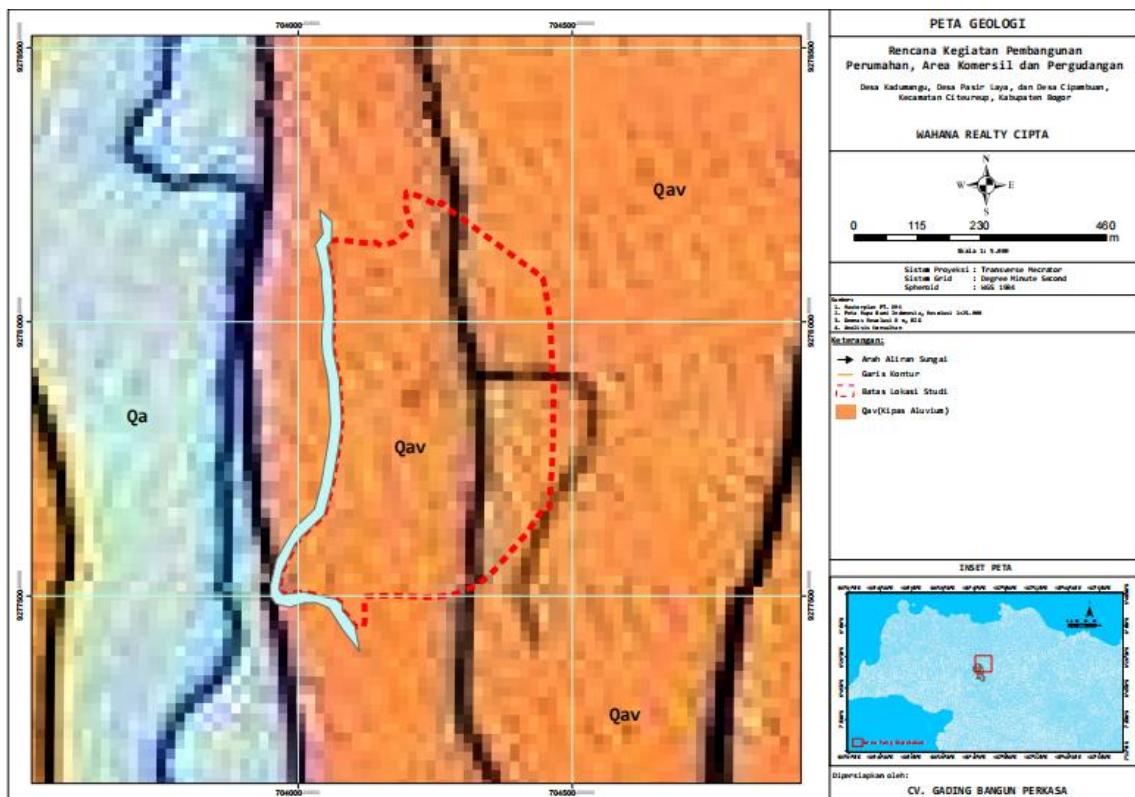
- a. Kipas Aluvium terdiri dari lanau, pasir, kerikil dan kerakal dari batuan volkanik kuarter, bersifat tufaan yang diendapkan kembali membentuk morfologi kipas dengan pola aliran "discotomic". Penyebaran satuan ini melampar cukup luas di sebelah utara lembar peta mulai dari Kota Bogor ke Utara, meliputi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

3.2. Tektonik dan Struktur Geologi

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

- a) Kipas Aluvium (Qav) yang diisi oleh lanau, batupasir, krikil dan krakal dari batuan gunung api kuarter. Tuf halus berlapis, tuf pasiran, berselingan dengan tuf konglomeratan.

Kawasan Perumahan “Nirwana Bojong Residence” secara keseluruhan baik secara vertikal maupun lateral, memiliki satuan batuan yang menyusun daerah ini antara lain adalah Kipas Aluvial. Gambaran kondisi geologi Kawasan Perumahan “Perumahan Nirwana Bojong Residence” dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Peta Geologi Wilayah Pengembangan

3.3. Kerawanan Geologi

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

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

Gerakan tanah (tanah longsor) adalah suatu produk dari proses gangguan keseimbangan lereng yang menyebabkan bergeraknya massa tanah dan batuan ke tempat yang lebih rendah. Gaya yang meneahkan 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 bebatan 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 10 kecamatan di Kabupaten Bogor, yaitu Sukajaya, Nanggung, Leuwiliang, Citeureup, Babakan Madang, Sukamakmur, Tamansari, Tenjolaya, Cijeruk, dan Cigombong, masuk zona rentan pergerakan tanah. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi pada wilayah pengembangan tidak banyak menunjukkan potensi adanya kerawanan geologi.

3.4. Kondisi Daerah Berpotensi Bencana

Secara umum kondisi pengembangan berupa lahan pertanian sawah dan tanah tegalan yang tidak difungsikan kembali. Kondisi lokasi relatif datar dengan bentuk penampakan tanah bergelombang akibat pola pertanian sawah. Berdasar kondisi geologi lembar bogor memiliki batuan penyusun berupa napal dan serpih lempungan, dan sisipan batu pasir kuarsa dari Formasi Jatiluhur (Tmj). Berdasarkan pengamatan di lapangan batuan di daerah bencana didapatkan berupa pasir kasar dengan pelapukan pasir lempungan bercampur tanah dengan ketebalan 2-3 m. Komposisi didapatkan dari hasil pengeboran sumur yang dilakukan oleh penduduk sekitar.

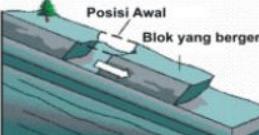
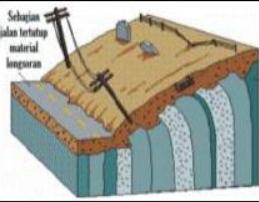
Tata guna lahan didominasi oleh tanah bekas pertanian sawah dan sebagian kecil oleh tegalan. Pada sekitar wilayah pengembangan terdapat Sungai Cikeas dengan debit yang berfluktuatif berdasarkan kondisi iklim. Sungai Cileungsi mencapai 1,2 meter dari muka air sungai normal. Kondisi kerawanan bencana berupa banjir naik ke lahan setinggi 4- 4,5 m dari tepi sungai.

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

1. Erosi yang disebabkan oleh sungai
2. Curah hujan yang tinggi yang turun sebelum dan saat terjadinya tanah memicu terjadinya gerakan tanah
3. Tidak banyak tumbuhan vegetasi besar sebagai penahan erosi
4. Kondisi geologi berupa batu pasir dengan tanah pelapukan pasir lempungan
5. Tanah pelapukan yang mudah menyerap air
6. Batuan dasarnya berupa batuan yang kedap air terdiri dari lapisan, sehingga kontakkeduanya 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, runtuhan batu, rayapan tanah, dan aliran bahan rombakan seperti tersaji pada Gambar 7.

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 26 HA PT WAHANA REALTY CIPTA

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 7 Jenis-jenis Longsor

Tabel 1 Potensi gerakan tanah/longsor di Kabupaten Bogor

No	Provinsi	Kecamatan	Potensi Gerakan Tanah
1	Jawa Barat	Babakan Madang	Menengah-Tinggi
		Leweungkolotgede	Menengah
		Caringin	Menengah - Tinggi, Berpotensi banjir bandang/aliran Bahan Rombakan

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 26 HA PT WAHANA REALTY CIPTA

	Cariu	Menengah - Tinggi
	Ciampea	Menengah - Tinggi, Berpotensi banjir bandang/aliran Bahan Rombakan
	Ciawi	Menengah - Tinggi
	Cibinong	Menengah
	Cibungbulang	Menengah - Tinggi, Berpotensi banjir bandang/aliran Bahan Rombakan
	Cigombong	Menengah - Tinggi, Berpotensi banjir bandang/aliran Bahan Rombakan
	Cigudeg	Menengah - Tinggi
	Cijeruk	Menengah - Tinggi, Berpotensi banjir bandang/aliran Bahan Rombakan
	Cibungbulang	Menengah - Tinggi
	Ciomas	Menengah, Berpotensi banjir bandang/aliran Bahan Rombakan
	Cisarua	Menengah - Tinggi
	Ciseeng	Menengah
	Citeureup	Menengah - Tinggi
	Dramaga	Menengah, Berpotensi banjir bandang/aliran Bahan Rombakan
	Gunungputri	Menengah
	Gunungsindur	Menengah
	Jasinga	Menengah - Tinggi
	Jonggol	Menengah - Tinggi
	Kemang	Menengah, Berpotensi banjir bandang/aliran Bahan Rombakan
	Klapanunggal	Menengah-Tinggi
	Leuwiliang	Menengah - Tinggi, Berpotensi banjir bandang/aliran

			Bahan Rombakan
		Leuwisadeng	Menengah - Tinggi
		Megamendung	Menengah - Tinggi
		Pamijahan	Menengah, Berpotensi banjir bandang/aliran Bahan Rombakan
		Parung	Menengah
		Parungpanjang	Menengah
		Rancabungur	Menengah, Berpotensi banjir bandang/aliran Bahan Rombakan
		Rumpin	Menengah - Tinggi, Berpotensi banjir bandang/aliran Bahan Rombakan
		Sukajaya	Menengah - Tinggi
		Sukamakmur	Menengah - Tinggi
		Sukaraja	Menengah - Tinggi
		Tajurhalang	Menengah
		Tamansari	Menengah - Tinggi
		Tanjungsari	Menengah - Tinggi
		Tenjolaya	Menengah - Tinggi, Berpotensi banjir bandang/aliran Bahan Rombakan

3.5. Jejaring Aliran (Flownet) dan Hidrogeologi

Airtanah adalah air yang bergerak dalam tanah yang terdapat di dalam ruangruang 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, airtanah 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 airtanah dan digambarkan sebagai air yang terdapat pada bahan yang jenuh di bawah muka airtanah. Dua persen sisanya adalah berupa *lengas tanah* pada zone tidak jenuh di atas muka airtanah.

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 bagianya berada dalam bentuk es di glasier dan es kutub. Air tawar yang tidak membeku dapat ditemukan terutama di dalam tanah berupa air tanah, dan hanya sebagian kecil berada di atas permukaan tanah dan di udara.

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

Air tanah adalah air tawar yang terletak di ruang pori-pori antara tanah dan bebatuan dalam. Air tanah juga berarti air yang mengalir di lapisan 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 kadangkadang disebut dengan "air fosil"). Sistem perairan di bawah permukaan dapat disamakan dengan sistem perairan permukaan dalam hal adanya input, output, dan penyimpanan.

Akuifer (*aquifer*) adalah suatu lapisan, formasi, atau kekompakan satuan geologi yang permeabel baik yang terkonsolidasi (pasir) dengan kondisi jenuh air dan mempunyai suatu besaran konduktifitas hidrolik (K) yang berfungsi menyimpan airtanah dalam jumlah besar sehingga dapat membawa air (atau air dapat diambil) dalam jumlah yang ekonomis. Dengan demikian, akuifer pada dasarnya adalah kantong air yang

berada di dalam tanah. Dapat dikatakan juga merupakan lapisan pembatas atas dan bawah suatu *confined aquifer*.

Aquiclude (semiimpermeable layer) adalah suatu lapisan-lapisan, formasi, atau kelompok formasi satuan geologi yang permeabel dengan nilai konduktivitas hidrolik yang sangat kecil sehingga tidak memungkinkan air melewatiinya. *Aquitard (semiimpervious 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 airtanah. Dengan kata lain merupakan akuifer yang mempunyai muka airtanah.

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 airtanah yang terletak pada lapisan pembatas tersebut. *Artesian aquifer* merupakan *confined aquifer* dimana ketinggian hidroliknya (*potensiometric surface*) lebih tinggi daripada muka tanah. Oleh karena itu apabila pada akuifer ini dilakukan pengeboran maka akan timbul pancaran air (*spring*), karena air yang keluar dari pengeboran ini berusaha mencapai ketinggian hidrolik tersebut.

Asal muasal airtanah digolongkan menjadi 4 tipe yang jelas (Todd, 1995), yaitu air meteorik, air juvenil, air rejuvenated, dan air konat. Air meteorik adalah airtanah 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 airtanah 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 airtanah 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 termineralisasi dan mempunyai salinitas yang lebih tinggi daripada air laut. Untuk lebih memahami proses terbentuknya airtanah, 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.

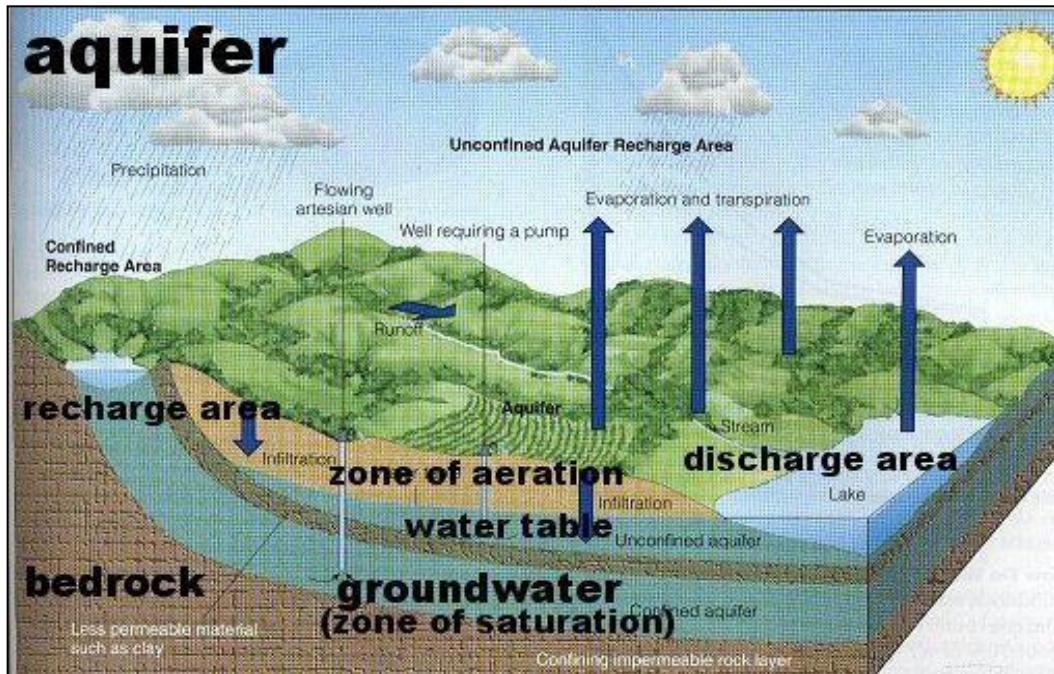
Zona akuifer tidak jenuh adalah suatu zona penampung air di dalam tanah yang terletak di atas permukaan airtanah (*water table*) baik dalam keadaan alamiah (permanen) atau sesaat setelah berlangsungnya periode pengambilan airtanah. Zona akuifer jenuh adalah suatu zona penampung airtanah yang terletak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

Akuifer tertekan juga dikenal sebagai artesis, terbentuk ketika airtanah dalam dibatasi oleh lapisan kedap air sehingga tekanan di bawah lapisan kedap air tersebut lebih besar dari pada tekanan atmosfer. Lebih lanjut, penyebaran airtanah dapat dibedakan berdasarkan daerah penyebarannya menjadi zona aerasi (zona akuifer tidak jenuh) dan zona jenuh (zona akuifer jenuh). Pada zona akuifer jenuh, semua pori-pori tanah terisi oleh air di bawah tekanan hidrostatik. Zona ini dikenal sebagai zona airtanah.

Menurut Todd (1995), zona aerasi dapat dibagi menjadi beberapa bagian wilayah penampungan airtanah, zona pertengahan, zona kapiler dan zona jenuh. Zona airtanah (*soil water zone*) merupakan zona airtanah bermula dari permukaan tanah dan berkembang kedalam melalui akar tanaman. Kedalaman yang dicapai airtanah ini

bervariasi tergantung pada tipe tanah dan vegetasi. Zona airtanah 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. Zona aquifer ditunjukkan pada Gambar 8.



Sumber : Todd, 1995

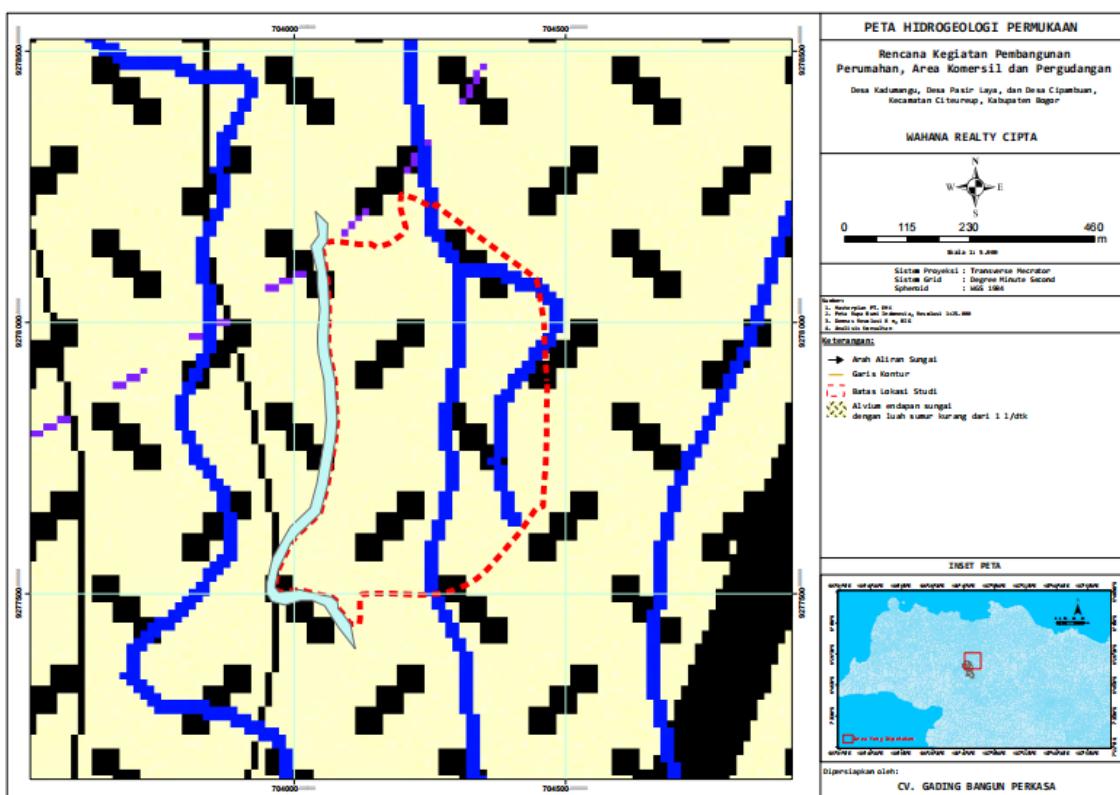
Gambar 8 Zona Akuifer

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

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

Kondisi hidrogeologi merupakan kondisi keterdapatannya air pada tanah. Pada lokasi pengembangan ditunjukkan oleh adanya peta hidrogeologi pengembangan. Peta hidrogeologi permukaan ditunjukkan pada Gambar 9. Berdasarkan peta hidrogeologi permukaan, komposisi litologi batuan dan kelulusannya : terutama terdiri dari pasir halus dan lempung pasiran, berselingan dengan pasir kerikilan. Kelulusan berkisar antara 0,02 sampai 100 m/hari. Kemungkinan luah sumur pada wilayah kajian sebagai berikut :

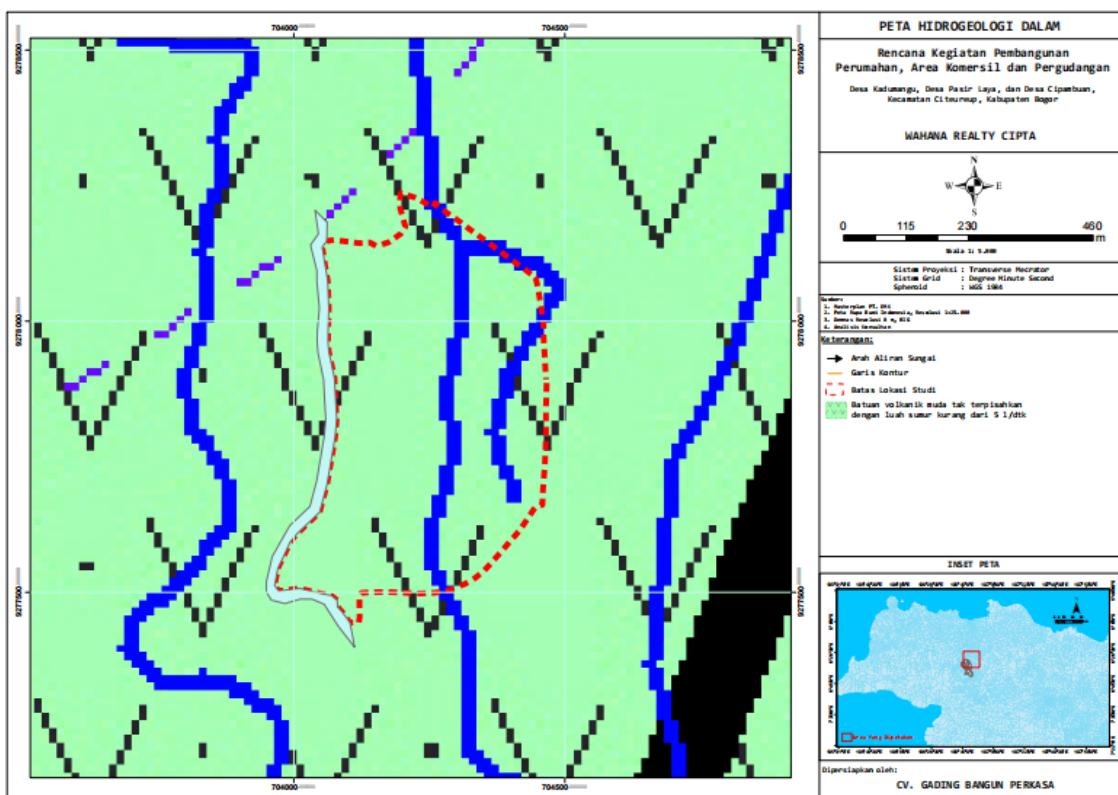
- a) Luah sumur kurang dari 1 l/detik. Akuifer dengan aliran melalui ruang antar butir, umumnya melampar di daerah daerah perbukitan dan di daerah dataran setempat. Umumnya dimanfaatkan melalui sumur gali dengan diameter 1 m. Terdiri dari beberapa lapisan akuifer, yakni pasir lempungan dan lempung pasiran 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. MAS dalam kisaran 0,5 – 14,1 m bmt.
- b) Luah sumur antara 1 – 5 l/detik. Akuifer dengan aliran melalui ruang antar butir, melampar di daerah relatif datar pada daerah tengah dan utara, umumnya dimanfaatkan melalui sumur gali dengan diameter antara 1 – 3 m. Terdiri dari beberapa lapisan akuifer, yakni pasir kerikilan dan pasir lempungan dengan ketebalan rata-rata 10 m. Setempat keterusan dapat mencapai 324,40 m²/hari dan kapasitas jenis kurang dari 5 l/detik.m. Muka air tanah statis sangat beragam, umumnya berkisar antara 0,5 dan 5 m di bawah muka tanah setempat.



Gambar 9. Peta Hidrogeologi Permukaan

Berdasarkan peta hidrogeologi dalam, komposisi litologi batuan dan kelulusannya : terutama terdiri dari batu pasir, batu lempung dan napal . peta hidrogeologi dalam ditunjukan pada Gambar 10. Selain itu juga terdiri dari lempung, lempung pasiran sampai kerikilan dan sisipan pasir. Semua bersifat tufaan, kelulusan umunya berkisar antara $(3,2 - 5,6) \times 10$ hingga $9,5 - 10,1$ m/hari pada batu pasir dan $3,9 \times 10^{-2}$ sampai dengan 5×10^{-3} m/hari pada batu lanau. Kemungkinan luah sumur pada wilayah kajian sebagai berikut :

- Luah sumur kurang dari 5 l/detik. Akuifer dengan aliran melalui ruang antar butir setempat melalui rekahan dan saluran pelarutan: terdiri dari beberapa akuifer batuan sedimen kuarter berupa batu pasir dan breksi, setempat batuan tersier breksi, batu gamping korall dan batu gamping pasiran; ketebalan berkisar 3 – 20 m, keterusan 7 – 100 m²/hari dengan kedalaman sumur 60 – 250 m di bawah muka tanah, kapasitas jenis 0,1 – 0,4 l/detik/m, muka air tanah statis 2 – 45 m di bawah tanah.
- Nir akuifer. Daerah air tanah langka atau tak berarti.



Gambar 10 Peta Hidrogeologi Dalam

Sebaran vertikal sistem akuifer di daerah penyelidikan diperoleh dari data kedudukan permukaan air tanah bebas, yang diperoleh dari hasil pengukuran sumur gali penduduk terpilih, sedangkan data litologi bawah permukaan diperoleh dari penampang sumur bor, pendugaan geolistrik, dan tataan geologi wilayah. Berdasar data dilapangan

didapatkan dengan kedalaman pemboran sumur sampai dijumpai air bervariasi yaitu rata-rata 15 - 20 m di bawah muka tanah setempat.

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

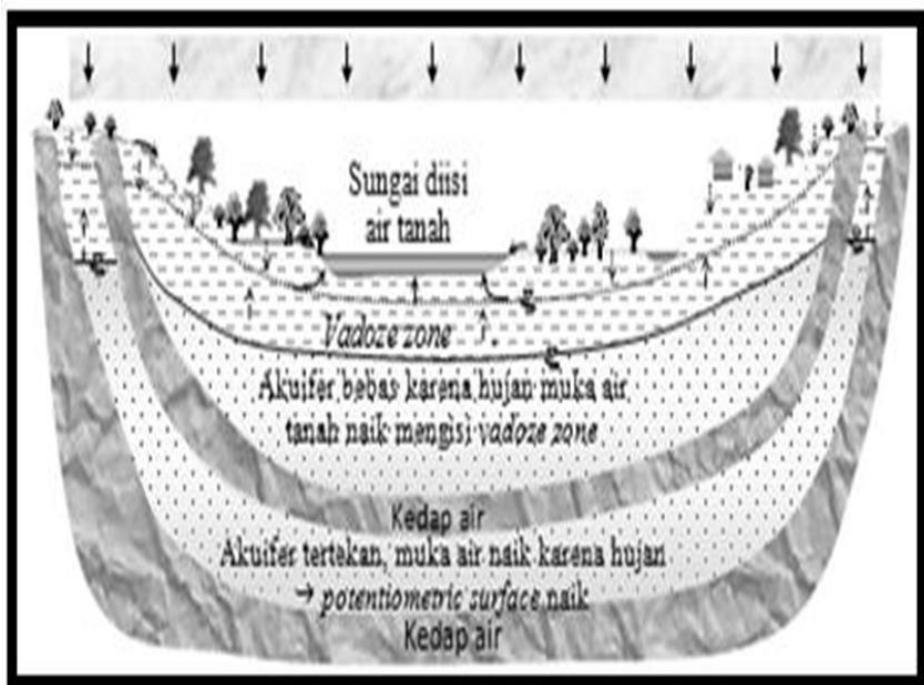
- a. Cekungan Air Tanah Bebas (unconfined aquifer).
- b. Cekungan Air Tanah Tertekan (confined aquifer).

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

- a. Cekungan Air Tanah Bebas : Potensi 1.165.971 juta m³/tahun
- b. 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 pengimbuhan, pengaliran, dan pelepasan air tanah berlangsung. Daerah Cekungan Air Tanah sering juga disebut sebagai daerah aluvial. Beberapa criteria tentang CAT berdasar PP No. 43 Tahun 2008 antara lain:

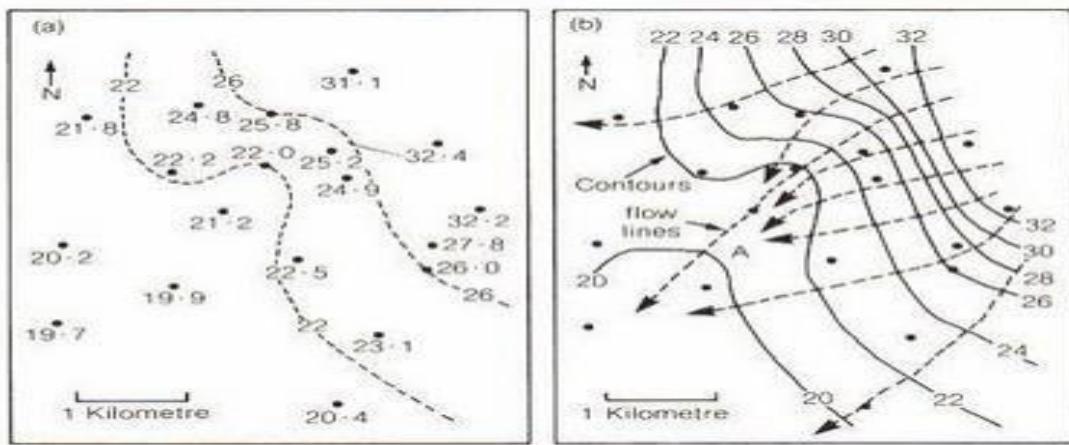
- a. Mempunyai batas hidrogeologis yang dikontrol oleh kondisi geologis dan atau kondisi hidraulik air tanah. Batas hidrogeologis adalah batas fisik wilayah pengelolaan air tanah. Batas hidrogeologis dapat berupa batas antara batuan lulus dan tidak lulus air, batas pemisah air tanah, dan batas yang terbentuk oleh struktur geologi yang meliputi, kemiringan lapisan batuan, lipatan, dan patahan.
- b. Mempunyai daerah imbuhan dan daerah lepasan air tanah dalam satu sistem pembentukan air tanah. Daerah imbuhan air tanah merupakan kawasan lindung air tanah, di daerah tersebut air tanah tidak untuk didayagunakan, sedangkan daerah lepasan air tanah secara umum dapat didayagunakan, dapat dikatakan sebagai kawasan budidaya air tanah. Memiliki satu kesatuan sistem akuifer: yaitu kesatuan susunan akuifer, termasuk lapisan batuan kedap air yang berada di dalamnya. Akuifer dapat berada pada kondisi tidak tertekan atau bebas dan tertekan. Kondisi akuifer tersaji pada Gambar 11.



Gambar 11 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 koontur 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 jeiring aliran tersaji pada Gambar 12.

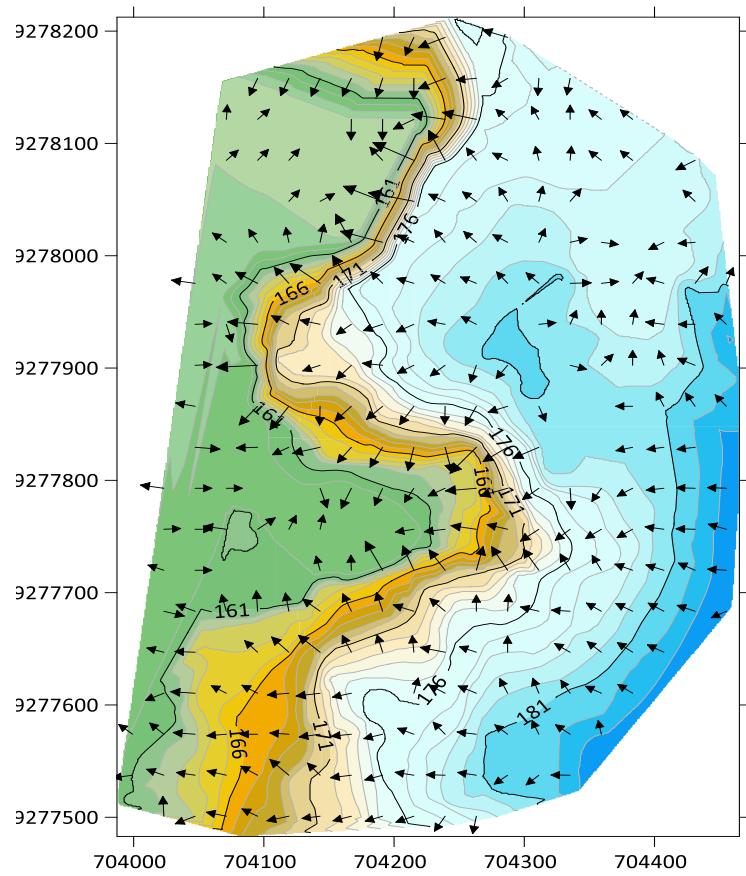


Gambar 12 Gambaran Umum Jejaring Aliran

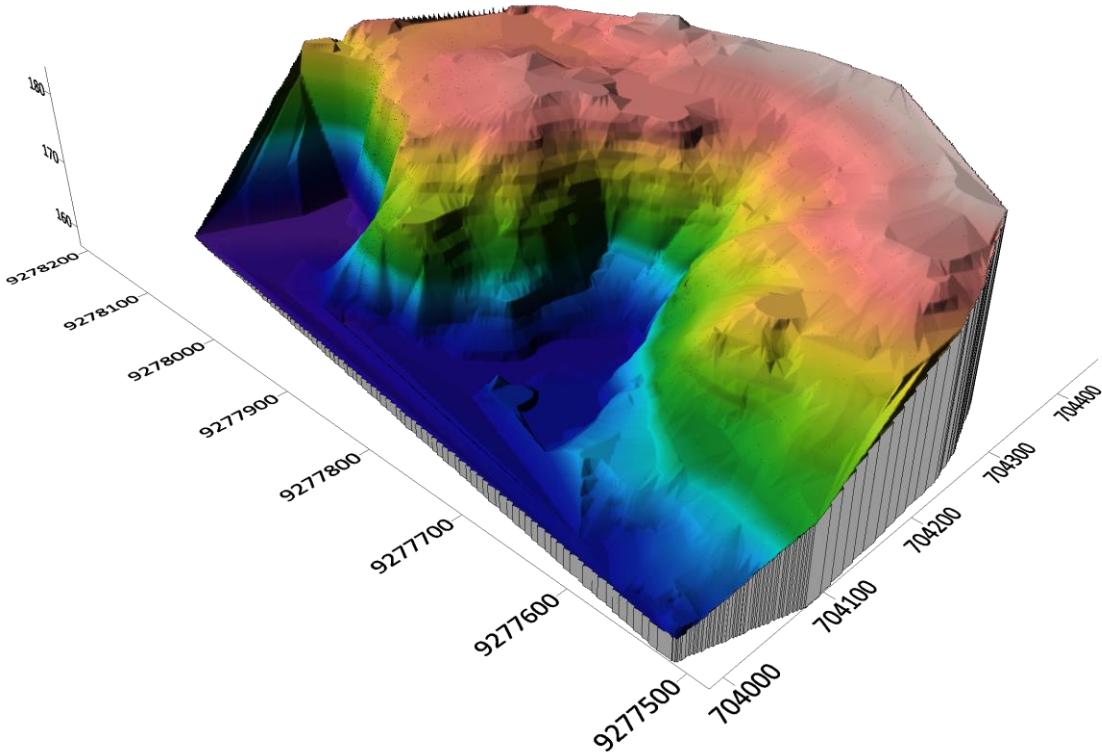
Analisis aliran air tanah berdasar pada sifat air itu sendiri yang selalu mengalir mengikuti gaya gravitasi, atau dengan kata lain selalu mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah. Dengan diketahuinya *hydraulic gradient* atau kemiringan muka air tanahnya, maka daerah *re-charge* langsung 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. Gambar 12 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 13 dan Gambar 14.



Gambar 13 Pola Jejaring Aliran (Flownet) 2D



Gambar 14 Jejaring Air Tanah 3D

3.6 Pengolahan data Hidrologi

Analisis hidrologi dimaksudkan sebagai langkah untuk memperoleh besarnya debit banjir rencana. Debit banjir rencana adalah debit maksimum rencana di sungai atau saluran alamiah dengan periode ulang tertentu yang dialirkan tanpa membahayakan lingkungan dan stabilitas sungai (Koten dan Suhudi 2020). Langkah untuk mendapatkan debit banjir rencana yaitu dengan menganalisis data curah hujan maksimum pada daerah aliran sungai yang diperoleh dari beberapa stasiun hujan terdekat (Argue *et al.* 2021). Data curah hujan yang digunakan minimal dalam kurun waktu 10 tahun terakhir pengamatan yang berasal dari stasiun pencatat curah hujan terdekat (Chayati dan Rezi 2018).

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

- Distribusi Gumbel

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

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

- Distribusi Log Normal

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

- Distribusi Log Pearson III

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

- Distribusi Normal

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

Xtr merupakan curah hujan rencana (mm/hari), \bar{X} merupakan curah hujan maksimum rata-rata (mm/hari), Sd yaitu standar deviasi nilai variat, dan K sebagai faktor probabilitas yang digunakan. Langkah selanjutnya yaitu membandingkan nilai koefisien kemencengan (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).

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

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

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 kemencangan (C_s) dan koefisien kurtosis (C_k) yang di peroleh dari Tabel 2.

Tabel 2 Syarat penggunaan jenis sebaran

No	Jenis Distribusi	Syarat
1	Metode Gumbel I	$C_k \leq 5,4$
		$C_s \leq 1,14$

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

Sumber: Chow (1992)

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

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

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

Tabel 3 Nilai koefisien limpasan metode rasional

Deskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien limpasan (C)
Atap	0,75 – 0,95
Perkerasan	
Aspal dan beton	0,75 – 0,95
Batu bata, paving	0,50 – 0,70
Area bisnis	
Perkotaan	0,75 – 0,95
Pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan	
Rumah tinggal	0,30 – 0,50
Rumah multi unit, terpisah	0,40 – 0,60
Rumah multi unit, tergabung	0,60 – 0,75

Deskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien limpasan (C)
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 R₂₄, dan t sebagai lamanya waktu hujan (jam).

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

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

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

Dimana Q yaitu debit saluran (m³/detik), v sebagai nilai kecepatan aliran (m²/detik), n sebagai nilai kekasaran manning, S yaitu kemiringan dasar saluran, R merupakan jari jari hidrolik (m), dan A sebagai luas penampang basah (m²). Koefisien manning berdasarkan jenis bahan pembuat saluran pada Tabel 4.

Tabel 4 Koefisien kekasaran manning

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
	Saluran Buatan				

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 26 HA PT WAHANA REALTY CIPTA

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
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
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

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
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 5.

Tabel 5 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.

Tabel 6 Unsur geometris penampang saluran persegi dan trapesium

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

Sumber: (DPU 2006)

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

Tabel 7 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 DAN PEIL BANJIR

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

Penerapan konsep *zero runoff* merupakan salah satu upaya upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak akibat peningkatan air limpasan. Selain sebagai upaya pencegahan dampak, konsep ini juga sebagai upaya untuk melakukan konservasi terhadap air dan tanah. Konsep ini mengupayakan semaksimal mungkin air limpasan 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 runoff* tersebut dapat diaplikasikan dengan baik maka perlu dilakukan analisis hidrologi untuk mengkaji aspek-aspek hidrologinya. Selain itu untuk menentukan ketinggian dasar bangunan yang aman dari banjir, maka diperlukan analisis Peil Banjir. Analisis hidrologi dan peil banjir selanjutnya akan menjadi dasar untuk dikeluarkanya rekomendasi penataan drainase dan peil banjir sebagai bagian dari persyaratan perijinan dalam pembangunan sebuah kawasan.

4.1. Kondisi Existing Sungai

Saluran merupakan bagian yang penting dalam suatu tahapan pembangunan. Pada wilayah kajian terdapat aliran Sungai Cikeas. Pengukuran sungai diperoleh lebar sungai $\pm 14 - 17$ meter dengan kedalaman $\pm 0,5 - 1,2$ m. Sungai mengalir membentang sebagai batas bagian barat dari wilayah kajian. Sungai mengalir dari arah selatan menuju utara. Kondisi eksisting Sungai Cikeas disajikan pada Gambar 15.

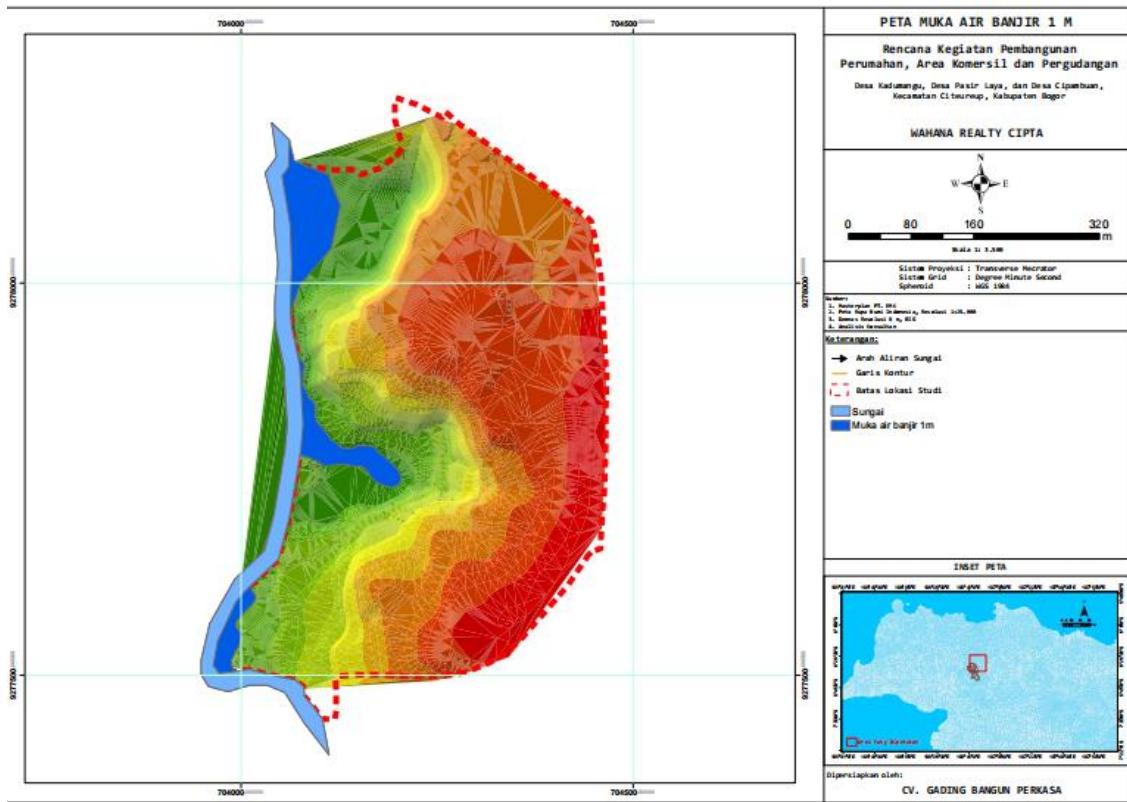


Gambar 15 Kondisi eksisting Sungai Cikeas di Wilayah Kajian

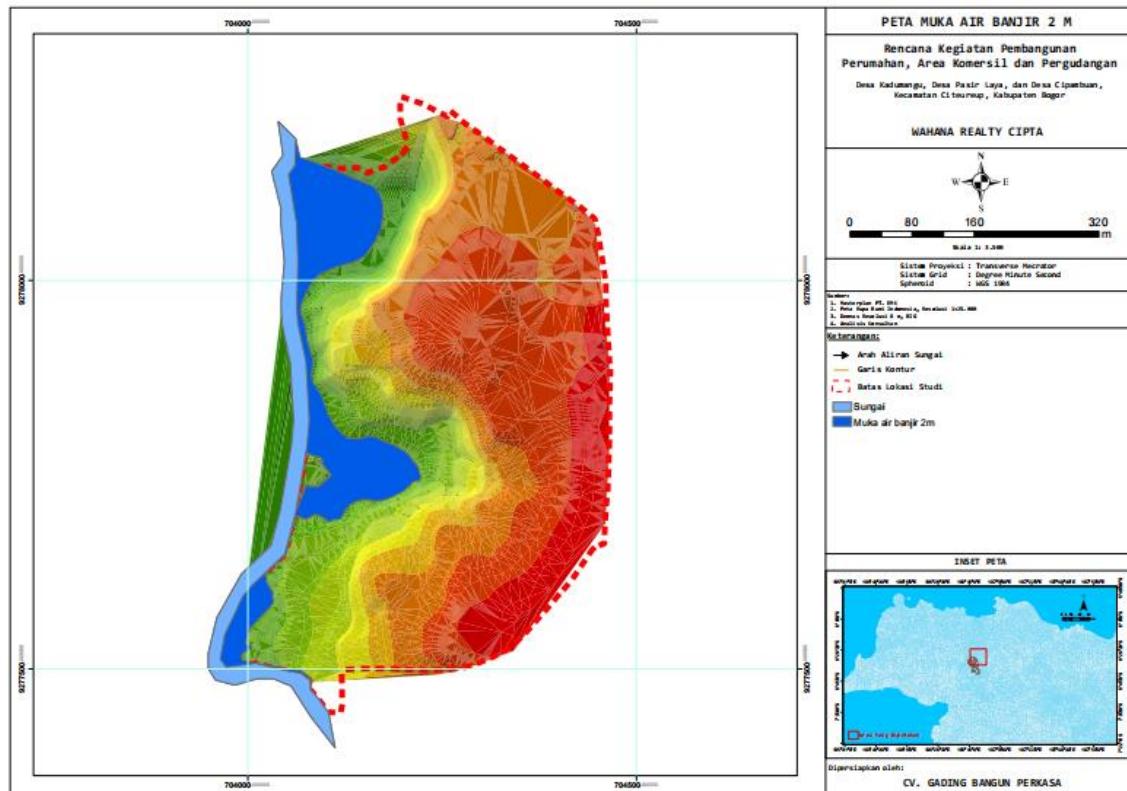
4.2. Analisis Peil Banjir

Peil banjir merupakan ketinggian muka tanah yang secara hidrologi paling aman dari risiko banjir. Definisi peil banjir adalah pengaturan ketinggian minimal lantai bangunan yang ditentukan berdasarkan lokasi bangunan tersebut yang bertujuan untuk mencegah air banjir meluap dan masuk ke dalam bangunan jika lantai terlalu rendah. Hasil simulasi banjir di wilayah pengembangan untuk ketinggian muka air banjir disajikan pada Gambar 16, Gambar 17, Gambar 18 serta Gambar 19.

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 26 HA PT WAHANA REALTY CIPTA

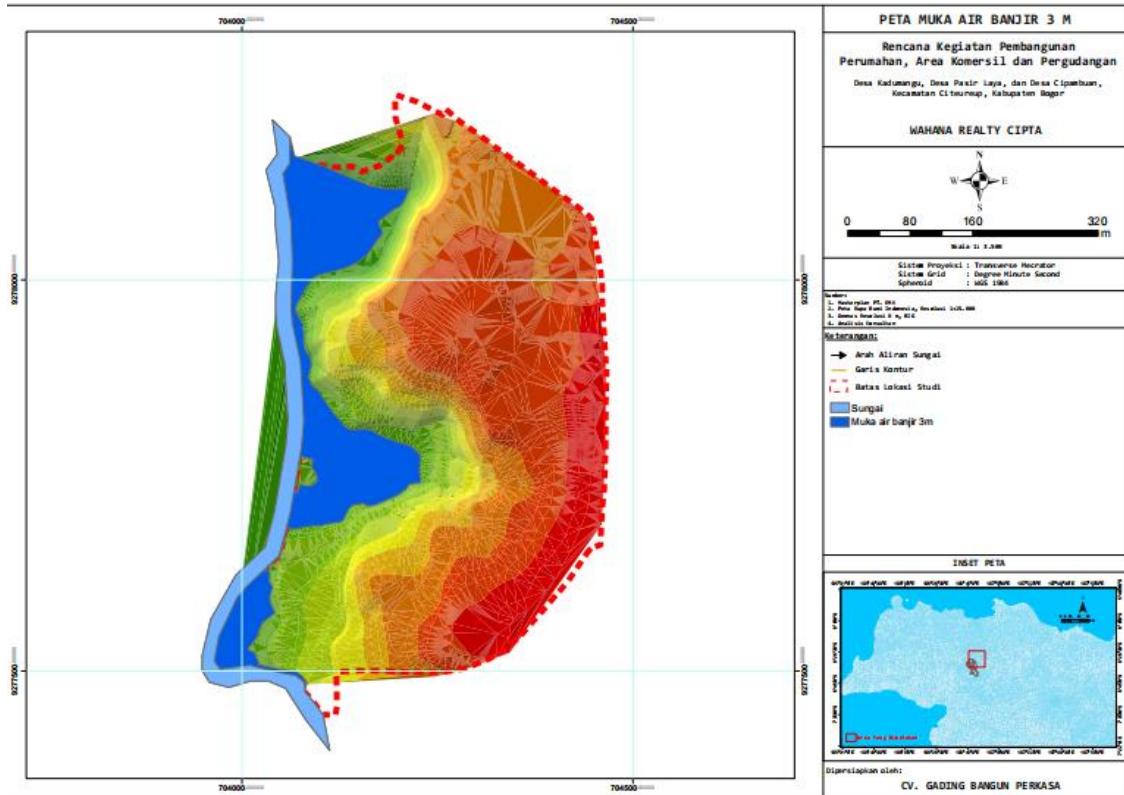


Gambar 16 Peta simulasi banjir 1 m

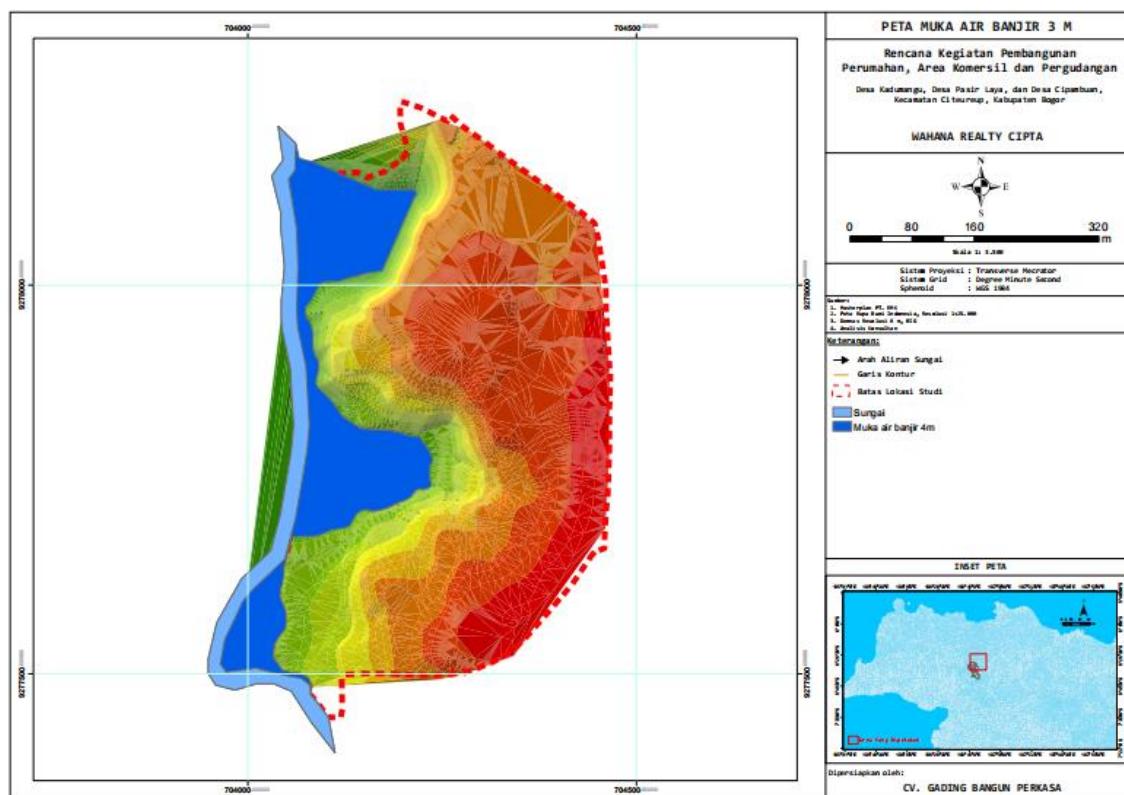


Gambar 17 Peta simulasi banjir 2 m

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 26 HA PT WAHANA REALTY CIPTA

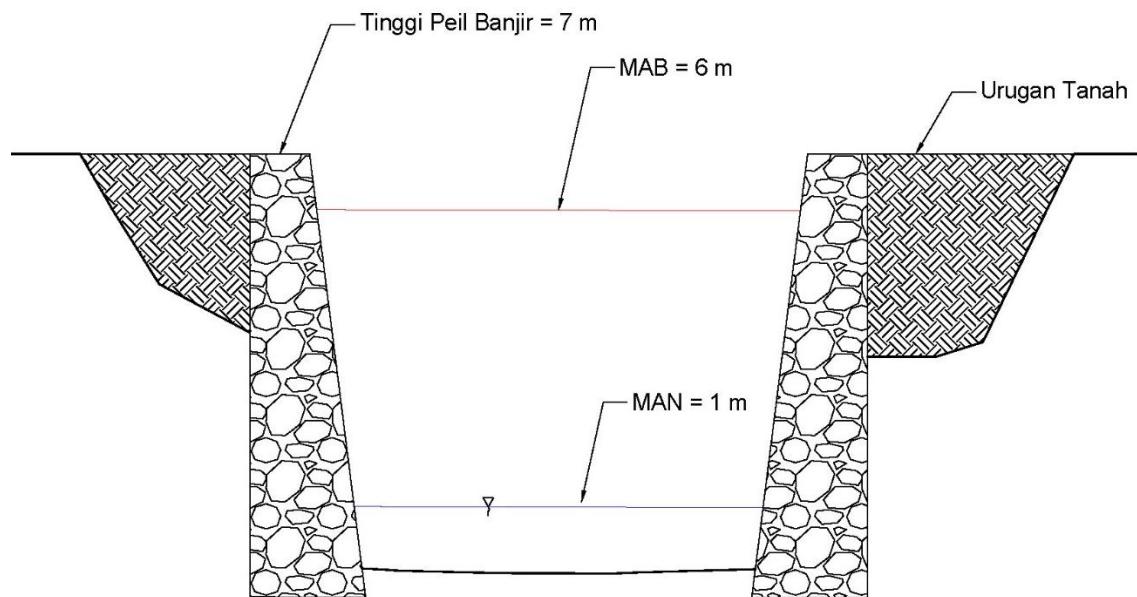


Gambar 18 Peta simulasi banjir 3 m



Gambar 19 Peta simulasi banjir 4 m

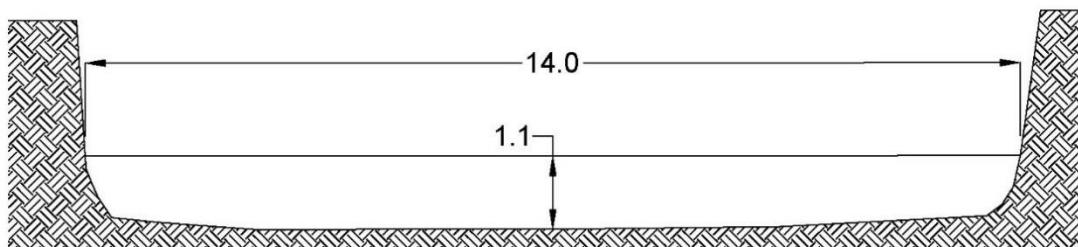
Pada bulan Maret 2023 telah dilakukan survey ke lokasi untuk pengamatan dan pengambilan data dilapangan. Pada saat pengamatan, kedalaman aliran Sungai Cikeas rata-rata 0,5 – 2,5 m pada sepanjang wilayah kajian. Berdasarkan hasil wawancara, pernah terjadi banjir 5 tahunan yang mencapai 4 – 4,5 m dari muka air normal. Oleh karena itu diperlukan minimal peil banjir setinggi 7 m dari dasar Sungai Cikeas. Penampang melintang sungai serta muka air banjir (MAB) dan muka air normal (MAN) dan gambar rencana peil banjir sungai tersaji pada Gambar 20.



Gambar 20 Peil Banjir Sungai Cikeas

4.3. Profil Sungai dan Saluran

Kawasan pengembangan perumahan yang dikaji dibatasi langsung oleh Sungai Cikeas. Pada saat survey lokasi kegiatan juga dilakukan pengukuran lebar dan kedalaman pada sungai dan saluran. Lebar Sungai Cikeas rata-rata \pm 14 – 17 meter dengan kedalaman \pm 0,5 – 1,2 m. Penampang melintang Sungai Cikeas disajikan pada Gambar 21.



Gambar 21 Penampang Melintang Sungai Cikeas

Pengukuran debit sungai digunakan alat *current meter*. Lokasi pengukuran pada titik $6^{\circ} 31' 56.856''$ S dan $106^{\circ} 50' 40.956''$ E. Pengukuran kecepatan aliran dilakukan dengan dibagi menjadi 3 titik sama panjang pada lebar sungai. Dokumentasi pengukuran kecepatan aliran sungai tersaji pada Gambar 22.



Gambar 22 Pengukuran Kecepatan Aliran Sungai

Hasil dari pengukuran debit Sungai Cikeas diperoleh seperti pada Tabel 8. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh kecepatan aliran pada titik 1, titik 2, dan titik 3 berturut-turut adalah 0,4 m/s, 1,1 m/s, dan 0,5 m/s. Kecepatan aliran rata-rata Sungai Cikeas adalah 0,67 m/s. Luas perimeter atau penampang terbasahkan adalah 14,4 m². Berdasarkan muka air normal, diperoleh rata-rata besarnya debit untuk Sungai Cikeas adalah sebesar 9,6 m³/s.

Tabel 8 Hasil perhitungan debit sungai pada wilayah kajian

Lokasi	Titik	Kecepatan (m/s)	Luas penampang (m ²)	Debit (m ³ /s)
Sungai Cikeas	1	0,4	14,4	5,76
	2	1,1		15,84
	3	0,5		7,2
Rata-rata		0,67		9,6

4.4. Analisis Infiltrasi

Infiltrasi adalah bagian dari siklus hidrologi yaitu peristiwa masukknya atau permbesan 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. Dokumentasi pengukuran laju infiltrasi ditunjukan pada Gambar 23.



Gambar 23 Pengukuran Laju Infiltrasi

Laju infiltrasi pada pembangunan perumahan “Desa Sentul” diukur 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 Ilfiltrometer Cincin Ganda. 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 titik $6^{\circ} 31' 55.34''$ S dan $106^{\circ} 50' 53.98''$ E. Hasil pengukuran diperoleh perubahan ketinggian (ΔH) ditunjukan pada Tabel 9.

Tabel 9 Data hasil pengukuran laju infiltrasi lokasi 1

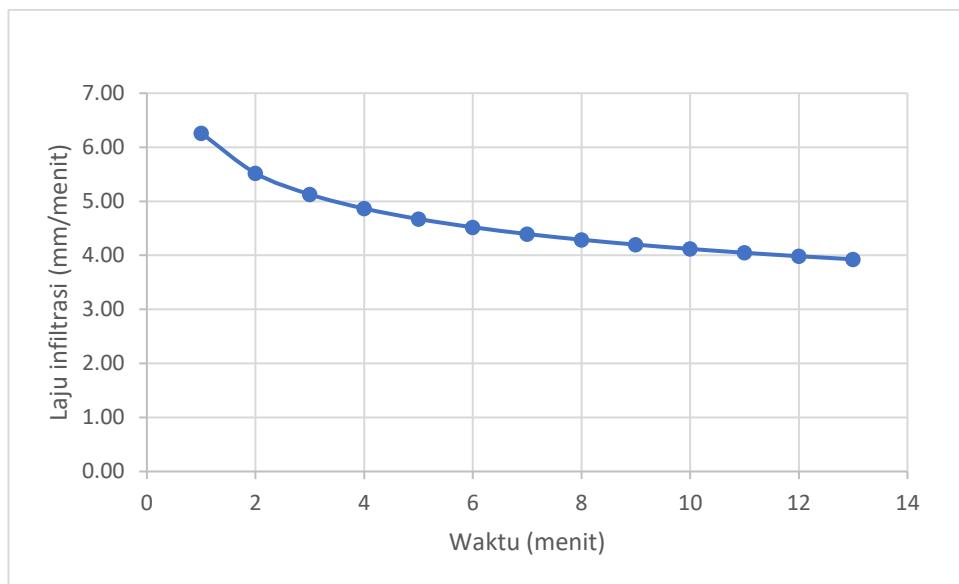
No	Waktu (Menit)	H(cm)	ΔH (cm)	ΔH kumulatif(cm)
1	0	11,8	0	0
2	1	10,9	0,9	0,9
3	2	10,4	0,5	1,4
4	3	10	0,4	1,8
5	4	9,5	0,5	2,3
6	5	9,5	0	2,3
7	6	9	0,5	2,8
8	7	8,4	0,6	3,4
9	8	7,7	0,7	4,1
10	9	7,2	0,5	4,6
11	10	6,5	0,7	5,3
12	11	6	0,5	5,8
13	12	5,2	0,8	6,6
14	13	4,5	0,7	7,3

Berdasarkan hasil pengukuran pada Tabel 9, diperoleh perubahan tinggi muka air (ΔH) pada setiap masing-masing pengulangan. Pengukuran dilakukan hingga diperoleh laju infiltrasi yang konstan dengan waktu 13 menit. Perubahan ketinggian (ΔH) kumulatif dari hasil pengukuran sebesar 7,3 cm. Data-data tersebut diolah untuk memperoleh nilai laju infiltrasi menggunakan Model Kostiakov seperti tersaji pada Tabel 10.

Tabel 10 Hasil pengolahan data infiltrasi

Waktu (menit)	Infiltrasi Akumulatif (mm)	Kapasitas Infiltrasi (mm/menit)	Log t	Log F	Laju Infiltrasi Kostiakov (mm/menit)	Infiltrasi Kumulatif Kostiakov (mm)
1	9,0	9,0	0,0	1,0	6,26	7,66
2	14,0	7,0	0,3	1,1	5,52	4,34
3	18,0	6,0	0,5	1,3	5,13	3,12
4	23,0	5,8	0,6	1,4	4,87	2,46
5	23,0	4,6	0,7	1,4	4,67	2,05
6	28,0	4,7	0,8	1,4	4,52	1,77
7	34,0	4,9	0,8	1,5	4,39	1,56
8	41,0	5,1	0,9	1,6	4,29	1,40
9	46,0	5,1	1,0	1,7	4,20	1,27
10	53,0	5,3	1,0	1,7	4,12	1,16
11	58,0	5,3	1,0	1,8	4,05	1,08
12	66,0	5,5	1,1	1,8	3,98	1,00
13	73,0	5,6	1,1	1,9	3,93	0,94

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. Nilai laju infiltrasi lokasi 1 dengan metode Kostiakov tersaji pada Tabel 10. Hasil dari pengolahan data 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 menunjukkan konstan mulai pada waktu 13 menit yang memiliki nilai 3,93 mm/menit.



Gambar 24 Grafik Laju Infiltrasi Lokasi Wilayah Kajian

Grafik tersebut menunjukkan pada hubungan antara laju infiltrasi dan waktu. Semakin lama waktu, laju infiltrasi semakin menurun. Laju infiltrasi menunjukkan konstan mulai pada waktu 13 menit yang memiliki nilai 3,93 mm/menit. Tanah di lokasi pembangunan adalah tanah latosol dan dengan hasil pengukuran laju infiltrasi tergolong pada infiltrasi yang cepat.

4.5. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan dilakukan dengan menggunakan data curah hujan selama 10 tahun dari tahun 2013 hingga tahun 2022 yang diperoleh dari stasiun meteorologi terdekat dari Badan Meterologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Citeko. Data curah hujan tahunan maksimum tersaji pada Tabel 11. Berdasarkan data tersebut, curah hujan maksimum selama 10 tahun terakhir adalah 192,8 mm yang terjadi pada tahun 2014. Curah hujan rata-rata selama 10 tahun adalah 119,63 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 HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 26 HA PT WAHANA REALTY CIPTA

kajian menggunakan distribusi Gumbel menjadi pilihan tebaik diantara metode yang lain. Hasil uji Koefisien Kurtosis (C_k), koefisien Skewness (C_s), dan Koevisien Variasi (C_v) seperti pada Tabel 12 menunjukkan bahwa metode Gumbel adalah metode yang memenuhi persyaratan. Selain itu, juga dilakukan uji Smirnov-Kolmogorov dan Chi Kuadrat yang hasilnya memenuhi kriteria.

Tabel 11 Curah Hujan Tahunan Maksimum

Tahun	Curah hujan (mm)
2013	130
2014	192,8
2015	86,6
2016	80,5
2017	90
2018	164,1
2019	120,5
2020	118,7
2021	124
2022	89,1
Rata-rata	119,63

Sumber : BMKG, 2022

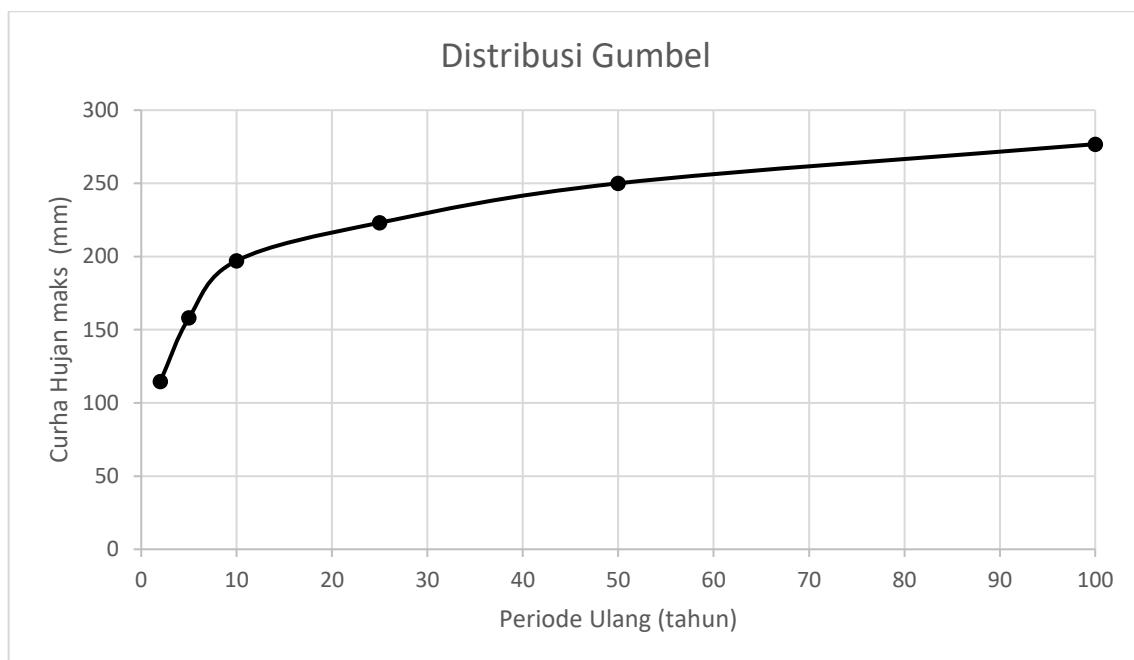
Tabel 12 Hasil perhitungan koefisien C_k , C_s , dan C_v

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Metode Gumbel I	$C_k \leq$	5.4	2,163
		$C_s \leq$	1.14	0,956
2	Metode Log Normal	$C_s = 3Cv + Cv^3 =$	1.14	0,940
		$C_k =$	0	2,163
3	Metode Log Pearson III	$C_s \neq$	0	0,956
		$C_k = 1,5 Cs (\ln x)^2 + 3 =$	8.43	9,957
4	Metode Normal	$C_k =$	3	2,163
		$C_s =$	0	0,956

Tabel 13 Hasil Analisis Distribusi Curah Hujan Metode Gumbel

PUH (Tahun)	2	5	10	25	50	100
CH Maks (mm)	114,7	158,1	197,1	223,1	250	276,8

Sumber : Hasil pengolahan data hujan



Gambar 25 Curah Hujan Rancangan Metode Gumbel

Analisis distribusi yang dilakukan menggunakan nilai periode 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun seperti tersaji pada Tabel 13 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 250 mm dan angka ini akan digunakan untuk analisis intensitas hujan untuk mendapatkan jumlah limpasan.

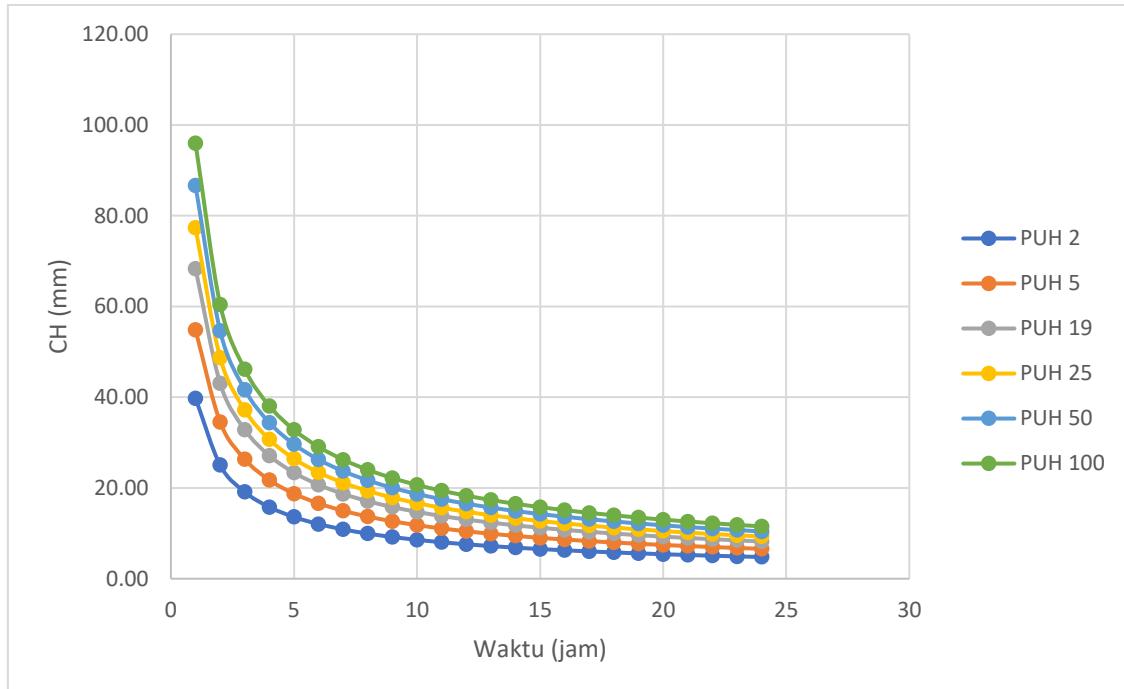
4.5.1. Intensitas Hujan

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 14 dan Gambar 26.

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 26 HA PT WAHANA REALTY CIPTA

Tabel 14 Intensitas Hujan

t (jam)	Periode Ulang Hujan (tahun)					
	2	5	10	25	50	100
	114,70	158,09	197,15	223,11	250,04	276,76
1	39,77	54,81	68,35	77,35	86,68	95,95
2	25,05	34,53	43,06	48,73	54,61	60,44
3	19,12	26,35	32,86	37,19	41,67	46,13
4	15,78	21,75	27,12	30,70	34,40	38,08
5	13,60	18,74	23,37	26,45	29,65	32,81
6	12,04	16,60	20,70	23,43	26,25	29,06
7	10,87	14,98	18,68	21,14	23,69	26,22
8	9,94	13,70	17,09	19,34	21,67	23,99
9	9,19	12,67	15,80	17,88	20,03	22,18
10	8,57	11,81	14,72	16,66	18,68	20,67
11	8,04	11,08	13,82	15,64	17,53	19,40
12	7,59	10,46	13,04	14,76	16,54	18,31
13	7,19	9,91	12,36	13,99	15,68	17,35
14	6,85	9,44	11,77	13,32	14,92	16,52
15	6,54	9,01	11,24	12,72	14,25	15,78
16	6,26	8,63	10,76	12,18	13,65	15,11
17	6,01	8,29	10,34	11,70	13,11	14,51
18	5,79	7,98	9,95	11,26	12,62	13,97
19	5,58	7,70	9,60	10,86	12,17	13,48
20	5,40	7,44	9,28	10,50	11,76	13,02
21	5,22	7,20	8,98	10,16	11,39	12,61
22	5,06	6,98	8,70	9,85	11,04	12,22
23	4,92	6,78	8,45	9,56	10,72	11,86
24	4,78	6,59	8,21	9,30	10,42	11,53



Gambar 26 Grafik Intensitas Hujan (mm/jam)

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan rumus Hespers diperoleh waktu hujan yaitu 0,5 jam. Intensitas hujan dengan waktu hujan 0,5 jam dan curah hujan rancangan sebesar 250 mm dihitung menggunakan persamaan mononobe pada periode ulang 50 tahun diperoleh sebesar 137,6 mm/jam.

4.5.2. 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 satu DTA (daerah tangkapan air) dengan luas 26 Ha.

Tutupan lahan eksisting berupa lahan terbuka dan padang rumput. Dengan pembangunan berupa perumahan maka akan menyebabkan perubahan nilai C. Berdasarkan SNI 03-2415-2006, koefisien limpasan (C) berupa padang rumput sebesar 0,2 dan setelah dilakukan pembangunan rumah tinggal akan berubah menjadi 0,4. Perhitungan koefisien limpasan kumulatif (C_r) didasarkan pada perbandingan luas lahan sehingga diperoleh nilai C_r sebesar 0,34. Hasil perhitungan koefisien limpasan kumulatif (C_r) disajikan pada Tabel 15.

Tabel 15 Hasil perhitungan koefisien limpasan kumulatif (Cr)

Area	Tata guna lahan	Luas		Koefisien Limpasan (C)	Cr
		ha	%		
DTA 1	Kawasan terbangun	18,19	70	0,4	0,28
	RTH	7,81	30	0,2	0,06
	Total	26,00	100		0,34

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 16. Debit rasional limpasan eksisting sebesar 1,99 m³/det. Waktu konsentrasi sebesar 1 jam maka Volume limpasan eksisting adalah 7160,92 m³. Debit rasional limpasan proyek mengalami peningkatan karena adanya pembangunan menjadu 3,38 m³/det sehingga volume limpasan pada proyek meningkat menjadi 12170,81 m³.

Tabel 16 Debit dan Volume Limpasan

Parameter	Eksisting	Proyek
Luas lahan, A (ha)	26,00	26,00
Koef. Limpasan, C	0,20	0,34
Intensitas hujan, I (mm/jam)	137,60	137,60
Debit Rancangan, Q (m ³ /det)	1,99	3,38
Waktu konsentrasi (det)	3600	3600
Volume limpasan (m ³)	7160,92	12170,81
Koefisien drainase, q (m ³ /det.ha)	0,08	0,13

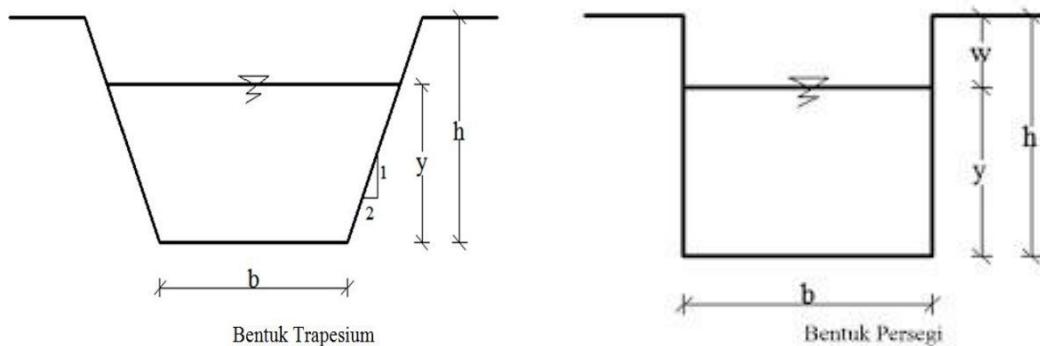
Sumber : Hasil perhitungan, 2022

4.6. 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 sumur resapan dan kolam retensi.

4.6.1. Saluran Drainase

Drainase termasuk komponen yang penting dalam infrastruktur kota dan desa untuk menanggulangi limpasan dan genangan air yang berlebih. Sistem drainase menjadi salah satu langkah untuk menyurutkan air akibat hujan maksimum yang terjadi pada suatu kawasan. Alih fungsi lahan dapat menimbulkan kelebihan air, hal ini akan berdampak pada berkurangnya daerah resapan dan meningkatnya limpasan. Jika penutupan lahan tidak diimbangi dengan bangunan pengendali limpasan maka akan menimbulkan genangan dalam waktu lama dan jumlah yang semakin banyak. Sistem drainase merupakan rangkaian yang membentuk upaya pengaliran air, baik permukaan (*Limpasan/run off*), maupun air tanah (*underground water*) dari suatu kawasan. Saluran drainase yang digunakan yaitu saluran drainase tertutup untuk saluran drainase lingkungan yang mengalirkan air limbah domestik dan saluran drainase terbuka untuk drainase utama yang mengalirkan air limpasan. Kedua saluran tersebut berfungsi untuk menampung dan mengalirkan air limpasan, baik saluran tertutup maupun terbuka umumnya mempunyai bentuk penampang persegi atau trapesium. Kontruksi saluran umumnya berupa beton atau pasangan batu kali. Adapun bentuk saluran dapat berbentuk persegi dan trapesium. Seperti tersaji pada Gambar 27.



Gambar 27 Bentuk Penampang Saluran Drainase

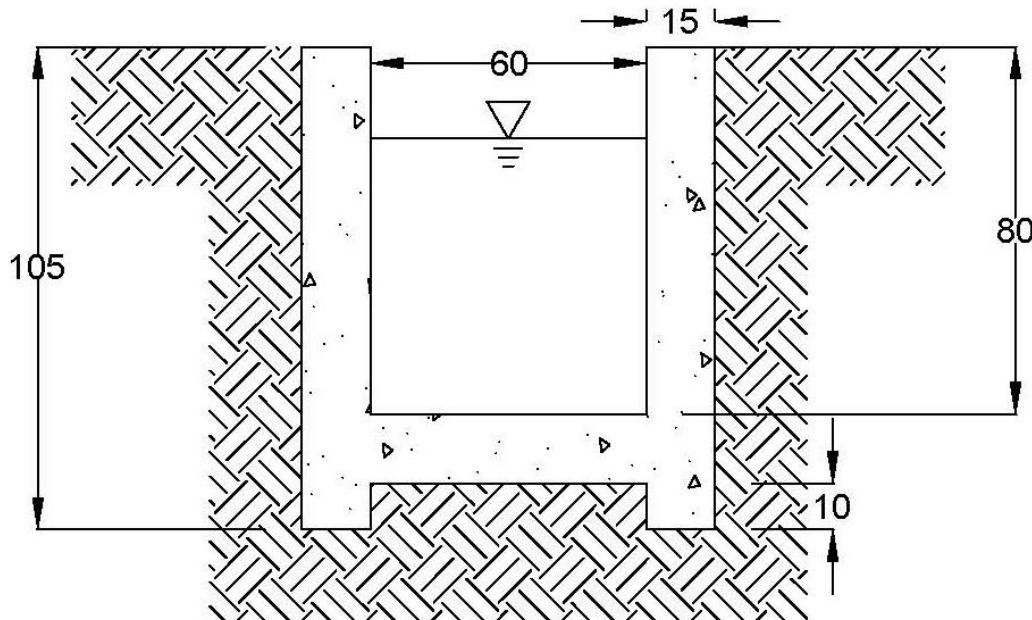
Dimensi drainase dihitung dan diperoleh seperti tersaji pada Tabel 17. Penampang drainase direncanakan berbentuk persegi karena dapat menghemat lahan dan mudah pada pekerjaan kontruksi. Dimensi drainase ditentukan berdasarkan faktor keamanan dan ergonomi. Drainase terbagi menjadi drainase primer dan drainase sekunder. Drainase primer berfungsi menampung aliran air dari drainase sekunder, sementara drainase sekunder berfungsi menampung atau mengalirkan air dari rumah tinggal menuju saluran drainase primer. Panjang saluran drainase diperoleh dari *siteplan* proyek. Drainase primer direncanakan dengan panjang 3208 m pada sepanjang jalan primer, sedangkan drainase sekunder memiliki panjang 13448 m sepanjang jalan sekunder. Dimensi drainase primer memiliki lebar (b) sebesar 0,6 m dan tinggi (h) sebesar 0,8 m, sedangkan saluran sekunder memiliki lebar (b) sebesar 0,4 m dan tinggi (h) sebesar 0,6 m. Volume tampungan dari adanya drainase sebesar 4767,36 m³ sehingga

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 26 HA PT WAHANA REALTY CIPTA

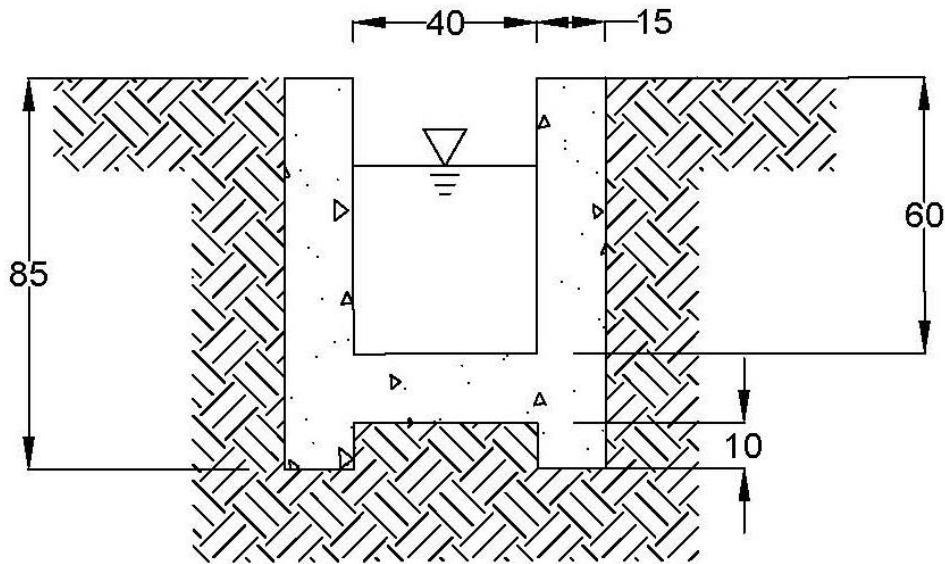
masih memiliki volume limpasan sisa yang tidak tertampung adalah 7403,45 m³. Gambar teknik penampang drainase tersaji pada Gambar 28, Gambar 29 dan Gambar 30.

Tabel 17 Bentuk Penampang Saluran Drainase

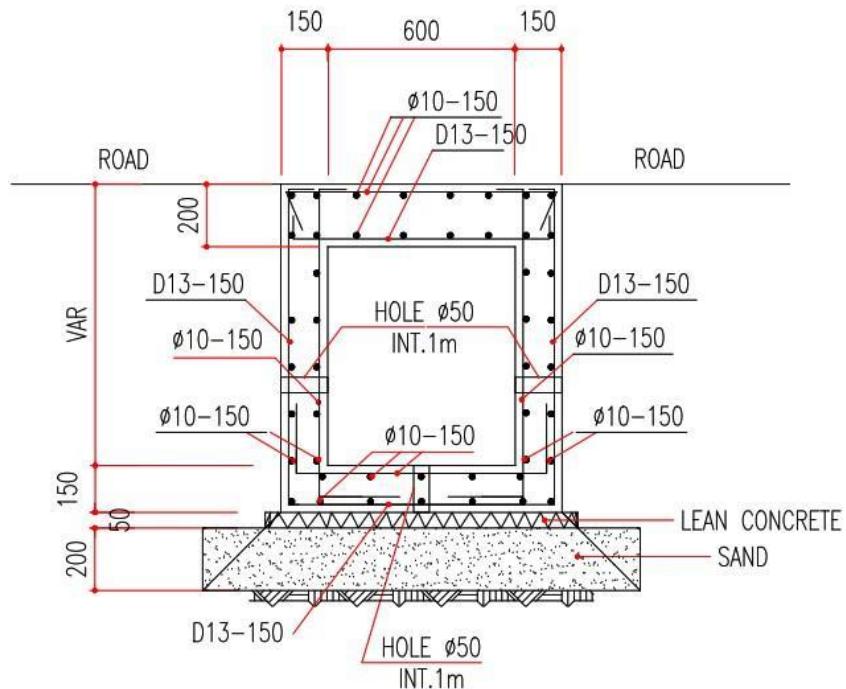
Area	Dimensi	Keterangan	Primer	Sekunder	Satuan
DTA 1	Luas lahan	A	26,00	26,00	ha
	Debit limpasan	Q	3,38	3,38	m ³ /det
	Lebar saluran	b	0,6	0,4	m
	Tinggi saluran	h	0,8	0,6	m
	Panjang saluran	L	3208	13448	m
	Waktu konsentrasi	Tc	3600	3600	det
	Freeboard	f	0,20	0,20	m
	Kemiringan	s	0,02	0,02	
	volume limpasan	Vl		12170,81	
	volume tampungan	Vt		4767,36	
	Vol sisa	Vs		7403,45	



Gambar 28 Penampang melintang drainase primer wilayah kajian



Gambar 29 Penampang melintang drainase sekunder wilayah kajian



Gambar 30 Contoh Detail Penampang Drainase Lingkungan Bentuk Persegi

4.6.2. Kolam Retensi

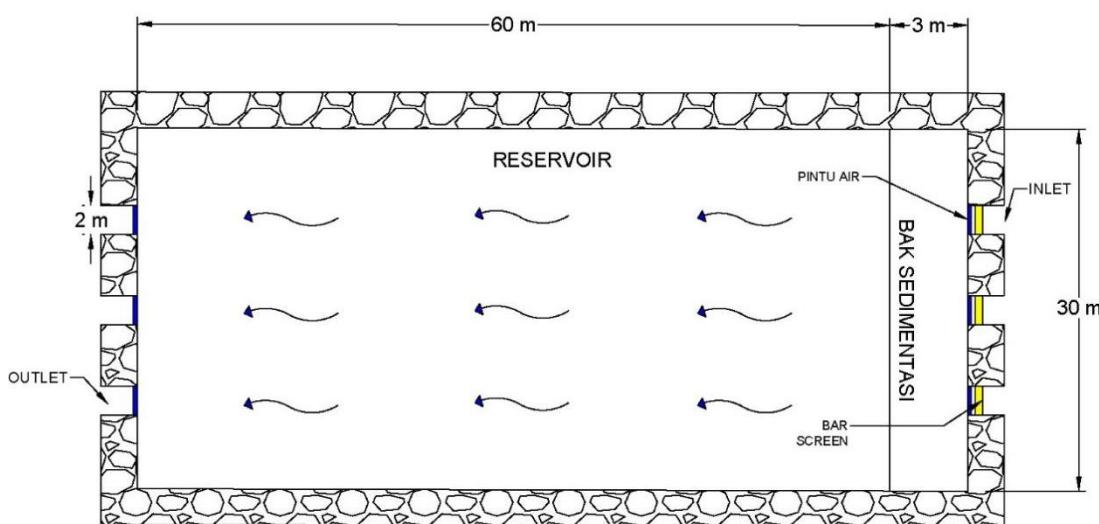
Kolam retensi adalah suatu kolam atau bak yang dibuat untuk menampung air limpasan dari air hujan secara langsung untuk kemudian diresapkan kedalam tanah. Kolam retensi terbagi menjadi 2 macam tergantung pelapis dinding dan dasar kolam yaitu alami dan buatan. Kolam alami berbentuk cekungan air baik terbentuk 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 geomembran. Kolam retensi dibuat untuk menampung volume limpasan sisa yang tidak dapat tertampung pada saluran drainase. Pada kondisi eksisting terdapat rawa yang dapat dimanfaatkan sebagai kolam retensi.

Kolam retensi pada setiap DTA direncanakan dengan ukuran yang sama. Panjang kolam retensi adalah 60 m dan lebar sebesar 30 m dan kedalaman 2 m. Dengan dimensi tersebut, tampungan satu unit kolam retensi sebesar 3600 m^3 . Kolam retensi direncanakan dua unit sehingga volume tampungan sebesar 7200 m^3 . Hasil perhitungan dimensi tersaji pada Tabel 18. Pembuatan sumur resapan dan kolam retensi disarankan tidak lebih dari 2 meter karena selain faktor keamanan juga menghindari pada zona water table air tanah dangkal. Gambar perencanaan kolam retensi tersaji pada Gambar 30. Kolam retensi dilengkapi dengan *bar screen* yang berfungsi untuk menahan dan menyaring benda-benda keras dan besar seperti ranting kayu, batu dan lainnya. Bagian lain dari kolam retensi adalah pintu air pada inlet dan outlet yang berfungsi untuk membuka dan menutup aliran. Bak sedimentasi pada kolam retensi berfungsi untuk mengendapkan partikel-partikel tanah atau lumpur yang memiliki lebar 3 m dan panjang 30 m.

Tabel 18 Hasil perhitungan dimensi kolam retensi

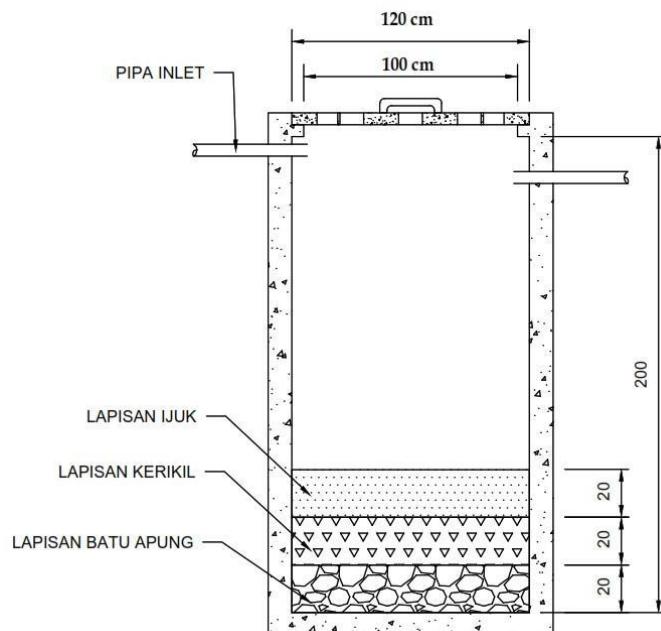
Area	Dimensi	Keterangan	Nilai	Satuan
	Panjang	p	60	m
	Lebar	b	30	m
	Kedalaman	h	2	m
	Volume tampungan	Vt	7200	m^3



Gambar 31 Rencana Kolam Retensi

4.6.3. Sumur Resapan

Sumur resapan merupakan salah bangunan konservasi air yang baik dalam mengalirkan limpasan kedalam tanah sehingga akan memperkecil peluang terjadinya banjir maupun kekeringan. Teknik konservasi tanah dan air ini dapat mengendalikan dampak buruk akibat limpasan dengan menjaga cadangan air tanah dan menjaga genangan yang menyebabkan banjir. Konstruksi sumur resapan direncanakan berbentuk tabung silinder dengan dinding berupa beton. Sumur resapan direncanakan untuk menampung volume limpasan sisa yang tidak dapat tertampung pada saluran drainase dan kolam retensi. Sumur resapan direncanakan, karena masih memiliki volume sisa. Sumur resapan direncanakan berbentuk tabung dengan jari-jari (r) 60 cm dan kedalaman sumur 200 cm sehingga memiliki volume $2,26 \text{ m}^3$ seperti tersaji pada Gambar 32.



Gambar 32 Penampang Melintang Sumur Resapan pada DTA 1

Volume limpasan yang masih tersisa atau tidak tertampung adalah $203,45 \text{ m}^3$. Berdasarkan hal tersebut, dengan volume tampungan sumur resapan $2,26 \text{ m}^3$ deiperoleh jumlah sumur resapan minimum yang harus dibangun untuk menampung limpasan adalah untuk DTA 1 sebesar 90 buah.

Tabel 19 Perencanaan jumlah sumur resapan

Area	Dimensi	Keterangan	Nilai	Satuan
DTA 1	Volume limpasan sisa	V _s	203,45	m^3
	Jari-jari	r	0,6	m
	Kedalaman	h	2	m
	volume tampungan	V _t	2,26	m^3

	Jumlah sumur minimum	n _{min}	90	bah
--	----------------------	------------------	----	-----

4.7. Rekapitulasi Skema Saluran Drainase dengan Volume Limpasan

Berdasarkan beberapa rekomendasi penggunaan saluran drainase, sumur resapan dan kolam retensi maka simulasi dan skema untuk penerapan *zero runoff* adalah sebagai berikut. Zero run off merupakan konsep pengelolaan sumber daya air dengan cara menahan atau menampung limpasan permukaan yang terjadi di permukaan atau di dalam tanah sehingga debit limpasan permukaan dapat dikurangi.

Tabel 20 Skema Saluran Drainase

No	Skema	Volume Limpasan (m ³)	Volume Tampungan (m ³)	Volume sisa (m ³)	Keterangan
DTA 1					
1	Tanpa drainase	12170,81	0	12170,81	Banjir
2	Drainase (primer 3,2 km + sekunder 13,5 km)	12170,81	4767,36	7403,45	Memungkinkan banjir
3	Drainase (primer 3,2 km + sekunder 13,5 km) + kolam retensi 2 unit (60 x 30 x 2 m)	7403,45	7200,00	203,45	Terjadi genangan kecil
4	Drainase (primer 3,2 km + sekunder 13,5 km) + kolam retensi 2 unit (60 x 30 x 2 m)+ 90 sumur resapan (2,26 m ³)	203,45	203,45	0	Tidak ada genangan (aman dari banjir)

BAB V. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1 Kesimpulan

Dari hasil kajian pengembangan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Wilayah pengembangan merupakan daerah yang relative bergelombang dan berbukit dengan beberapa kelas kemiringan lahan yaitu didominasi dengan 2.5-6.3%. Wilayah kajian memiliki elevasi tertinggi sebesar +184,34 meter sementara elevasi terendah +157,49meter.
2. Wilayah kajian merupakan lahan pertanian (pohon ketela) dengan vegetasi berupa semak dengan beberapa perpohonan serta terdapat Sungai Cikeas yang membentang dari bagian selatan hingga utara sebagai batas wilayah kajian pada bagian barat
3. Kondisi ketersediaan air tanah dangkal/bebas (*unconfined*) umumnya didapatkan pada kedalaman berkisar 15 - 20 m dibawah muka tanah setempat.
4. Sungai Cikeas mempunyai elevasi tertinggi di bagian hulu wilayah kajian +158,23 mdpl dan elevasi terendah +156,68 mdpl di hilir. Tinggi muka air normal Sungai Cikeas + 1,5 – 2,1 m. Muka air naik +4 – 4,5 m pada saat banjir dari muka air normal. Elevasi muka air banjir dari hasil simulasi bervariasi pada bagian hulu sebesar +162,23 mdpl dan bagian tengah sampai mendekati hilir sebesar +161,18 mdpl
5. Wilayah yang terkena banjir pada area studi dengan periode banjir tertinggi sebesar 4,8 Ha. Wilayah yang tidak terdampak genangan banjir pada wilayah dengan elevasi diatas +7 m atau sebesar dari dasar Sungai Cikeas. Sehingga peil banjir direncanakan pada daerah hulu sebesar +163,53 mdpl dan hilir sebesar +161,98 mdpl
6. Analisis curah hujan rencana menggunakan distribusi Gumbel didapat nilai curah hujan rencana yaitu $R_2 = 114,7 \text{ mm}$, $R_5 = 158,1 \text{ mm}$, $R_{10} = 197,1 \text{ mm}$, $R_{25} = 223,1 \text{ mm}$, $R_{50} = 250,0 \text{ mm}$ dan $R_{100} = 276,8 \text{ mm}$
7. Berdasarkan perhitungan dengan rumus Kirpich waktu konsentrasi (t_c) yaitu 1 jam. Intensitas hujan dengan periode ulang hujan 50 tahun didapat 137,60 mm/jam.
8. Kondisi exisiting luas wilayah kajian sebagai DTA 1 adalah 26 Ha. Debit rasional limpasan eksisting sebesar $1,99 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan volume limpasan $7160,92 \text{ m}^3$. Sedangkan dengan rencana pembangunan, debit rasional limpasan naik menjadi $3,38 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan volume $12170,81 \text{ m}^3$.

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 26 HA PT WAHANA REALTY CIPTA

Parameter	Eksisting	Proyek
Luas lahan, A (ha)	26,00	26,00
Koef. Limpasan, C	0,20	0,34
Intensitas hujan, I (mm/jam)	137,60	137,60
Debit Rancangan, Q (m ³ /det)	1,99	3,38
Waktu konsentrasi (det)	3600	3600
Volume limpasan (m ³)	7160,92	12170,81
Koefisien drainase, q (m ³ /det.ha)	0,08	0,13

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

No	Skema	Volume Limpasan (m³)	Volume Tampungan (m³)	Volume sisa (m³)	Keterangan
DTA 1					
1	Tanpa drainase	12170,81	0	12170,81	Banjir
2	Drainase (primer 3,2 km + sekunder 13,5 km)	12170,81	4767,36	7403,45	Memungkinkan banjir
3	Drainase (primer 3,2 km + sekunder 13,5 km) + kolam retensi 2 unit (60 x 30 x 2 m)	7403,45	7200,00	203,45	Terjadi genangan kecil
4	Drainase (primer 3,2 km + sekunder 13,5 km) + kolam retensi 2 unit (60 x 30 x 2 m)+ 90 sumur resapan (2,26 m ³)	203,45	203,45	0	Tidak ada genangan (aman dari banjir)

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	Tc (jam)	I (mm/jam)	Qt (m³/detik)	Vol.Limpasan (m³)
DTA 1	10	26,00	197,15	0,34	1	108,49	2,67	9596,31
	25		223,11			122,78	3,02	10860,17
	50		250,04			137,60	3,38	12170,81

Nilai koefisien limpasan gabungan (Cr) untuk wilayah kajian atau DTA 1 sebesar 0,34. Kondisi aktual belum adanya dinding penahan tanah dan ditemukan bukti banjir sampai menuju lokasi pengembangan dengan ketinggian + 4 - 5 m dari dasar Sungai Cikeas. Pengembangan diharapkan sejauh 10-15 m dari bibir/tebing dengan elevasi minimum +7 m dari dasar Sungai Cikeas yang mengalir pada area kawasan pengembangan.

5.2 Rekomendasi

1. Masterplan sebaiknya tetap memperhatikan lahan terbuka sebesar minimal 30 % dikarenakan sudah terbangun perumahan di bagian akses utama (tengah pengembangan) sehingga dampak limpasan tidak terlampaui besar pada perumahan eksisting.
2. Perlu ditambahkan bak kontrol dan screening pada saluran masuk drainase untuk mencegah terjadinya sumbatan akibat sedimentasi maupun sampah yang masuk saluran
3. Perlu dipastikan kembali saluran drainase yang sudah terjadi sedimentasi berfungsi normal sehingga tidak ada sumbatan pada saluran drainase dan agar tidak terjadi genangan pada saat hujan.
4. Perkuat lereng pada tebing sungai dengan membangun peil banjir (tanggul atau turap) dengan ketinggian minimal +7 m dari dasar Sungai Cikeas Sungai Cikeas mempunyai elevasi tertinggi di bagian hulu wilayah kajian +158.23 mdpl dan elevasi terendah +156.68 mdpl di hilir. Tinggi muka air normal Sungai Cikeas + 1,5 – 2,1 m. Muka air naik +4 – 4,5 m pada saat banjir dari muka air normal. Elevasi muka air banjir dari hasil simulasi bervariasi pada bagian hulu sebesar +162,23 mdpl dan bagian tengah sampai mendekati hilir sebesar +161,18 mdpl, Sehingga peil banjir direncanakan pada daerah hulu sebesar +163.53 mdpl dan hilir sebesar +161,98 mdpl
5. Penataan drainase di pemukiman atas bawah dengan saluran kedap air atau dengan tembok atau pemipaan diarahkan ke arah lembah untuk menghindari persepan air tanah yang dapat memicu terjadinya gerakan tanah.

6. Perlu diperhatikan pada pembangunan yang berada pada lahan yang mempunyai kemiringan cukup besar dengan membuat bangunan penahan longsor.
7. Pembukaan lahan untuk pertanian dapat menerapkan terasering untuk konservasi air dan tanah.
8. Saluran drainase perlu dibuat dengan saluran berbentuk segiempat (*box culvert*) yang terdiri dari saluran primer dan sekunder. Saluran primer memiliki lebar minimal 0,6 m dan kedalaman 0,8 m. Saluran sekunder memiliki ukuran lebar minimal 0,4 m dan kedalaman 0,6 m
9. Desain sumur resapan dengan diameter 1,2 m dan kedalaman 2 m minimal berjumlah untuk wilayah kajian sebesar 90 buah
10. Desain kolam retensi sebaiknya dibuat dengan ukuran minimal 60 m x 30 m dan sebaiknya pada kedalaman 2 meter atau tidak lebih dari 4 meter berdasarkan kondisi aquifer dan faktor keamanan.
11. Tidak dianjurkan membuang air limpasan limbah perumahan ke Badan Air
12. Tidak merubah bentuk profil sungai alami
13. Tetap memperhatikan sepadan sungai minimal 15 meter dari tepi sungai sesuai Peraturan Menteri PUPR No.28/PRT/M/2015.

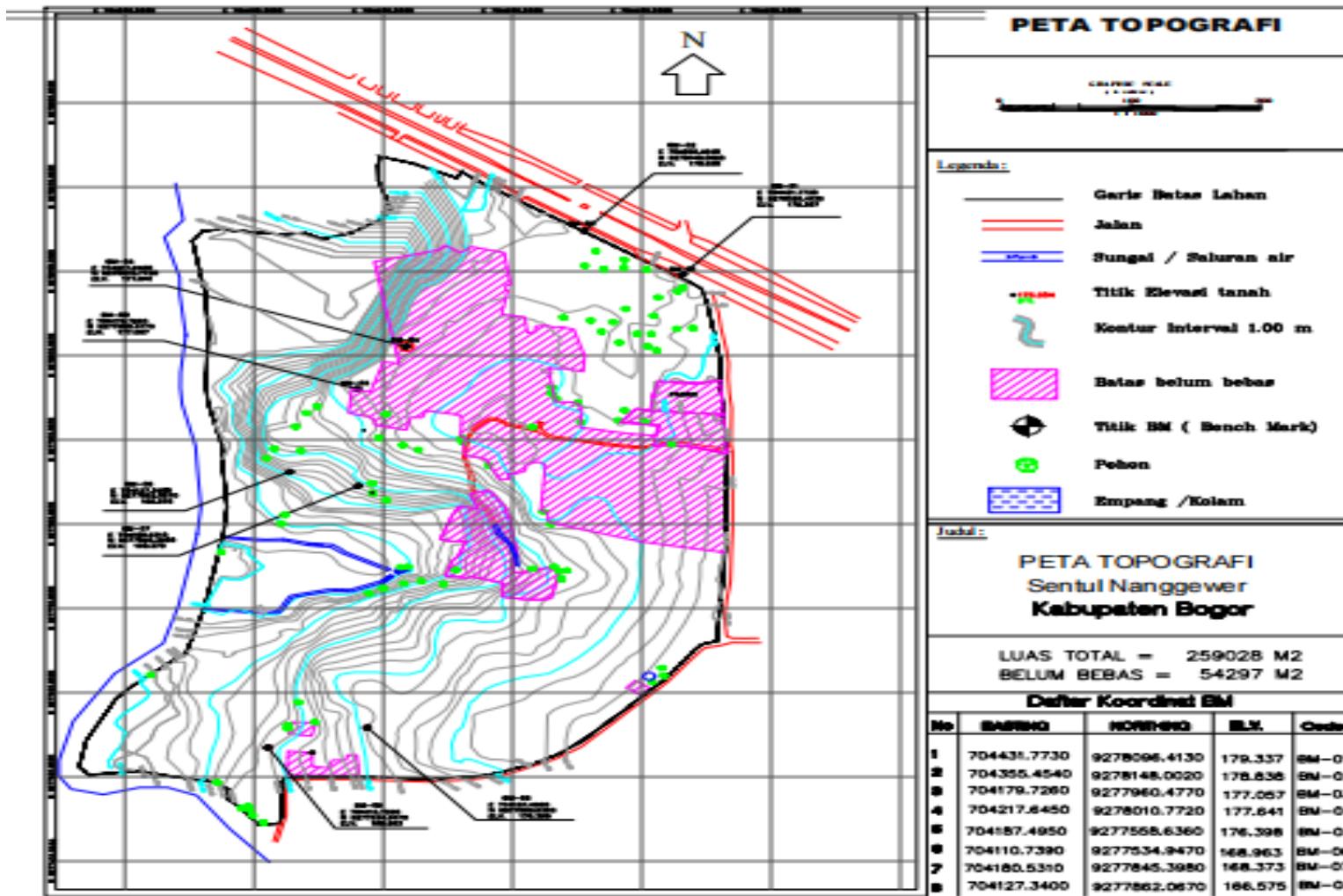
DAFTAR PUSTAKA

- [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 Sumekar Asri Kecamatan Kota Kabupaten Sumenep. *Ge-STRAM J. Perenc. dan Rekayasa Sipil*. 1(2):58–64.doi:10.25139/jprs.v1i2.1110.
- Chow VT. 1964. *Handbook of Applied Hydrology*. New York: Mc Graw Hill.
- Chow. 1992. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Jakarta: Erlangga.
- Dawson KJ, Istok JD. 1991. *Aquifer Testing: Design and Analysis of Pumping and Slug Tests*. Michigan: Lewis Publishers.
- Dobrin, MB. 1998. *Introduction to Geophysical Prospecting*. Singapore : Mc Graw Hill Book, Co.
- DPU. 2006. *Pedoman Konstruksi Bangunan Perencanaan Sistem Drainase Jalan*. Ed ke-02. Jakarta: Direktorat Jenderal Tata Perkotaan dan Tata Perdesaan.
- Fetter CW. 1994. *Applied Hydrogeology.3rdED*. Merrill Publishing Company, Ohio John A. Shimer. 1968. *An Introuction to Geology*. New York : Appleton Century Crofts.
- Feyen. 1980. *Drainage of Irrigated Land*. London (UK): Batsford Academic and Educatonial Ltd, Katholieke Universiteit 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 Buana J. 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 Dynamics*. 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.

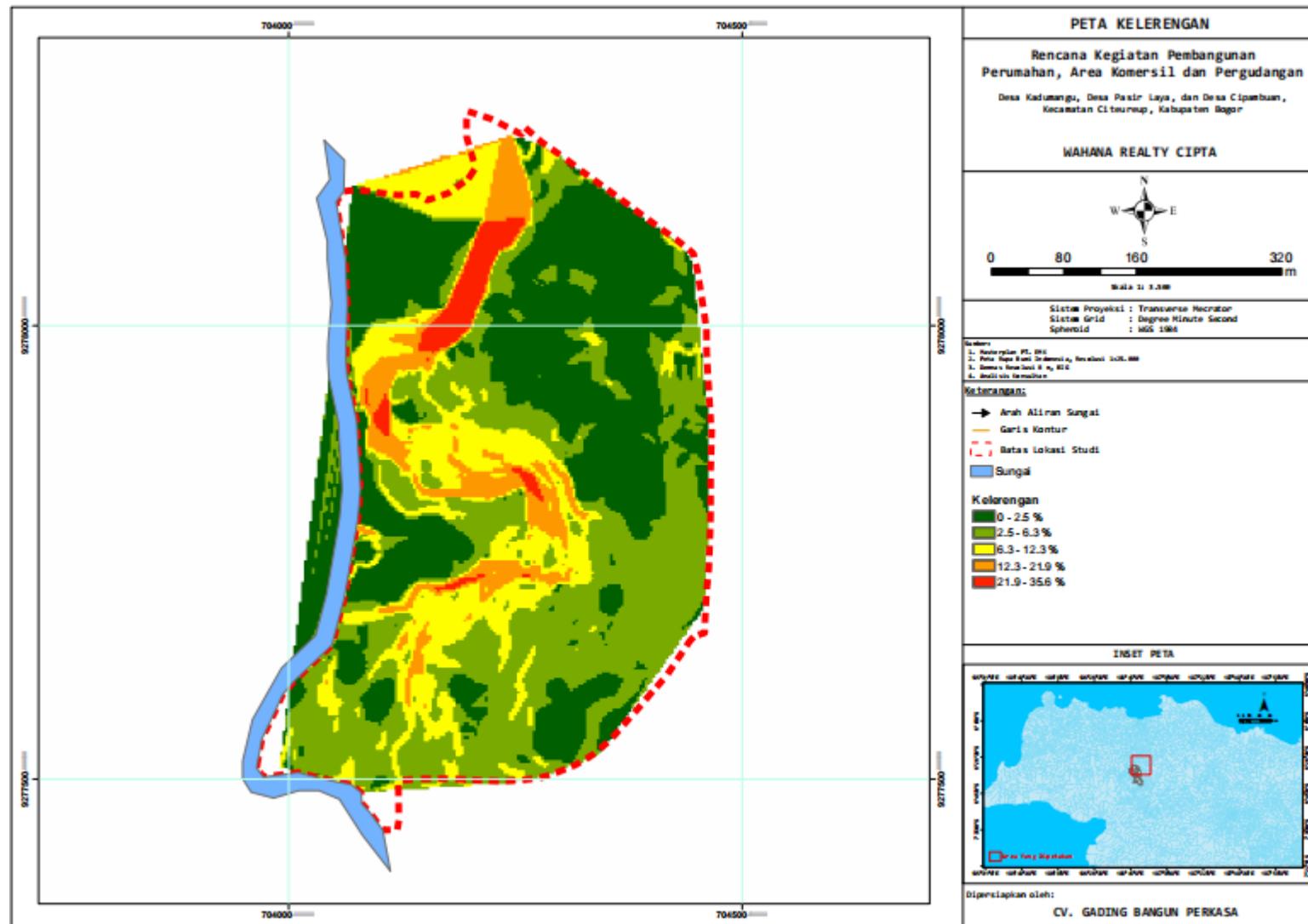
LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta topografi wilayah pengembangan



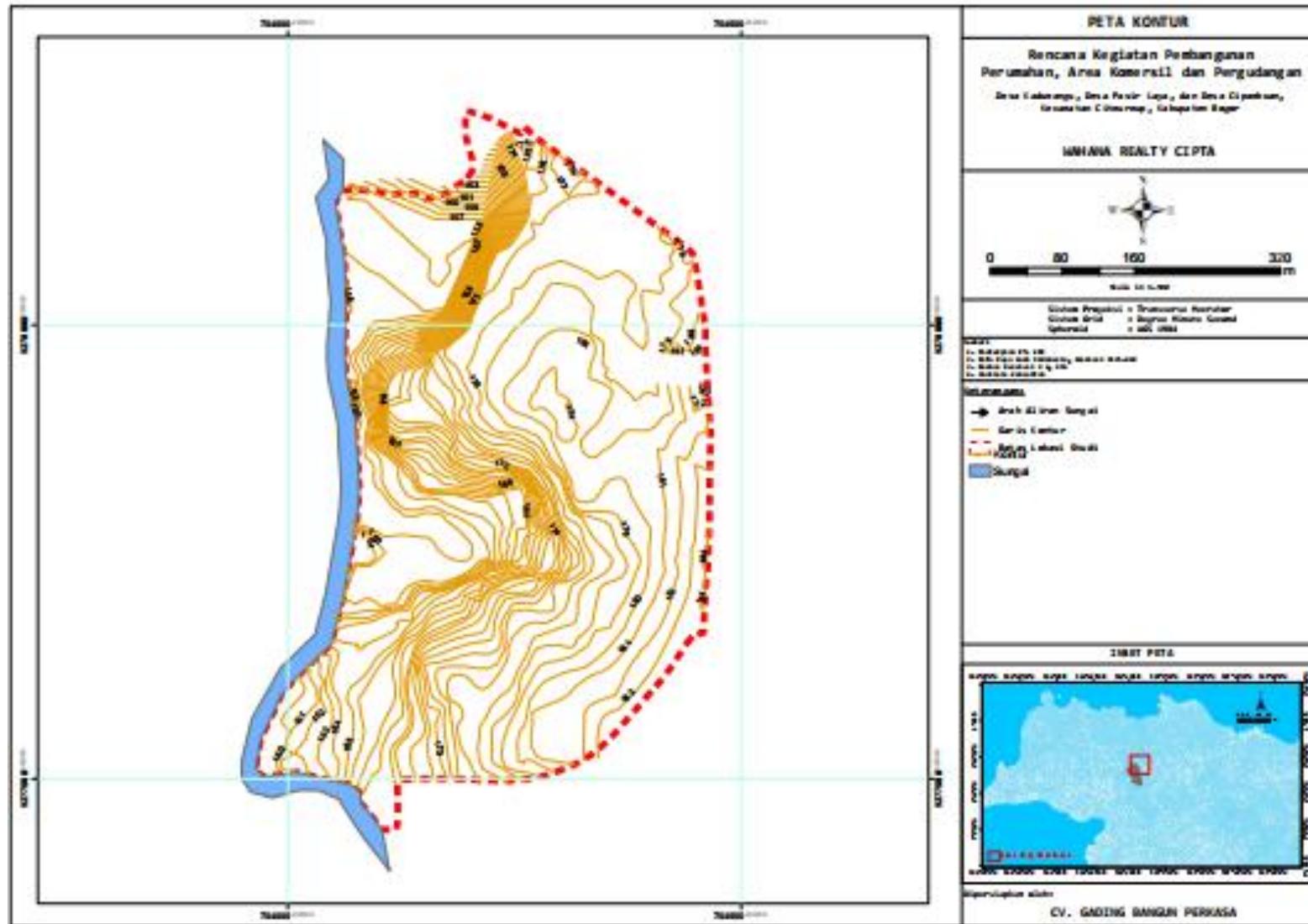
KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 51,6 HA PT Wahana Realty Cipta

Lampiran 2 Peta kelerengan lahan wilayah kajian

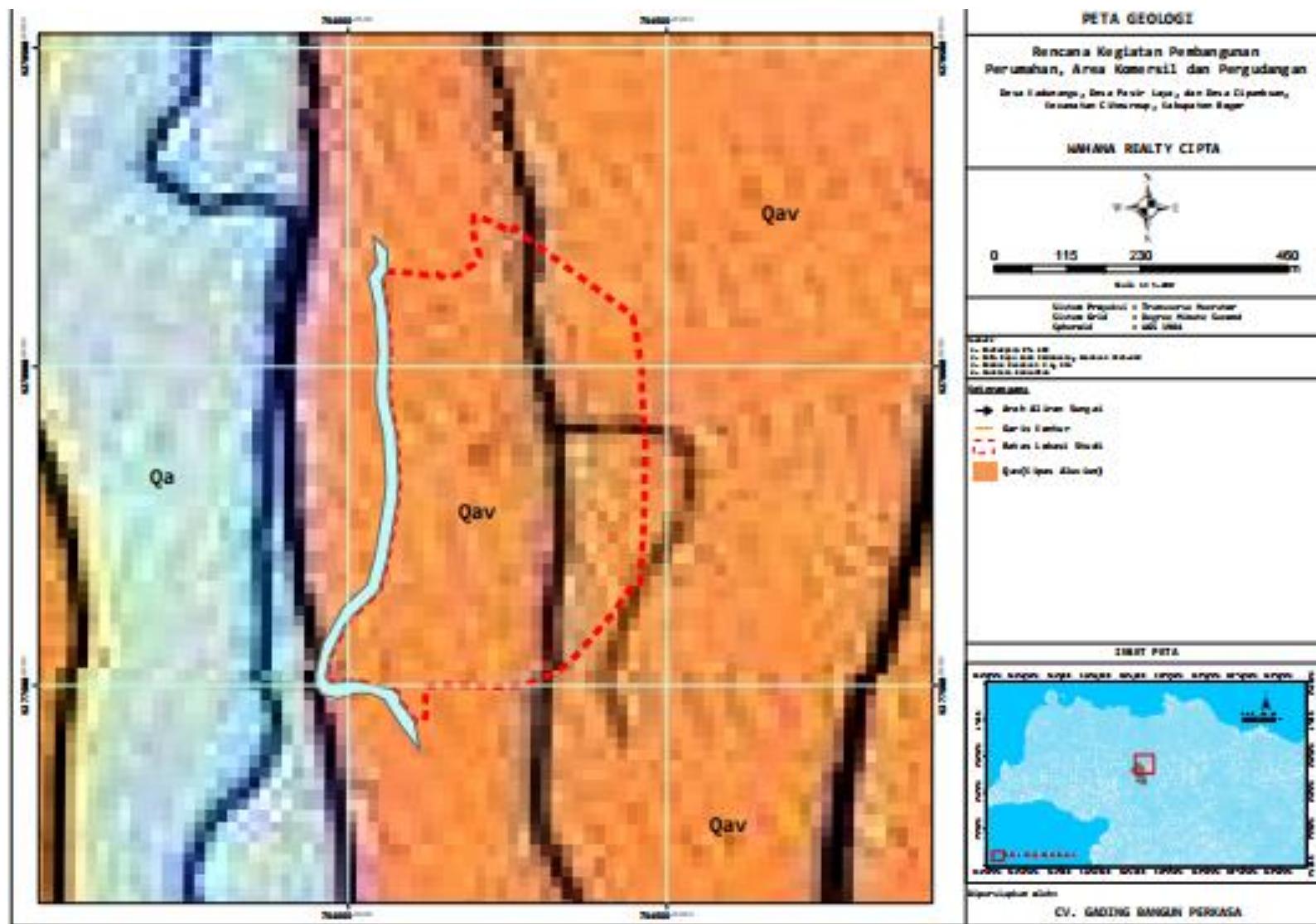


KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 51,6 HA PT Wahana Realty Cipta

Lampiran 3 Peta kontur wilayah kajian

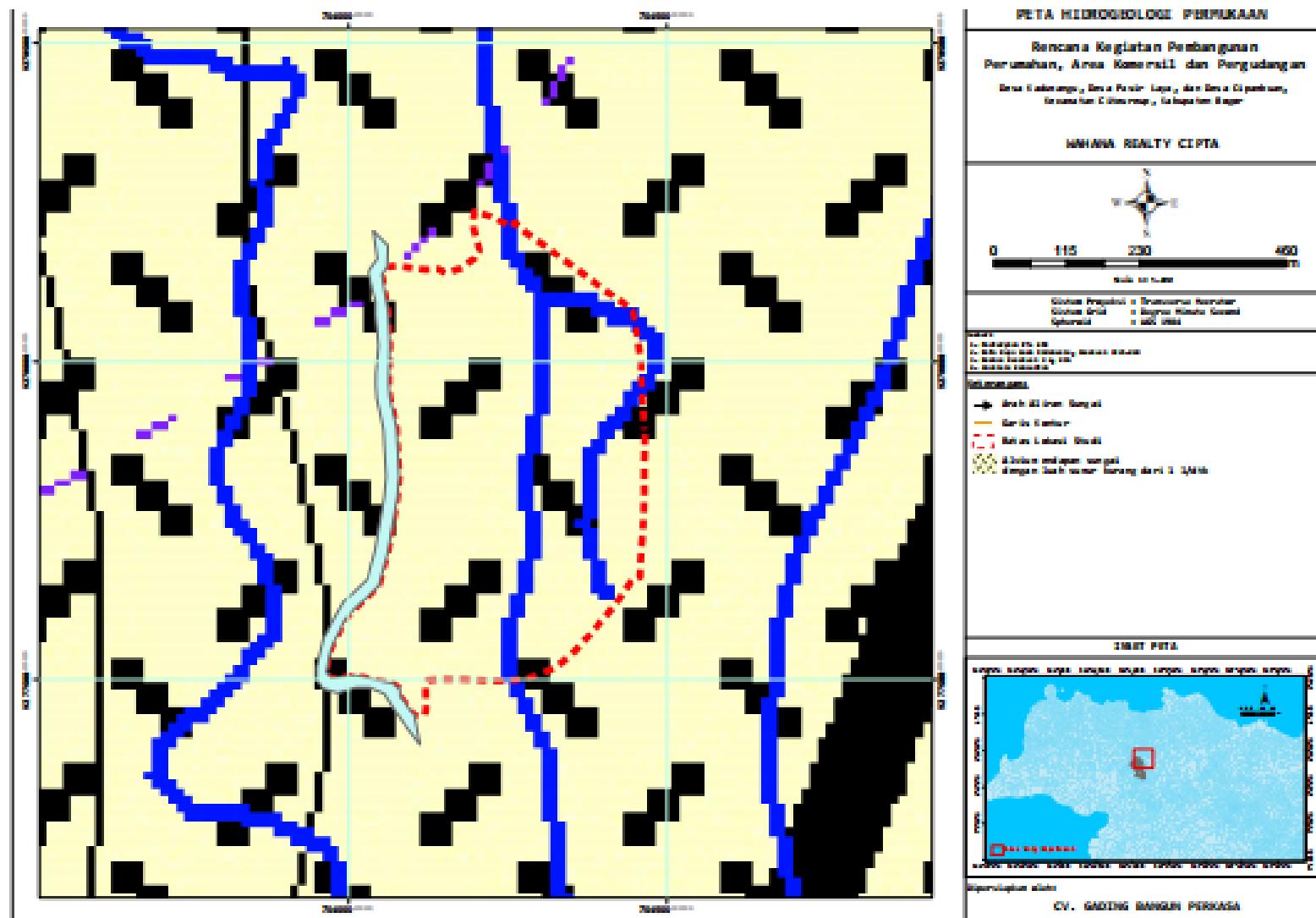


Lampiran 4 Peta Geologi Wilayah Pengembangan



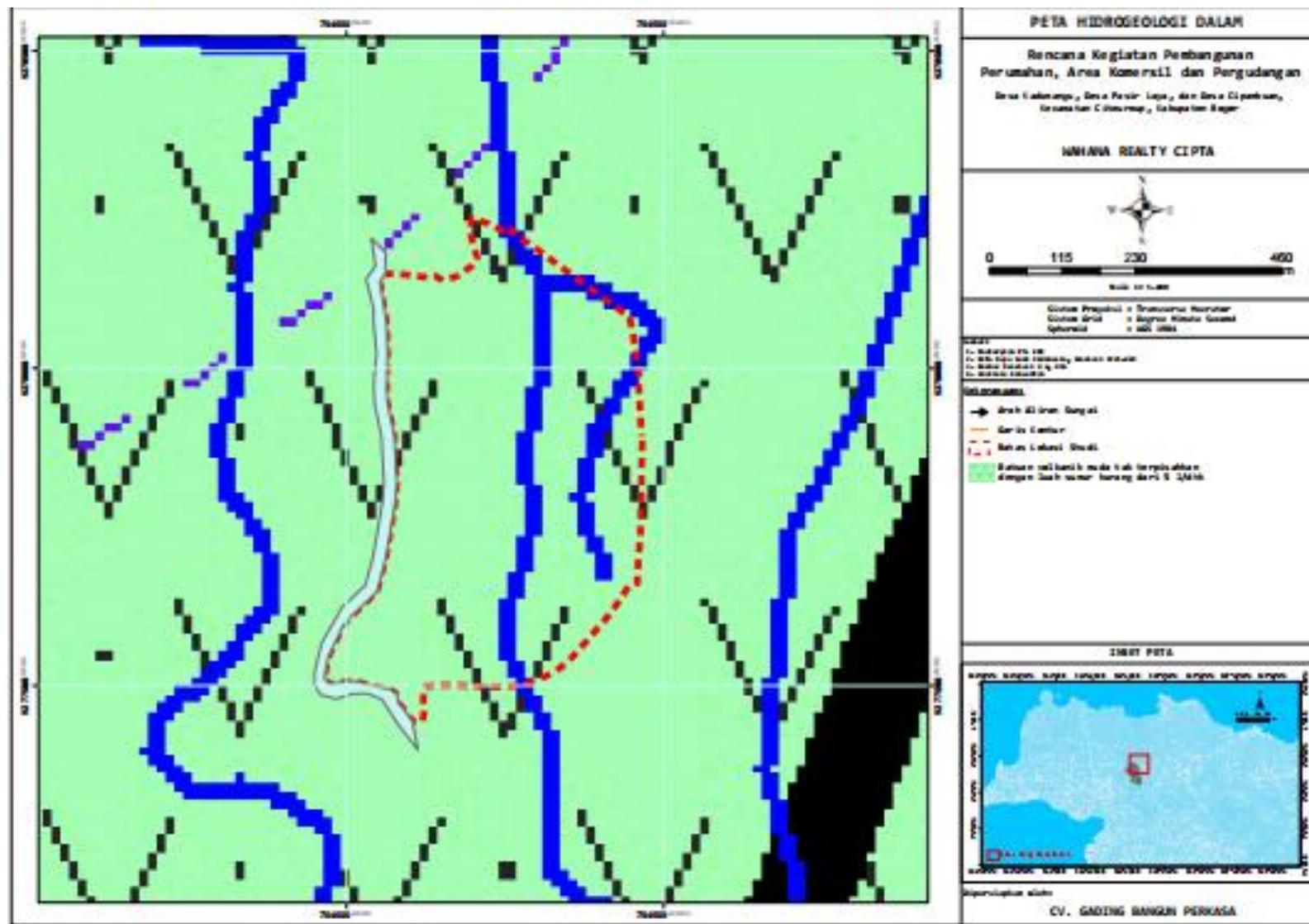
KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 51,6 HA PT Wahana Realty Cipta

Lampiran 5 Peta hidrogeologi permukaan

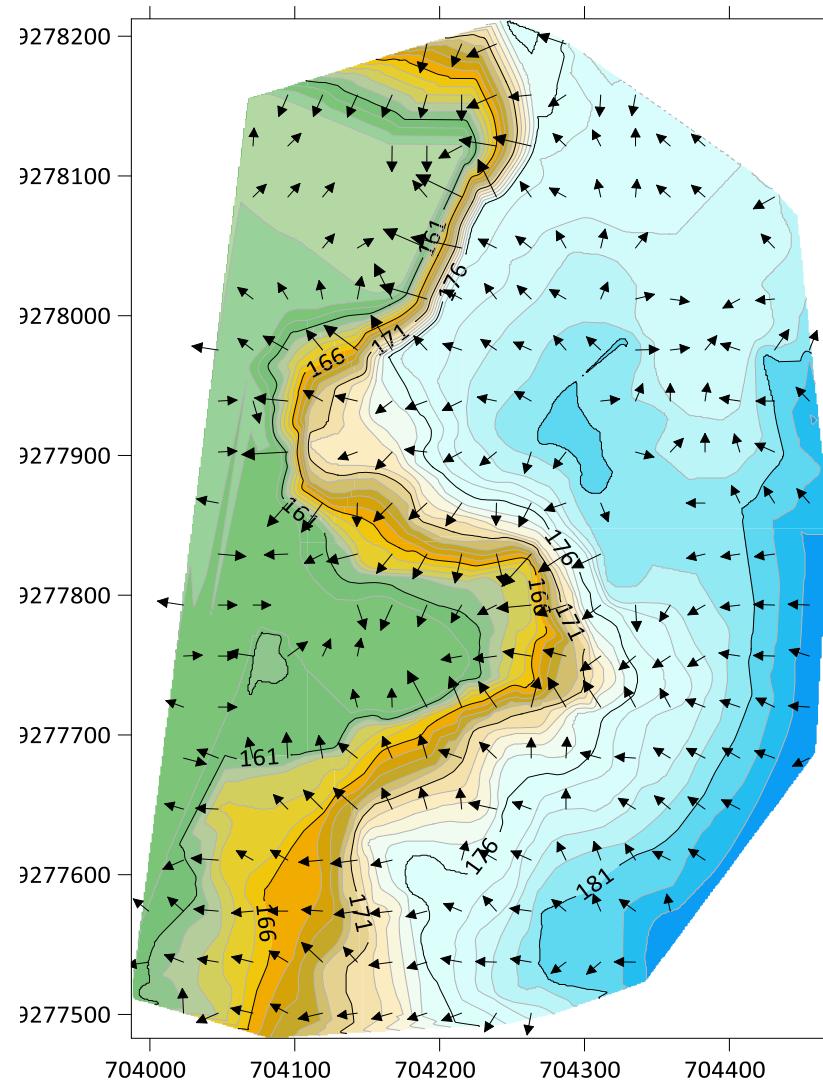


KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 51,6 HA PT Wahana Realty Cipta

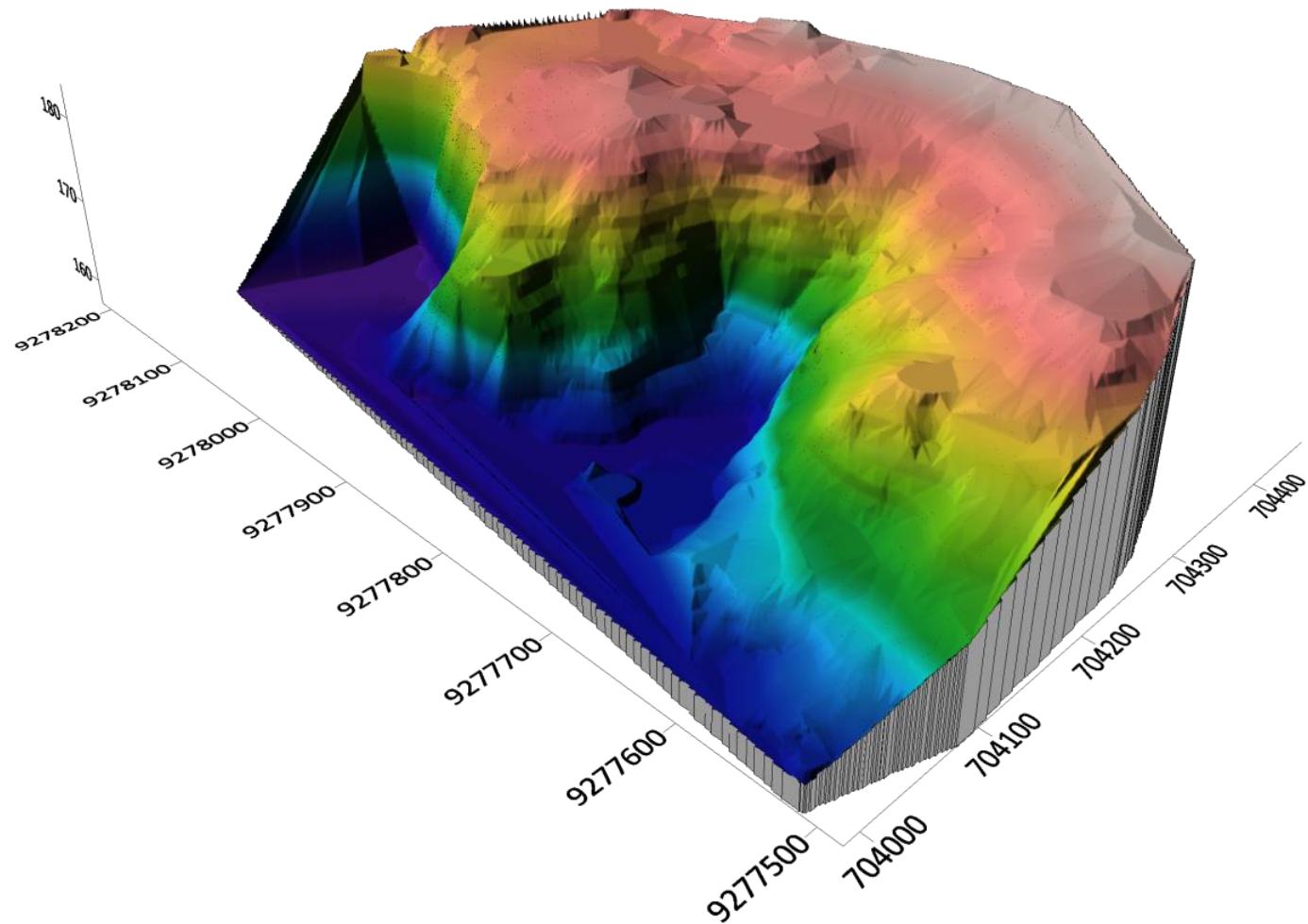
Lampiran 6 Peta Hidrogeologi Dalam



Lampiran 7 Pola Jejaring Aliran (Flownet) 2D

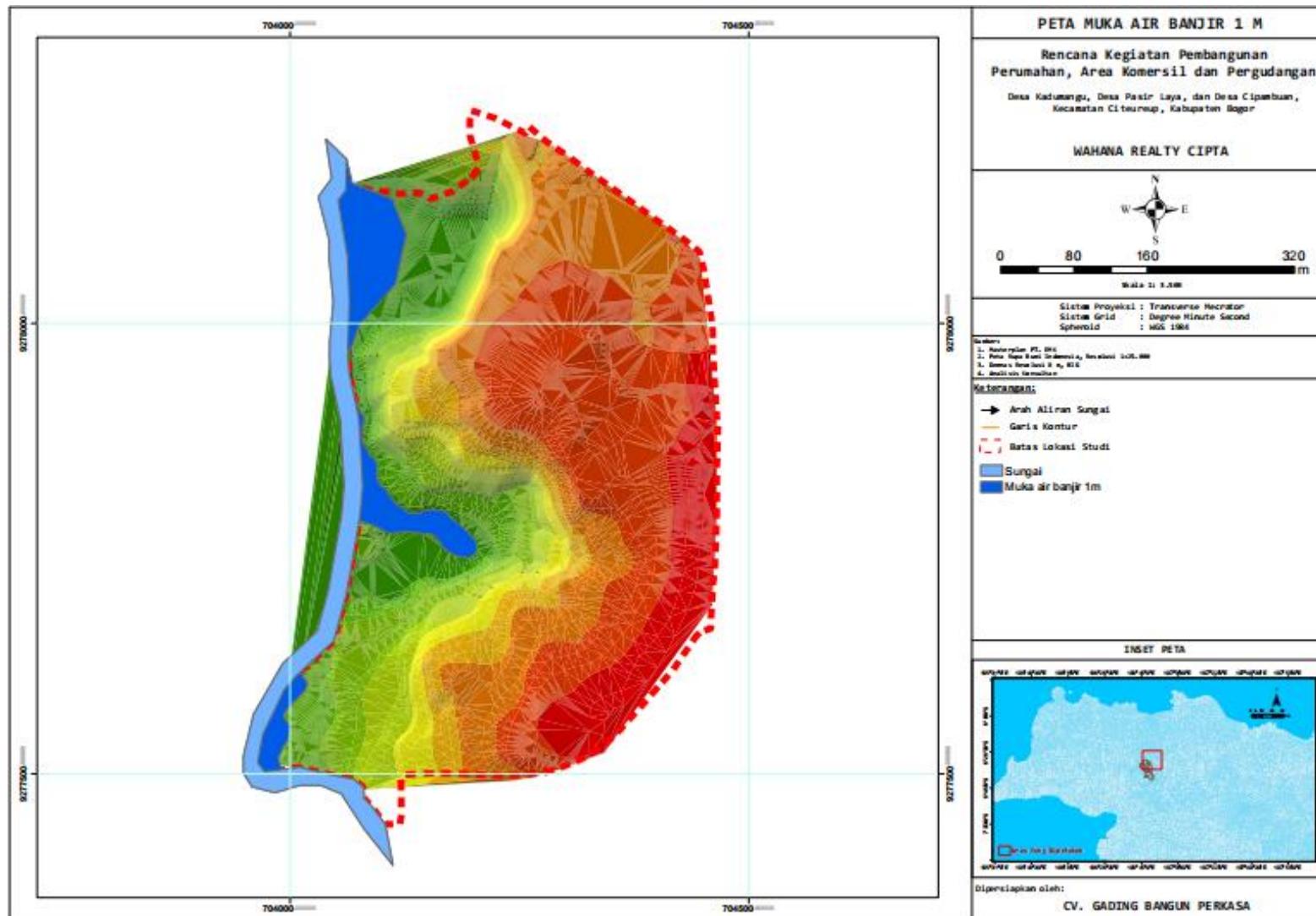


Lampiran 8 Jejaring Air Tanah 3D dan Posisi Keterdapatnya Air Tanah



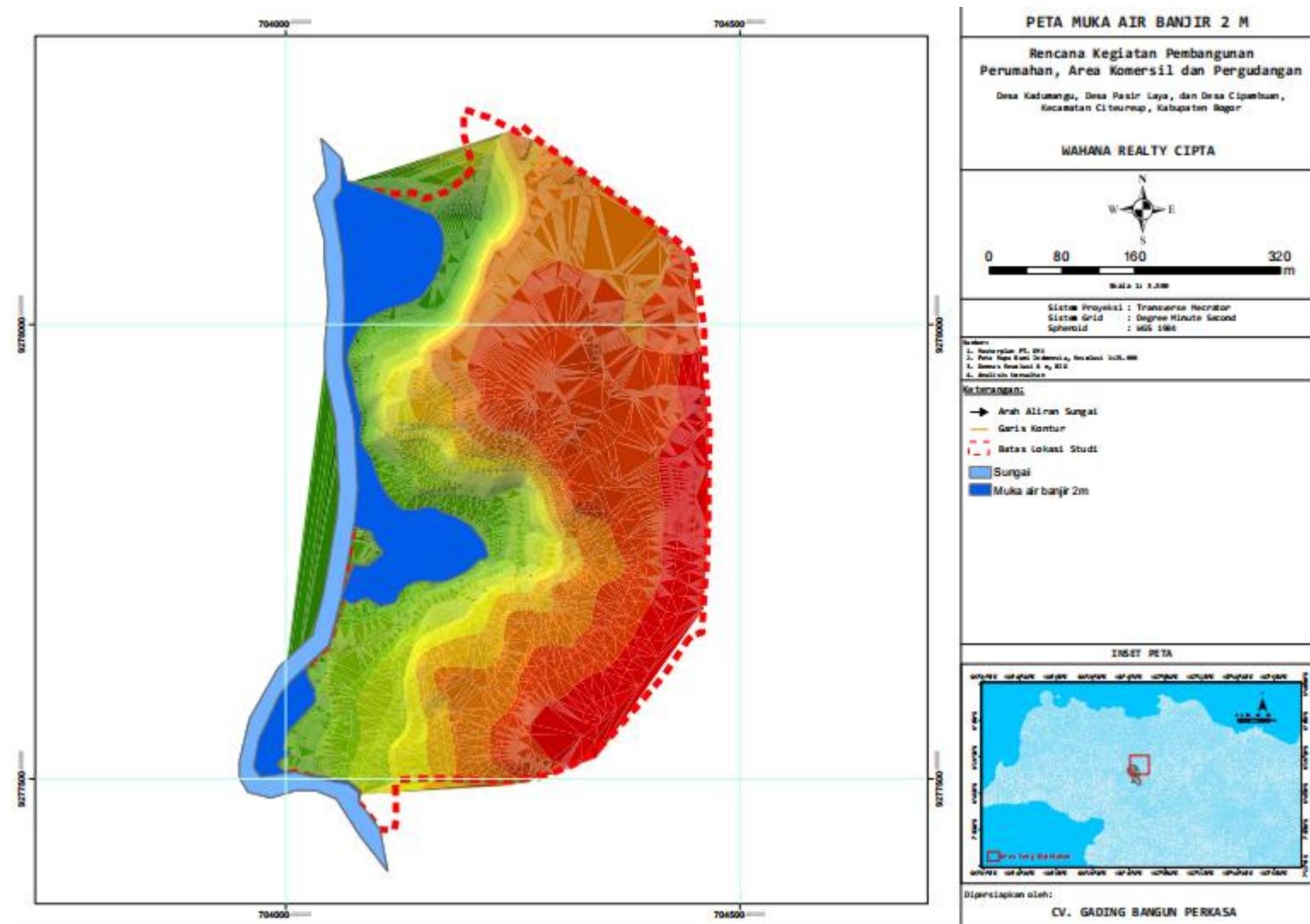
KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 51,6 HA PT Wahana Realty Cipta

Lampiran 9 Peta simulasi banjir 1 m

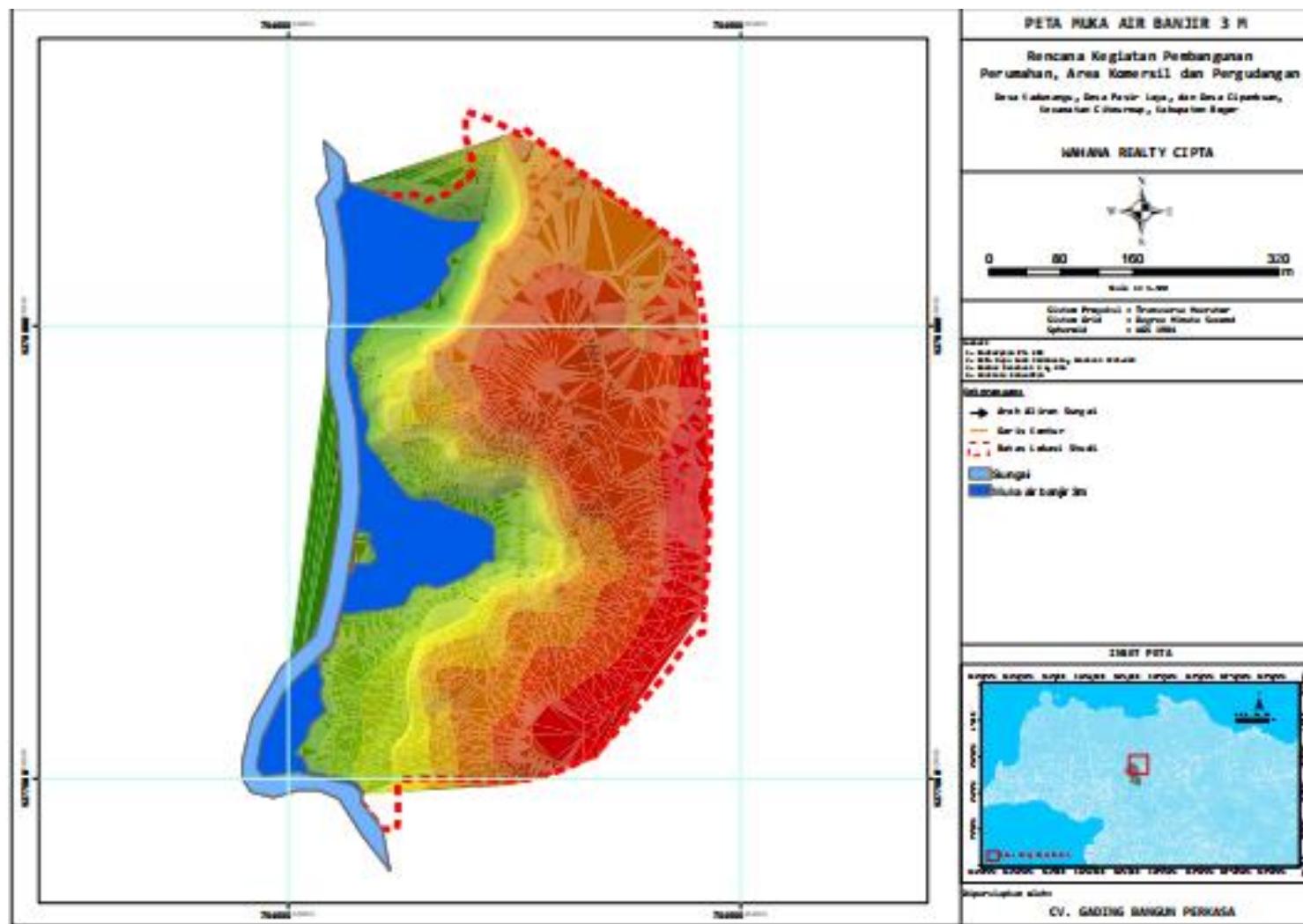


KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 51,6 HA PT Wahana Realty Cipta

Lampiran 10 Peta simulasi banjir 2 m

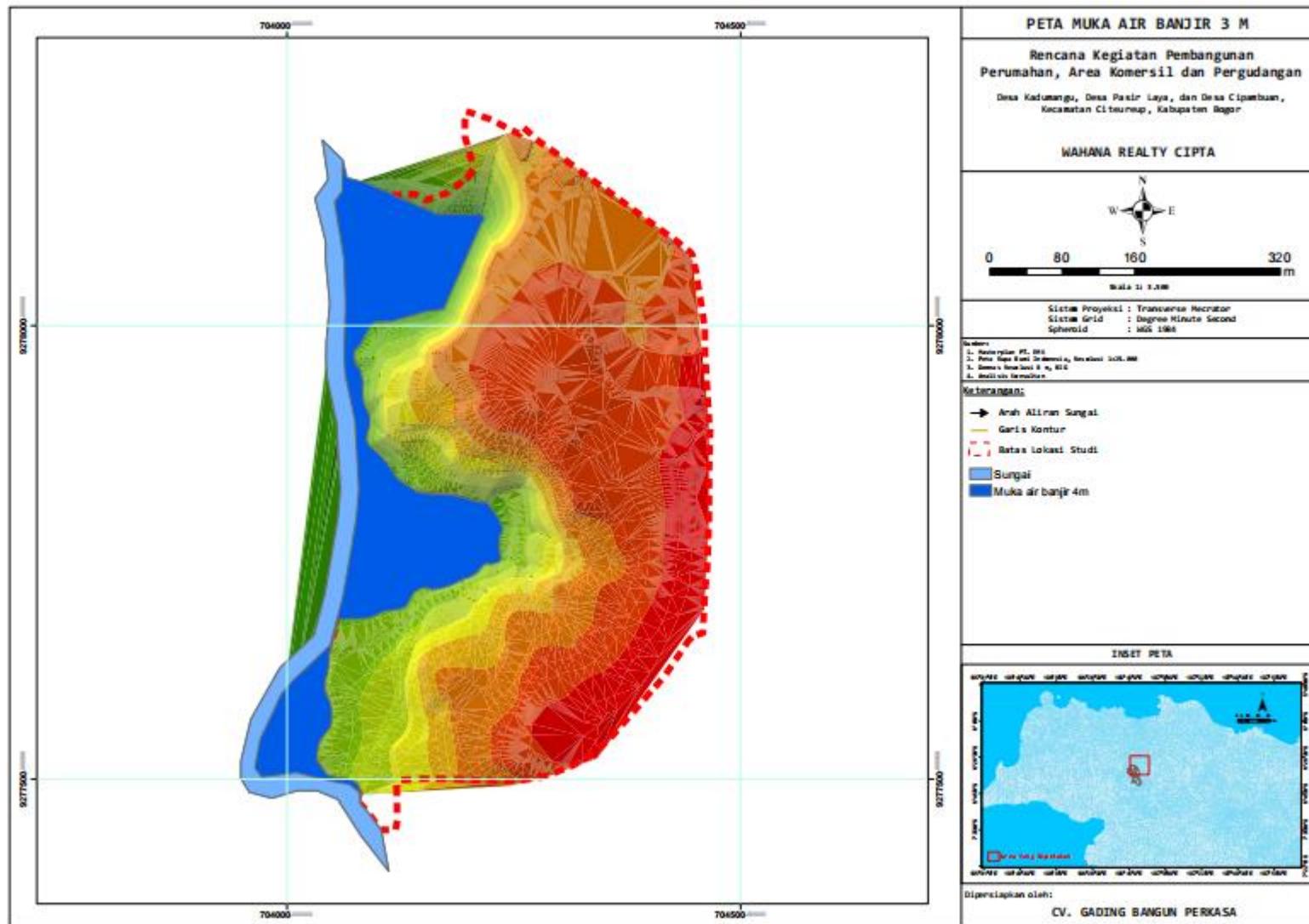


Lampiran 11 Peta simulasi banjir 3 m



KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 51,6 HA PT Wahana Realty Cipta

Lampiran 12 Peta simulasi banjir 4 m



Lampiran 13 Peil Banjir Sungai Cikeas

