

KAJIAN HIDROLOGI

PENGEMBANGAN PERUMAHAN ARGAWANA
SELUAS 24,5 HA, DS. SUKAMULYA, KEC. RUMPIN,
KAB. BOGOR

LAPORAN AKHIR
DIBUAT UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA DINAS
PEKERJAAN UMUM PENATAAN RUANG
KABUPATEN BOGOR



2023

Penyusun:

Dimas Ardi Prasetya, ST., MSi

Laporan diberikan pada tanggal:

20 Agustus 2023

KATA PENGANTAR

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

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

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

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

Bogor, Mei 2023

PT Bumi Serpong Damai

.....
PEMRAKARSA

RINGKASAN EKSEKUTIF

- Judul : Kajian Hidrologi Pengembangan Perumahan Argawana Seluas 24,5 Ha (245.362 m²), Desa Sukamulya, Kecamatan Rumpin, Bogor.
- Lokasi : Desa Sukamulya, Kecamatan Rumpin, Kabupaten Bogor.
- Tim : - Dimas Ardi Prasetya, ST., MSi.
- Penyusun : - Abdulrozaq Faqih Sulaksono
- Ega Rachmadhany
- Fathan farizan Pratama

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.

Perumahan Argawana berencana akan melakukan pengembangan perumahan "Argawana" dengan area seluas ± 24,5 Ha yang berlokasi di Desa Sukamulya, Kecamatan Rumpin, Kabupaten Bogor. Pembangunan berwawasan lingkungan sangatlah penting dilakukan, Perumahan Argawana melakukan Kajian Hidrologi pada lokasi rencana pengembangan perumahan tersebut.

Masterplan

Rencana pengembangan Perumahan Argawana seluas 24,5 Ha adalah sebagai berikut: wilayah studi yang digunakan sebagai wilayah kajian merupakan wilayah terbangun yang sudah terdapat hunian perumahan pada bagian akses tengah perumahan. Masterplan yang direncanakan dalam proses pemetaan dasar untuk penentuan presentase kavling efektif, sarana, serta prasarana & utilitas. Perencanaan pembangunan oleh PT. Bumi Serpong Damai dengan kavling efektif sebesar 136.088 m² (55,46%), luas sarana fasum sebesar 35.580 m² (14,47%), luas jalan/saluran sebesar 73.766 m² (30,06%).

Kondisi Existing

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA

Berdasarkan Badan Pusat Statistik 2022, Kecamatan Rumpin memiliki rata-rata curah hujan bulanan adalah 292,5 mm dengan curah hujan maksimum bulanan adalah 489,3 mm. Rata-rata hari hujan tiap bulan sebesar 27,5 hari. Suhu dan kelembaban udara di lokasi penelitian di perkirakan sama dengan Kabupaten Bogor. Berdasarkan stasiun pengamatan di Citeko, Kabupaten Bogor, suhu udara berkisar rata-rata 16° C sampai 29 C dengan kelembaban udara 70%. Kelembaban relatif (RH) berkisar 69 - 99 % dengan kelembaban maksimum pada bulan Desember dan kelembaban minimum pada bulan Oktober. Kondisi eksisting perumahan Argawana dan wilayah yang akan dilakukan pengembangan ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1 Kondisi Eksisting Perumahan Argawana



Gambar 2 Kondisi Eksisting Lokasi Wilayah (Pengembangan)

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA

Kondisi eksisting lokasi kegiatan sebagian sudah terbangun unit-unit rumah. Lokasi kegiatan merupakan wilayah yang telah terbangun rumah sebesar lebih dari 90% pengembangan. Perumahan yang dikembangkan dengan nama Perumahan Cikoleang-Rumpin menjadi Perumahan Argawana disetujui sejak tahun 2010. Untuk wilayah yang akan dilakukan pengembangan terdiri dari tutupan lahan serta topografi tanah yang relatif datar menurun. Pemanfaatan tanah pada awalnya berupa sawah dan pepohonan. Perumahan "Argawana" akan dilakukan pengembangan lahan sebesar 24,5 Ha. Akses menuju wilayah pengembangan melalui jalan perumahan Argawana dengan lebar ± 4 m. Akses utama untuk wilayah kajian melalui jalan umum Desa Sukamulya dengan lebar ± 10 m. Koordinat perumahan "Argawana" terletak di $06^{\circ}22'46,69''$ LS dan $106^{\circ}38'00,70''$ BT.

Berdasarkan data dari Buku "MENGENAL RUMPIN LEBIH DALAM", Secara geografis, Kecamatan Rumpin terletak pada $106,6119^{\circ}$ - $106,6732^{\circ}$ Bujur Timur dan $6,3784^{\circ}$ - $6,5299^{\circ}$ Lintang Selatan. Secara administratif, Kecamatan Rumpin berbatasan dengan wilayah sebagai berikut:

- Sebelah Utara : Kecamatan Cisauk Kabupaten Tangerang.
- Sebelah Selatan : Kecamatan Leuwiliang, dan Kecamatan Ciampea Kabupaten Bogor.
- Sebelah Barat : Kecamatan Cigudeg dan Kecamatan Parung Panjang Kabupaten Bogor.
- Sebelah Timur : Kecamatan Ciseeng dan Kecamatan Gunung Sindur Kabupaten Bogor.

Wilayah kajian Perumahan Argawana memiliki wilayah eksisting sebagai berikut:

- Sebelah Utara : Jalan Desa Sukamulya.
- Sebelah Selatan : Agro Wisata Cicangkal, Pemandian Bidadari, Situ Cigorongsong, Rawa Pembuangan Air Limpasan, Pertanian Sawah Tadah Hujan,
- Sebelah Barat : Lapangan Bola Karang Asem, Pangkalan Pasir.
- Sebelah Timur : Jalan Raya Rumpin.

Topografi Kecamatan Rumpin terdiri dari wilayah dataran hingga perbukitan. Terdapat sebanyak 1 (satu) Daerah Aliran Sungai (DAS) yaitu DAS Cisadane. Sungai-sungai pada DAS tersebut mempunyai peranan yang sangat penting dan strategis sebagai sumber air dan irigasi dan sumber air. Perumahan "Argawana" pada kondisi eksisting memiliki jarak cukup jauh dari badan air (Sungai). Pengaturan sistem drainase dialirkan menuju rawa sebagai bentuk tampungan air hujan.

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA

Perumahan “Argawana” memiliki kelas kelerengan yang terbagi atas 5 kelas lereng yaitu antara 0 % sampai dengan 80,0 %. Lahan didominasi oleh *slope* dengan kelas 0 – 21,5 %, sementara itu kelas lereng dengan luasan terendah yaitu kelas 46,4 – 80,0%. 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 0-10 %. Sehingga diketahui bahwa sebagian besar wilayah tepat dijadikan kawasan perumahan.

Pada wilayah studi merupakan wilayah yang dikelilingi saluran drainase perumahan dan kedalaman muka air normal berkisar 18 m. Wilayah studi mendapatkan sumber air dari PDAM. Pada kondisi eksisting terdapat satu kolam retensi (rawa) sebagai penampungan air hujan yang berfungsi untuk memotong puncak banjir yang terjadi dalam badan air/sungai. Selain itu digunakan sebagai alternatif tampungan air saat melakukan pengembangan.

Struktur geologi di daerah lembar Bogor berupa sesar, lipatan, kelurusan, maupun kekar dijumpai pada batuan berumur Oligosen – Pliosen sampai Kuartar. Tektonik yang terjadi pada akhir Miosen Akhir menghasilkan dua pola struktur berbeda yaitu pengangkatan kemudian diikuti oleh terobosan batuan andesit. Tektonik yang terjadi akhir Miosen Akhir menghasilkan dua pola struktur yang berbeda yaitu pengangkatan yang kemudian diikuti oleh terobosan batuan andesit. Berdasarkan cakupan peta geologi tersusun atas kode Tmj yang menunjukkan bahwa kondisi batuan napal dan batu lempung 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 tuf konglomerat. Berdasarkan kajian, terdapat dua jenis yaitu kipas aluvium (Qav) dan aluvium (Qa).

DAFTAR ISI

RINGKASAN EKSEKUTIF	iii
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Perumusan Masalah	2
1.2. Maksud dan Tujuan	2
1.3. Manfaat	3
BAB II. GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN	4
2.1. Master Plan	4
2.2. Lokasi Proyek	4
2.3. Iklim	6
2.4. Kondisi Penutupan Lahan	6
2.5. Topografi dan Kemiringan Lahan (<i>Slope</i>).....	7
2.6. Hidrologi Existing.....	10
2.7. Tanah	11
BAB III. TINJAUAN GEOLOGI DAN HIDROGEOLOGI	13
3.1. Fisiografi Lembar Bogor	13
3.1.1. Batuan Sedimen (Bagian selatan)	13
3.1.2. Batuan Sedimen (Bagian Utara)	15
3.1.3. Batuan Gunung Api dan Terobosan.....	16
3.1.4. Endapan Permukaan	17
3.2. Tektonik dan Struktur Geologi.....	18
3.3. Kerawanan Geologi	19
3.4. Kondisi Daerah Berpotensi Bencana.....	21
3.5. Jejaring Aliran (<i>Flownet</i>) dan Hidrogeologi	22
3.6. Pengolahan data Hidrologi	32
BAB IV. ANALISIS HIDROLOGI	38
4.1. Kondisi Existing Sungai.....	38
4.2. Analisis Infiltrasi	39
4.3. Analisis Curah Hujan	42
4.3.1. Intensitas Hujan	44
4.3.2. Debit dan Volume Limpasan	46
4.4. Drainase dan Bangunan Konservasi	47

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA

4.4.1. Saluran Drainase.....	47
4.4.2. Kolam Retensi	50
4.4.3. Sumur Resapan.....	52
4.5. Rekapitulasi Skema Saluran Drainase dengan Volume Limpasan	53
4.6. Simulasi Banjir Wilayah Kajian	54
BAB V. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI.....	55
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Rekomendasi	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Kondisi Eksisting Perumahan Argawana	iv
Gambar 2	Kondisi Eksisting Lokasi Wilayah (Pengembangan).....	iv
Gambar 3	Peta Citra Perumahan Argawana.....	5
Gambar 4	Master Plan Pembangunan Perumahan Argawana	6
Gambar 5	Kondisi Lahan Pada Lokasi Yang Akan Dilakukan Pengembangan.....	7
Gambar 6	Topografi Wilayah Pengembangan.....	8
Gambar 7	Kelerengan Lahan Wilayah kajian.....	9
Gambar 8	Peta Kontur Wilayah Kajian.....	10
Gambar 9	Peta Geologi Wilayah Pengembangan	19
Gambar 10	Jenis – Jenis Longsor	22
Gambar 11	Zona Akuifer	26
Gambar 12	Peta Hidrogeologi Permukaan	28
Gambar 13	Gambaran Kondisi Akuifer	30
Gambar 14	Gambaran Umum Jejaring Aliran	31
Gambar 15	Pola Jejaring Aliran (<i>Flow Net</i>) 2D.....	32
Gambar 16	Kondisi Eksisting Sungai Cisadane di Wilayah Kajian	39
Gambar 17	Pengukuran Laju Infiltrasi	40
Gambar 18	Grafik Laju Infiltrasi	42
Gambar 19	Curah Hujan Rancangan Metode Gumbel	44
Gambar 20	Grafik Intensitas Hujan (mm/jam).....	45
Gambar 21	Blok Plan Pembagian DTA	46
Gambar 22	Bentuk Penampang Saluran Drainase.....	48
Gambar 23	Penampang Melintang Drainase Primer Wilayah Kajian.....	50
Gambar 24	Contoh Detail Penampang Drainase Lingkungan Bentuk Persegi	50
Gambar 25	Rencana Kolam Retensi	51
Gambar 26	Penampang Melintang Sumur Resapan pada DTA 1 dan DTA 2.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Syarat Penggunaan Jenis Sebaran.....	34
Tabel 2	Nilai Koefisien Limpasan Metode Rasional	34
Tabel 3	Koefisien Kekasaran Manning.....	35
Tabel 4	Tinggi Jagaan Drainase Pasang Batu Dan Dari Tanah	37
Tabel 5	Unsur Geometris Penampang Saluran Persegi Dan Trapesium	37
Tabel 6	Hubungan Antara Nilai Q, h, dan b/h Untuk Saluran Drainase	37
Tabel 7	Data Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi.....	40
Tabel 8	Hasil Pengolahan Data Infiltrasi	41
Tabel 9	Curah Hujan Tahunan Maksimum	43
Tabel 10	Hasil Perhitungan Koefisien Ck, Cs, dan Cv.....	43
Tabel 11	Hasil Analisis Distribusi Curah Hujan Metode Gumbel.....	43
Tabel 12	Intensitas Hujan.....	44
Tabel 13	Hasil perhitungan koefisien limpasan kumulatif (Cr)	47
Tabel 14	Debit dan Volume Limpasan.....	47
Tabel 15	Bentuk Penampang Saluran Drainase	49
Tabel 16	Hasil Perhitungan Dimensi Kolam Retensi	51
Tabel 17	Perencanaan jumlah sumur resapan.....	52
Tabel 18	Skema Pengaturan Drainase, Sumur Resapan dan Kolam Retensi.....	53

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Peta Topografi Wilayah Pengembangan
- Lampiran 2 Peta Kelerengan Lahan Wilayah Kajian
- Lampiran 3 Peta Kontur Wilayah Kajian
- Lampiran 4 Peta Geologi Wilayah Pengembangan
- Lampiran 5 Peta Hidrogeologi Permukaan
- Lampiran 6 Pola Jejaring Aliran (*Flow Net*) 2D
- Lampiran 7 Gambaran Simulasi Banjir 0,5 Sampai 3 Meter
- Lampiran 8 Gambaran Potongan Penampang Sungai
- Lampiran 9 Gambaran Kondisi Aliran Sungai Eksisting
- Lampiran 10 Gambaran Lahan Eksisting
- Lampiran 11 Pengukuran Lapangan

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, Pengembangan kawasan diperkirakan sebesar 24,5 Ha berupa lahan terbuka dan rerumputan. Pengembangan kawasan Perumahan "Argawana" pada Kecamatan Rumpin dilakukan oleh PT. Bumi Serpong Damai.

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

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

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

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

1.1. Perumusan Masalah

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

1.2. Maksud dan Tujuan

Maksud dari kegiatan Kajian Hidrologi terhadap Pengembangan Lahan terbuka menjadi Perumahan "Argawana" adalah sebagai berikut:

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

Tujuan dari kegiatan ini adalah:

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

1.3. Manfaat

Manfaat dari kegiatan Kajian Hidrologi terhadap Pengembangan Lahan terbuka menjadi Perumahan “Argawana” adalah tersusunnya dokumen pengendalian sumberdaya air dan lingkungan hidup di wilayah area perumahan “Argawana”.

BAB II. GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN

2.1. Master Plan

Gambaran umum wilayah pengembangan merupakan kawasan yang sudah terbangun unit-unit rumah dan siap bangun serta sudah tersedia akses jalan. Kawasan kajian pada awalnya merupakan perumahan yang sudah terbangun dan memiliki topografi relative datar. Akses masuk wilayah pengembangan merupakan jalan umum dan perumahan yang sudah dilakukan pengecoran. Pada wilayah kajian terdapat saluran drainase tertutup. Pengembangan direncanakan pada wilayah selatan

Rencana pengembangan Perumahan Argawana seluas 24,5 Ha adalah sebagai berikut: wilayah studi yang digunakan sebagai wilayah kajian merupakan wilayah terbangun yang sudah terdapat hunian perumahan pada bagian akses tengah perumahan. Masterplan yang direncanakan dalam proses pemetaan dasar untuk penentuan presentase kavling efektif, sarana, serta prasarana & utilitas. Perencanaan pembangunan oleh PT. Bumi Serpong Damai dengan kavling efektif sebesar 136.088 m² (55,46%), luas sarana fasum sebesar 35.580 m² (14,47%), luas jalan/saluran sebesar 73.766 m² (30,06%).

2.2. Lokasi Proyek

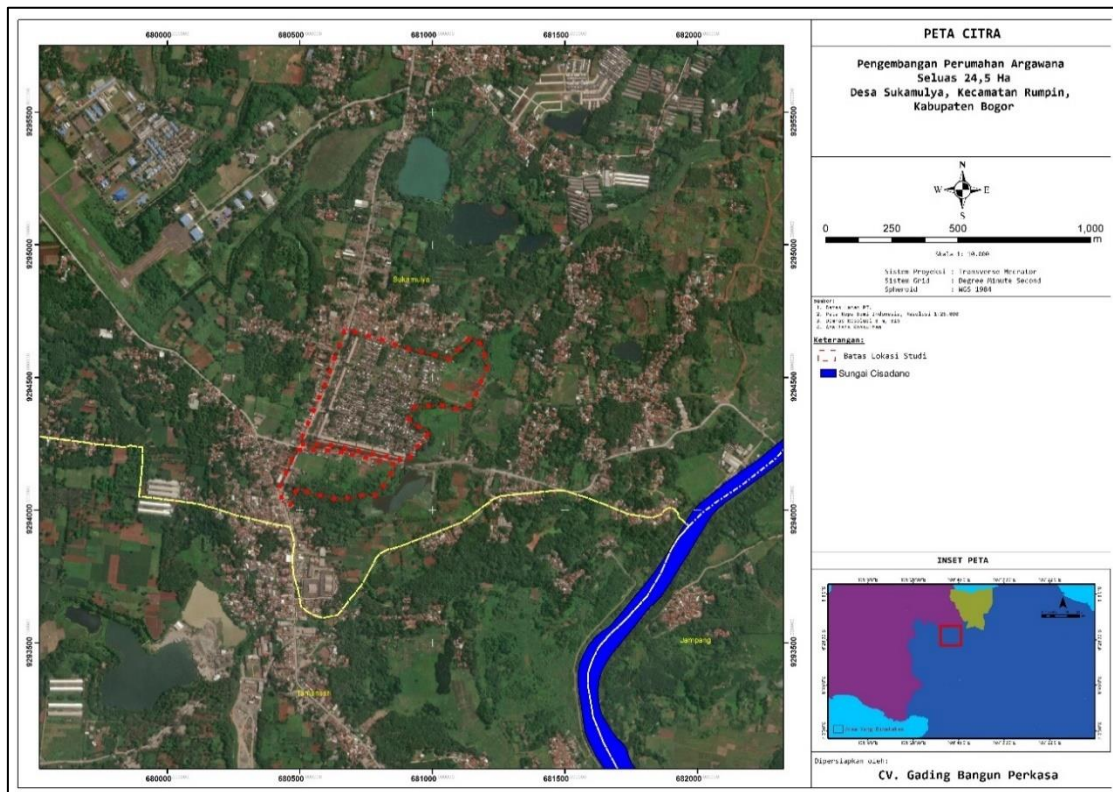
Kecamatan Rumpin terletak pada 106,6119°-106,6732° Bujur Timur dan 6,3784-6,5299° Lintang Selatan ditunjukkan pada Gambar 3. Secara administratif Jumlah Desa di Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor ada 14 Desa, yaitu : Cibodas, Cidokom, Cipinang, Gobang, Kampung Sawah, Kerta Jaya, Leuwi Batu, Mekar Jaya, Mekar Sari, Rabak, Rumpin, Suka Mulya, Suka Sari dan Taman Sari. Lokasi keberadaan proyek terletak di Desa Suka Mulya tepatnya pada koordinat 06°22'46,69" LS dan 106°38'00,70" BT dengan luas 24,5 Ha.

Master plan proyek ditunjukkan pada Gambar 4. Lokasi proyek Perumahan Argawana terletak di 06°22'46,69" LS dan 106°38'00,70" BT. Secara umum gambaran lokasi proyek berada pada batas sebagai berikut:

- Sebelah Utara : Desa Suradita, Kecamatan Cisauk, Kabupaten Tangerang, Banten.
- Sebelah Selatan : Desa Tamansari, kecamatan Tamansari, Kabupaten Bogor, Jawa Barat.
- Sebelah Barat : Desa Gunung Sindur, Kecamatan Gunung Sindur, Kabupaten Bogor, Jawa Barat.

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA

Sebelah Timur : Desa Mekarsari, Kecamatan Rumpin, Kabupaten Bogor, Jawa Barat.



Gambar 3 Peta Citra Perumahan Argawana

Wilayah kajian Perumahan Argawana memiliki wilayah eksisting sebagai berikut:

Sebelah Utara : Jalan Desa Sukamulya.

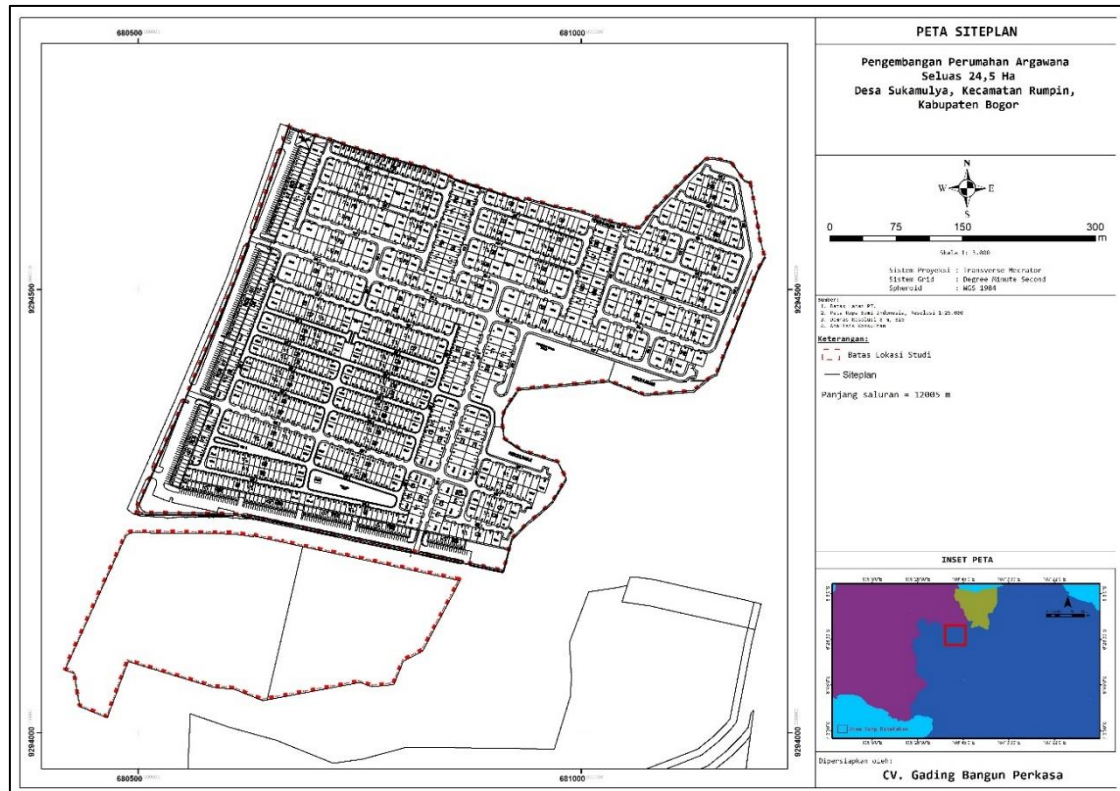
Sebelah Selatan : Agro Wisata Cicangkal, Pemandian Bidadari, Situ Cigorongsong, Rawa Pembuangan Air Limpasan, Pertanian Sawah Tadah Hujan,

Sebelah Barat : Lapangan Bola Karang Asem, Pangkalan Pasir.

Sebelah Timur : Jalan Raya Rumpin.

Peta Citra Pengembangan Perumahan Argawana seluas 24,5 Ha Desa Sukamulya, Kecamatan Rumpin, Kabupaten Bogor. Lokasi Proyek sebelah Utara berbatasan dengan Desa Suradita, Kecamatan Cisauk, Kabupaten Tangerang, Banten. Sebelah Selatan berbatasan dengan Desa Tamansari, kecamatan Tamansari, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Sebelah Barat berbatasan dengan Desa Gunung Sindur, Kecamatan Gunung Sindur, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Sebelah Timur berbatasan dengan Desa Mekarsari, Kecamatan Rumpin, Kabupaten Bogor, Jawa Barat.

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA



Gambar 4 Master Plan Pembangunan Perumahan Argawana

2.3. Iklim

Kecamatan Rumpin memiliki rata-rata curah hujan bulanan adalah 292,5 mm dengan curah hujan maksimum bulanan adalah 489 mm. Rata-rata hari hujan tiap bulan sebesar 27,5 hari. Curah hujan tertinggi pada Bulan Oktober yaitu sebesar 489 mm. Suhu dan kelembaban udara di lokasi penelitian di perkirakan sama dengan Kabupaten Bogor. Suhu dan kelembaban udara di lokasi penelitian di perkirakan sama dengan Kabupaten Bogor. Berdasarkan stasiun pengamatan di Citeko, Kabupaten Bogor, suhu udara berkisar rata-rata 16⁰ C sampai 29 C dengan kelembaban udara 70%. Kelembaban relatif (RH) berkisar 69 - 99 % dengan kelembaban maksimum pada bulan Desember dan kelembaban minimum pada bulan Oktober.

2.4. Kondisi Penutupan Lahan

Kondisi penutupan lahan pada area merupakan kondisi tanah yang relative datar menurun. Penutupan lahan saat ini berupa lahan terbuka berupa sawah dan rerumputan. Akses jalan untuk menuju wilayah kajian berupa jalan umum desa dengan lebar ±10 m, sedangkan pada wilayah kajian terdapat jalan untuk akses warga perumahan Argawana dengan lebar ± 4 m. Pada beberapa jalan terdapat saluran drainase tertutup di samping jalan. Kondisi lahan yang akan dilakukan

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA

pengembangan ditunjukkan pada Gambar 5 Tutupan lahan yang berada pada Perumahan Argawana sebagian besar sudah berupa bangunan perumahan. Sebagian berupa rawa dan semak belukar.



Gambar 5 Kondisi Lahan Pada Lokasi Yang Akan Dilakukan Pengembangan

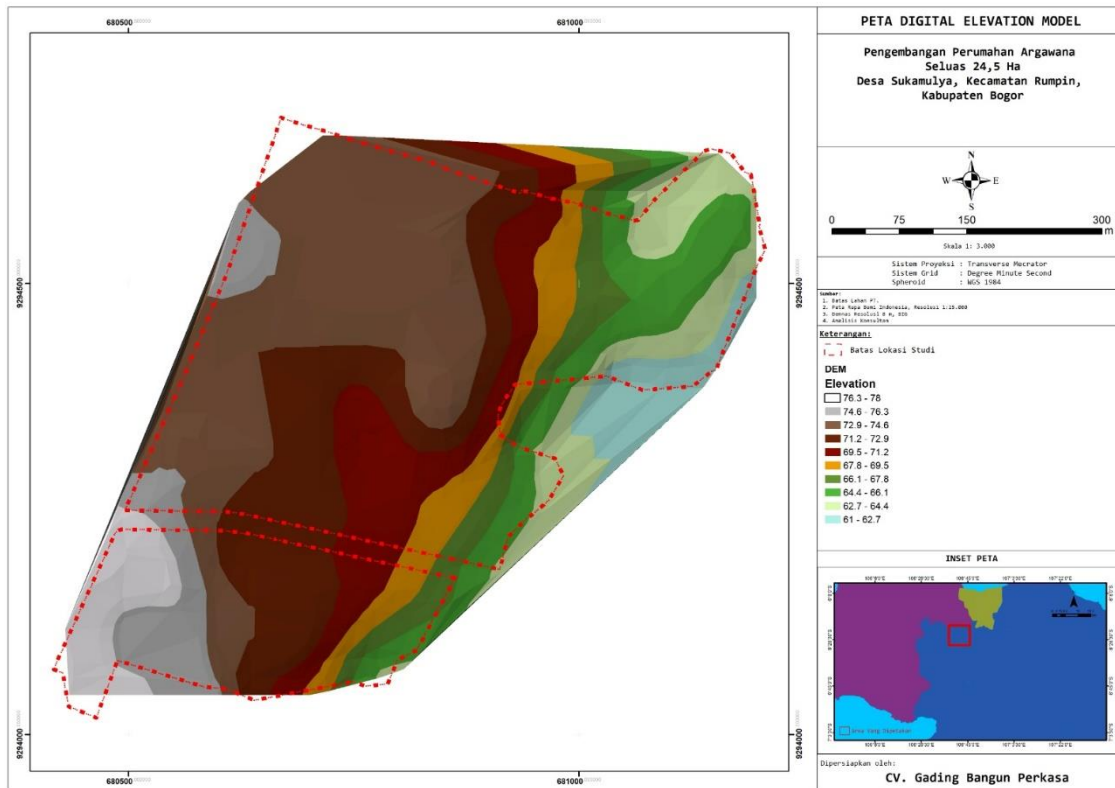
Pada wilayah eksisting tidak terdapat aliran anak sungai yang melintas dan tidak terdapat saluran irigasi. Karakteristik lahan kajian memiliki jenis tanah yang paling dominan adalah latosol dan bergelombang. Kondisi eksisting wilayah pengembangan terdiri dari penutupan lahan terbuka dan menjadi daerah resapan air yang baik. Kondisi lahan eksisting belum adanya kegiatan *cut and fill* untuk meratakan elevasi, tetapi mempunyai akses jalan utama untuk persiapan proses pembangunan. Kondisi eksisting belum adanya pembangunan bangunan perumahan hanya terdapat jalan akses yang diperkirakan untuk mempermudah mobilisasi material.

2.5. Topografi dan Kemiringan Lahan (*Slope*)

Kecamatan Rumpin terletak di 106,6119°-106,6732° Lintang Selatan dan 6,3784-6,5299° Bujur Timur. Topografi Kecamatan Rumpin terdiri dari wilayah relatif datar dengan pemanfaatan sebagai lahan pertanian seperti pada Gambar 8. Dengan kemiringan lereng yang tidak terlalu bervariasi, area pengembangan diperlukan modifikasi permukaan tanah tersebut dengan *cut and fill* namun kemiringan lereng tersebut juga tetap dimanfaatkan sebagai aliran air. Hal ini menyebabkan kebanyakan jalan di area ini dirancang mengikuti kontur dari hasil tutupan lahan didapatkan komposisi lahan hijau berupa padang rumput mendominasi

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA

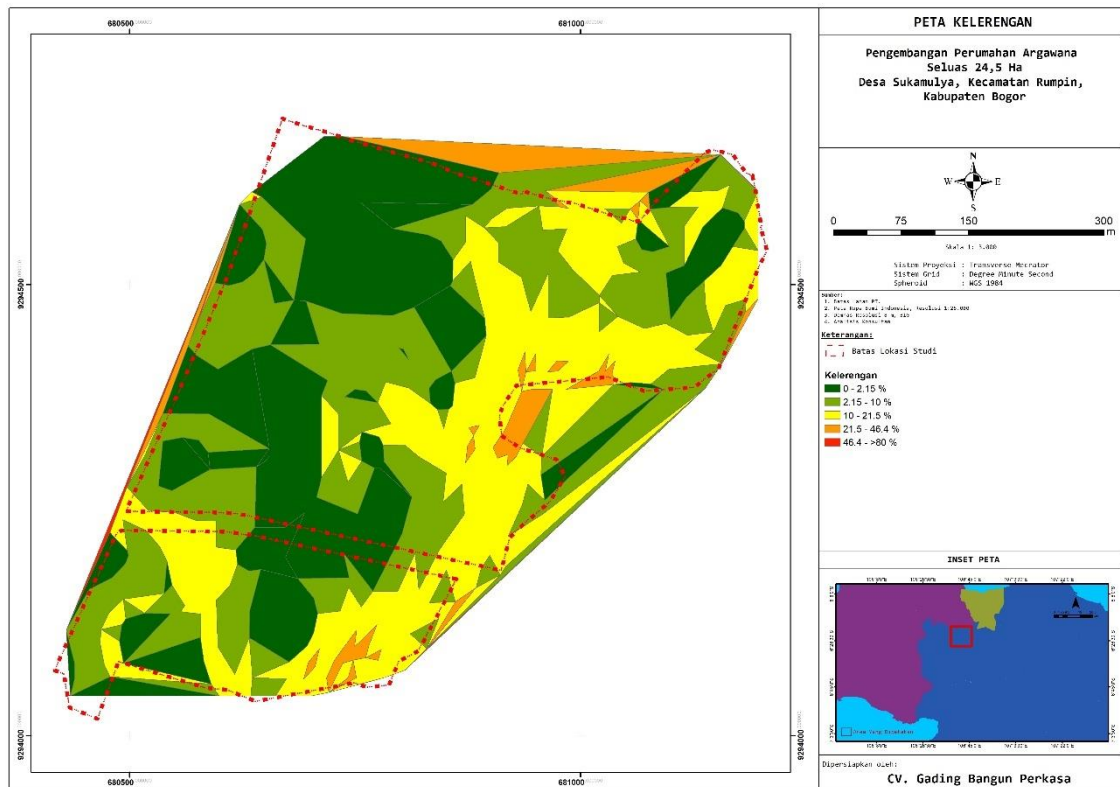
ditunjukkan pada Gambar 6. Modifikasi *slope* perlu dilakukan dengan mendatangkan tanah urugan.



Gambar 6 Topografi Wilayah Pengembangan

Perumahan “Argawana” memiliki kelas kelereng yang terbagi atas 5 kelas lereng yaitu antara 0% sampai dengan 80%. Lahan didominasi oleh *slope* dengan kelas 0 – 21,5%, sementara itu kelas lereng dengan luasan terendah yaitu kelas 46,4 – 80,0%. 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 kelereng yang curam dapat dilakukan rekayasa pembangunan dengan *cut and fill* terlebih dahulu. Kelereng kawasan perumahan “Argawana” dapat dilihat pada peta kelereng pada Gambar 7.

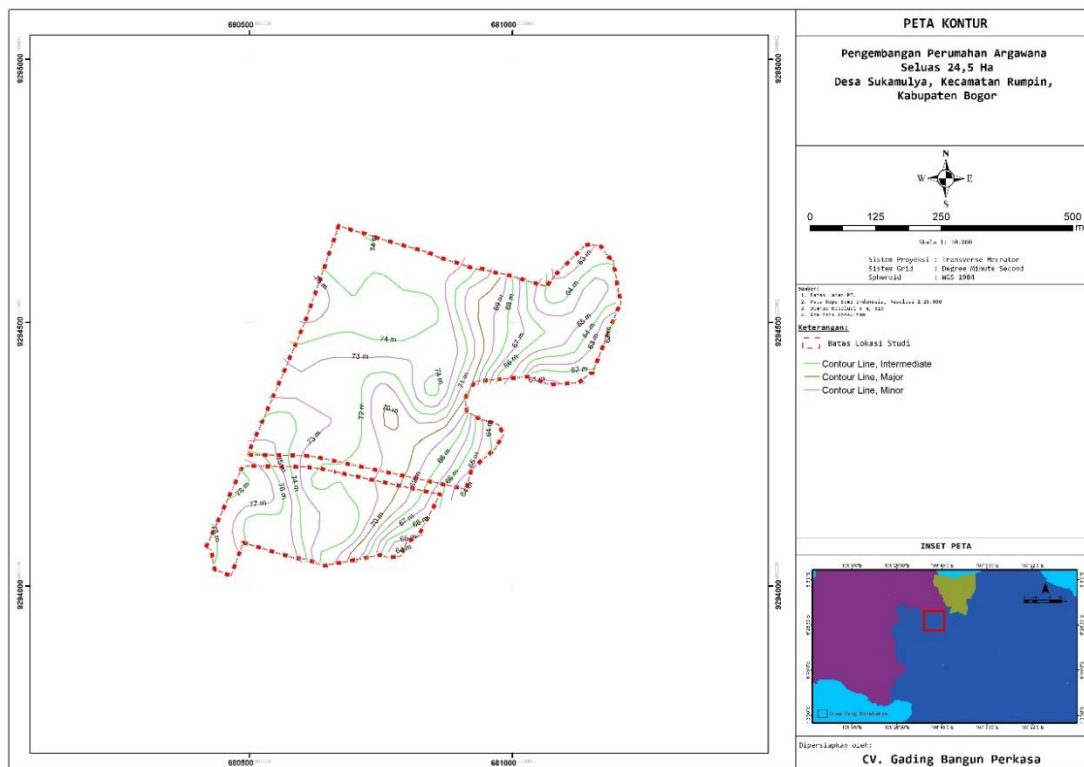
KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA



Gambar 7 Kelerengan Lahan Wilayah kajian

Peta Kelerengan Pengembangan Perumahan Argawana seluas 24,5 Ha Desa Sukamulya, Kecamatan Rumpin, Kabupaten Bogor. Peta kelerengan merupakan peta yang menggambarkan kondisi tingkat kemiringan pada suatu lahan atau daerah. Pada peta kelerengan lahan wilayah kajian tersebut dibagi menjadi 5 bagian, yaitu 0-2.15% ; 2.15-10% ; 10-21.5% ; 21.5-46.4% ; 46.4->80%.

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA



Gambar 8 Peta Kontur Wilayah Kajian

Peta Kontur Pengembangan Perumahan Argawana seluas 24,5 Ha Desa Sukamulya, Kecamatan Rumpin, Kabupaten Bogor. Peta kontur merupakan peta yang menggambarkan ketinggian permukaan bumi. Pada peta kontur Desa Sukamulya, Kecamatan Rumpin, Kabupaten Bogor memiliki elevasi tertinggi yaitu 78 m, Sedangkan elevasi terendah yaitu 61 m.

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 Cibeeat. 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 anak Sungai Cisadane dengan debit dipengaruhi oleh kondisi iklim. Kondisi hidrologi air tanah didapatkan ketersediaan air tanah berada pada kisaran 13-20 m dibawah muka tanah setempat.

Potensi air adalah kondisi sumberdaya air berdasarkan kuantitas dan kualitasnya dan setiap wilayah mempunyai potensi sumberdaya air yang berbeda-beda. Curah hujan, kondisi geologi, dan lingkungan merupakan hal yang mempunyai peran terhadap potensi sumberdaya air di suatu wilayah. Daerah kajian merupakan

wilayah yang secara geologi tersusun oleh 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.

2.7. Tanah

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

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA

Hasil deskripsi profil tanah di lokasi pengembangan termasuk dengan ketebalan tipis, tekstur liat berat dengan konsistensi (sangat lengket, sangat plastis dan teguh) dan drainase agak buruk menunjukkan secara fisik areal penelitian termasuk tidak subur dan lahan yang sulit untuk diolah untuk tanaman budidaya. Tutupan Tanah pada wilayah pengembangan terdiri dari lahan pertanian berupa 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 becek, aliran air permukaan (*run off*) tinggi, dan tanah sulit diolah pada lokasi belereng. Selain itu, kandungan bahan organiknya sedang dan ditemukan pada kedalaman lebih dari 20 cm. Kandungan P_2O_5 tanah ini sangat rendah akibat adanya fiksasi P yang tinggi.

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

Tanah dengan jenis *Oxic Dystropept* memiliki karakter yang mirip dengan tanah *Typic Dystropept*. Struktur tanah berpasir atau berdebu dengan kandungan liat 15% sehingga mengakibatkan air cepat meresap ataupun sebaliknya menggenang. Tanah jenis *Typic Hemitpropept* 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 vulkanik. Batas kedua zona tersebut di lapangan tidak terlalu jelas karena tertutup oleh endapan gunung api Kuartar.

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

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

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

3.1.1. Batuan Sedimen (Bagian selatan)

- a. Formasi Walat, satuan formasi ini berumur oligosen terutama terdiri dari batu pasir kuarsa selangseling 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.

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA

- 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 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 di sebelah 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 selangseling lempung pasiran, batu pasir, tufaan dan tufa dengan sisipan lapisan tipis tipis 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 di sebelah 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 di sebelah 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 kuartar (Pliosen), terdiri dari breksi, breksi tufa batu apung, batu pasir tufaan, aliran lava dan konglomerat, menyebar di sebelah barat daya lembar peta di sekitar Pelabuhanratu sebelah utara. Satuan ini dapat bertindak sebagai akuifer maupun nir-akuifer.

3.1.2. Batuan Sedimen (Bagian Utara)

- a. Formasi Jatiluhur, formasi ini berumur Miosen tengah terdiri dari napal berwarna kelabu, tidak berlapis dan lunak, kaya akan plankton dan mengandung nodul batu lempung karbonatan, serpih, lempung berwarna kebiruan, berlapis baik tebal 3-5 cm, mengandung banyak fosil moluska, koral dan foraminifera serata batu pasir kuarsa. Penyebaran batuan ini di sebelah timur laut Lembar peta meliputi daerah Nanggrang, S. Cibungbulang, Leuwicatang, Gunung Kutawesi, dengan ketebalan mencapai ratusan meter. Kedudukan menjemari dengan formasi Cibungbulang. Batuan yang menyusun formasi ini mempunyai permeabilitas yang relatif kecil sehingga bertindak sebagai 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 pengkekarangan berkembang kurang begitu baik, mengingat batuan ini berselingan dengan napal yang bertindak sebagai penyekat (akuiklud). Penyebaran satuan ini menempati bagian

timur laut lembar peta, meliputi Gunung Guha, Sileuwi. Tebal formasi ini berkisar antara 500 hingga lebih dari 800 meter.

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

3.1.3. Batuan Gunung Api dan Terobosan

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

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

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

3.1.4. Endapan Permukaan

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

yakni di sepanjang pantai Pelabuhan Ratu. Endapan lepas ini mempunyai harga kelulusan relatif tinggi dan dapat diharapkan sebagai lapisan pengantar air (akuifer).

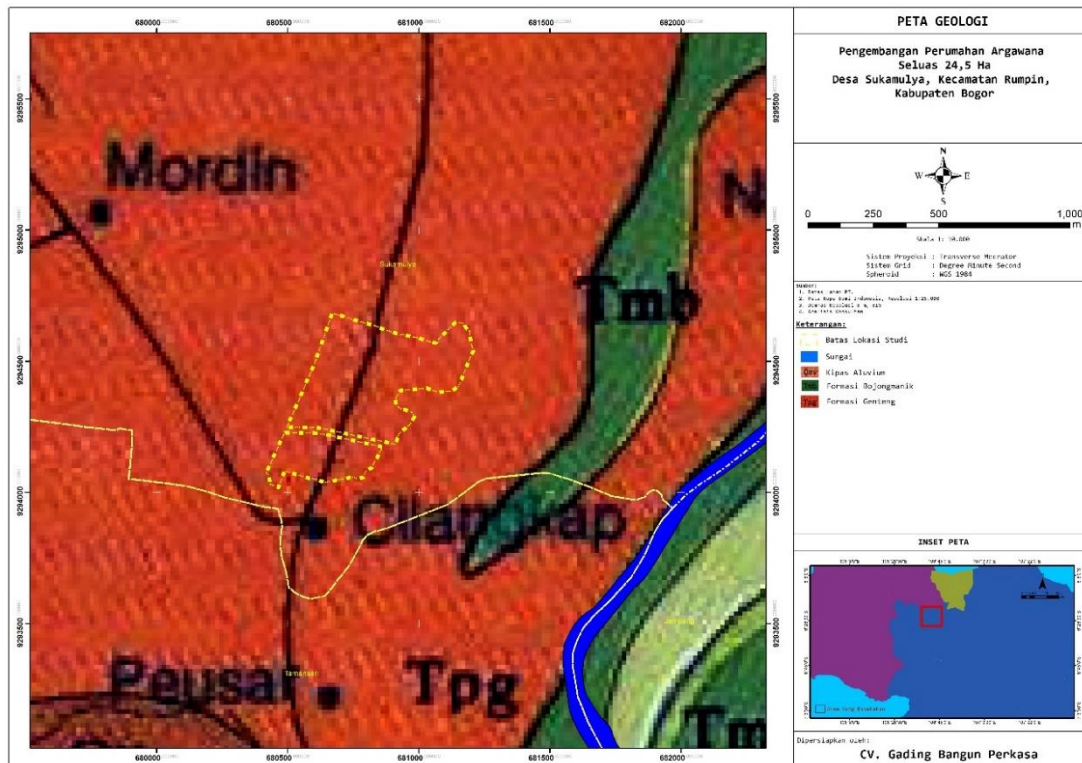
3.2. Tektonik dan Struktur Geologi

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

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

Kawasan Perumahan Argawana secara keseluruhan baik secara vertikal maupun lateral, memiliki satuan batuan yang menyusun daerah ini antara lain adalah Kipas Aluvial dan Aluvial. Gambaran kondisi geologi Kawasan Perumahan Argawana dapat dilihat Gambar 9.

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA



Gambar 9 Peta Geologi Wilayah Pengembangan

Peta Geologi Pengembangan Perumahan Argawana seluas 24,5 Ha, Desa Sukamulya, Kecamatan Rumpin, Kabupaten Bogor terdiri dari kipas alluvium atau *alluvial fan* yang merupakan tuf halus berlapis, tuf pasir berseling dengan tuf konglomeratan, ada juga formasi bojongmanik atau *bojongmanik formation* yang merupakan perselingan batu pasir dan batu lempung dengan sisipan batu gamping. Lalu ada formasi genteng atau *genteng formation* yang merupakan tuf batu apung, batu pasir tufan, breksi andesit, konglomerat dan sisipan batu lempung tufan.

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 meneahan massa tanah di sepanjang lereng tersebut dipengaruhi oleh sifat fisik tanah di sepanjang lereng. Perubahan gaya-gaya tersebut ditimbulkan oleh pengaruh perubahan alam maupun tindakan manusia. Perubahan kondisi alam dapat diakibatkan oleh gempa bumi, erosi, kelembaban lereng akibat penyerapan air hujan, dan perubahan aliran permukaan. Pengaruh manusia terhadap perubahan gaya-gaya antara lain adalah penambahan beban pada lereng dan tepi lereng, penggalian tanah di tepi lereng, dan penajaman sudut lereng. Tekanan jumlah penduduk yang banyak mengalihfungsikan tanah-tanah berlereng menjadi pemukiman atau lahan budidaya sangat berpengaruh terhadap peningkatan resiko longsor.

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

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

Tingginya intensitas hujan di wilayah Bogor belakangan ini berpotensi menimbulkan longsor, khususnya bagi daerah-daerah yang sudah dipetakan sebagai zona pergerakan tanah. Sebanyak 10 kecamatan di Kabupaten Bogor, yaitu

Sukajaya, Nanggung, Leuwiliang, Citeureup, Babakan Madang, Sukamakmur, Tamansari, Tenjolaya, Cijeruk, dan Cigombong, masuk zona rentan pergerakan tanah. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi pada wilayah pengembangan tidak banyak menunjukkan potensi adanya kerawanan geologi.

3.4. Kondisi Daerah Berpotensi Bencana

Secara umum kondisi pengembangan berupa lahan pertanian sawah dan tanah tegalan yang tidak difungsikan kembali. Kondisi lokasi relatif datar dengan bentuk penampakan tanah bergelombang akibat pola pertanian sawah. Berdasarkan 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. Pada sekitar wilayah pengembangan terdapat Sungai Cisadane dengan debit yang berfluktuatif berdasarkan kondisi iklim. Anak Sungai Cisadane mencapai 0,5 m dari muka air sungai normal sehingga lokasi tersebut tidak memiliki kerawanan bencana berupa banjir.

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

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

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

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

Sumber : Subowo, 2003

Gambar 10 Jenis – Jenis Longsor

3.5. Jejaring Aliran (*Flownet*) dan Hidrogeologi

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

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

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

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

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

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

perairan bawah tanah dalam di akuifer (yang kadang-kadang disebut dengan "air fosil"). Sistem perairan di bawah permukaan dapat disamakan dengan sistem perairan permukaan dalam hal adanya input, output, dan penyimpanan.

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

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

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

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

akan timbul pancaran air (*spring*), karena air yang keluar dari pengeboran ini berusaha mencapai ketinggian hidrolik tersebut.

Asal muasal air tanah digolongkan menjadi 4 tipe yang jelas (Todd, 1995), yaitu air meteorik, air juvenil, air rejuvenated, dan air konat. Air meteorik adalah air tanah yang berasal dari atmosfer mencapai zona kejenuhan baik secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung oleh infiltrasi pada permukaan tanah dan secara tidak langsung oleh permukaan influen (dimana kemiringan muka air tanah menyusup di bawah arus air permukaan-kebalikan dari efluen) dari danau, sungai, saluran buatan, dan lautan secara langsung dengan cara kondensasi uap air (dapat diabaikan).

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

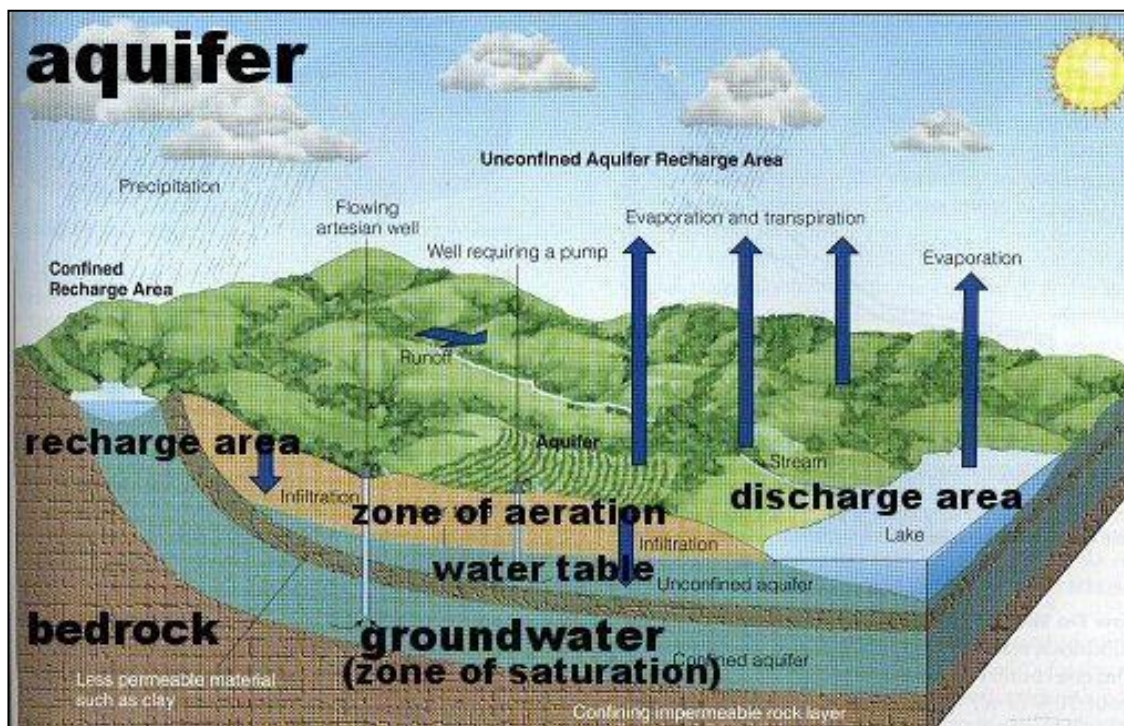
Air konat adalah air yang dijebak pada beberapa batuan sedimen atau gunung pada asal mulanya. Air tersebut biasanya sangat termineralisasi dan mempunyai salinitas yang lebih tinggi daripada air laut. Untuk lebih memahami proses terbentuknya airtanah, pertama kali harus diketahui tentang gaya-gaya yang 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 air tanah. Zona akuifer jenuh adalah suatu zona penampung airtanah yang terletak di bawah permukaan air tanah kecuali zona penampung airtanah yang sementara jenuh dan berada di bawah daerah yang sedang mengalami pengisian air tanah. Zona akuifer tidak jenuh merupakan zona penyimpanan air tanah yang paling berperan dalam mengurangi kadar pencemaran air tanah dan oleh karenanya zona ini sangat penting untuk usaha-usaha reklamasi dan sekaligus pengisian kembali air tanah, sedang zona akuifer jenuh seperti telah diuraikan di muka lebih berfungsi sebagai pemasok air tanah yang memiliki keunggulan dibandingkan dengan zona akuifer tidak jenuh dalam hal akuifer yang pertama tersebut mampu memasok air tanah dalam jumlah yang lebih besar serta mempunyai kualitas air yang lebih baik.

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

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

Menurut Todd (1995), zona aerasi dapat dibagi menjadi beberapa bagian wilayah penampungan air tanah, zona pertengahan, zona kapiler dan zona jenuh. Zona air tanah (*soil water zone*) merupakan zona air tanah bermula dari permukaan tanah dan berkembang ke dalam melalui akar tanaman. Kedalaman yang dicapai air tanah ini bervariasi tergantung pada tipe tanah dan vegetasi. Zona air tanah ini dapat diklasifikasikan menjadi zona air higroskopis, yaitu air yang diserap langsung dari udara di atas permukaan tanah, air kapiler, dan air gravitasi, yaitu air yang bergerak ke dalam tanah karena gaya gravitasi bumi seperti pada Gambar 11.



Sumber : Todd, 1995

Gambar 11 Zona Akuifer

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA

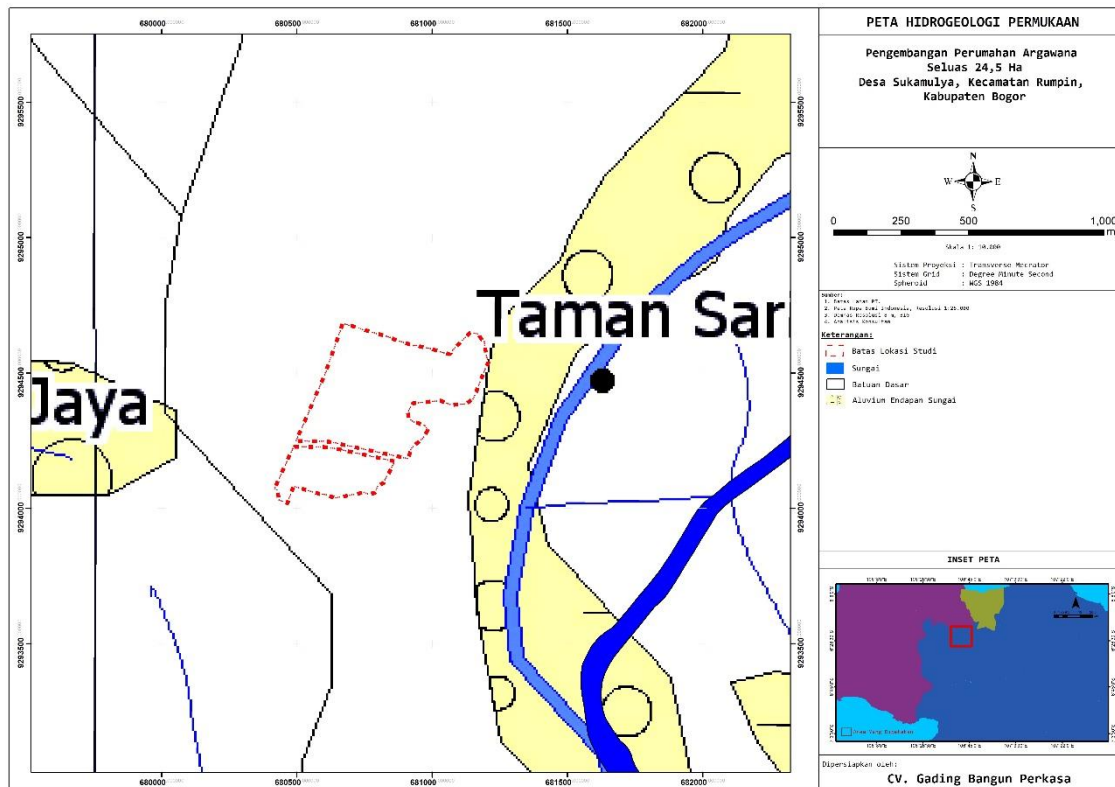
Zona pertengahan (*intermediate zone*) umumnya terletak antara permukaan tanah dan permukaan air tanah dan merupakan daerah infiltrasi. Zona kapiler (*capillary zone*) merupakan zona kapiler terbentang dari permukaan airtanah ke atas sampai ketinggian yang dapat dicapai oleh gerakan air kapiler. Zona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

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

Kondisi hidrogeologi merupakan kondisi keterdapatan air pada tanah. Pada lokasi pengembangan ditunjukkan oleh adanya peta hidrogeologi pengembangan. Berdasarkan peta hidrogeologi permukaan, komposisi litologi batuan dan kelulusannya: terutama terdiri dari pasir halus dan lempung pasiran, berselingan dengan pasir kerikilan. Kelulusan berkisar antara 0,02 sampai 100 m/hari. Kemungkinan luah sumur pada wilayah kajian yaitu kurang dari 5 liter/detik.

Luah sumur antara < 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 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 liter/detik.m seperti pada Gambar 12 12. Muka air tanah statis sangat beragam, umumnya berkisar antara 0,5 dan 5 m di bawah muka tanah setempat.

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA



Gambar 12 Peta Hidrogeologi Permukaan

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

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 kuartar berupa batu pasir dan breksi, setempat batuan tersier breksi, batu gamping koral 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.

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 :

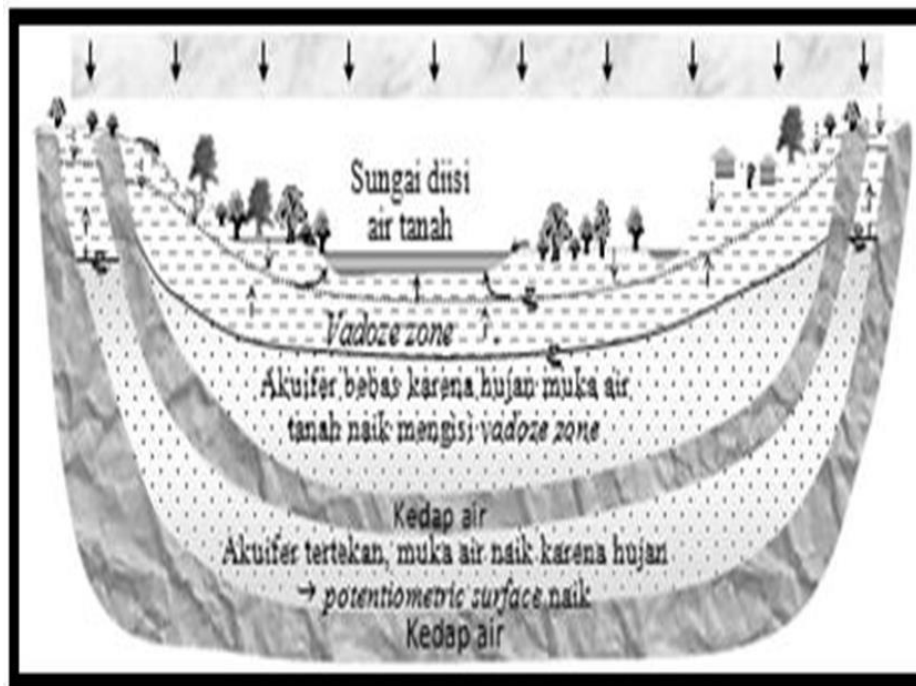
- a. Cekungan Air Tanah Bebas (*unconfined aquifer*).
- b. Cekungan Air Tanah Tertekan (*confined aquifer*).

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:

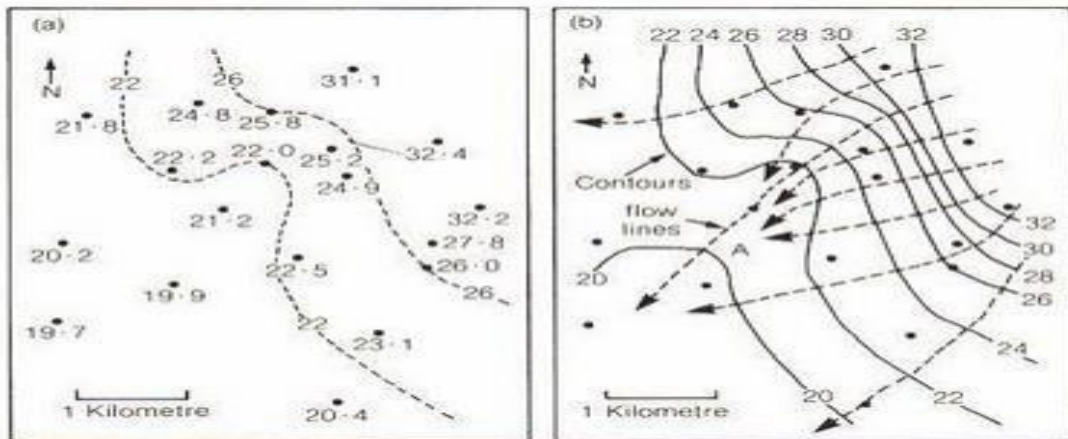
- a. Mempunyai batas hidrogeologis yang dikontrol oleh kondisi geologis dan atau kondisi hidraulik air tanah. Batas hidrogeologis adalah batas fisik wilayah pengelolaan air tanah. Batas hidrogeologis dapat berupa batas antara batuan lulus dan tidak lulus air, batas pemisah air tanah, dan batas yang terbentuk 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 13.



Gambar 13 Gambaran Kondisi Akuifer

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

Kemiringan muka air tanah (*hydraulic gradient*) dapat diketahui dari *flownet* dengan cara membuat profil air tanah. Profil air tanah ini dapat diperoleh dengan cara membuat *crosssection* yang memotong beberapa garis kontur (misalnya memotong melintang dari kontur yang rapat ke kontur yang renggang). Pada profil kemiringan muka air tanah ini dapat terlihat bahwa semakin rapat kontur air tanah (*flownet*) maka *hydraulic gradient*nya semakin besar, dan begitupun sebaliknya. Dengan menggunakan profil kemiringan muka air tanah ini maka kita dapat mengetahui juga kondisi medan air tanah berada, sehingga bisa menentukan mana daerah *re-charge*, arah aliran air tanahnya serta daerah *discharge*. Selain itu, dapat juga dianalisis perkiraan debit baik itu di daerah hulu maupun daerah hilir air tanah. Gambaran jejaring aliran tersaji pada Gambar 14.



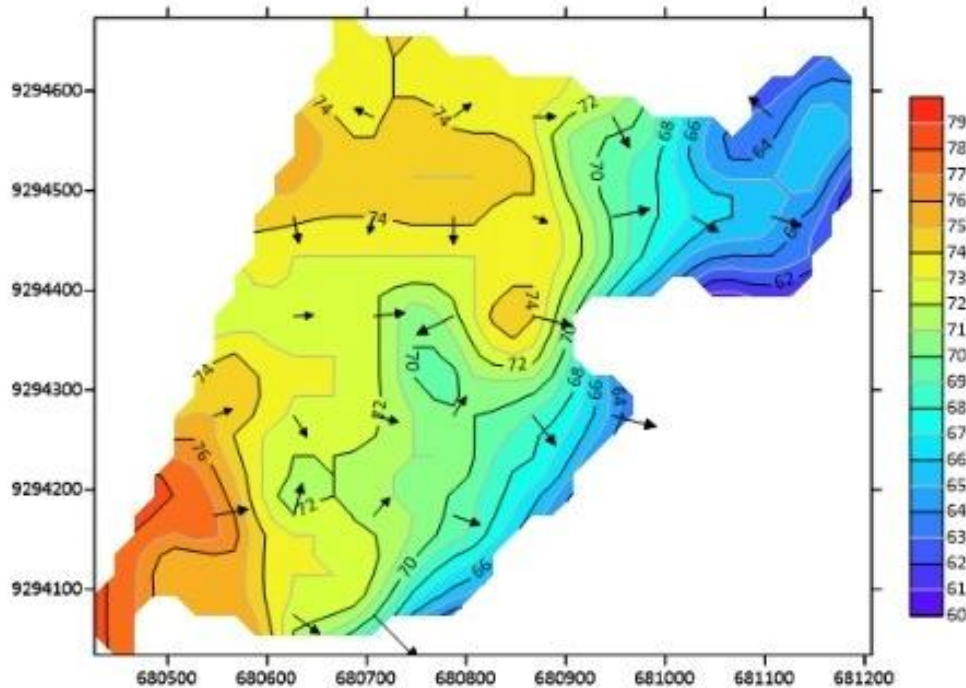
Gambar 14 Gambaran Umum Jejaring Aliran

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

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

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

telah disebutkan sebelumnya bahwa jaringan aliran dibuat untuk menghitung aliran air tanah tersaji pada Gambar 15.



Gambar 15 Pola Jejaring Aliran (*Flow Net*) 2D

Peta Flow Net merupakan peta yang menggambarkan atau mengidentifikasi morfometri daerah aliran Sungai. Peta Flow Net berisikan peta kontur air tanah dan peta aliran air tanah. Flow Net berfungsi untuk mengetahui arah aliran air tanah, memprediksi adanya pencemaran air tanah, menentukan debit dan volume air tanah di daerah tertentu, serta mengetahui perubahan pola aliran air tanah.

3.6 Pengolahan data Hidrologi

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

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

Distribusi Gumbel

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

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

Distribusi Log Normal

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

Distribusi Log Pearson III

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

Distribusi Normal

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

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

$$Cs = \frac{\frac{1}{n} \sum (X_i - \underline{X})^3}{\left(\frac{1}{n} \sum (X_i - \underline{X})^2 \right)^{1.5}} \left(\frac{n^2}{(n-1)(n-2)} \right) \tag{6}$$

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

Analisis distribusi peluang digunakan untuk menentukan besaran variabel hidrologi pada periode ulang tertentu dengan melihat syarat parameter yang akan digunakan dalam pemilihan tipe distribusi (Widodo dan Ningrum 2015). Pengolahan data hujan secara statistik bertujuan untuk mendapatkan curah hujan

ekstrim, yaitu angka perkiraan hujan harian maksimum yang dianggap terjadi dalam periode ulang (*return period*) yang telah direncanakan. Penentuan jenis probabilitas dengan menggunakan perbandingan nilai koefisien kemencongan (C_s) dan koefisien kurtosis (C_k) yang di peroleh dari Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Syarat Penggunaan Jenis Sebaran

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

Sumber: Chow (1992)

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

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

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

Tabel 2 Nilai Koefisien Limpasan Metode Rasional

Deskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien limpasan (C)
Atap	0,75 - 0,95
Perkerasan	
Aspal dan beton	0,75 - 0,95
Batu bata, paving	0,50 - 0,70
Area bisnis	
Perkotaan	0,75 - 0,95
Pinggiran	0,50 - 0,70
Perumahan	
Rumah tinggal	0,30 - 0,50
Rumah multi unit, terpisah	0,40 - 0,60
Rumah multi unit, tergabung	0,60 - 0,75
Halaman, tanah berpasir	
Datar, 2%	0,05 - 0,10

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA

Deskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien limpasan (C)
Rata-rata, 2 – 7%	0,10 – 0,15
Halaman, tanah berat	
Datar, 2%	0,13 – 0,17
Rata-rata, 2 – 7%	0,18 – 0,22
Taman tempat bermain	0,22 – 0,35

Sumber: Suripin (2004)

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

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

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

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

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

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

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

Tabel 3 Koefisien Kekasaran Manning

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
Saluran Buatan					
1	saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,02	0,023	0,025
2	saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,03	0,04
3	saluran pada dinding batuan, lurus, dan teratur	0,02	0,03	0,033	0,035
4	saluran pada dinding batuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,04	0,045	0,045

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA

No	Tipe Saluran	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
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
Saluran Buatan, Beton, Atau Batu Kali					
16	saluran pasangan batu, tanpa penyelesaian	0,025	0,03	0,033	0,035
17	seperti no.16, tapi dengan penyelesaian	0,017	0,02	0,025	0,03
18	saluran beton	0,014	0,016	0,019	0,021
19	saluran beton halus dan rata	0,01	0,011	0,012	0,013
20	saluran beton pracetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21	saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

Sumber: DPU (2006)

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

Tabel 4 Tinggi Jagaan Drainase Pasang Batu Dan Dari Tanah

Debit (m ³ /det)	Tinggi jagaan pasangan batu (m)	Tinggi jagaan saluran dari tanah (m)
$Q < 0,50$	0,20	0,40
$0,50 < Q \leq 1,50$	0,20	0,50
$1,50 < Q \leq 5,00$	0,25	0,60
$5,00 < Q \leq 10,00$	0,30	0,75
$10,00 < Q \leq 15,00$	0,40	0,85
$Q > 15,00$	0,50	1.00

Sumber: Chow (1992)

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

Tabel 5 Unsur Geometris Penampang Saluran Persegi Dan Trapesium

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

Sumber: (DPU 2006)

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

Tabel 6 Hubungan Antara Nilai Q, h, dan b/h Untuk Saluran Drainase

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

Sumber: DPU (2006)

BAB IV. ANALISIS HIDROLOGI

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

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

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

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

4.1. Kondisi Existing Sungai

Saluran merupakan bagian yang penting dalam suatu tahapan pembangunan. Pada wilayah kajian terdapat aliran saluran drainase perumahan. Sungai terdekat yang berada di wilayah kajian yaitu Sungai Cisadane. Untuk kondisi anak sungai saat dilakukan survey di wilayah kajian tidak memiliki debit air atau kering dan merupakan anak sungai musiman sehingga pembuangan aliran air dari saluran drainase langsung dialirkan menuju badan Sungai Cisadane. Jarak dari wilayah kajian ke badan Sungai Cisadane yaitu $\pm 1,1$ km. Akses menuju ke badan Sungai Cisadane dari wilayah lokasi kegiatan masih terdapat tutupan lahan. Sungai Cisadane memiliki lebar ± 70 m dengan debit rata-rata yakni $70 \text{ m}^3/\text{detik}$. Elevasi

dari Sungai Cisadane yaitu Hulu 54 m, Tengah 52 m dan Hilir 50 m. Kondisi eksisting sungai pada wilayah kajian ditunjukkan pada Gambar 16.



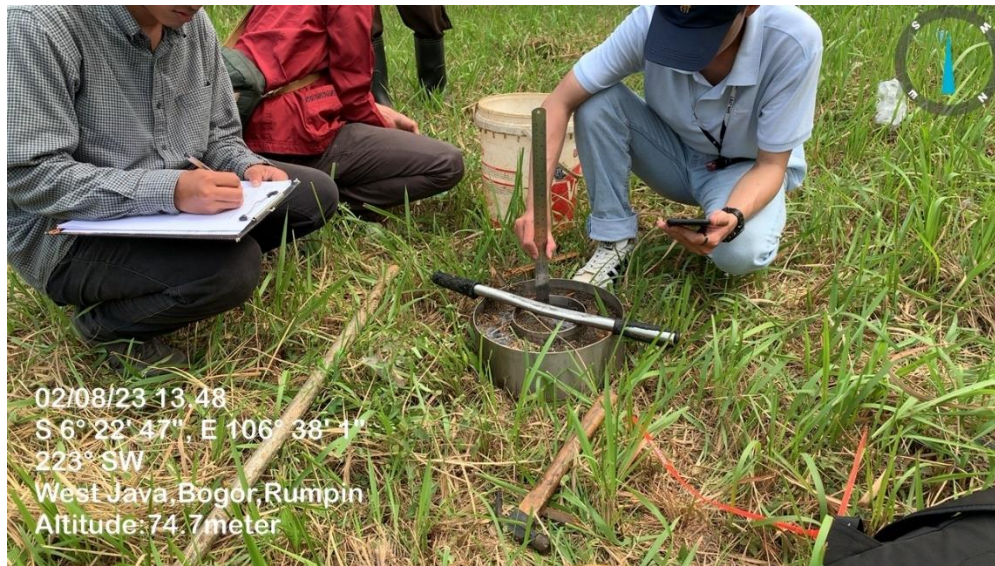
Gambar 16 Kondisi Eksisting Sungai Cisadane di Wilayah Kajian

Pada kondisi eksisting anak sungai menuju Sungai Cisadane akan terjadi penurunan muka air sampai pada kondisi kering saat musim kemarau sehingga potensi air hujan dimanfaatkan untuk pengairan. Anak sungai yang melintas juga dibagi pada saluran drainase untuk pemenuhan kebutuhan air drainase pertanian setempat. Jarak Sungai Cisadane dengan wilayah kajian terdekat yaitu $\pm 1,1$ km dan tidak ditemukan adanya potensi banjir pada lokasi kajian.

4.2. Analisis Infiltrasi

Infiltrasi adalah bagian dari siklus hidrologi yaitu peristiwa masuknya 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 porus tanah, maka laju infiltrasi akan semakin tinggi. Laju infiltrasi akan semakin mengecil apabila tanah dalam kondisi jenuh air. Apabila curah hujan lebih besar daripada kapasitas infiltrasi maka dapat menyebabkan limpasan. Pemanfaatan lahan untuk pembangunan akan menurunkan kapasitas infiltrasi di suatu wilayah karena wilayah resapan air berkurang. Pengukuran infiltrasi disajikan pada Gambar 17 berikut.

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA



Gambar 17 Pengukuran Laju Infiltrasi

Laju infiltrasi pada pembangunan perumahan “Perumahan Pesona Kahuripan” 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 Infiltrometer Cincin Ganda. Pengukuran dilakukan satu kali pengulangan sehingga memperoleh perubahan ketinggian (ΔH) pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7 Data Hasil Pengukuran Laju Infiltrasi

No	Waktu (Menit)	H (cm)	ΔH (cm)	ΔH kumulatif (cm)
1	0	12.5	0	0
2	1	10	2.5	2.5
3	2	9	1	3.5
4	3	8	1	4.5
5	4	7.3	0.7	5.2
6	5	6.4	0.9	6.1
7	6	5.7	0.7	6.8
8	7	5.5	0.2	7
9	8	5	0.5	7.5
10	9	4.3	0.7	8.2
11	10	4	0.3	8.5
12	11	3.8	0.2	8.7
13	12	3.5	0.3	9
14	13	3.3	0.2	9.2
15	14	3	0.3	9.5
16	15	2.8	0.2	9.7

Metode pengukuran berdasarkan perubahan tinggi muka air. Cincin bagian dalam dan cincin bagian luar diisi air dengan ketinggian yang sama yang bertujuan

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA

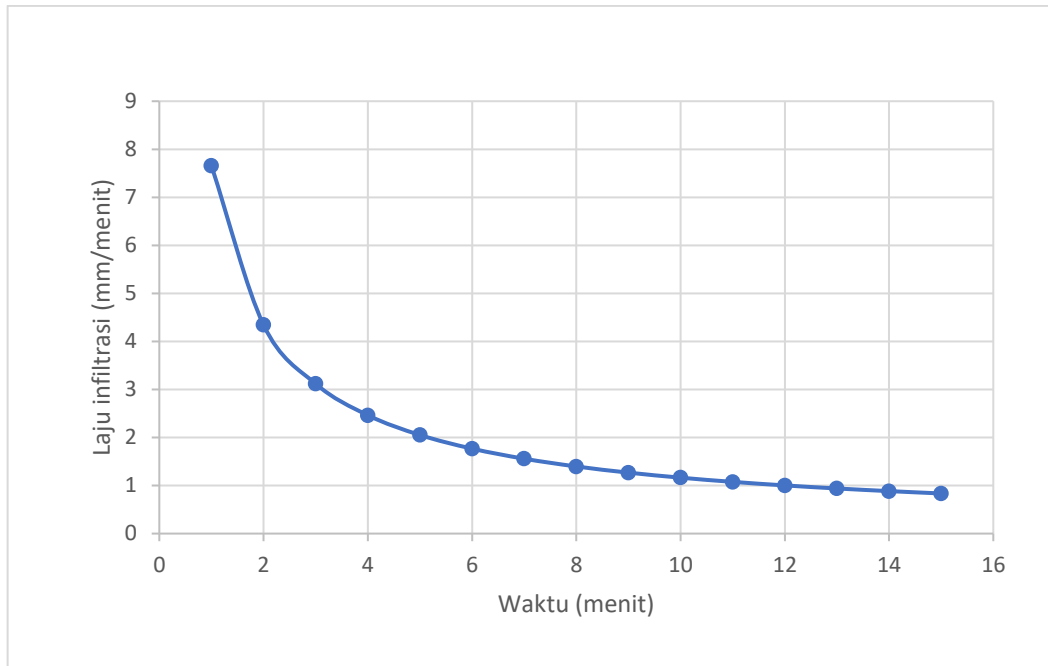
untuk mencegah aliran ke samping. Setelah itu, perubahan ketinggian (ΔH) dicatat setiap selang waktu 1 menit. Pengukuran dihentikan ketika perubahan ketinggian telah konstan. Pengukuran infiltrasi dilakukan pada dua titik. Titik infiltrasi dilakukan pada titik $6^{\circ}22'47''$ LS dan $106^{\circ}38'1''$ BT.

Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh perubahan tinggi muka air (ΔH) pada setiap masing-masing pengulangan. Pengukuran dilakukan 1 kali ulangan untuk memperoleh laju infiltrasi yang konstan dengan waktu 15 menit. Perubahan ketinggian (ΔH) kumulatif dari hasil pengukuran sebesar 6,6 cm. Data-data tersebut diolah untuk memperoleh nilai laju infiltrasi menggunakan Model Kostiakov seperti tersaji pada Tabel 8.

Tabel 8 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	25.0	25.0	0.0	1.4	6.26	7.66
2	35.0	17.5	0.3	1.5	5.52	4.34
3	45.0	15.0	0.5	1.7	5.13	3.12
4	52.0	13.0	0.6	1.7	4.87	2.46
5	61.0	12.2	0.7	1.8	4.67	2.05
6	68.0	11.3	0.8	1.8	4.52	1.77
7	70.0	10.0	0.8	1.8	4.39	1.56
8	75.0	9.4	0.9	1.9	4.29	1.40
9	82.0	9.1	1.0	1.9	4.20	1.27
10	85.0	8.5	1.0	1.9	4.12	1.16
11	87.0	7.9	1.0	1.9	4.05	1.08
12	90.0	7.5	1.1	2.0	3.98	1.00
13	92.0	7.1	1.1	2.0	3.93	0.94
14	95.0	6.8	1.1	2.0	3.87	0.88
15	97.0	6.5	1.2	2.0	3.83	0.84

Perhitungan dengan model Kostiakov dilakukan proses Fitting Pendugaan Kostiakov dan Regresi Linear. Grafik regresi linear yaitu antara Log t (waktu) sebagai sumbu x dan Log F (Infiltrasi kumulatif) sebagai sumbu y. Berdasarkan proses tersebut diperoleh persamaan laju infiltrasi dan persamaan laju infiltrasi kumulatif Kostiakov pada hasil pengukuran. Hasil dari pengolahan data tersebut diplotkan pada grafik yang tersaji pada Gambar 18. Grafik tersebut menunjukkan pada hubungan antara laju infiltrasi dan waktu. Semakin lama waktu, laju infiltrasi semakin menurun. Laju infiltrasi menunjukkan konstan mulai pada waktu 10 menit yang memiliki nilai 1,16 mm/menit.



Gambar 18 Grafik Laju Infiltrasi

4.3. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan dilakukan dengan menggunakan data curah hujan selama 10 tahun dari tahun 2012 hingga tahun 2021 yang diperoleh dari stasiun meterologi terdekat dari Badan Meterolgi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) yaitu stasiun BMKG Situ Gede, Kota Bogor. Data curah hujan tahunan maksimum tersaji pada Tabel 10. Berdasarkan data tersebut, curah hujan maksimum selama 10 tahun terakhir adalah 169,1 mm yang terjadi pada tahun 2014. Curah hujan rata-rata selama 10 tahun adalah 125,88 mm. Data curah hujan daerah maksimum tahunan digunakan untuk analisis distribusi hujan. Analisis distribusi dilakukan dengan menggunakan analisis distribusi gumbel. Dipilih dengan menggunakan metode ini dikarenakan sudah pernah dilakukan analisis curah di daerah lokasi sekitar kajian menggunakan distribusi Gumbel menjadi pilihan terbaik diantara metode yang lain. Hasil uji Koefisien Kurtosis (C_k), koefisien Skewness (C_s), dan Koevisien Variasi (C_v) seperti pada Tabel 10 menunjukkan bahwa metode Gumbel adalah metode yang memenuhi persyaratan. Selain itu, juga dilakukan uji Smirnov-Kolmogorov dan Chi Kuadrat yang hasilnya memenuhi kriteria.

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA

Tabel 9 Curah Hujan Tahunan Maksimum

Tahun	Curah hujan (mm)
2012	116,0
2013	97,4
2014	169,1
2015	155,8
2016	108,6
2017	117,6
2018	134,5
2019	141,0
2020	122,9
2021	95,9
Rata-rata	125,88

Sumber : BMKG, 2022

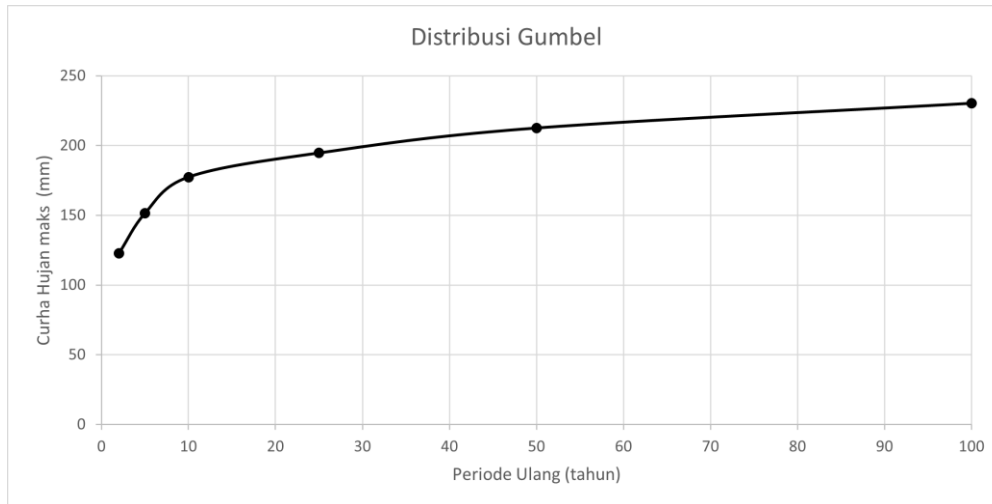
Tabel 10 Hasil Perhitungan Koefisien Ck, Cs, dan Cv

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Metode Gumbel I	$Ck \leq 5,4$	1,739	memenuhi
		$Cs \leq 1,14$	0,541	memenuhi
2	Metode Log Normal	$Cs = 3Cv + Cv^3 = 1,14$	0,583	tidak memenuhi
		$Ck = 0$	1,739	tidak memenuhi
3	Metode Log Pearson III	$Cs \neq 0$	0,541	memenuhi
		$Ck = 1,5 Cs (\ln x)^2 + 3 = 8,43$	6,497	tidak memenuhi
4	Metode Normal	$Ck = 3$	1,739	tidak memenuhi
		$Cs = 0$	0,541	tidak memenuhi

Tabel 11 Hasil Analisis Distribusi Curah Hujan Metode Gumbel

PUH (Tahun)	2	5	10	25	50	100
CH Maks (mm)	122,6	151,4	177,4	194,6	212,5	230,3

Sumber : Hasil pengolahan data hujan



Gambar 19 Curah Hujan Rancangan Metode Gumbel

Analisis distribusi yang dilakukan menggunakan nilai periode 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun seperti tersaji pada Tabel 11 dan Gambar 19. 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 212,5 mm dan angka ini akan digunakan untuk analisis intensitas hujan untuk mendapatkan jumlah limpasan.

4.3.1. Intensitas Hujan

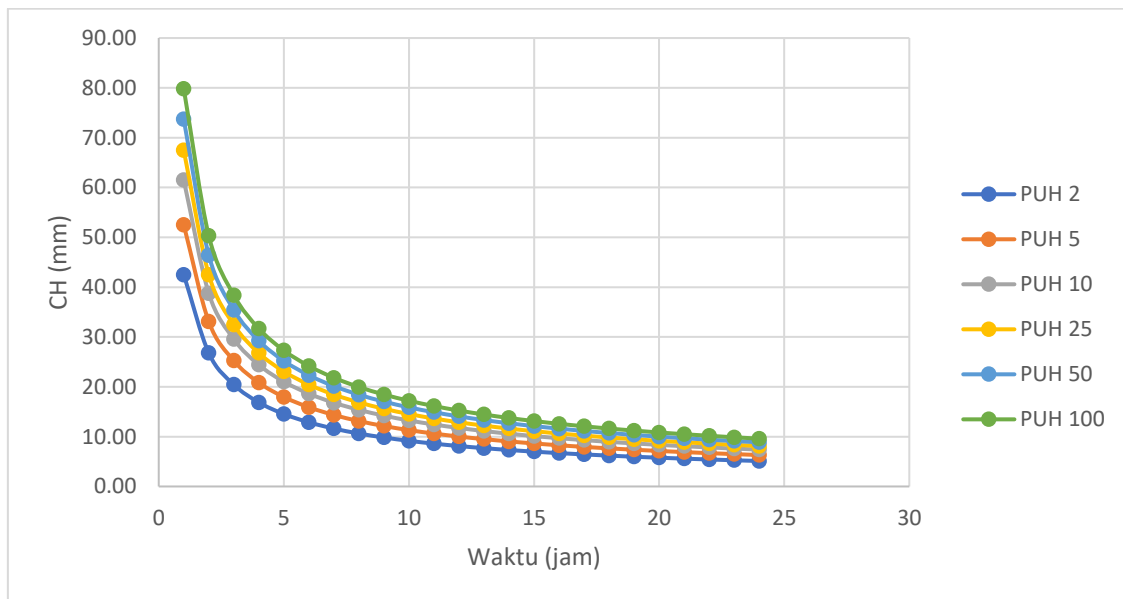
Intensitas hujan dihitung dengan menggunakan rumus Mononobe. Data curah hujan yang dipakai adalah curah hujan dengan periode ulang 50 tahun yang sudah ditetapkan sebelumnya. Intensitas hujan tiap jam dapat dilihat pada Tabel 12 dan Gambar 20.

Tabel 12 Intensitas Hujan

t (jam)	Periode Ulang Hujan (tahun)					
	2	5	10	25	50	100
	122,6	151,4	177,4	194,6	212,5	230,3
1	42.51	52.50	61.50	67.48	73.68	79.83
2	26.78	33.07	38.74	42.51	46.41	50.29
3	20.43	25.24	29.56	32.44	35.42	38.38
4	16.87	20.83	24.40	26.78	29.24	31.68
5	14.54	17.95	21.03	23.08	25.20	27.30
6	12.87	15.90	18.62	20.44	22.31	24.18
7	11.62	14.35	16.81	18.44	20.13	21.82
8	10.63	13.12	15.37	16.87	18.42	19.96
9	9.82	12.13	14.21	15.60	17.03	18.45

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA

t (jam)	Periode Ulang Hujan (tahun)					
	2	5	10	25	50	100
	122,6	151,4	177,4	194,6	212,5	230,3
10	9.16	11.31	13.25	14.54	15.87	17.20
11	8.59	10.61	12.43	13.64	14.90	16.14
12	8.11	10.02	11.73	12.87	14.06	15.23
13	7.69	9.50	11.12	12.20	13.33	14.44
14	7.32	9.04	10.59	11.62	12.68	13.74
15	6.99	8.63	10.11	11.09	12.11	13.13
16	6.69	8.27	9.68	10.63	11.60	12.57
17	6.43	7.94	9.30	10.21	11.14	12.08
18	6.19	7.64	8.95	9.82	10.73	11.62
19	5.97	7.37	8.64	9.48	10.35	11.21
20	5.77	7.13	8.35	9.16	10.00	10.84
21	5.58	6.90	8.08	8.86	9.68	10.49
22	5.41	6.69	7.83	8.59	9.38	10.17
23	5.26	6.49	7.60	8.34	9.11	9.87
24	5.11	6.31	7.39	8.11	8.86	9.60

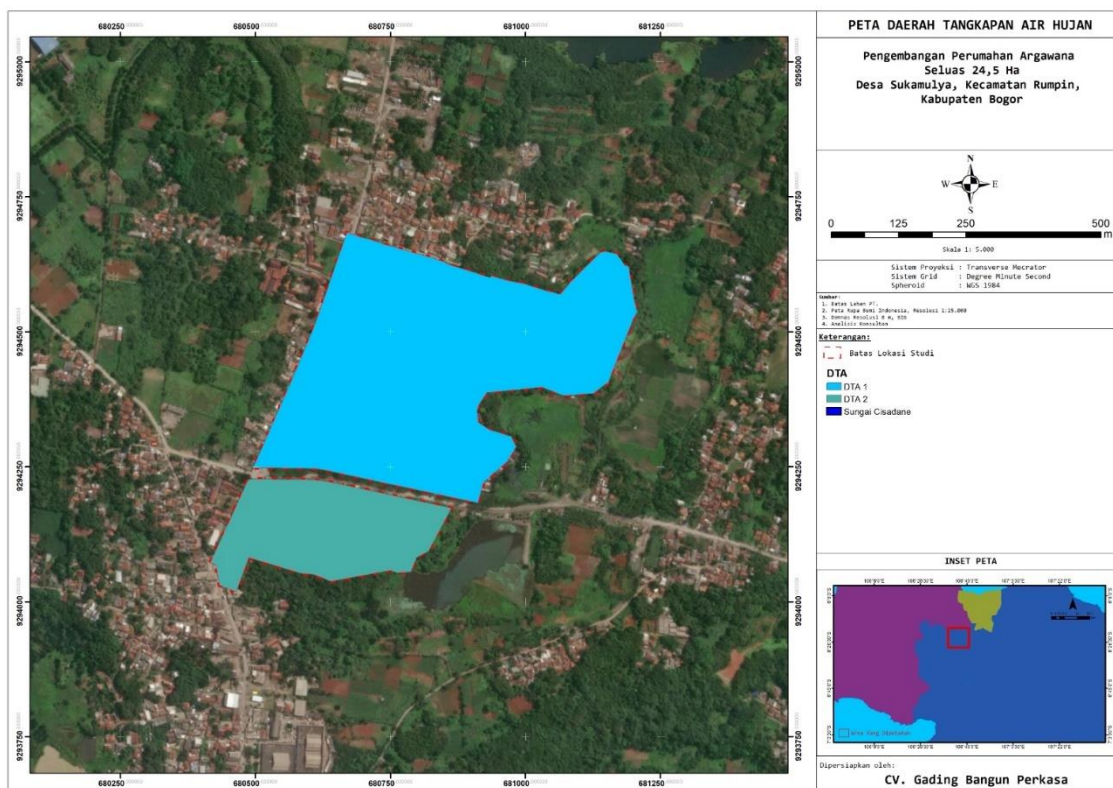


Gambar 20 Grafik Intensitas Hujan (mm/jam)

Waktu konsentrasi (T_c) merupakan waktu perjalanan air dari tempat yang paling jauh (hulu) sampai pada titik outlet (hilir), Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan rumus Hespers diperoleh waktu hujan yaitu 0,5 jam, Intensitas hujan dengan waktu hujan 0,5 jam dan curah hujan rancangan sebesar 212,5 mm dihitung menggunakan persamaan mononobe diperoleh sebesar 116,96 mm/jam.

4.3.2. 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 dua DTA (daerah tangkapan air). DTA 1 memiliki luas sebesar 17,15 Ha dan DTA 2 memiliki luas sebesar 7,35 Ha. Pembagian DTA dapat dilihat pada Gambar 21 berikut.



Gambar 21 Blok Plan Pembagian DTA

Tutupan lahan eksisting berupa lahan yang sudah terbangun dan sebagian tanah kosong, Dengan pembangunan berupa perumahan maka akan menyebabkan perubahan nilai C, Berdasarkan SNI 03-2415-2006, koefisien limpasan (C) berupa tanah kosong sebesar 0,20 dan setelah dilakukan pembangunan perumahan akan berubah menjadi 0,25. Perhitungan koefisien limpasan kumulatif (Cr) didasarkan pada perbandingan luas lahan, Nilai Cr untuk DTA 1 dan DTA 2 masing masing sebesar 0,20 untuk tata guna lahan perumahan seperti pada Tabel 13.

Tabel 13 Hasil perhitungan koefisien limpasan kumulatif (Cr)

Area	Tata guna lahan	Luas		Koefisien Limpasan (C)	Cr
		ha	%		
DTA 1	Perumahan	17,15	100	0,25	0,20
DTA 2	Perumahan	7,35	100	0,20	0,20

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 14, Debit limpasan eksisting untuk DTA 1 sebesar 1,39 m³/det dan DTA 2 sebesar 0,48 m³/det. Waktu konsentrasi sebesar 1 jam maka Volume limpasan eksisting DTA 1 adalah 5018,51 m³ dan DTA 2 sebesar 1720,63 m³. Volume limpasan pada proyek tidak mengalami peningkatan karena adanya pembangunan perumahan untuk DTA 1 adalah 5018,51 m³ dan DTA 2 menjadi sebesar 1720,63 m³.

Tabel 14 Debit dan Volume Limpasan

Parameter	Eksisting		Proyek	
	DTA 1	DTA 2	DTA 1	DTA 2
Luas lahan, A (ha)	17,15	7,35	17,15	7,35
Koef. Limpasan, C	0,25	0,20	0,25	0,20
Intensitas hujan, I (mm/jam)	116,96	116,96	116,96	116,96
Debit Rancangan, Q (m ³ /det)	1,39	0,48	1,39	0,48
Waktu konsentrasi (det)	3600	3600	3600	3600
Volume limpasan (m ³)	5018,51	1720,63	5018,51	1720,63
Koefisien drainase, q (m ³ /det.ha)	0,08	0,07	0,08	0,07

Sumber : Hasil perhitungan, 2023

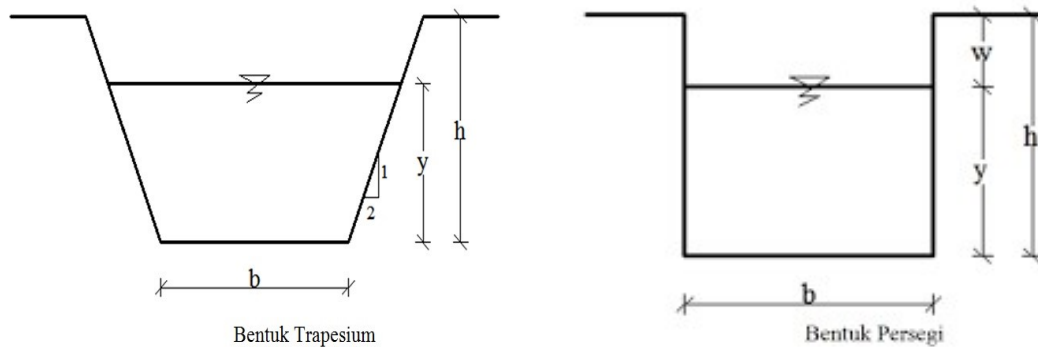
4.4. Drainase dan Bangunan Konservasi

Terjadinya perubahan tataguna 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.

4.4.1. 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 trapezium. Kontruksi saluran umumnya berupa beton atau pasangan batu kali, Adapun bentuk saluran dapat berbentuk persegi dan trapezium seperti tersaji pada Gambar 22 berikut,



Gambar 22 Bentuk Penampang Saluran Drainase

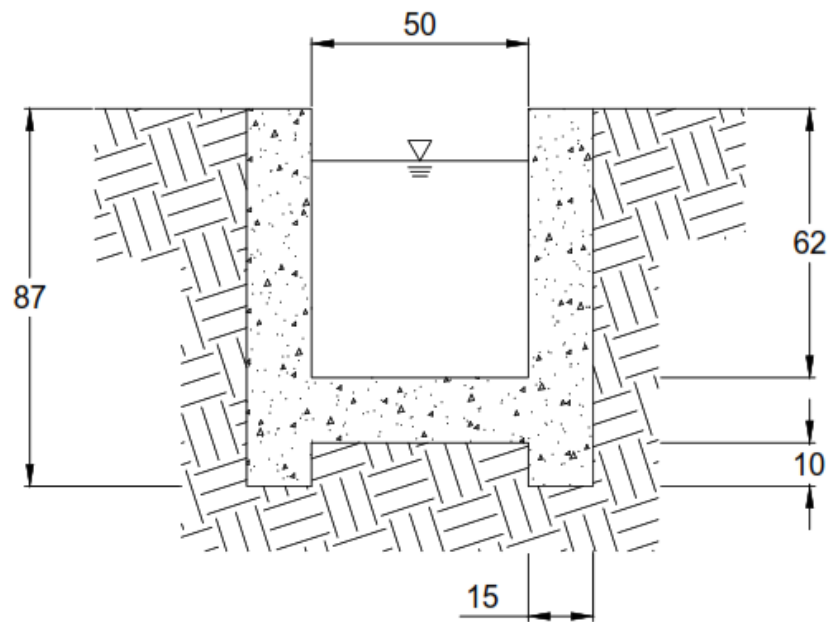
Dimensi drainase dihitung dan diperoleh seperti tersaji pada Tabel 15. Penampang drainase direncanakan berbentuk persegi karena dapat menghemat lahan dan mudah pada pekerjaan kontruksi. Dimensi drainase ditentukan berdasarkan faktor keamanan dan ergonomi, Drainase terbagi menjadi drainase primer dan 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. DTA 1 dan DTA 2 direncanakan memiliki dimensi drainase primer dan sekunder yang sama. Dimensi drainase primer memiliki lebar (b) sebesar 0,5 m dan tinggi (h) sebesar 0,6 m, sedangkan saluran sekunder memiliki lebar (b) sebesar 0,5 m dan tinggi (h) sebesar 0,6 m. Dari perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 16 didapatkan Volume tampungan dari drainase pada DTA 1 sebesar $5018,51 \text{ m}^3$ sehingga masih memiliki volume limpasan sisa yang akan di kelola sebesar 2250 m^3 pada kolam retensi dan sumur resapan. Volume tampungan dari drainase pada DTA 2 sebesar $1720,63 \text{ m}^3$ dan masih

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA

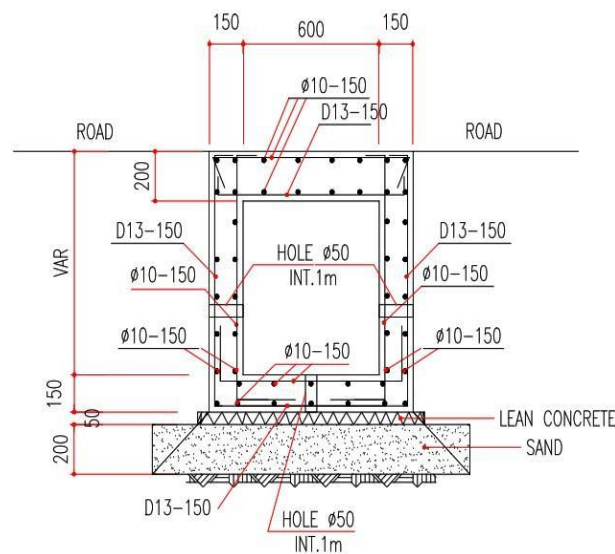
memiliki volume limpasan sisa yang di kelola sebesar 716,5 yang dikelola dalam sumur resapan. Gambar teknik penampang drainase tersaji pada Gambar 23 dan Gambar 24.

Tabel 15 Bentuk Penampang Saluran Drainase

Area	Dimensi	Keterangan	Primer	Sekunder	Satuan
DTA 1	Luas Lahan	A	17,15	17,15	ha
	Debit Limpasan	Q	1,39	1,39	m ³ /detik
	Lebar Saluran	b	0,5	0,5	m
	Tinggi Saluran	h	0,6	0,6	m
	Panjang Saluran	L	5572,76	5572,76	m
	Waktu Konsentrasi	tc	3600	3600	det
	<i>Freeboard</i>	f	0,12	0,12	m
	Kemiringan	s	0,02	0,02	
	Volume Limpasan	Vl	5018,51		m ³
	Volume drainase	Vd	1671,83		m ³
	Volume Tampungan	Vt	2.250		m ³
	DTA 2	Luas Lahan	A	7,35	7,35
Debit Limpasan		Q	0,48	0,48	m ³ /detik
Lebar Saluran		b	0,5	0,5	m
Tinggi Saluran		h	0,6	0,6	m
Panjang Saluran		L	2388,33	2388,33	m
Waktu Konsentrasi		tc	3600	3600	det
<i>Freeboard</i>		f	0,12	0,12	m
Kemiringan		s	0,02	0,02	
Volume Limpasan		Vl	1720,63		m ³
Volume drainase		Vd	716,5		m ³
Volume Tampungan		Vt	0		m ³



Gambar 23 Penampang Melintang Drainase Primer Wilayah Kajian



Gambar 24 Contoh Detail Penampang Drainase Lingkungan Bentuk Persegi

4.4.2. Kolam Retensi

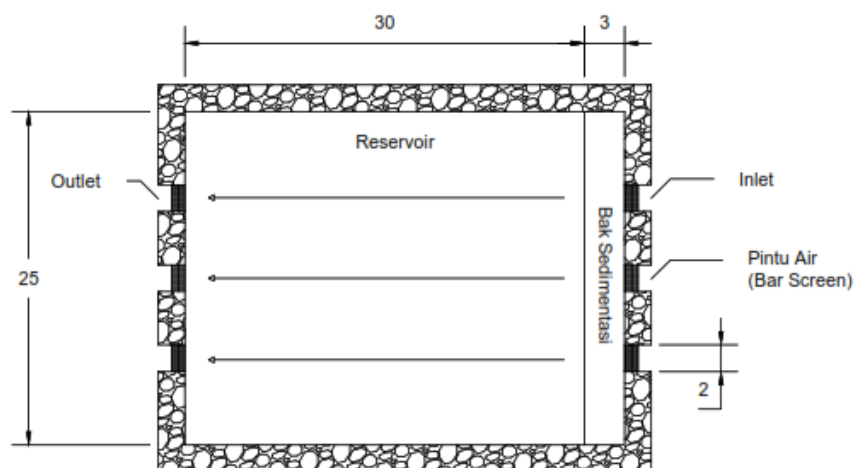
Kolam retensi adalah suatu kolam atau bak yang yang dibuat untuk menampung air limpasan dari air hujan secara langsung untuk kemudian meresapkan kedalam tanah, Kolam retensi terbagi menjadi 2 macam tergantung pelapis dinding dan dasar kolam yaitu alami dan buatan. Kolam alami berbentuk cekungan air baik terbentuk secara alami maupun penyesuaian dan biasanya tidak ada pelapis pada dinding maupun dasar kolamnya. Sedangkan kolam buatan

merupakan kolam retensi yang sengaja dibuat dan didesain dengan bentuk dan kapasitas tertentu pada lokasi yang sudah ditentukan. Biasanya dinding terbuat dari beton atau geomembrane. Kolam retensi dibuat untuk menampung volume limpasan sisa yang tidak dapat tertampung pada saluran drainase. Pada kondisi eksisting terdapat rawa yang dapat dimanfaatkan sebagai kolam retensi,

Kolam retensi pada DTA 1 direncanakan dengan ukuran panjang 30 m, lebar 25 m, dan kedalaman 3 m. Dengan dimensi tersebut, luas permukaan kolam retensi DTA 1 adalah 2786,382 m² sehingga tampungan kolam retensi DTA 1 sebesar 2.250 m³. Hasil perhitungan dimensi tersaji pada Tabel 16. Kolam retensi pada DTA 2 tidak dibuat karena volume limpasan sudah tertampung pada tampungan drainase dan sumur resapan. Gambar perencanaan kolam retensi DTA 1 pada Gambar 25. Kolam retensi dilengkapi dengan *bar screen* yang berfungsi untuk menahan dan menyaring benda-benda keras dan besar seperti ranting kayu, batu dan lainnya. Bagian lain dari kolam retensi adalah pintu air pada inlet dan outlet yang berfungsi untuk membukakan dan menutup aliran. Bak sedimentasi pada kolam retensi berfungsi untuk mengendapkan partikel-partikel tanah atau lumpur yang memiliki lebar 3 m dan panjang 25 m.

Tabel 16 Hasil Perhitungan Dimensi Kolam Retensi

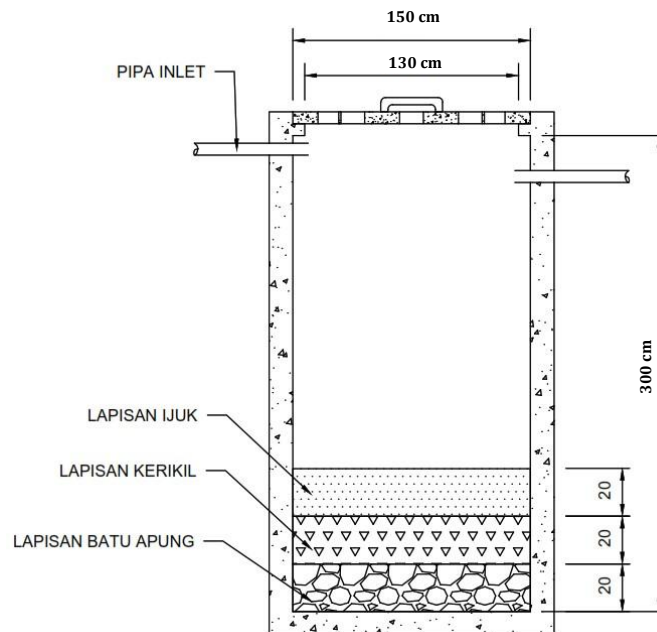
Area	Dimensi	Keterangan	Nilai	Satuan
DTA 1	Panjang	p	30	m
	Lebar	b	25	m
	Kedalaman	h	3,00	m
	Volume tampungan	Vt	2.250	m ³



Gambar 25 Rencana Kolam Retensi

4.4.3. 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) 75 cm dan kedalaman sumur 300 cm sehingga memiliki volume 5,30 m³ seperti tersaji pada Gambar 26.



Gambar 26 Penampang Melintang Sumur Resapan pada DTA 1 dan DTA 2

Volume limpasan yang masih tersisa pada DTA 1 adalah 1096,69 m³ dan DTA 2 sebesar 1004,14 m³. Berdasarkan hal tersebut, dengan volume tampungan sumur resapan 3,39 m³, Oleh karena itu, jumlah sumur resapan minimum yang harus dibangun untuk menampung limpasan adalah untuk DTA 1 sebesar 323 buah dan DTA 2 sebesar 296 buah seperti pada

Tabel 17.

Tabel 17 Perencanaan jumlah sumur resapan

Area	Dimensi	Keterangan	Nilai	Satuan
DTA 1	Volume limpasan sisa	Vs	1096,69	m ³

Area	Dimensi	Keterangan	Nilai	Satuan
	Jari-jari	r	0,6	m
	Kedalaman	h	3	m
	Volume tampungan	Vt	3,39	m ³
	Jumlah sumur minimum	n _{min}	323	buah
DTA 2	Volume limpasan sisa	Vs	1004,14	m ³
	Jari-jari	r	0,6	m
	Kedalaman	h	3	m
	Volume tampungan	Vt	3,39	m ³
	Jumlah sumur minimum	n _{min}	296	buah

4.5. 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. Rekapitulasi skema saluran drainase dengan volume limpasan disajikan pada Tabel 18.

Tabel 18 Skema Pengaturan Drainase, Sumur Resapan dan Kolam Retensi

No.	Skema	Volume Limpasan (m ³)	Volume Tampungan (m ³)	Volume Sisa (m ³)	Keterangan
DTA 1					
1	Tanpa Drainase	5018,51	2.250	2.768	Terjadi Genangan
2	Drainase	5018,51	1.671,83	3.346,69	Terjadi Genangan
3	Drainase + Kolam Retensi	5.018,51	3.921,83	1096,68	Terjadi genangan
4	Drainase + Kolam Retensi + Sumur Resapan	5018,51	7.843,66	0,00	Tidak ada genangan
DTA 2					
1	Tanpa Drainase	1720,63	0	1720,63	Terjadi genangan
2	Drainase	1720,63	716,5	1004,13	Terjadi genangan
3	Drainase + Kolam Retensi (0 m)	1720,63	716,5	1004,13	Terjadi genangan

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA

No.	Skema	Volume Limpasan (m ³)	Volume Tampungan (m ³)	Volume Sisa (m ³)	Keterangan
4	Drainase + Kolam Tampungan + Sumur Resapan	1720,63	1720,63	0,00	Tidak ada genangan

4.6. Simulasi Banjir Wilayah Kajian

Perumahan Argawana dilakukan bentuk pengembangan jumlah perumahan yang akan terbangun. Pembangunan perumahan sebaiknya selaras dengan alam dan terbebas dari kenaikan muka air sungai yang menyebabkan banjir pada area perumahan. Visualisasi kenaikan muka air ditunjukkan pada Lampiran 7. Hasil simulasi menunjukkan tidak terjadi pada area banjir pada Sungai Cisadane pada kenaikan muka air 3 m.

BAB V. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1. Kesimpulan

Dari hasil kajian pengembangan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Wilayah pengembangan merupakan daerah yang relative datar, bergelombang dan berbukit dengan beberapa kelas kemiringan lahan yaitu didominasi dengan slope 0 – 21,5 %,
2. Wilayah kajian memiliki elevasi tertinggi sebesar 78 meter sementara elevasi terendah 61 meter. Elevasi Sungai (Saluran Irigasi/Kanal) yang mengalir pada area kajian dengan elevasi hulu 54 meter dan elevasi hilir 52 m. Pada kondisi eksisting, jarak lokasi kajian dengan Sungai Cisadane sejauh $\pm 1,1$ km.
3. Wilayah kajian berpotensi untuk pembangunan sumur resapan dengan nilai laju infiltrasi yang cukup besar.
4. Wilayah pengembangan kajian merupakan lahan terbuka dengan vegetasi rumput dan memiliki rawa.
5. Wilayah pengembangan memiliki perbedaan elevasi lebih rendah sehingga wilayah pengembangan kedua berpotensi sebagai daerah resapan dan pembangunan kolam retensi.
6. Kondisi ketersediaan air tanah dangkal/bebas (*unconfined*) umumnya didapatkan pada kedalaman berkisar 20-25 m dibawah muka tanah setempat.
7. Wilayah kajian tidak terdampak genangan banjir baik dari limpasan maupun dari Sungai Cisadane.
8. Analisis curah hujan rencana menggunakan distribusi Gumbel didapat nilai curah hujan rencana yaitu $R_2 = 122,6$ mm, $R_5 = 151,4$ mm, $R_{10} = 177,4$ mm, $R_{25} = 194,6$ mm, $R_{50} = 212,5$ mm dan $R_{100} = 230,3$ mm.
9. Berdasarkan perhitungan dengan rumus Hespers waktu konsentrasi (tc) yaitu 1 jam, Intensitas hujan dengan periode ulang hujan 50 tahun didapat 212,5 mm/jam.
10. Pada kondisi eksisting luas DTA 1 adalah 17,15 Ha dan DTA 2 memiliki luas 7,35 Ha. Debit limpasan eksisting dan proyek pada DTA 1 sebesar 1,39 m³/detik dengan volume limpasan 5018,51 m³. Debit limpasan eksisting dan proyek pada DTA 2 sebesar 0,48 m³/detik dengan volume limpasan 1720,63 m³.
11. Skema untuk menerapkan konsep *zero run off* adalah sebagai berikut:

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA

No.	Skema	Volume Limpasan (m ³)	Volume Tampungan (m ³)	Volume Sisa (m ³)	Keterangan
DTA 1					
1	Tanpa Drainase	5018,51	2.250	2.768	Terjadi Genangan
2	Drainase	5018,51	1.671,83	3.346,69	Terjadi Genangan
3	Drainase + Kolam Retensi	5.018,51	3.921,83	1096,68	Terjadi genangan
4	Drainase + Kolam Retensi + Sumur Resapan	5018,51	7.843,66	0,00	Tidak ada genangan
DTA 2					
1	Tanpa Drainase	1720,63	0	1720,63	Terjadi genangan
2	Drainase	1720,63	716,5	1004,14	Terjadi genangan
3	Drainase + Kolam Retensi (0 m)	1720,63	716,5	1004,14	Terjadi genangan
4	Drainase + Kolam Tampungan + Sumur Resapan	1720,63	1720,63	0,00	Tidak ada genangan

12. Prakiraan volume limpasan pada area pengembangan dibagi menjadi 2 (dua) Daerah Tangkapan Air, Prediksi volume limpasan ditunjukkan pada tabel berikut :

Area	PUH (tahun)	A (ha)	R24 (mm)	C	Tc (jam)	I (mm/jam)	Qt (m ³ /detik)	Vol.Limpasan (m ³)
DTA 1	10	17,15	177,38	0,25	1	97,62	1,16	4188,69
	25		194,63			107,11	1,28	4596,07
	50		212,52			116,96	1,39	5018,51
DTA 2	10	7,35	177,38	0,20	1	97,62	0,40	1436,12
	25		194,63			107,11	0,44	1575,79
	50		212,52			116,96	0,87	1720,63

13. Nilai koefisien limpasan (C) untuk DTA 1 dan DTA 2 masing-masing adalah 0,25 dan 0,2. Nilai C semakin besar, peluang limpasan yang terjadi semakin besar.
14. Intensitas hujan pada daerah kajian sebesar 116,96 mm/jam
15. Elevasi tertinggi pada Perumahan Argasatya yaitu + 61,38 mdpl dan elevasi terendah +78,78 mdpl. Elevasi Sungai Cisadane bervariasi dari hulu, tengah

dan hilir. Elevasi Muka Air Normal Sungai bagian Hulu sebesar +49,98 mdpl dan Muka Air Banjir sebesar + 57,57 mdpl. Elevasi Muka Air Normal Sungai Cisadane sebesar + 47,07 mdpl dan Muka Air Banjir sebesar + 54,59 mdpl. Elevasi Muka Air Normal Sungai Cisadane pada bagian hilir sebesar +46,18 mdpl dan Muka Air Banjir sebesar +54,20 mdpl. Kenaikan muka air banjir di lokasi kajian cukup bervariasi dengan kedalaman 2,5-3,3 m tergantung lebar dan kedalaman Sungai Cisadane secara alami.

5.2. Rekomendasi

1. Perlu dilakukan peninjauan ulang besarnya KDB yang akan dibangun dengan memperhitungkan faktor lahan terbuka yang berguna sebagai daerah *catchment area*. Hal ini didasarkan pada kondisi lokasi yang relatif datar.
2. Sebelum proses pembangunan pengembangan sebaiknya dibuat saluran penampung air hujan atau kolam retensi.
3. Pada kondisi eksisting sudah terbangun saluran drainase yang mengarah ke areal pengembangan sebagai tempat konservasi air. Diharapkan tampungan air berupa Kolam Retensi dan sumur resapan yang ditempatkan pada area rumah/taman pada pengembangan Kawasan perumahan "Argawana"
4. Masterplan sebaiknya tetap memperhatikan ukuran kolam retensi dan jumlah sumur resapan pada DTA 1 dan DTA 2.
5. Desain kolam retensi pada setiap DTA 1 dengan luas ukuran minimal 30 m x 25 m dan kedalaman 3 m sedangkan untuk DTA 2 tidak diperlukan kolam retensi dikarenakan volume limpasan tidak terlalu besar dan cukup untuk dikelola di sumur resapan.
6. Perlu adanya integrasi pengelolaan sumber daya air dengan perumahan eksisting sebelum adanya pembangunan pada daerah pengembangan.
7. Perlu ditambahkan bak kontrol dan screening pada saluran masuk drainase untuk mencegah terjadinya sumbatan akibat sedimentasi maupun sampah yang masuk saluran.
8. Penataan drainase di pemukiman atas bawah dengan saluran ke dap air atau dengan tembok atau pemipaian diarahkan ke arah lembah untuk menghindari persepan air tanah yang dapat memicu terjadinya gerakan tanah.

9. Perlu diperhatikan pada pembangunan yang berada pada lahan yang mempunyai kemiringan cukup besar dengan membuat bangunan penahan longsor.
10. 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.
11. Desain sumur resapan dengan diameter 1,5 m dan kedalaman 3 m minimal berjumlah untuk DTA 1 sebesar 324 buah dan DTA 2 sebesar 300 buah.

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

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA

- ke-02, Jakarta: Direktorat Jenderal Tata Perkotaan dan Tata Perdesaan,
- Fetter CW, 1994, *Applied Hydrogeology*, 3rdED, Merrill Publishing Company, Ohio
- John A, Shimer, 1968, *An Introuction to Geology*, New York: Appleton Century Crofts,
- Feyen, 1980, *Drainage of Irigated Land*, London (UK): Batsford Academic and Educatonial Ltd, Katholieke Universitet Leuven, Center for Irrigation Engineering,
- Kashef AAI, 1987, *Ground 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 & Managenment*, Singapore: Mc Graw-Hill,
- Mays LW, 2005, *Water Resources Engineering*, Second Edition, New York: John Wiley & Sons,
- Nemec J, 1972, *Engineering Hydrology*, London: Mc Graw-Hill, Porajouw AM, Mananoma T, Tangkudung H, T, 2019, Analisis sistem drainase di kelurahan Tikala Kumaraka Kota Manado, *Sipil Statik*, 7(12):1593–1604,
- Quener EP, 2001, *The Effect of Human Interventions on Groundwater Recharge, Paper in Impact of Human Activity on Groundwater Dinamics*, Proceeding of Sixth IAHS Scientific Assembly, July 2001, Maastricht, Netherland, IAHS Publ, 269: 59-56,
- Robinson C, 1988, *Basics Exploration Geophysics*, John Willey And Son Inc, Canada,
- Schwab GO, Frevert RK, Barnes T, 1968, *Soil and Water Conservasion 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,

KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 HA PERUMAHAN ARGAWANA

Singapore,

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

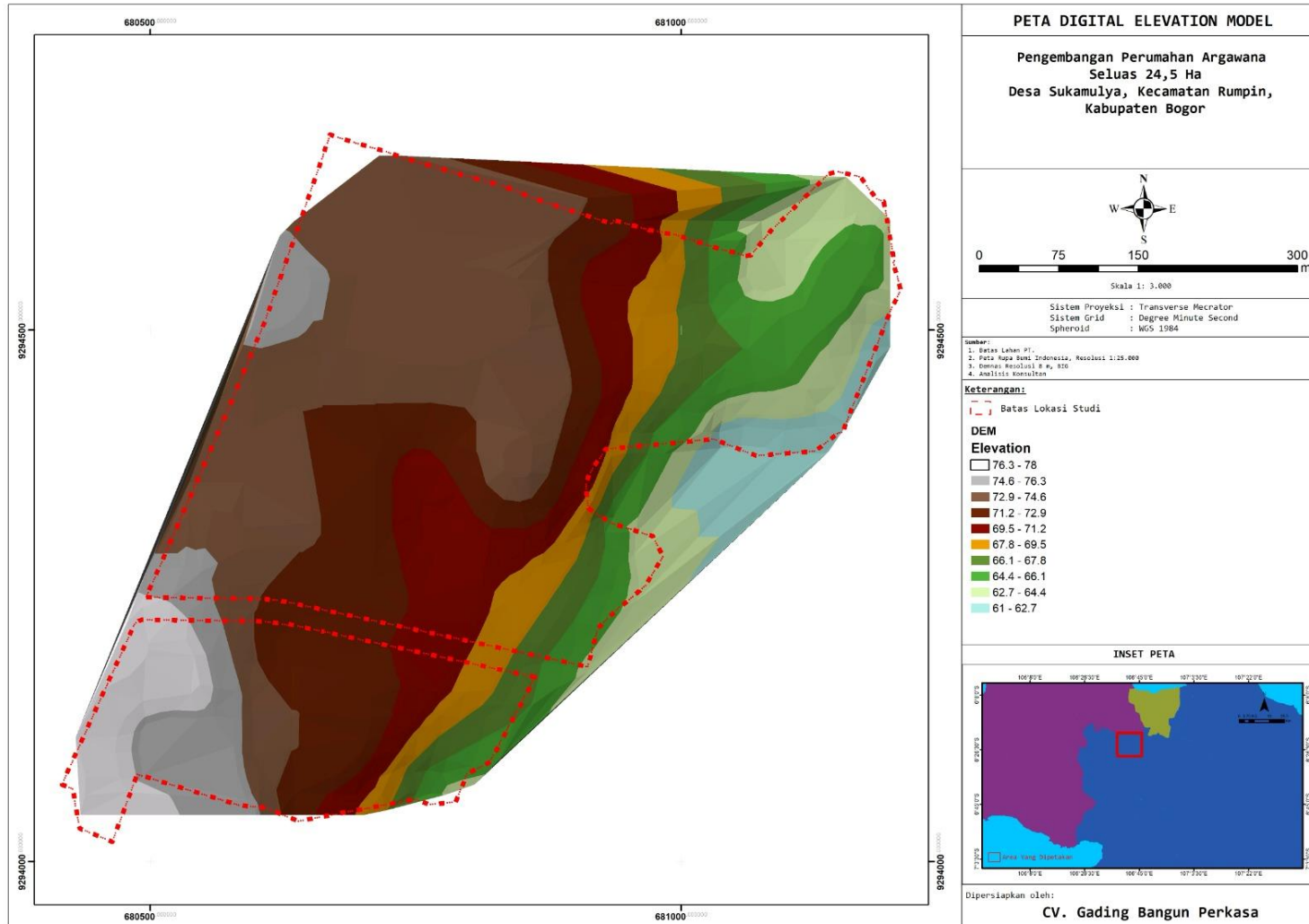
Widodo E, Ningrum D, 2015, Evaluasi sistem jaringan drainase permukiman
Soekarno Hatta Kota Malang dan penanganannya, *J, Ilmu-Ilmu Tek*, 11(3):1-9,

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

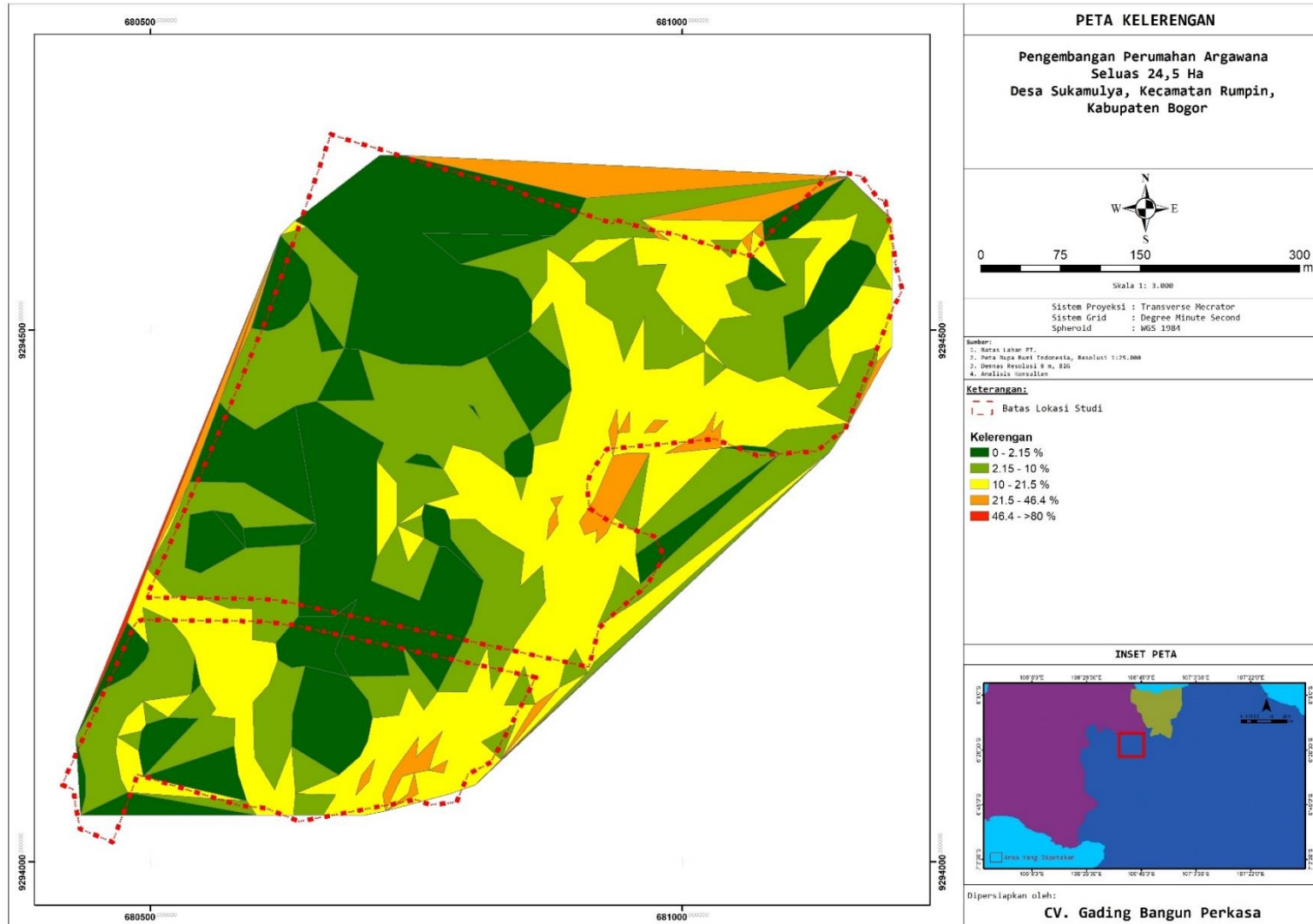
KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 PERUMAHAN ARGAWANA

Lampiran 1 Peta Topografi Wilayah Pengembangan



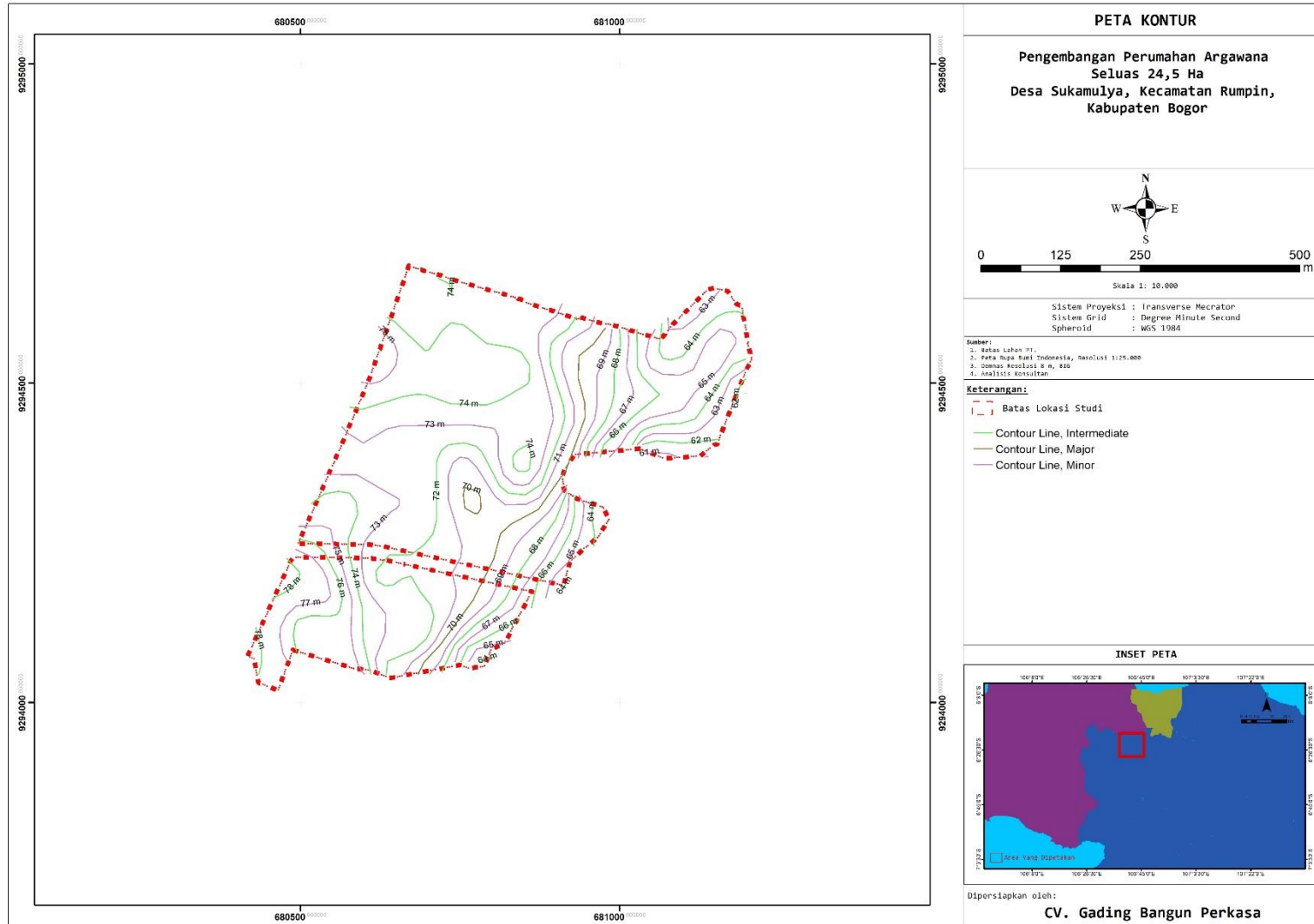
KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 PERUMAHAN ARGAWANA

Lampiran 2 Peta Kelerengan Lahan Wilayah Kajian



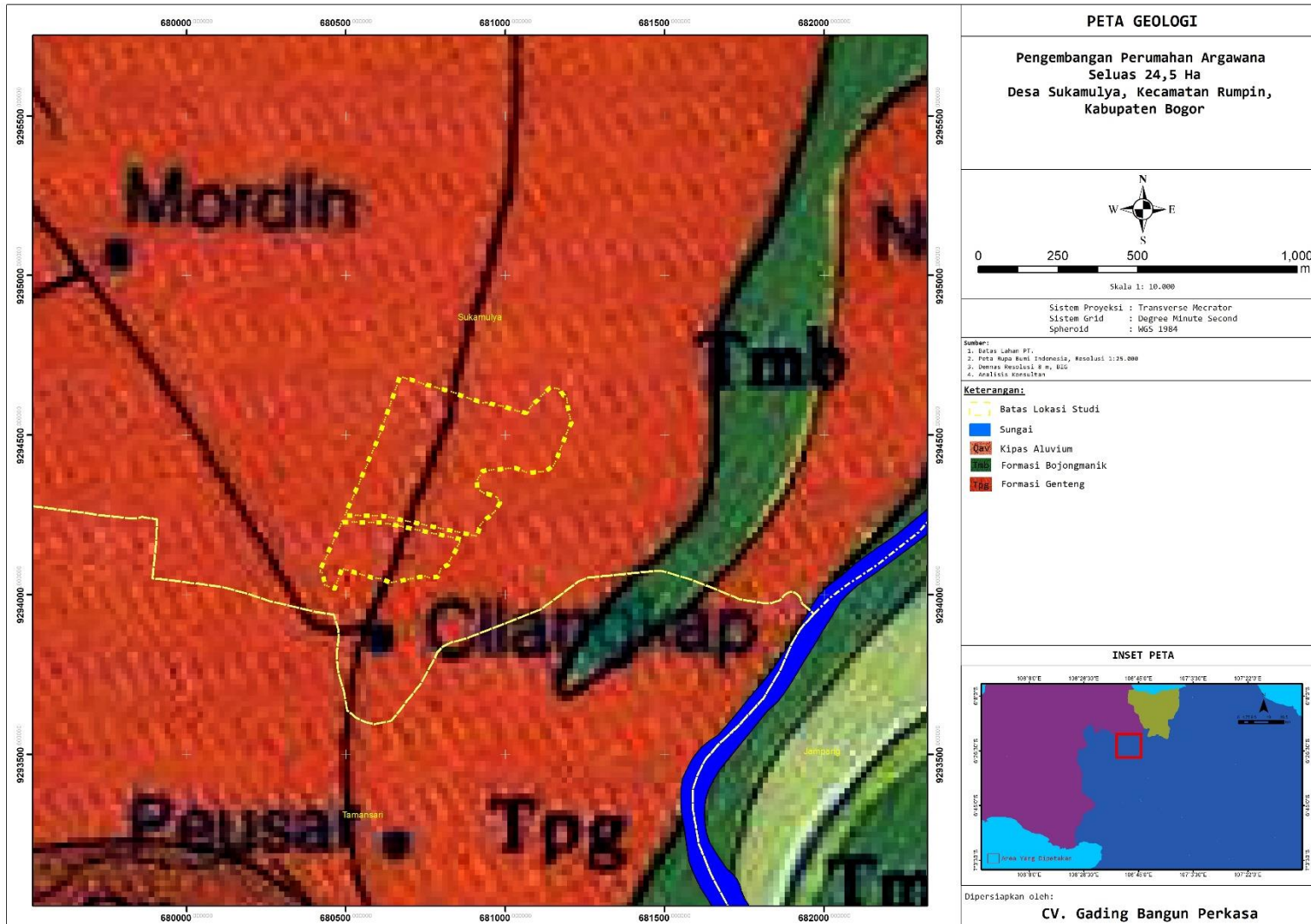
KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 PERUMAHAN ARGAWANA

Lampiran 3 Peta Kontur Wilayah Kajian



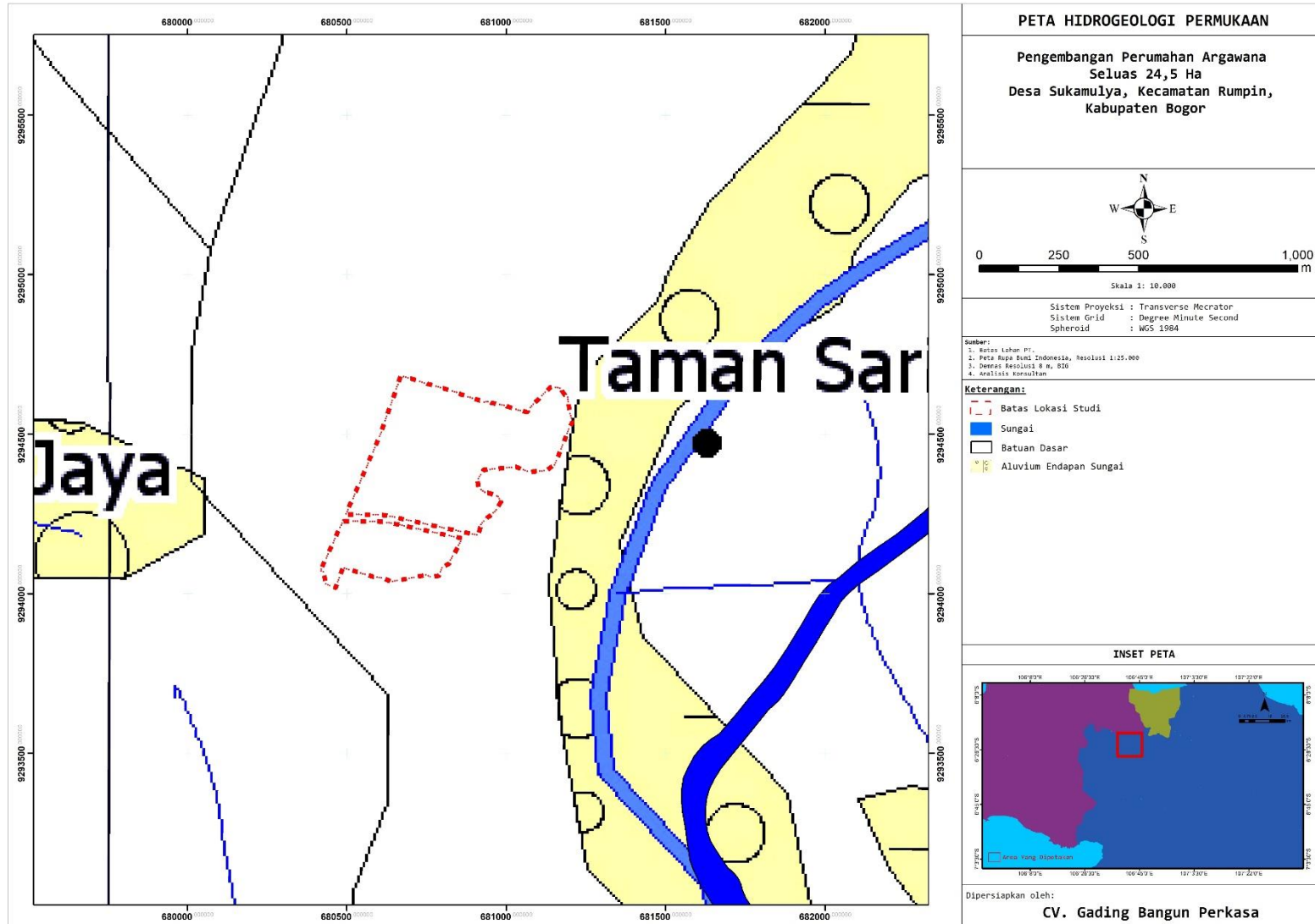
KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 PERUMAHAN ARGAWANA

Lampiran 4 Peta Geologi Wilayah Pengembangan

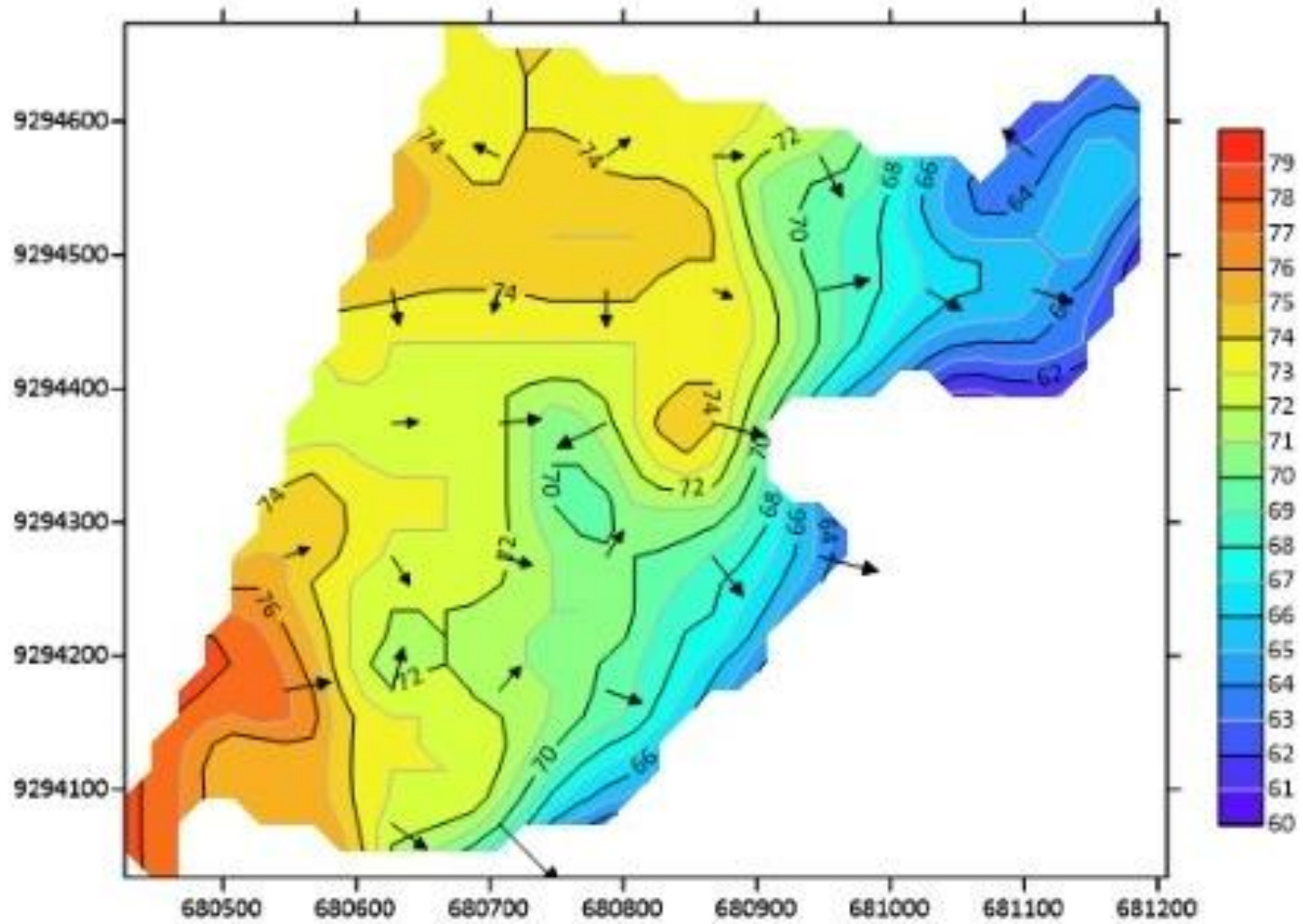


KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 PERUMAHAN ARGAWANA

Lampiran 5 Peta Hidrogeologi Permukaan

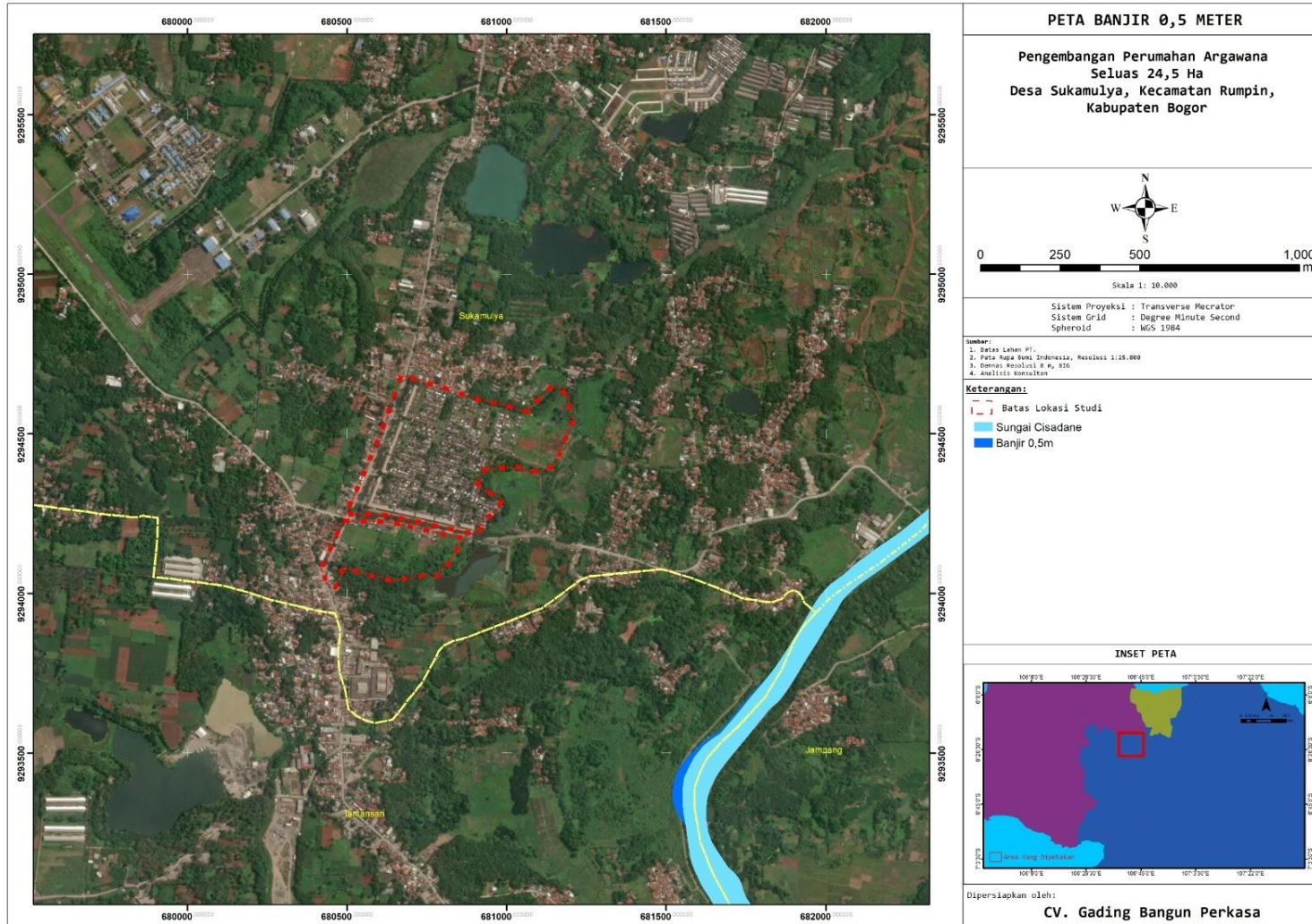


Lampiran 6 Pola Jejaring Aliran (*Flow Net*) 2D

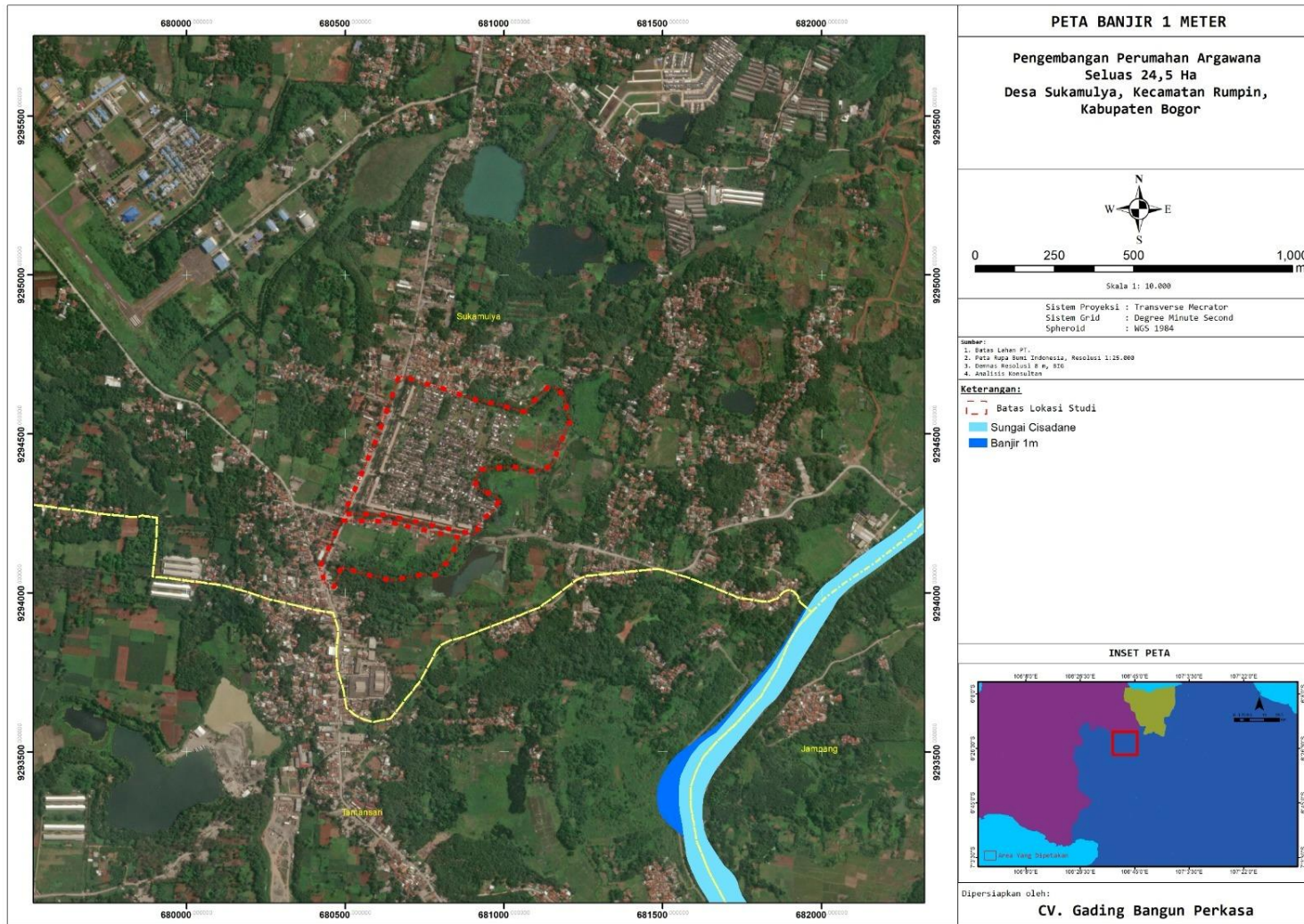


KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 PERUMAHAN ARGAWANA

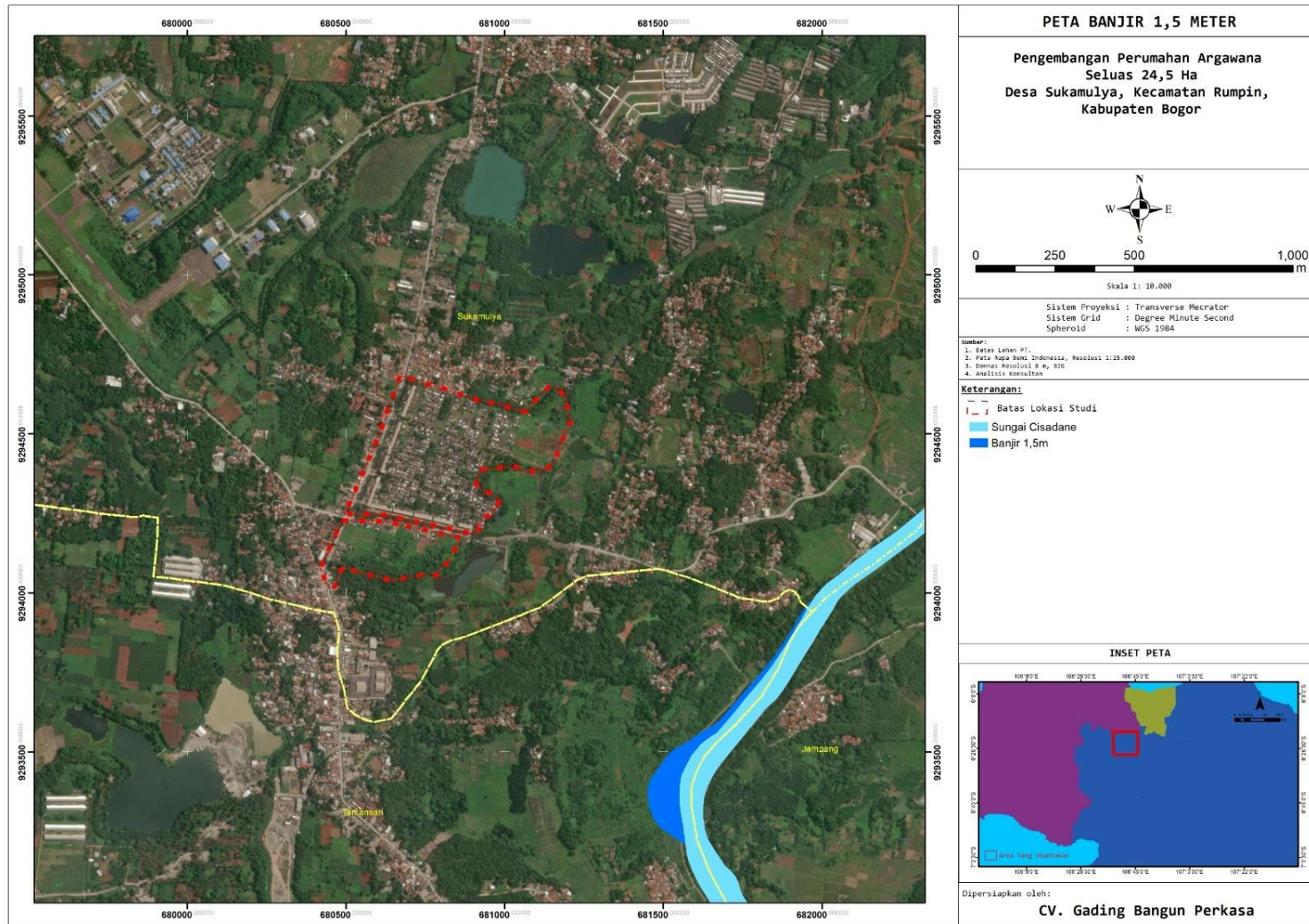
Lampiran 7 Gambaran Simulasi Banjir 0,5 Sampai 3 Meter



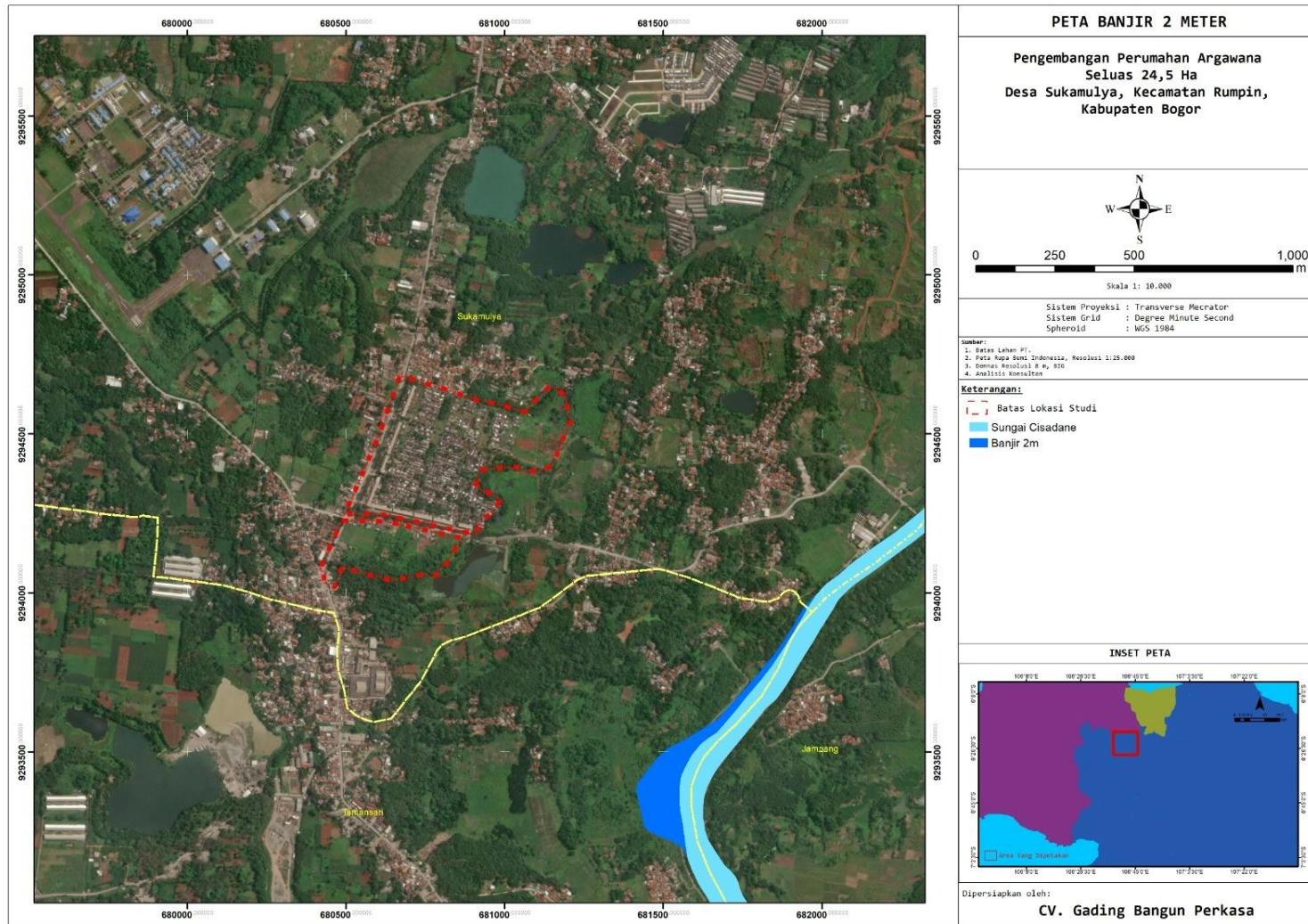
KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 PERUMAHAN ARGAWANA



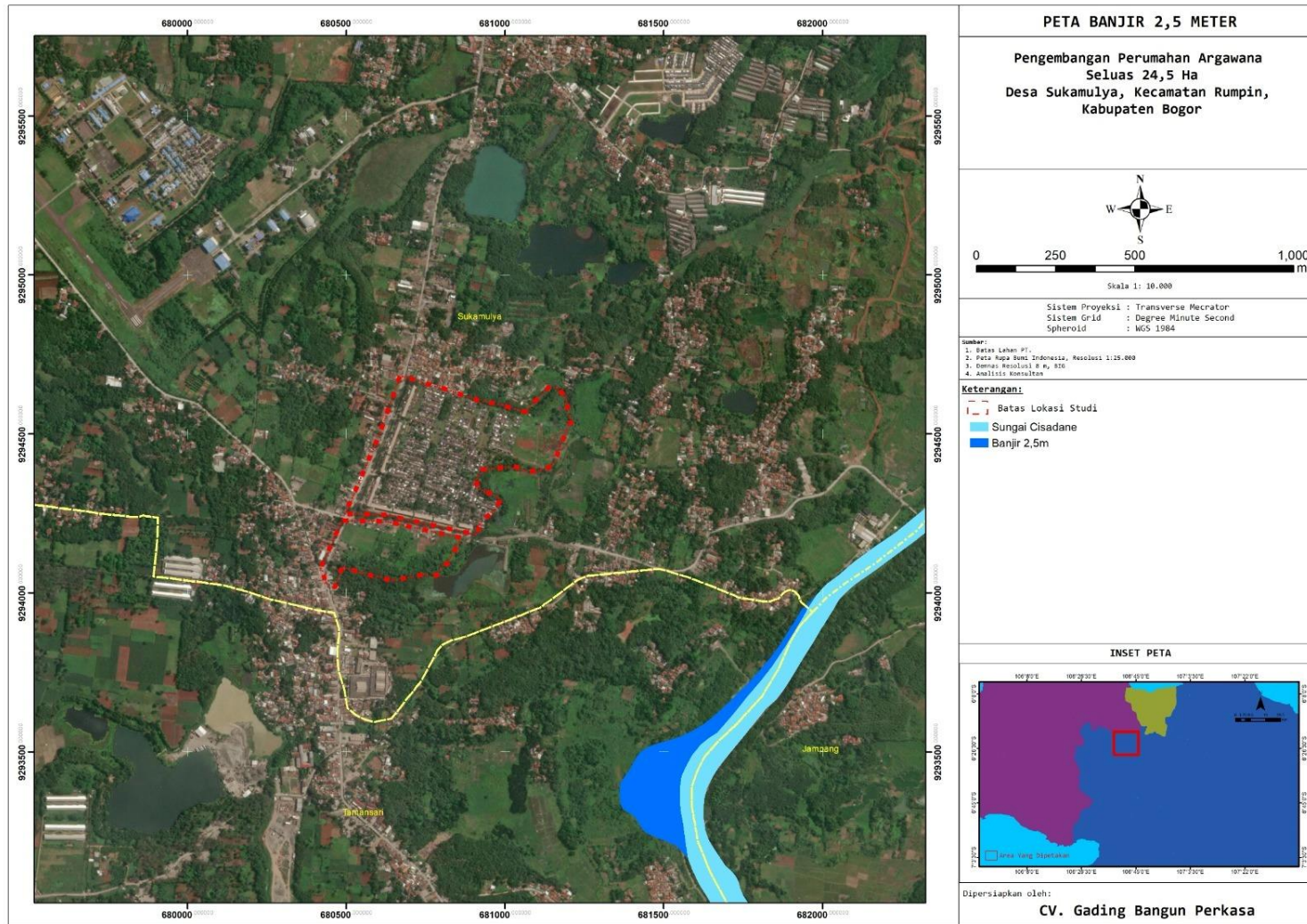
KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 PERUMAHAN ARGAWANA



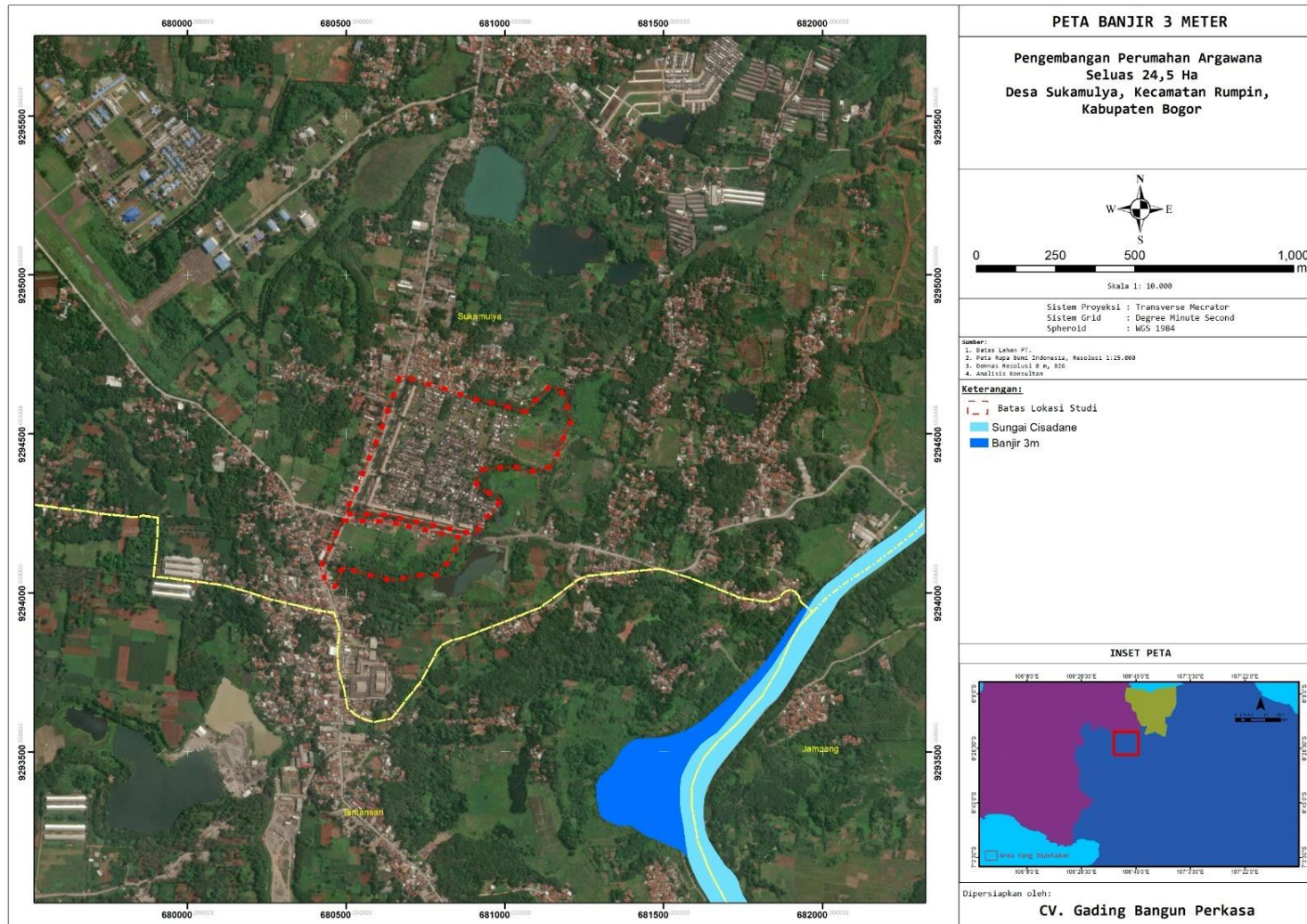
KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 PERUMAHAN ARGAWANA



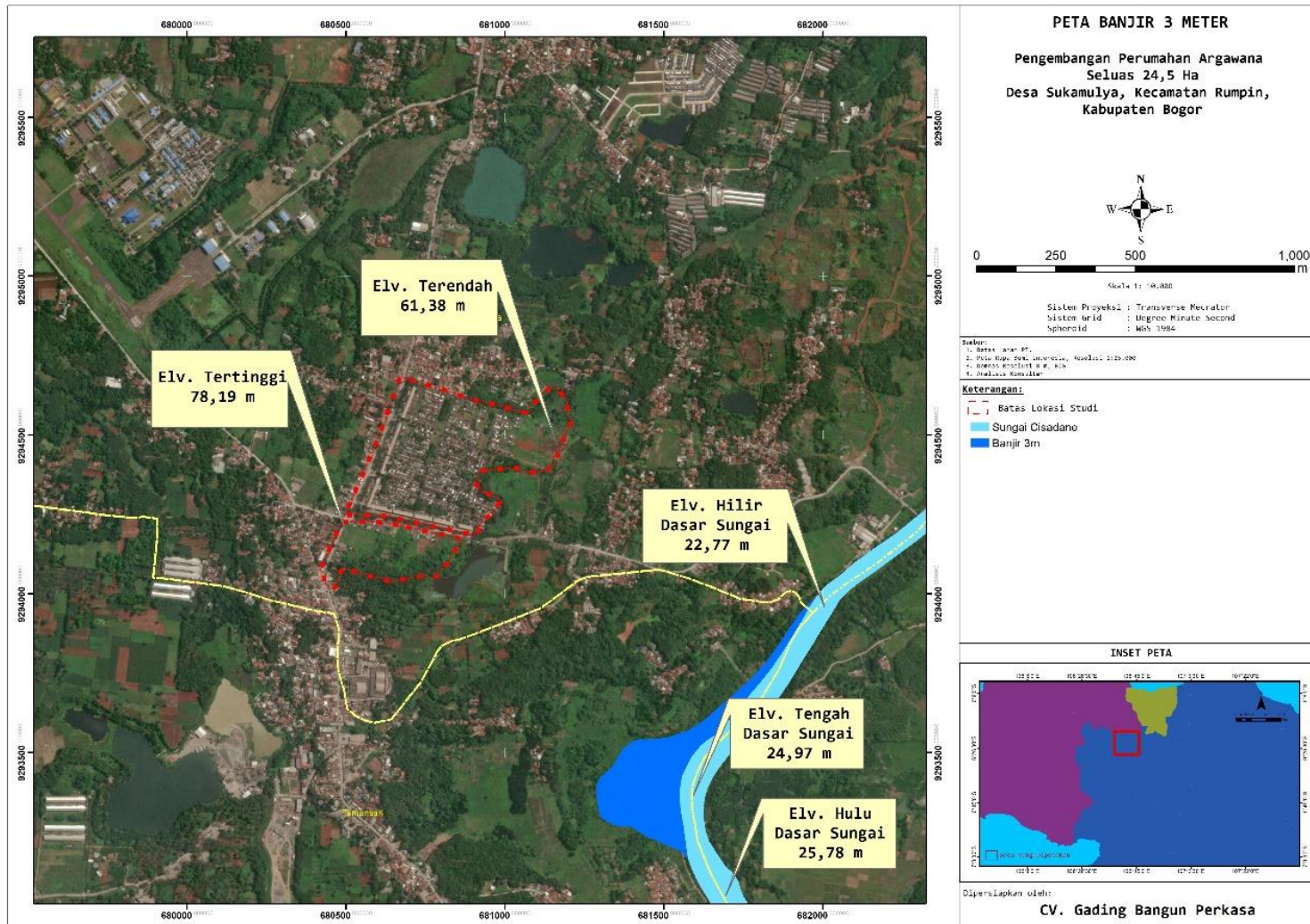
KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 PERUMAHAN ARGAWANA



KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 PERUMAHAN ARGAWANA



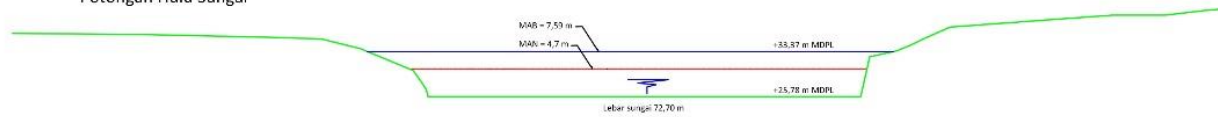
KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 PERUMAHAN ARGAWANA



Lampiran 8 Gambaran Potongan Penampang Sungai

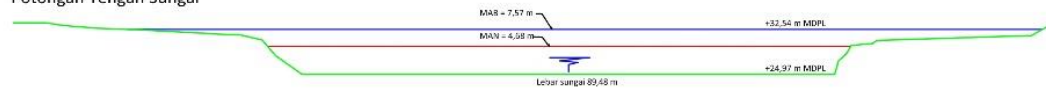
Elv. Terendah Perumahan +61.38 m MDPL

Potongan Hulu Sungai



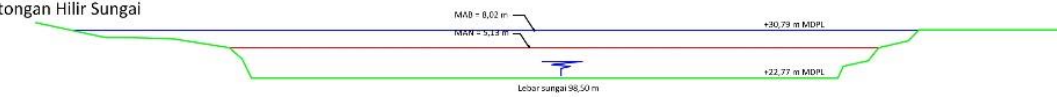
Elv. Terendah Perumahan +61.38 m MDPL

Potongan Tengah Sungai



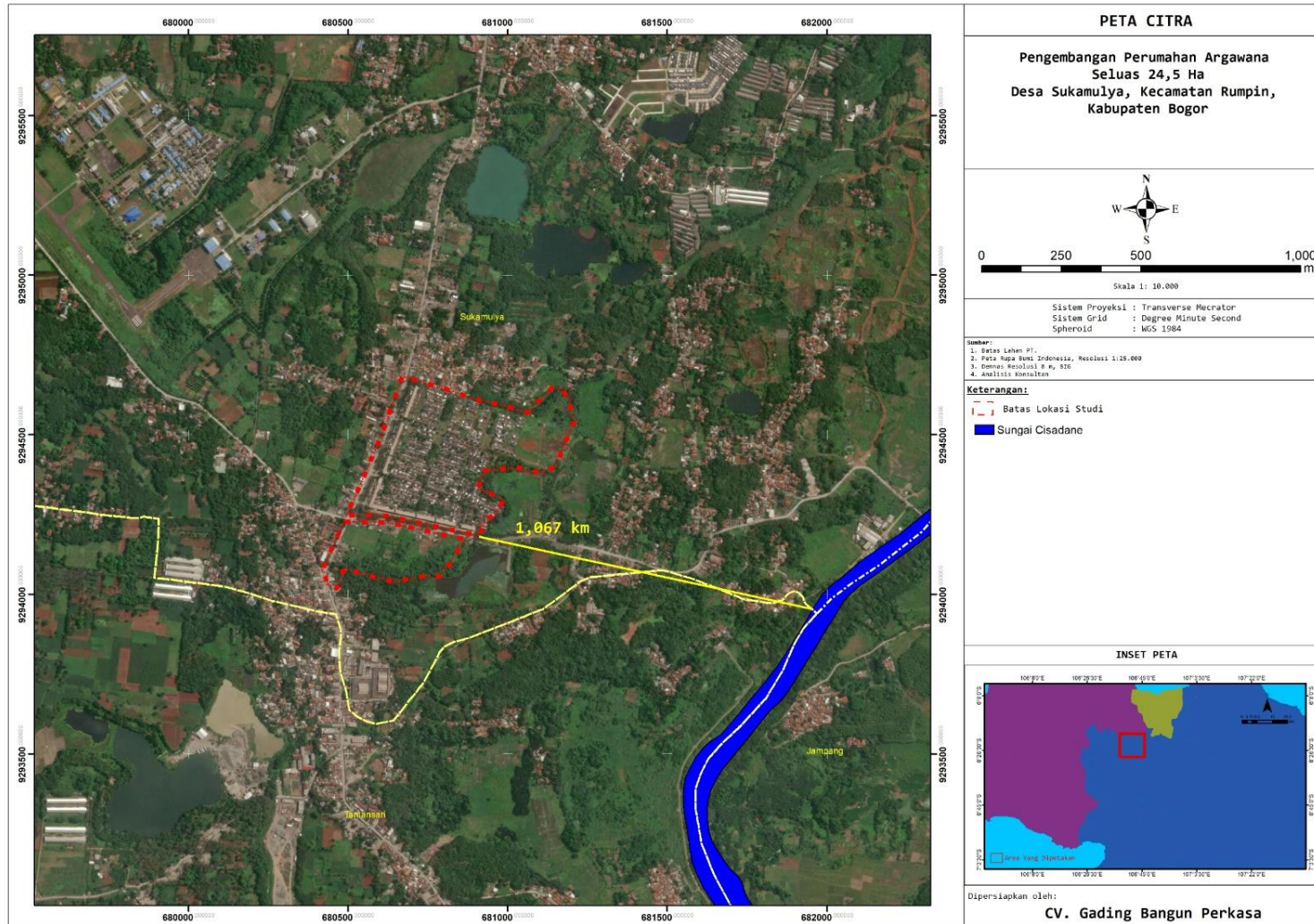
Elv. Terendah Perumahan +61.38 m MDPL

Potongan Hilir Sungai



KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 PERUMAHAN ARGAWANA

Lampiran 9 Gambaran Kondisi Aliran Sungai Eksisting



KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 PERUMAHAN ARGAWANA

Lampiran 10 Gambaran Lahan Eksisting



KAJIAN HIDROLOGI PENGEMBANGAN LAHAN 24,5 PERUMAHAN ARGAWANA

Lampiran 11 Pengukuran Lapangan

