

PENYELIDIKAN GEOLOGI TERPADU MENUNJANG PENATAAN RUANG PADA KAWASAN RAWAN BENCANA WILAYAH PANTURA JAWA TENGAH (BREBES, TEGAL, PEMALANG)

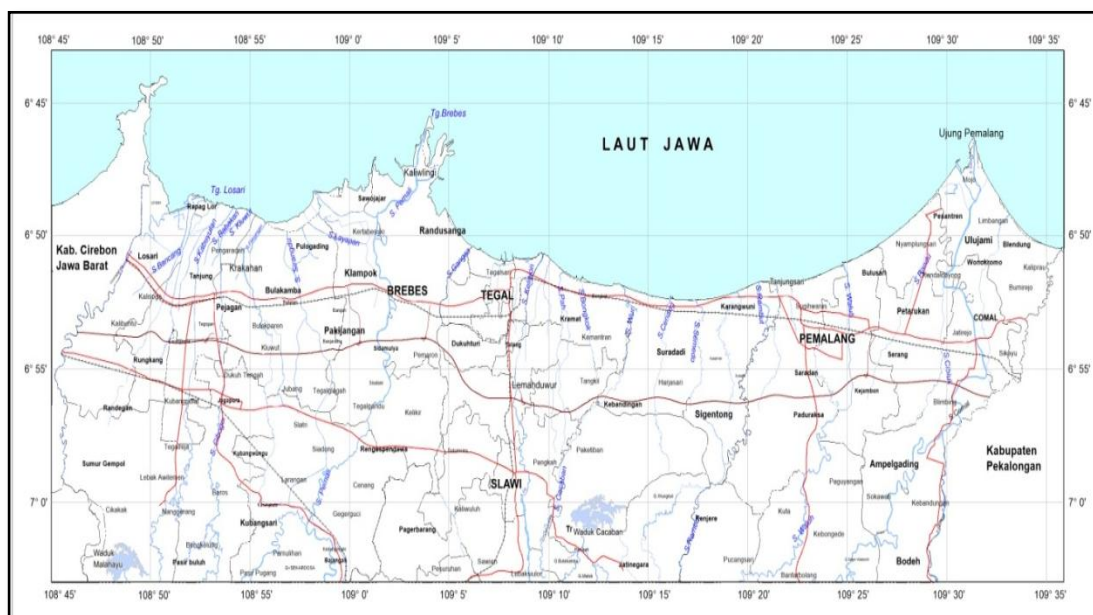
Oleh :

TIM GEOLOGI LINGKUNGAN TERPADU

No. 7/LAP-BGE.P2K/2021

Program Penelitian, Mitigasi dan Pelayanan Geologi

Kode Program : 020.13.FE
Tahun Anggaran : 2021
Kuasa Pengguna Anggaran : Kasbani
Penanggung Jawab Kinerja : Kasbani
Pejabat Pembuat Komitmen : Endrik Susanto



KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL
BADAN GEOLOGI
PUSAT AIR TANAH DAN GEOLOGI TATA LINGKUNGAN
JALAN DIPONEGORO NO.57 BANDUNG 40122
Telp.(022) 7274676, 7274677. Fax. (022) 7206167,E-Mail : pag@bgl.esdm.go.id

**KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL
BADAN GEOLOGI
PUSAT AIR TANAH DAN GEOLOGI TATA LINGKUNGAN**

JALAN DIPONEGORO NO.57 BANDUNG 40122
Telp. (022) 7274676, 7274677, 7274670, Fax (022) 7206167
Home Page : <http://www.plg.esdm.go.id> E-mail : pag@bgl.esdm.go.id

LEMBAR PENGESAHAN

Program Penelitian, Mitigasi dan Pelayanan Geologi

**PENYELIDIKAN GEOLOGI TERPADU MENUNJANG PENATAAN RUANG
PADA KAWASAN RAWAN BENCANA WILAYAH PANTURA JAWA TENGAH
(Kabupaten Brebes, Kota Tegal, Kabupaten Tegal, Kabupaten Pemalang)**

Bandung, November 2021

Diperiksa dan disetujui oleh :

Koordinator
Geologi Lingkungan,



Dr. Ir. Moch. Wachyudi Memed, MT

NIP. 19670505 199303 1 002

DAFTAR ISI

	Hal
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1-1
1.2. Maksud dan Tujuan	1-2
1.3. Manfaat Penyelidikan.....	1-2
1.4. Lokasi Kegiatan.....	1-2
1.5. Ruang Lingkup Pekerjaan.....	1-2
BAB II METODE PENELITIAN	
2.1. Metode Analisis.....	2-1
2.1.1. Analisis data sekunder.....	2-1
2.1.2. Pengumpulan data primer.....	2-1
2.2. Tahapan Pekerjaan Studio.....	2-5
2.2.1. Penyusunan Peta dan Laporan.....	2-5
2.2.2. Penentuan Parameter.....	2-6
2.3. Parameter Geologi Lingkungan.....	2-6
2.3.1. Penilaian parameter geologi lingkungan.....	2-7
2.3.2. Penilaian parameter non geologi.....	2-8
2.3.3. Analisis tampalan (Overlay).....	2-8
2.3.4. Keluaran.....	2-11

BAB III GEOLOGI LINGKUNGAN

3.1. Morfologi.....	3-1
3.2. Stratigrafi.....	3-5
3.3. Struktur Geologi.....	3-12
3.4. Sumber Daya Air.....	3-15
3.4. 1. Air Permukaan.....	3-15
3.4. 2. Air Tanah.....	3-16
3.4. 3. Kualitas Air Tanah Daerah Penyelidikan.....	3-22
3.4. 4. Hasil Analisis Geokimia Air Tanah.....	3-26
3.5. Bahaya Aspek Geologi.....	3-32
3.5.1. Gerakan Tanah.....	3-32
3.5.2. Abrasi dan Akresi.....	3-36
3.5.3. Gempa Bumi.....	3-43
3.6. Bahaya Aspek Geologi Teknik.....	3-46
3.6. 1. Tanah lunak.....	3-46
3.6. 2. Lempung Bermasalah.....	3-48
3.6. 3. Likuefaksi.....	3-50
3.7. Kendala Non-Geologi.....	3-52
3.8. Potensi Sumber daya bahan bangunan.....	3-56
3.9. Rencana Pengembangan Kawasan strategis (permukiman dan industri).....	3-59
3.10. Tutupan lahan daerah penyelidikan.....	3-61

BAB IV. EVALUASI DAN REKOMENDASI GEOLOGI LINGKUNGAN

4.1. Analisis Geologi Lingkungan.....	4-1
4.1.1. Komponen Sumber Daya Geologi.....	4-1
4.1.2. Komponen Bahaya Geologi.....	4-5
4.1.3. Komponen Penyisih Geologi.....	4-6

4.1.4. Komponen Penyisih Non Geologi.....	4-6
4.2. Zonasi Kesesuaian Lahan Untuk Pengembangan Wilayah.....	4-7
4.3. Evaluasi dan Rekomendasi Pengembangan Wilayah Berdasarkan Aspek Geologi Lingkungan.....	4-10
4.3.1. Evaluasi dan Rekomendasi Geologi Lingkungan Daerah Penyelidikan.....	4-10
4.3.2. Evaluasi dan Rekomendasi Geologi Lingkungan pada daerah rencana Pengembangan Kawasan Pertumbuhan Cepat Pantura.....	4-15
4.3. Komponen Penyisih.....	4-9
4.3.1. Gerakan tanah Tinggi.....	4-9
4.3.2. Zona lemah/ Sesar aktif.....	4-9
4.3.3. Banjir / daerah landaan rob.....	4-9
4.3.4.. Komponen Penyisih non Geologi.....	4-9
4.4. Pengembangan Wilayah Berdasarkan Aspek Geologi Tata Lingkungan	4-10
4.4.1. Zona Kesesuaian Lahan.....	4-11
4.4.2. Rekomendasi Penggunaan Lahan.....	4-15

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.....	5-1
5.2. Saran.....	5-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kriteria Penilaian Geologi Lingkungan.....	2-9
Tabel 3.1 Kelas Kemiringan Lereng.....	3-2
Tabel 3.2 Daerah aliran sungai (DAS) di wilayah penyelidikan sesuai dengan Perpres RI.No.12 Tahun 2021 tentang penetapan wilayah sungai.....	3-16
Tabel 3.3. Klasifikasi penilaian salinitas air sumur.....	3-24
Tabel 3.4. Klasifikasi air tanah berdasarkan daya hantar listrik.....	3-24
Tabel 3.5. Klasifikasi air tanah berdasarkan TDS.....	3-25
Tabel 3.6. Klasifikasi air tanah berdasarkan pH.....	3-25
Tabel 3.7. Nilai resistivitas batuan.....	3-26
Tabel 3.8. Hasil pengukuran geokimia air tanah daerah Pemalang.....	3-27
Tabel 3.9. Hasil pengukuran geokimia air tanah daerah Brebes.....	3-28
Tabel 3.10. Hasil pengukuran air sampel daerah Tegal.....	3-30
Tabel 3.11. Luas wilayah akresi dan abrasi di Pantai Larangan Kabupaten Brebes.....	3-39
Tabel 3.12. Luas abrasi-akresi Muara Comal, Pemalang.....	3-42
Tabel 3.13. Potensi bahan galian industri daerah penyelidikan.....	3-57
Tabel 3.14. Rencana pengembangan daerah penyelidikan Bregasmalang.....	3-59
Tabel 4.1. Rekomendasi geologi lingkungan untuk pengembangan kawasan Industri Brebes.....	4-18
Tabel 4.2. Rekomendasi Geologi Lingkungan untuk Pengembangan Kota Tegal.....	4-21
Tabel 4.3. Rekomendasi Geologi Lingkungan untuk Pengembangan Kawasan Kota daerah Slawi dan sekitarnya.....	4-24
Tabel 4.4. Rekomendasi Geologi Tata Lingkungan untuk pengembangan kawasan industri dan perkotaan Pemalang.....	4-27

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Peta Lokasi Penyelidikan geologi terpadu menunjang penataan ruang pada kawasan Strategis Provinsi Jawa Tengah Bregasmalang.....	1-3
Gambar 2.1. Bagan alir metode dan tahapan kegiatan.....	2-4
Gambar 3.1. Peta morfologi daerah penyelidikan.....	3-3
Gambar 3.2. Peta kemiringan lereng daerah penyelidikan.....	3-4
Gambar 3.3. Peta geologi daerah penyelidikan.....	3-10
Gambar 3.4. Peta daya dukung tanah dan batuan untuk pondasi dangkal daerah Pantura Jawa Tengah.....	3-11
Gambar 3.5. Pola struktur Pulau Jawa.....	3-12
Gambar 3.6. Peta patahan aktif daerah penyelidikan.....	3-14
Gambar 3.7. Peta CAT daerah penyelidikan.....	3-15
Gambar 3.8. Peta Sub DAS daerah penyelidikan.....	3-16
Gambar 3.9. Peta hidrogeologi daerah penyelidikan.....	3-20
Gambar 3.10. Peta ketersediaan air tanah daerah penyelidikan.....	3-21
Gambar 3.11. Peta titik pengambilan contoh air tanah daerah penyelidikan.....	3-23
Gambar 3.12. Hasil korelasi geokimia air tanah daerah Brebes.....	3-29
Gambar 3.13. Peta penggambaran daerah penyelidikan.....	3-31
Gambar 3.14. Peta zona kerentanan gerakan tanah daerah penyelidikan.....	3-35
Gambar 3.15. Peta sebaran abrasi dan akresi daerah penyelidikan.....	3-36
Gambar 3.16. Terjadinya perubahan garis pantai akibat akresi dan abrasi di muara Sungai Pemali daerah Kaliwlingi, Randusanga, Wanasari, Bebes.....	3-38
Gambar 3.17. Perubahan garis pantai dari tahun 2005 sampai 2020 di Muarareja.....	3-39
Gambar 3.18. Wilayah akresi dan erosi di Pantai Larangan Kabupaten Tegal.....	3-40
Gambar 3.19. Perubahan Garis pantai daerah Ulujami, Pernalang.....	3-41
Gambar 3.20. Peta zona seismik daerah penyelidikan.....	3-44
Gambar 3.21. Peta gempabumi daerah penyelidikan.....	3-45
Gambar 3.22. Peta sebaran tanah lunak daerah penyelidikan.....	3-47
Gambar 3.23. Peta sebaran batuan lempung bermasalah daerah penyelidikan.....	3-49
Gambar 3.24. Peta zona kerentanan likuefaksi daerah penyelidikan.....	3-51
Gambar 3.25. Peta kawasan banjir daerah penyelidikan.....	3-55
Gambar 3.26. Peta lokasi tambang daerah Pantura Jawa Tengah.....	3-58
Gambar 3.27. Peta rencana kawasan industri dan pengembangan perkotaan Bregasmalang.....	3-60
Gambar 3.28. Peta tutupan lahan di Pantai Utara Jawa Tengah.....	3-62
Gambar 4.1. Peta lokasi kajian terpilih daerah Pantura Jawa Tengah.....	4-16
Gambar 4.2. Peta Rekomendasi Geologi Tata Lingkungan Kawasan Industri Brebes....	4-20

Gambar 4.3. Peta Rekomendasi Geologi Tata Lingkungan Kawasan Kota Tegal.....	4-23
Gambar 4.4. Peta Rekomendasi Geologi Tata Lingkungan Kawasan Kota Slawi.....	4-26
Gambar 4.5. Peta Rekomendasi Geologi Tata Lingkungan Kawasan Industri dan Kota Pemalang.....	4-29

DAFTAR LAMPIRAN

A. Peta Kesesuaian lahan untuk pengembangan perkotaan berdasarkan aspek Geologi Tata Lingkungan (dalam kantong)

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT bahwasannya penyusunan laporan ini telah selesai. Dimana geologi lingkungan merupakan penerapan aspek geologi dalam penataan lingkungan, sehingga aspek geologi harus menjadi salah satu bahan pertimbangan dalam penataan ruang suatu wilayah.

Menyadari keperluan tersebut, Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan, melalui Program Penelitian, Mitigasi dan Pelayanan Geologi, Kode Program No.020.13.FE, Tahun Anggaran 2021, melaksanakan PENYELIDIKAN GEOLOGI TERPADU MENUNJANG PENATAAN RUANG PADA KAWASAN RAWAN BENCANA WILAYAH PATURA JAWA TENGAH (Brebes, Tegal, Kota Tegal dan Pemasang).

Hasil rekomendasi dituangkan dalam bentuk buku laporan yang dilengkapi dengan Peta Geologi Lingkungan, serta peta-peta terkait lainnya. Laporan ini diharapkan dapat dijadikan sebagai salah satu bahan pertimbangan dalam penyusunan rencana tata ruang di daerah yang bersangkutan.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pemerintah Provinsi Jawa Tengah, Kabupaten Brebes Kota Tegal, Kabupaten Tegal dan Kabupaten Pemasang Provinsi Jawa Tengah, serta semua pihak yang telah membantu kelancaran penyelidikan serta penyelesaian laporan ini.

Bandung, November 2021
Pejabat Pembuat Komitmen

Endrik Susanto, ST
NIP. 19880223 201503 1 003

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perencanaan pembangunan dan pengembangan wilayah perkotaan, termasuk di dalamnya bagi kawasan permukiman skala besar, perdagangan, perkantoran dan industri sebaiknya sejak dini mempertimbangkan berbagai persyaratan dan kriteria tertentu berdasarkan pada aspek geologi lingkungan. Aktivitas ini jika tidak memperhatikan karakteristik geologi lingkungan dan daya dukung akan mempengaruhi keseimbangan lingkungan fisik. Kurang sesuainya peruntukan lahan terhadap daya dukung lingkungan geologi seperti penempatan sarana strategis dan permukiman di daerah rawan bencana geologi, akan meningkatkan resiko dari bencana tersebut.

Kawasan Pantai Utara Jawa Tengah merupakan kawasan yang sangat dinamik dan memiliki potensi sumberdaya yang cukup besar. Kondisi morfologi yang relatif datar menyebabkan kawasan pesisir Pantai Utara Jawa Tengah dapat diakses dengan mudah sehingga berkembang menjadi salah satu pusat perekonomian nasional yang menghubungkan dua kota besar di Indonesia, yaitu Jakarta dan Surabaya, sehingga banyak berkembang kawasan industri dan permukiman yang pesat, namun daya dukung lahan tidak sebanding dengan peningkatan kawasan tersebut, salah satunya kawasan pesisir merupakan wilayah yang sangat rentan terhadap bahaya banjir, rob, abrasi dan penurunan tanah. Dampak dari bencana tersebut akan semakin meluas apabila tidak ditangani dengan cepat.

Pada saat ini isu yang berkembang pada Kawasan Strategis di Provinsi Jawa Tengah mulai dari Brebes, Tegal, Slawi, dan Pemalang (BREGASMALANG) adalah kerusakan lahan yang diakibatkan oleh abrasi, penggaraman, rob serta banjir sedangkan pada bagian selatan pantura banyaknya permukiman yang berada pada kawasan gerakan tanah menengah dan tinggi.

Dengan makin berkembangnya kawasan pantura menjadi kawasan perindustrian dan permukiman, tentu saja terus melakukan peningkatan pembangunan prasarana fisik dan pengembangan wilayah. Tersedianya data dan informasi geologi lingkungan diharapkan dapat memberi masukan dan rekomendasi bagi perencanaan penggunaan lahan dalam rangka pengembangan wilayah dan rencana penataan ruang wilayah (RTRW) kawasan tersebut.

Data dan informasi ini berupa sumberdaya geologi dan bahaya lingkungan beraspek geologi yang masing - masing sebagai faktor penunjang dan faktor pembatas

dalam perencanaan pembangunan dan penataan ruang. Dengan demikian perencanaan penggunaan lahan mendapatkan kejelasan tingkat kesesuaian dan kemampuan lahan yang tepat hingga dapat mencapai upaya pembangunan yang optimal berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.

Bertitik tolak pada hal tersebut, maka melalui anggaran tahun 2021, Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan tim dari Bidang Geologi Lingkungan telah melaksanakan Penyelidikan Geologi Terpadu Menunjang Penataan Ruang Pada Kawasan Strategis Provinsi Jawa Tengah BREGASMALANG mulai dari Kabupaten Brebes, Kabupaten Tegal, Kota Tegal dan Kabupaten Pemalang.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penyelidikan geologi lingkungan untuk mengidentifikasi karakteristik aspek kegeologian, baik sumber daya geologi yang merupakan faktor pendukung dalam pengembangan wilayah, maupun aspek kebencanaan geologi yang merupakan faktor kendala dalam pengembangan wilayah, khususnya pengembangan wilayah perkotaan.

Sedangkan tujuannya memberikan rekomendasi beraspek geologi terhadap perencanaan tata ruang di Kawasan Strategis Provinsi Jawa Tengah BREGASMALANG.

1.3 Manfaat Penyelidikan

Tersedianya data/informasi geologi lingkungan yang dapat dijadikan bahan masukan dan evaluasi terhadap Rencana Tata Ruang **Kawasan Strategis Provinsi Jawa Tengah BREGASMALANG**.

1.4 Lokasi Kegiatan

Secara administratif lokasi kegiatan termasuk kedalam wilayah Kabupaten Brebes, Kota Tegal, Kabupaten Tegal, dan Kabupaten Pemalang Provinsi Jawa Tengah. Secara geografis terletak pada 6°43' - 7°03' LS dan 108°45' - 109°35' BT. (Gambar 1) :

1.5 Ruang Lingkup Pekerjaan

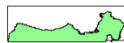
Lingkup pekerjaan penyelidikan, survei, dan pemetaan geologi lingkungan terpadu, secara garis besar dibagi dalam tahapan persiapan, tahapan pekerjaan lapangan, tahapan analisis data, dan penyusunan laporan.

Pelaksanaan pekerjaan dilakukan melalui studi data sekunder, dan pengambilan data primer di lokasi pemetaan/survei. Analisis peta dilakukan dengan cara tumpang susun (*overlay*) peta tematik yang dapat dilakukan secara digital menggunakan SIG.

Hasil dari pekerjaan penyelidikan, survei, dan pemetaan, divisualisasikan dalam bentuk laporan tertulis yang disertai peta tematik dan dilengkapi dengan peta kesesuaian lahan dan peta rekomendasi untuk pengembangan wilayah perkotaan berdasarkan pertimbangan aspek geologi lingkungan skala 1 : 50.000.



Keterangan :



Lokasi Penyelidikan

Gambar 1.1 Peta Lokasi Penyelidikan Geologi Terpadu Menunjang Penataan Ruang Pada Kawasan Strategis Provinsi Jawa Tengah BREGASMALANG

BAB II METODE PENELITIAN

2.1. Metode Analisis

Metode analisis yang dilakukan dalam kegiatan ini terdiri atas 3 (tiga) kegiatan utama yaitu, (a). Analisis data sekunder, (b). Pengumpulan data primer, (c). Penyusunan laporan. Uraian dari masing-masing tahapan dapat diuraikan berikut di bawah, sedangkan rangkuman seluruh kegiatan disajikan dalam bagan alir (Gambar 2.1).

2.1.1. Analisis data sekunder

Data sekunder yang dianalisis terdiri :

- Data / peta Rupabumi Skala 1: 25.000 (BIG)
- Data / peta geologi Skala 1: 100.000 (Badan Geologi)
- Data / peta hidrogeologi Skala 1: 100.000 (Badan Geologi)
- Data / peta geologi teknik Skala 1:100.000 (Badan Geologi)
- Data / peta bencana geologi
- Data terkait lainnya

Dalam tahapan ini mencakup pembuatan surat izin survei/penyelidikan, penyediaan peta dasar, studi pustaka, peralatan lapangan dan penyusunan rencana kerja lapangan. Metodologi untuk mengolah data sekunder ini diantaranya adalah menginventarisasi data yang berhubungan dengan aspek geologi tata lingkungan. Interpretasi citra setelit untuk mengetahui keadaan awal lingkungan fisik seperti bentang alam, penggunaan lahan, infrastruktur dan atau pembuatan peta dasar topografi dari satelit Radar Topographic Mission (SRTM) melalui program Global Mapper.

2.1.2. Pengumpulan data primer

Pengumpulan data primer adalah penyelidikan lapangan dengan kegiatan sebagai berikut :

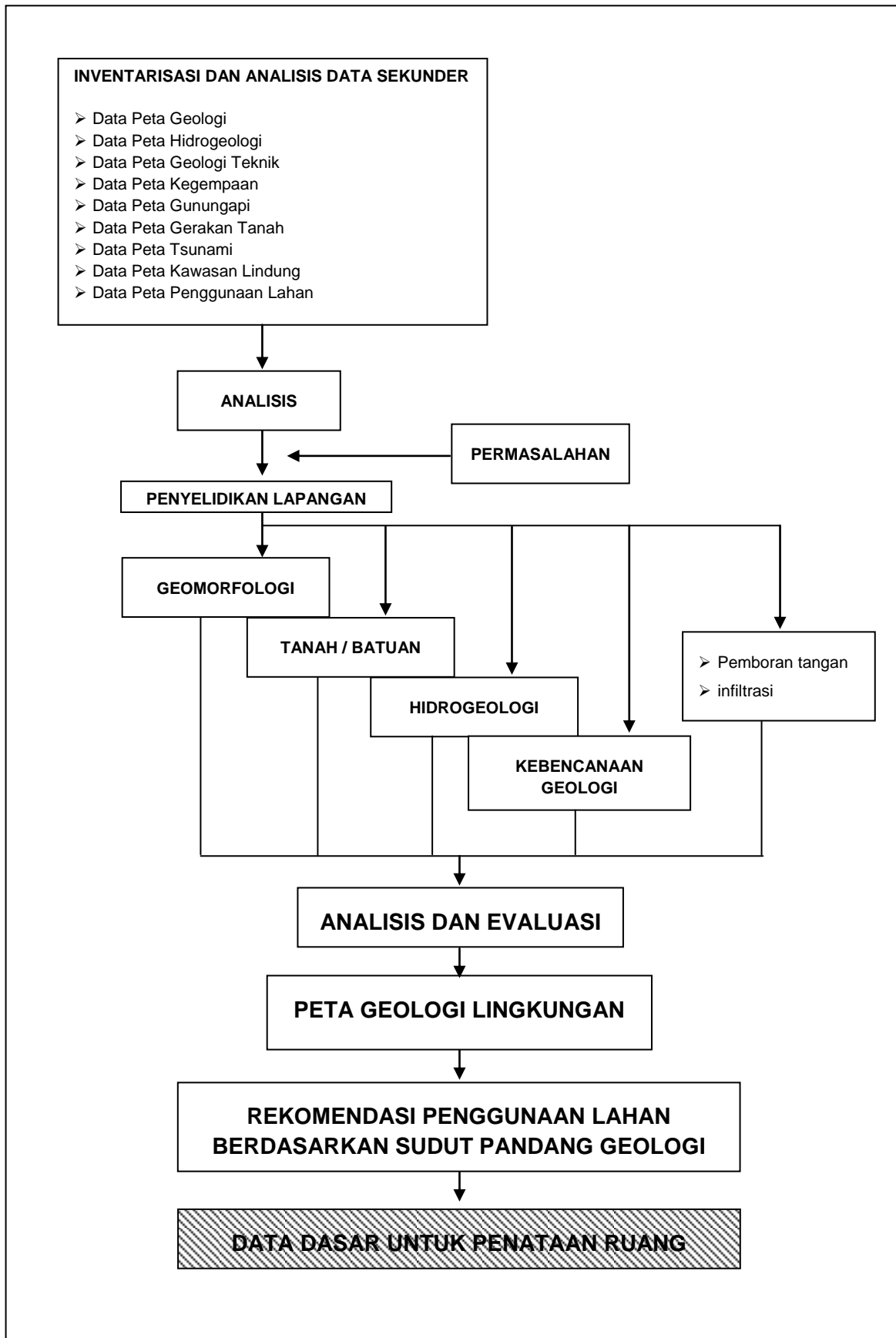
- Menentukan lintasan pengamatan dan pengukuran pada setiap titik minat daerah pemetaan yang menjadi target pengkajian, serta melakukan pengamatan aspek geologi tata lingkungan baik daya dukung maupun kendala. Dan dilakukan dokumentasi dari setiap kegiatan lapangan baik tulisan maupun foto.
- Pemetaan morfologi, dilakukan untuk mendapatkan informasi bentuk permukaan lahan (*landskap*) yang mencerminkan kondisi bentang alam masing-masing satuan, tanah/batuan pembentuknya, proses geologi yang mempengaruhi dan penggunaan lahan (*existing landuse*). Hasil peta yang dibuat berupa peta morfologi /peta

Kemiringan lereng skala 1 : 50.000.

- Pemetaan Geologi Permukaan, dilakukan untuk mendapatkan data dan informasi sifat fisik dan keteknikan tanah/batuan penyusun di daerah kajian. Penyelidikan yang meliputi diskripsi mengenai masing-masing satuan batuan. Peta yang dibuat berupa peta tematik geologi permukaan skala 1 : 50.000 atau lebih kecil. Pemetaan sebaran tanah dan batuan hasilnya lebih dikenal dengan peta formasi geologi teknik, secara umum berdasarkan dominasi suatu jenis litologi batuan dipermukaan yang ada pada formasi tertentu di daerah pemetaan. Penyusunan satuan formasi geologi teknik ini dilakukan dengan cara pengelompokan dari satuan batuan yang dominan yang mempunyai sifat fisik dan keteknikan yang sama atau hampir sama.
- Penampang litologi dapat dari bor tangan, sumur uji atau pengamatan tebing.
- Pemboran tangan, dilakukan untuk memperoleh data penyebaran jenis tanah penyusun bawah permukaan sampai kedalaman mencapai kurang dari 10 meter atau setelah pemboran mendapatkan tanah keras/batuan dasar. Melakukan pemerian terhadap sifat-sifat fisik tanah penyusun secara vertikal dan membuat korelasi (penampang) horisontal antara titik bor tangan satu dengan lainnya, sehingga dapat menunjang atau pemutakhiran dalam penyusunan peta geologi permukaan.
- Pengambilan contoh tanah tidak terganggu (*undisturbed sample*), akan diambil pada setiap lokasi atau satuan batuan yang dapat mewakili daerah penyelidikan. Pengambilan contoh tanah digunakan tabung *tube sample*. Untuk mendapatkan percontoh tanah sesuai kondisi lapangan, dikedua ujung tabung ditutup dengan parafin dan diberi label mengenai nomor percontoh dan lokasinya. Contoh tanah selanjutnya dianalisis di laboratorium mekanika tanah untuk diuji sifa-sifat fisik dan keteknikannya.
- Pemetaan sumberdaya hidrogeologi, dilakukan dengan cara pengamatan / inventarisasi keterdapatan sumberdaya air (airtanah, mataair dan air permukaan). Pemerian yang dilakukan meliputi: jenis, penyebaran dan kesampaian lokasi. Jika dimungkinkan juga dilakukan rekaan cadangannya. Inventarisasi sumberdaya air, selain melakukan pengamatan secara visual juga disertai pengambilan beberapa percontoh air (air permukaan dan air tanah). Contoh-contoh tersebut selanjutnya dianalisis di Laboratorium Analisa Air untuk diuji sifat fisika dan kimianya sesuai standar persyaratan air minum menurut Departemen Kesehatan RI.
- Pemetaan bahaya lingkungan beraspek geologi, dilakukan dengan identifikasi terhadap aspek bahaya lingkungan yang terdiri atas :
 - Gerakan tanah: Pengamatan gejala gerakan tanah dilakukan di lapangan

terutama di daerah-daerah bersudut kemiringan lereng curam, jenis dan sebaran batuan/tanah yang memiliki karakteristik tertentu terhadap aspek kelongsoran, struktur geologi, penggunaan lahan dan kegempaan. Pada daerah dengan potensi kerentanan gerakan tanah tinggi, berupa pengamatan gejala gerakan tanah yang akan dilakukan di lapangan terutama di daerah bersudut kemiringan lereng curam dengan batuan yang memiliki karakteristik tertentu terhadap aspek kelongsoran.

- Kegempaan: Informasi kegempaan dilakukan dengan mempelajari data sekunder maupun informasi yang diperoleh dari instansi terkait.
- Banjir: Lokasi banjir biasanya terdapat di sekitar alur sungai besar dan atau pedataran rendah yang diperkirakan mempunyai potensi banjir akan dilokalisir.
- Abrasi. Pengamatan abrasi pantai dilakukan di daerah-daerah yang berpotensi mempunyai tingkat abrasi tinggi, yang sebelumnya dilakukan pengamatan melalui citra satelit dengan melihat perubahan pantai.
- Banjir luapan sungai; Lokasi banjir biasanya terdapat di sekitar alur sungai besar dan atau pedataran rendah yang diperkirakan mempunyai potensi banjir akan dilokalisir.
- Banjir Rob; biasanya terjadi di daerah pesisir pantai akibat perubahan musim yang terjadi setiap tahunnya, yang menjadi salah satu kendala dalam pengembangan wilayah daerah pesisir pantai.



Gambar 2.1. Bagan alir metode dan tahapan kegiatan

2.2. Tahap Pekerjaan Studio

2.2.1. Penyusunan Peta dan Laporan

Menyusun laporan hasil penyelidikan, survei dan pemetaan geologi lingkungan, termasuk penyuntingan, pemberian kode yang dilengkapi dengan peta-peta, tabel, gambar, dan foto-foto lapangan.

Menganalisis peta bertema dengan metode tumpang susun peta dan metode peringkat (*scoring*) untuk mendapatkan informasi kesesuaian lahan, yaitu berdasarkan parameter-parameter yang disebutkan sebelumnya. Analisis dilakukan untuk menetapkan zonasi geologi lingkungan untuk penataan ruang perkotaan dan rekomendasi penggunaan lahan wilayah kota.

Metode yang digunakan dalam penyelidikan ini adalah dengan melakukan pemetaan zona kelas lahan untuk menentukan tingkat kesesuaian lahan suatu wilayah berdasarkan kondisi geologi. Penyusunan peta zona kesesuaian lahan merupakan langkah awal terbaik untuk mengatasi masalah tersebut, disamping itu peta zona kesesuaian lahan dapat mendukung pada rencana tata ruang untuk pengembangan wilayah.

Analisis zona kesesuaian lahan merupakan tahapan seleksi regional dalam pemilihan lokasi penempatan infrastruktur dan tapak suatu kegiatan pembangunan, sebelum penyelidikan tapak secara rinci dilakukan. Setiap zona yang dinyatakan sesuai sebagai lokasi dalam tahapan ini masih memerlukan analisis rinci untuk lebih memastikan tingkat kesesuaian lahan, karena karakteristik geologi lingkungan secara regional dapat berbeda dengan kondisi tapak secara lokal, termasuk aspek lingkungan lainnya. Peta geologi lingkungan dengan tingkat zonasi kesesuaian lahan suatu daerah merupakan rekomendasi yang telah mendekati persyaratan rencana penataan ruang yang baik.

Parameter yang dijadikan kriteria dalam analisis zona kesesuaian lahan ini adalah persyaratan yang berkaitan dengan penyusunan konsep tata ruang pengembangan suatu daerah seperti wilayah perkotaan. Parameter ini selanjutnya dibuat data keruangan (spatial) dalam bentuk peta tematik. Setiap satuan dalam peta tersebut dianalisis dan dilakukan penilaian dengan nilai kelas kesesuaian lahan tinggi hingga tidak layak, sehingga semua satuan parameter memiliki kelas tersendiri. Pembagian kelas didasarkan pada karakteristik masing-masing parameter yang mempunyai kaitan dengan pemanfaatan ruang. Jumlah dan jenis peta tematik yang digunakan untuk analisis dengan metoda tumpang susun (*overlay*) sangat tergantung dengan ketersediaan data yang dianalisis.

2.2.2. Penentuan Parameter

Parameter yang digunakan untuk menilai kesesuaian lahan yang berkaitan dengan aspek fisik lahan, dalam hal ini berkaitan dengan kondisi geologi lingkungan setempat. Informasi ini memberikan gambaran mengenai kondisi wilayah, yang meliputi aspek pendukung yang diperlukan bagi perencanaan tata ruang, serta gambaran aspek kendala berupa bahaya geologi yang dapat membatasi kegiatan perencanaan pengembangan wilayah yang direncanakan. Selain informasi geologi lingkungan diperlukan pula informasi non geologi, seperti persyaratan garis sempadan sungai, kawasan lindung dan lain sebagainya yang sudah diatur dalam peraturan perundangan.

2.3. Parameter Geologi Lingkungan

Howard dan Remson (1978), Coates (1981) dan Tank (1983) menyebutkan beberapa parameter geologi lingkungan yang diperlukan untuk menetapkan suatu aspek kesesuaian lahan, meliputi:

A. Sumberdaya Geologi

Sumberdaya geologi yang berpengaruh terhadap penilaian kesesuaian lahan meliputi ketersediaan airtanah, morfologi/kelerengan dan keadaan fisik mekanik tanah/batuan.

➤ Hidrogeologi

Data hidrogeologi yang penting berkaitan dengan potensi sumberdaya airtanah adalah produktifitas airtanah, kualitas airtanah, kedalaman muka airtanah bebas (*unconfined groundwater*), dan keberadaan mata air. Potensi airtanah yang tinggi, kualitas baik, letaknya dangkal serta tidak menimbulkan efek intrusi airtanah setelah diambil akan sangat menunjang kebutuhan pemukiman.

➤ Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng suatu daerah mempunyai pengaruh terhadap nilai kesesuaian lahan, baik bentuk dataran, bergelombang atau berbukit-bukit. Umumnya keadaan lahan datar akan lebih mudah pengerjaannya dibandingkan dengan kondisi lahan lainnya, selain akan memudahkan manusia dalam hal transportasi.

➤ Tanah/batuan

Tanah/batuan yang baik sebagai dasar/alas lahan suatu tapak suatu bangunan adalah bila daya dukungnya cukup untuk menopang keperluan pondasi bangunan. Batuan/tanah yang memenuhi persyaratan tersebut adalah apabila batuan tersebut cukup kokoh, keras dan tidak mudah merekah (kompak). Hal lain yang perlu diperhatikan adalah sifat tanah/batuan tersebut tidak mudah berubah oleh reaksi kimia serta rentan terhadap erosi.

Selain itu tanah, mineral dan batuan dapat digunakan sebagai bahan bangunan, misalnya untuk bahan urugan, konstruksi dan lain sebagainya. Potensi bahan bangunan yang cukup di suatu tempat dan mudah dijangkau dapat menunjang pengembangan pemukiman dan akan mengurangi biaya pembangunan.

B. Kendala Geologi

Perencanaan suatu tapak dalam suatu konsep tata ruang sebaiknya tidak terletak pada daerah kegempaan tinggi, rawan longsor, kawasan rawan bahaya III gunung api, zona sesar aktif, gelombang pasang, tsunami dan banjir. Tujuannya adalah untuk menghindari hilangnya harta benda dan jiwa manusia akibat timbulnya bencana tersebut.

2.3.1. Penilaian Parameter Geologi Lingkungan

Dalam metode ini, semua parameter geologi lingkungan diberi nilai bobot tertentu. Ada dua macam penilaian untuk setiap parameter, yaitu nilai dan bobot. Dalam metode kualitatif besarnya nilai yang diberikan berdasarkan berbagai asumsi serta ditentukan berdasarkan kesepakatan (*expert judgement*).

1). Bobot (*Weight*)

Nilai bobot menunjukkan tingkat kepentingan suatu parameter dalam menentukan suatu kesesuaian lahan. Skala nilai bobot berkisar antara -1 sampai 14. Semakin tinggi tingkat kepentingannya, maka akan semakin tinggi pula nilai yang diberikan yaitu mendekati nilai 14. Sebaliknya semakin rendah kepentingannya nilai yang diberikan akan rendah yaitu mendekati nilai -1.

Penentuan tinggi rendahnya intensitas antara satu parameter dengan parameter lainnya didasarkan pada pertimbangan-pertimbangan berikut :

- a. Mengoptimalkan pemanfaatan sumberdaya yang tersedia, misalnya air bersih. Kebutuhan hidup manusia terhadap air sangat tinggi, sehingga daerah dengan sumber air bersih melimpah akan sangat diminati.
- b. Pemanfaatan sumberdaya tersebut dilakukan berkali-kali atau hanya satu kali. Sebagai contoh air digunakan oleh manusia setiap hari sehingga harus selalu tersedia. Sedangkan kemiringan lereng atau kondisi batuan berpengaruh pada saat pembangunan atau konstruksi, dengan demikian nilai intensitas sumberdaya air lebih tinggi dari pada kemiringan lereng dan batuan.
- c. Keamanan, faktor ini penting untuk mencegah rusak/hilangnya sarana/prasarana yang telah dibangun serta mencegah hilangnya jiwa manusia.

2). Nilai

Setiap parameter perlu ditentukan kriterianya, yakni untuk mengetahui besarnya kendala bagi suatu lahan yang ditentukan. Kriteria tersebut umumnya dikelompokkan menjadi empat kelas, yakni kesesuaian lahan tinggi, kesesuaian lahan sedang, kesesuaian lahan rendah dan tidak layak. Setiap kelas dalam parameter tersebut selanjutnya diberinilai tertentu. besarnya penilaian ini yang disebut dengan nilai, skala nilai berkisar antara 1 sampai 3, dengan nilai 1 berarti kendala tinggi dan 3 berarti kendala rendah.

2.3.2. Penilaian Parameter Non Geologi

Parameter non geologi yang perlu dipertimbangkan adalah meliputi kawasan lindung, kawasan industri, lokasi lapangan terbang, pelabuhan laut, jalan raya, rel kereta api dan sungai utama, sepadan pantai. Komponen tersebut merupakan kriteria pembatas fisik dalam penilaian kesesuaian lahan terutama ditinjau dari segi berapa jarak terhadap lokasi tapak yang berbeda pada setiap parameter tersebut.

Pemberian nilai dan bobot tidak diterapkan pada komponen non geologi lingkungan. Komponen ini lebih bersifat sebagai pembatas dan sifat pembatas ini tercermin dari besarnya batas jarak aman (*buffer*). Penentuan besarnya jarak aman didasarkan pada peraturan perundangan yang berlaku.

2.3.3. Analisis Tampilan (*Overlay*)

Metode tampilan merupakan salah satu cara pendekatan untuk mengkombinasikan beberapa informasi, dalam hal ini menggabungkan parameter geologi lingkungan dan parameter non geologi lingkungan, dengan tahapan sebagai berikut :

1. Mengalikan besaran intensitas dengan besaran bobot dari tiap parameter
2. Menjumlahkan hasil perkalian setiap parameter, total nilai penjumlahan seluruh parameter digunakan sebagai dasar untuk menentukan tingkat kendala penentuan kesesuaian lahan. Semakin besar nilainya, kendalanya semakin kecil, begitu juga sebaliknya jika semakin kecil nilainya mempunyai kendala yang semakin besar.

Dari total penjumlahan nilai tersebut dibagi menjadi empat kelas kesesuaian lahan, yaitu; (Tabel 2.1).

- a. Zona Kesesuaian Lahan Tinggi; yaitu zona ini dapat dikembangkan dengan faktor pendukung tinggi dan kendala rendah (potensi kejadian bahaya rendah dan tanpa memerlukan rekayasa teknis dalam pembangunan)
- b. Zona Kesesuaian Lahan Sedang; yaitu zona ini dapat dikembangkan dengan faktor pendukung sedang dan kendala sedang (potensi kejadian bahaya sedang, dan memerlukan rekayasa teknik dalam pembangunan).

- c. Zona Kesesuaian Lahan Rendah; yaitu zona ini dapat dikembangkan dengan faktor pendukung rendah dan kendala tinggi. (potensi kejadian bahaya tinggi dan memerlukan rekayasa teknis dalam pembangunan)
- d. Zona tidak layak merupakan zona yang tidak dapat dikembangkan karena secara geologi dapat membahayakan jiwa manusia serta adanya larangan pembangunan berdasarkan perundangan atau peraturan yang berlaku.

Tabel 2.1 Kriteria Penilaian Geologi Lingkungan

A. Komponen Sumber Daya Geologi

No.	Komponen	Bobot	Kisaran			Kelas	Nilai	Skor		
1	Produktifitas akuifer (untuk memenuhi kebutuhan air bersih)	14	Tinggi (>10 lt/dt)			Baik	3	42		
			Sedang (5 - 10 lt/dt)			Sedang	2	28		
			Rendah (<5 lt/dt)			Buruk	1	14		
2	Morfologi (untuk kemudahan konstruksi dan aksesibilitas)	8	Datar (0 – 5%)			Baik	3	24		
			Landai (5 – 15%)			Sedang	2	16		
			Terjal (>15%)			Buruk	1	8		
3	Sifat Fisik Tanah/batuan (untuk kemudahan fondasi)	2	Ketebalan hingga 5 m	N-SPT (Pemboran)	kg/cm ² (Sondir)	ton/m ² (Qall)	Jenis material permukaan			
	Keras			>50	> 150	> 21,6	Batuan (tanah pelapukan <1,5m)	Baik	3	6
	Sedang			30– 50	60-150	7,2- 21,6	Tanah residu (>1,5m) Pasir &kerikil (<5m)	Sedang	2	4
	Lunak			< 30	< 60	<7,2	Lanau, pasir, dan kerikil (<5m), Lempung, Lumpur, lempung organik dan gambut.	Buruk	1	2

Catatan : parameter di atas merupakan aspek pendukung karena suplai air, kemudahan akses suatu tempat serta dasar tumpuan konstruksi bangunan diperlukan dimanapun dalam pembangunan sehingga bobotnya harus positif (+).

B. Komponen Bahaya Geologi

No	Komponen	Bobot	Kisaran			Kelas	Nilai	Skor
1.	Gempabumi (menggangu stabilitas konstruksi)	-4	∞	Richter	MMI			
			<0,05 g	<5	I - V	Baik	0	0
			0,05-0,15g	5-6	VI,VII	Sedang	1	-4
			>0,15g	>6	VIII - XII	Buruk	2	-8
2.	Tsunami (Potensi Landaan) (terkait dengan kerusakan lahan, bangunan, dan konstruksi)	-3	Tinggi landaan	Ketinggian tempat				
			Tidak Berpotensi	Tidak Berpotensi	Baik	0	0	
			0 –1,5 m	5 – 15 m	Sedang	1	-3	
			>1,5 m	< 5 m	Buruk	2	-6	
3.	Kerentanan gerakan tanah (terkait dengan kemantapan konstruksi)	-2	Sangat rendah			Baik	0	0
			Rendah			Sedang	1	-2
			Menengah			Buruk	2	-4
4.	Gunungapi (terkait dengan kerusakan lahan dan bangunan)	-1	Aman			Baik	0	0
			Kawasan Rawan I			Sedang	1	-1
			Kawasan Rawan II			Buruk	2	-2

C. Komponen Penyisih Geologi

No	Komponen	Kriteria	Kelas	Keterangan
1.	Zona sesar aktif	Jarak< 100 meter	TidakLayak	Berkaitan dengan faktor keamanan
2.	Bahaya gunungapi	Kawasan Rawan III	TidakLayak	
3.	Kerentanan gerakan tanah	Kerentanan Tinggi	TidakLayak	

D. Komponen Penyisih Non Geologi

No	Komponen	Kriteria	Kelas	Keterangan
1	Kawasan lindung	Dalam Kawasan Lindung	TidakLayak	Berkaitan dengan peraturan dan perundang-Undangan
2	Lokasi lapangan terbang	Jarak< 100 meter	TidakLayak	Menghindari polusi suara resonansi dan gangguan penerbangan
3	Banjir dengan tinggi genangan \geq 3m	Dalam Daerah Genangan Banjir	TidakLayak	Gangguan mobilitas dan kenyamanan, pencemaran, wabah penyakit dan lain-lain.
4	Sungai Utama	Jarak < 100 m	TidakLayak	
5	Jalur Rel Kereta Api	Jarak < 15 m	TidakLayak	

Kelas Zona Kesesuaian Lahan Total Skor

Kesesuaian Lahan Tinggi (51-72)	Kesesuaian Lahan sedang (28-50)	Kesesuaian Lahan rendah (6-27)

2.3.4. Keluaran

Dari Kegiatan penyelidikan lapangan dan analisis laboratorium melalui analisis dan evaluasi, maka akan didapat keluaran (*output*) berupa buku laporan yang memuat kondisi lingkungan fisik ber aspek geologi lingkungan meliputi faktor pembatas dan faktor pendukung, seperti:

- Kemiringan lereng
- Kondisi batuan dasar (litologi)/daya dukung tanah atau batuan
- Ketersediaan sumberdaya air tanah
- Kebencanaan geologi: gerakan tanah, gempa bumi, Penurunan tanah.
- Peta Geologi Lingkungan.
- Peta Rekomendasi Penggunaan Lahan (rinci).

BAB III

GEOLOGI LINGKUNGAN

3.1. Morfologi

Hasil pengamatan langsung dan analisis data citra satelit daerah penyelidikan terletak antara ketinggian 0 s.d 550 meter diatas permukaan laut yang sebagian besar adalah pedataran, tersebar di bagian utara dan tengah sedangkan di selatan berupa perbukitan bergelombang, yang dikontrol oleh jenis batuan, struktur geologi, resistensi batuan terhadap pelapukan, erosi, pola aliran, vegetasi dan iklim.

Berdasarkan bentuk morfologinya daerah penyelidikan di bagi dalam tiga satuan yaitu morfologi pedataran, morfologi pedataran bergelombang dan morfologi perbukitan bergelombang (Gambar 3.1).

- A. Satuan morfologi pedataran penyebarannya paling luas menempati 133.100 Ha atau 66% dari luas daerah penyelidikan di bagian utara, ciri satuan ini di bentuk oleh endapan aluvium pantai dan sungai yang merupakan bahan-bahan lepas berupa pasir, lanau, lempung, kerikil dan kerakal, sepanjang pantai utara Jawa Tengah dari Brebes hingga Pemalang, dan menyempit di daerah Suradadi Kabupaten Tegal hingga Warureja Kabupaten Pemalang. Daerah ini mempunyai kemiringan lereng 0 - 5%, ketinggian tempat 0 – 25 meter dpl. Dengan kondisi bentang alam yang demikian, satuan morfologi pedataran merupakan tempat akumulasi air tanah yang mengalir dari daerah yang lebih tinggi, dengan tingkat resapan dan imbuhan cukup tinggi. Pedataran alluvial pantai merupakan lahan disepanjang pesisir pantai utara, yang dibentuk oleh endapan alluvial pantai, berdasarkan indikasi dilapangan, setempat berupa pematang pantai, dan berupa gundukan di pantai yang tersusun oleh sedimen pasir, kerikil dan debris cangkang kerang. Pedataran alluvial sungai merupakan lahan pedataran yang sangat luas, umumnya dilalui maupun diapit oleh aliran sungai, seperti Sungai Cisanggarung di perbatasan antara Cirebon (Jawa Barat) dan Brebes (Jawa Tengah), Sungai Pemali yang merupakan sungai terbesar di Brebes, Sungai Cacaban di Tegal, Sungai Comal di Pemalang serta sungai-sungai lainnya yang melintasi daerah penyelidikan.
- B. Satuan morfologi pedataran bergelombang menempati 18.160 Ha atau 9% dari luas daerah penyelidikan yang tersebar setempat - setempat dibagian tengah yaitu di daerah Songgom Kabupaten Brebes dan daerah Pagerbarang, Slawi, Lebaksiu, Dukuhwaru, Pangkah, Adiwerna Kabupaten Tegal. Daerah ini didominasi oleh batuan sedimen dan endapan lahar Gunung Selamet, yang menempati punggung perbukitan dan mempunyai bentuk permukaan bergelombang landai dengan kemiringan lereng 5% - 15%, dan ketinggian 20 sd 200 m dpl.

C. Satuan morfologi perbukitan bergelombang menempati hampir 50.970 Ha atau 25% dari luas daerah penyelidikan, yang merupakan lereng dan puncak perbukitan dengan lereng agak terjal, mempunyai kemiringan lereng >15% dan berada pada ketinggian 150 – 450 m dpl, satuan ini tersebar setempat di bagian selatan kabupaten Brebes yaitu daerah Banjarharjo, Ketanggungan dan Larangan, dan Bagian Selatan Kabupaten Pemalang meliputi daerah Bodeh, Ampelgading, Bantarbolang, Randudongkal serta sebagian Kabupaten Tegal meliputi daerah Jatinegara, Kedungbanteng dan Pangkah. Satuan ini didominasi oleh batuan Formasi Tapak, Formasi Rambatan, Endapan Undak, Formasi Pemali dan Produksi Erupsi Muda Gunung Ciremai.

Berdasarkan hasil analisis penafsiran dari peta DEM model SRTM resolusi 30 meter dengan menggunakan software Arcgis, kemiringan lereng daerah penyelidikan dibagi dalam 5 klasifikasi seperti pada (Gambar 3.2). Kelas lereng menggunakan pedoman yang digunakan untuk pedoman penyusunan rehabilitas lahan dan konservasi tanah, 1986 (Tabel 3.1).

Tabel 3.1 Kelas Kemiringan Lereng

Kelas	Kemiringan Lereng (%)	Klasifikasi
I	0 - 8	Datar
II	8 - 15	Landai
III	15 - 25	Agak Curam
IV	25 - 45	Curam
V	> 45	Sangat Curam



Kenampakan morfologi Pedataran daerah Pemalang



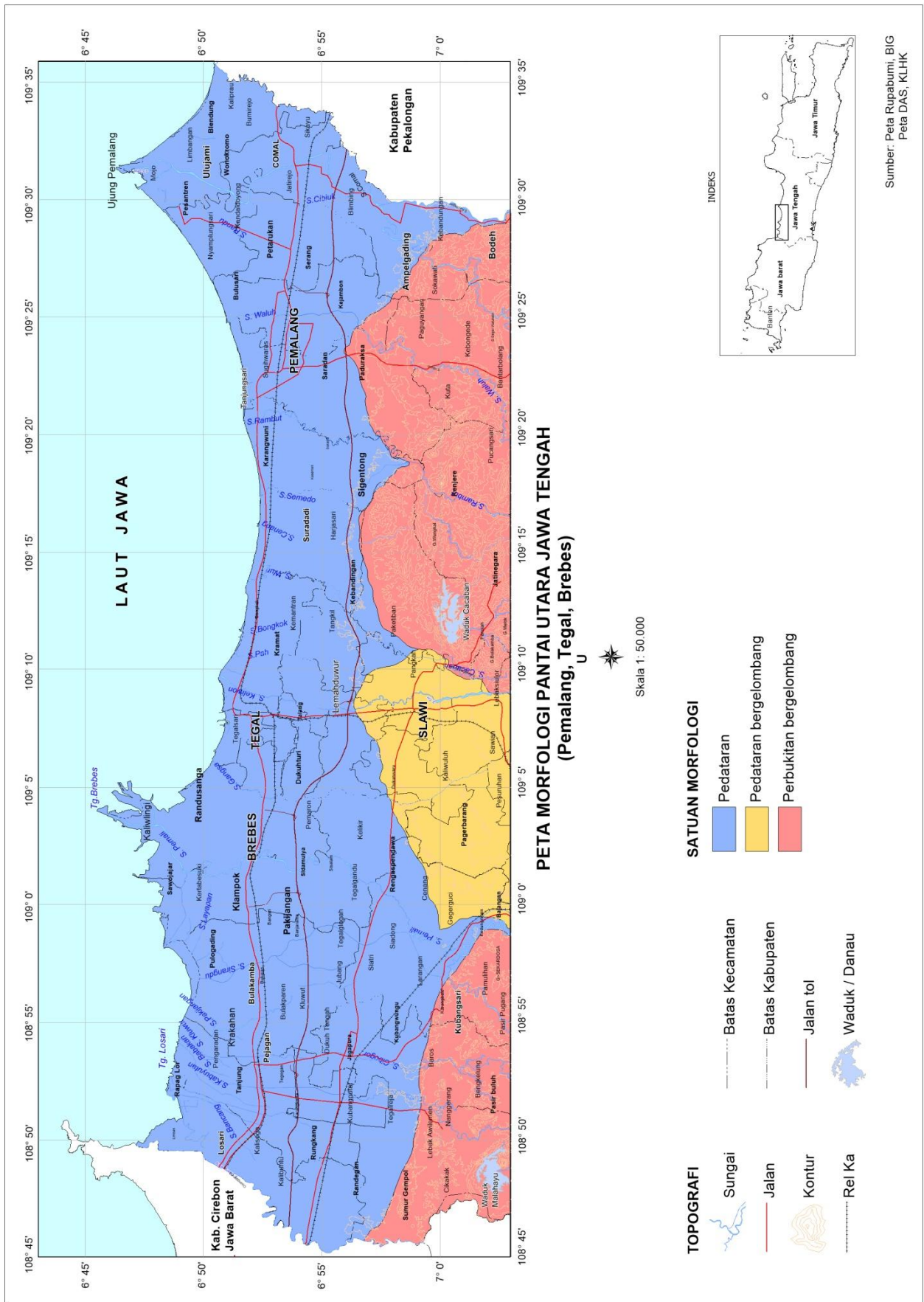
Pedataran bergelombang daerah Petanggungan Brebes



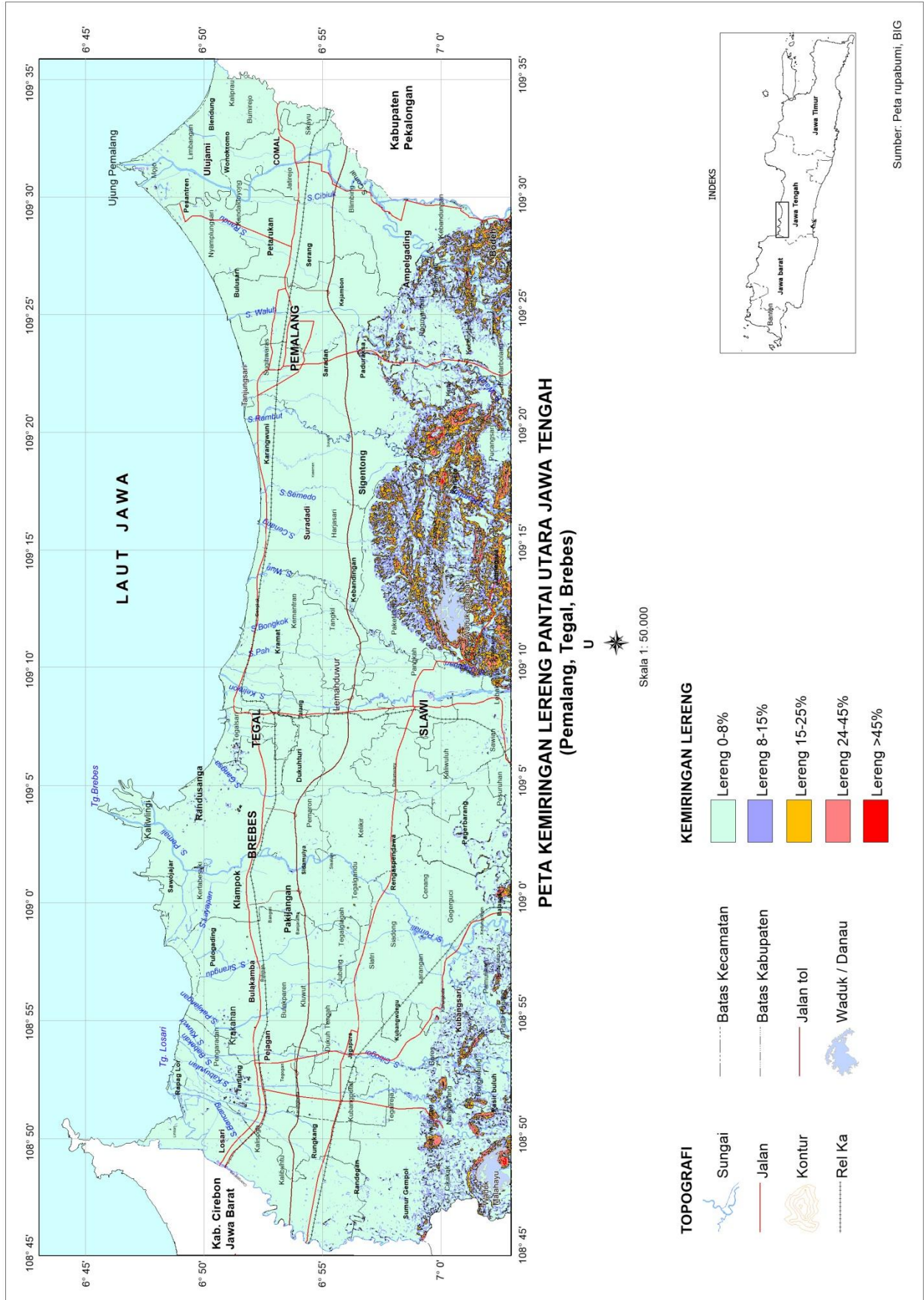
Pedataran bergelombang daerah Pemulihan Larangan Brebes



Kenampakan perbukitan bergelombang daerah Lebakwangi, Tegal



Gambar 3.1. Peta morfologi daerah penyelidikan



Gambar 3.2. Peta kemiringan lereng daerah penyelidikan

3.2. Stratigrafi

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Cirebon (Silitonga dkk., 1996), Lembar Purwokerto dan Tegal (Djuri, dkk., 1996), skala 1:100.000 serta berdasarkan hasil pengamatan dilapangan maka kondisi geologi di daerah penyelidikan di Pantura Jawa Tengah dari yang tertua sampai termuda tersusun oleh dua macam batuan yakni batuan sedimen yang berumur Tersier yakni Formasi Pamali dan Rambatan, kemudian Formasi Halang, Kumbang, Tapak, Kalibiuk, Damar dan Formasi Gintung yang berumur Plistosen Tengah-Akhir serta endapan alluvium yang berumur Holosen, secara jelas dapat dilihat dibawah ini (Gambar 3.3).

Formasi Pemali (Tmp); tersusun atas napal globigerina berwarna kelabu muda dan kelabu kehijauan, bersisipan batugamping pasiran, batupasir tufan dan batupasir kasar, umumnya merupakan runtunan batulempung kelabu yang monoton bagian bawah tidak tersingkap, tebal lebih dari 900m, batulempung kelabu kebiruan, kompak, dengan bidang perlapisan yang kurang jelas, mengandung fosil foraminifera kecil, tersingkap secara sempit. Struktur sedimen yang berkembang pada formasi ini adalah perairan sejajar, silang-siur, perairan terpelintir dan gelembur gelombang. Posisi stratigrafi dari Formasi Pemali yang telah terbentuk pada Miosen Awal terletak di bawah Formasi Rambatan, Formasi Pemali menempati bagian tengah lokasi penyelidikan.

Formasi Rambatan (Tmr); tersusun atas serpih, napal dan batupasir gampingan dan konglomerat yang bersisipan dengan lapisan napal, napal berselang-seling dengan batupasir gampingan berwarna kelabu muda. Banyak dijumpai lapisan tipis kalsit yang tegak lurus bidang perlapisan. Banyak mengandung foraminifera kecil, tebal sekitar 300m. berumur Miosen Tengah yang menumpang secara selaras di atas Formasi Pemali.

Anggota Batugamping Formasi Halang (Tmphl); tersusun atas batugamping pejal berwarna putih dengan bintik-bintik kuning.

Formasi Kumbang (Tmpk); tersusun atas breksi gunungapi, lava dan tuf bersusunan andesit sampai basal, batupasir tuf dan konglomerat. Satuan umumnya pejal, umur diperkirakan Miosen Tengah-Pliosen Awal, dengan penyebaran secara setempat-setempat, dimana posisi stratigrafi menjemari dengan Formasi Halang dan menindih tak selaras Batugamping Kalipucang.

Formasi Halang (Tmph); tersusun atas batupasir tufan, konglomerat, napal, dan batulempung, bagian bawah berupa breksi andesit. Runtunan batuan mengandung fosil *Globigerina* dan *Foraminifera* kecil lainnya. Umur Miosen Tengah-Pliosen Awal. Breksi andesit, ketebalannya bervariasi dari 200 m di selatan sampai 500 m di sebelah utara. Bagian atas runtunan tak mengandung rombakan berbutir kasar. Diendapkan

sebagai sedimen turbidit pada zona batial atas. Ketebalan satuan menipis ke arah timur, tebal maksimal 700m. Sebaran bahan permukaan pada formasi ini adalah;

Batulempung; berwarna abu-abu terang, menyerpih, pecah-pecah dan mudah hancur dalam keadaan kering, membubur dan lunak dalam keadaan basah, serta bersifat mengembang, tebal lapisan berkisar antara 0,5 – 1 m.

Batupasir tufaan; berwarna putih kecoklatan, berbutir sedang, agak padu, sebagian mudah hancur, ketebalan lapisan antara 20 – 50 cm.

Dipermukaan formasi ini didominasi oleh batulempung, dengan tingkat kekuatan batuan umumnya rendah. Tanah penutup pada umumnya berupa lempung lanauan, abu-abu kecoklatan, lunak plastisitas tinggi, ketebalan rata-rata 1 meter, nilai penetrometer saku (qu) antara 0,5 – 0,8 kg/cm².

Anggota Batugamping Formasi Tapak (Tptl); Lensa-lensa batugamping tak berlapis, berwarna kelabu kekuningan.

Formasi Tapak (Tpt); bagian bawah runtunan terdiri dari batupasir kasar kehijauan yang berangsur-angsur berubah menjadi batupasir lebih menghalus kehijauan dengan beberapa sisipan napal pasiran berwarna kelabu sampai kekuningan, batugamping yang mengandung koral dan moluska dengan pengawetan kurang baik, berwarna putih kotor kecoklatan, konglomerat dan breksi andesit berselingan dengan batupasir. Pada bagian atas perselingan batupasir gampingan dengan napal mengandung fosil moluska air payau-marin yang menunjukkan umur Pliosen Awal-Tengah. Lingkungan pengendapan diduga peralihan sampai dengan pasang-surut. Ketebalan satuan sulit ditaksir, namun daerah Bumiayu mencapai 500m, Lingkungan pengendapannya adalah daerah pantai yang dipengaruhi oleh gerakan pasang-surut yang teratur, menindih tak selaras Formasi Kumbang dan Halang.

Formasi Kalibiuk (Tpb); tersusun oleh batupasir tufan, halus, putih kekuningan, dengan lapisan yang sering tidak jelas, lapisan tipis-tipis konglomerat, batupasir kasar, gampingan yang mengandung fosil moluska dan oral, serta batulempung dengan fosil foraminifera kecil dan moluska, yang merupakan bagian tengah runtunan, lapisan tipis-tipis batupasir kompak, gampingan, yang seringkali menunjukkan struktur "boudin" dan batulanau, stempat-setempat terdapat lensa kecil-kecil batugamping pasiran dan di dalam batulempung di beberapa tempat mengandung lempeng halus, ketebalan lapisan berkisar antara 10 hingga 50 cm dan hanya di beberapa tempat ada yang lebih dari 1 m. ketebalan formasi ini semakin menipis ke arah barat dan tebal maksimal di lembar peta diperkirakan sekitar 300m. Lingkungan pengendapan diduga pasang surut. Bagian bawah runtunan menjemari dengan bagian atas atau menindih selaras Formasi Tapak. Umur akhir Pliosen Awal sampai Awal Pliosen Tengah.

Formasi Damar (Qtd); terdiri dari batulempung tufaan, breksi gunungapi, batupasir, tuf dan konglomerat, setempat mencakup endapan lahar, Breksi gunungapi dan tuf bersusunan andesit, sedangkan konglomerat yang bersifat basal. Batu pasir tufaan penyusunnya terdiri dari feldspar dan butir-butir mineral mafik, kebanyakan tufa dan batupasir, breksi terdiri dari batuan vulkanik basa mungkin diendapkan sebagai lahar. Satuan ini umumnya telah melapuk lanjut berupa pasir lanauan hingga lanau lempungan berwarna merah kecoklatan dengan tebal > 2.5 meter. Setempat ditemukan moluska. Lingkungan pengendapan non-marin. Menindih selaras Formasi Kalibiuk. Sebaran bahan permukaan pada formasi ini adalah;

Breksi vulkanik; melapuk, menengah-tinggi, berwarna kuning kecoklatan, komponen batuan andesitik (ukuran 5-15 cm), agak segar, menyudut tanggung, tertanam dalam masa dasar pasir tufa, berbutir kasar, agak padat dan sebagian mudah runtuh, hasil uji UCS lapangan di beberapa lokasi antara 80-120 kg/cm².

Lahar, melapuk menengah, berwarna abu-abu coklat berupa pasir kasar kerikilan-kerakalan (ukuran mencapai 25 cm), agak segar, membulat tanggung, agak padu, sebagian mudah runtuh, hasil uji UCS lapangan di beberapa lokasi antara 100 – 200 kg/cm².

Tufa; melapuk tinggi, berwarna kuning kecoklatan, ukuran butir pasir halus, agak padu, mudah hancur.

Batupasir melapuk menengah, berwarna abu-abu kecoklatan, ukuran butir sedang-kasar, tufaan, agak padu, mudah hancur, hasil uji UCS lapangan di beberapa lokasi antara 100 – 200 kg/cm².

Formasi ini dipermukaan di dominasi oleh breksi vulkanik yang mempunyai tingkat kekuatan batuan pada umumnya menengah.

Tanah penutup pada umumnya berupa lanau pasiran, kerikil, warna merah kecoklatan, lunak, palstisitas rendah-sedang, ketebalan antara 0,5 – 2 m.

Formasi Gintung (Qpg); tersusun oleh perselingan batulempung tufan, batupsir tufan, konglomerat dan breksi, Umumnya satuan batuan berkemiringan hampir datar, dengan derajat kepadatan dan penyemenan yang kuat. Dalam batupasir sering terlihat adanya pecahan-pecahan lepas plagioklas, Kristal kuarsa, dan batuapung. Breksi dan konglomerat, berkomponen batuan beku bersifat andesit dengan garis tengah antara 1-5 cm, namun setempat ada yang mencapai 50 cm. Konglomerat mengandung kayu terkersikan dan terarangkan, serta sisa-sisa vertebrata yang kurang terawetkan. Umur Plistosen Tengah-Akhir. Lingkungan pengendapan darat sampai peralihan. Tebal satuan yang tersingkap diperkirakan 90m. Singkapan yang paling jelas terdapat di Bt Puterlambung, menindih tak selaras Formasi Ciherang.

Endapan Undak (Qps); terdiri atas pasir, lanau, tuf, konglomerat, batupasir tufan, dan breksi tufan. Tersebar di sepanjang lembah Serayu.

Breksi vulkanik; melapuk menengah-tinggi berwarna kuning kecoklatan, terdiri dari komponen batuan andesitik berukuran 5-30 cm, menyudut tanggung agak segar, abu-abu, tertanam dalam masa dasar pasir tufa, berbutir kasar, agak padat dan sebagian rapuh, hasil uji UCS lapangan di beberapa lokasi 150-230 kg/cm².

Batupasir tufaan, melapuk menengah-tinggi, berwarna kuning kecoklatan, berukuran butir sedang, terdiri dari tufa dan fragmen batuan, agak padu, agak keras, hasil uji UCS lapangan di beberapa lokasi 120 – 250 kg/cm².

Formasi ini dipermukaan mempunyai tingkat kekuatan batuan secara umum menengah, tanah pelapukan pada umumnya berupa lempung pasiran, kerikilan, coklat kemerahan – coklat tua, lunak-agak padu, plastisitas rendah-sedang, tebal antara 0,5 - 1 m, nilai penetrometer saku (qu) antara 1 – 2 kg/cm².

Batuan Gunungapi Slamet tak Terdiferensiasi (Qvs); tersusun atas breksi gunungapi, lava dan tuf, sebarannya membentuk dataran dan perbukitan.

Endapan Lahar Gunung Slamet (Qls); merupakan hasil endapan gunungapi tersusun atas lahar dengan beberapa lapisan lava di bagian bawah, setengah mengeras, membentuk topografi hampir rata dan punggung tajam sepanjang tepi sungai.

Produk Erupsi Muda Ciremai (Qvyu); tersusun atas lahar, breksi dan batupasir tufan. Singkapan breksi umumnya masih padu, sedangkan batupasir tufan dan lahar telah melapuk dan berubah menjadi pasir dan pecahan-pecahan lepas batuan beku. Pelapukan yang telah berlanjut menghasilkan tanah penutup berwarna kuning kemerahan atau kecoklatan.

Endapan Kipas Alluvium (Qaf); merupakan bahan rombakan gunungapi, telah tersayat. Terdiri dari kerikil, bongkah dan pasir, bersusunan andesit, berwarna abu-abu, segar dan keras.

Formasi ini dipermukaan didominasi oleh material berukuran kerikil yang bersifat urai. Tanah penutup pada umumnya berupa lempung pasiran-kerikilan, berwarna abu-abu kehitaman, lunak-teguh plastisitas rendah, ketebalan rata-rata 0,50 – 7 m. Pada beberapa tempat kisaran nilai tekanan konus adalah 15 – 50 kg/cm²

Alluvium (Qa); merupakan dataran pantai, sungai dan danau. Dataran pantai umumnya terdiri dari lempung dan pasir mencapai ketebalan 50 meter atau lebih. Endapan pasir umumnya membentuk endapan delta sebagai lapisan pembawa air dengan tebal 80 meter lebih. Endapan sungai dan danau terdiri dari kerikil, kerakal, pasir dan lanau dengan tebal 1 sampai 3 meter. Bongkahan tersusun dari andesit, batugamping dan sedikit batupasir.

Pasir – pasir lanauan, merupakan endapan pantai dan pematang pantai lama, dibagian barat daerah Pekalongan berwarna coklat kehitaman, sedang di daerah Semarang dan sekitarnya berwarna abu-abu kehitaman, berbutir halus-sedang, sangat lepas-lepas, ketebalan 5 > 20 m, di daerah Sayung sampai Karang Tengah dijumpai secara sempit disepanjang pantai, mengandung cangkang kerang, daya dukung umumnya rendah-sedang.

Pasir lempungan; hasil dari endapan sungai, tebal antara 1 - >20 m, sisipan lempung pasiran, berwarna abu-abu kecoklatan, coklat muda, coklat kehitaman, urai-padat, berukuran halus-kasar, pemilahan sedang, umumnya daya dukung sedang-tinggi.

Lempung lanauan – lanau pasiran; merupakan endapan banjir ketebalan antara 1 - >20m, dengan nilai tekanan konus 1 – 13 kg/cm², coklat-coklat tua, abu-abu kecoklatan, palstisitas sedang-tinggi, kompresibilitas sedang, daya dukung rendah – sedang.

Lempung organik – lempung lanauan, merupakan endapan rawa (daerah pantai), umumnya tersusun oleh lempung organik-lempung lanauan dengan tebal berkisar antara 1m - > 20 m, penyebarannya terutama berada di sepanjang daerah rawa genangan pasang surut pantai di bagian utara, berwarna abu-abu kecoklatan hingga abu-abu kehijauan, sangat lunak-lunak, plastisitas rendah-tinggi, kompresitas tinggi, umumnya jenuh air, mengandung sisa tumbuhan, daya dukung yang diijinkan rendah, dengan nilai tekanan konus 1-8 kg/cm², sehingga potensi penurunan tanah umumnya tinggi.

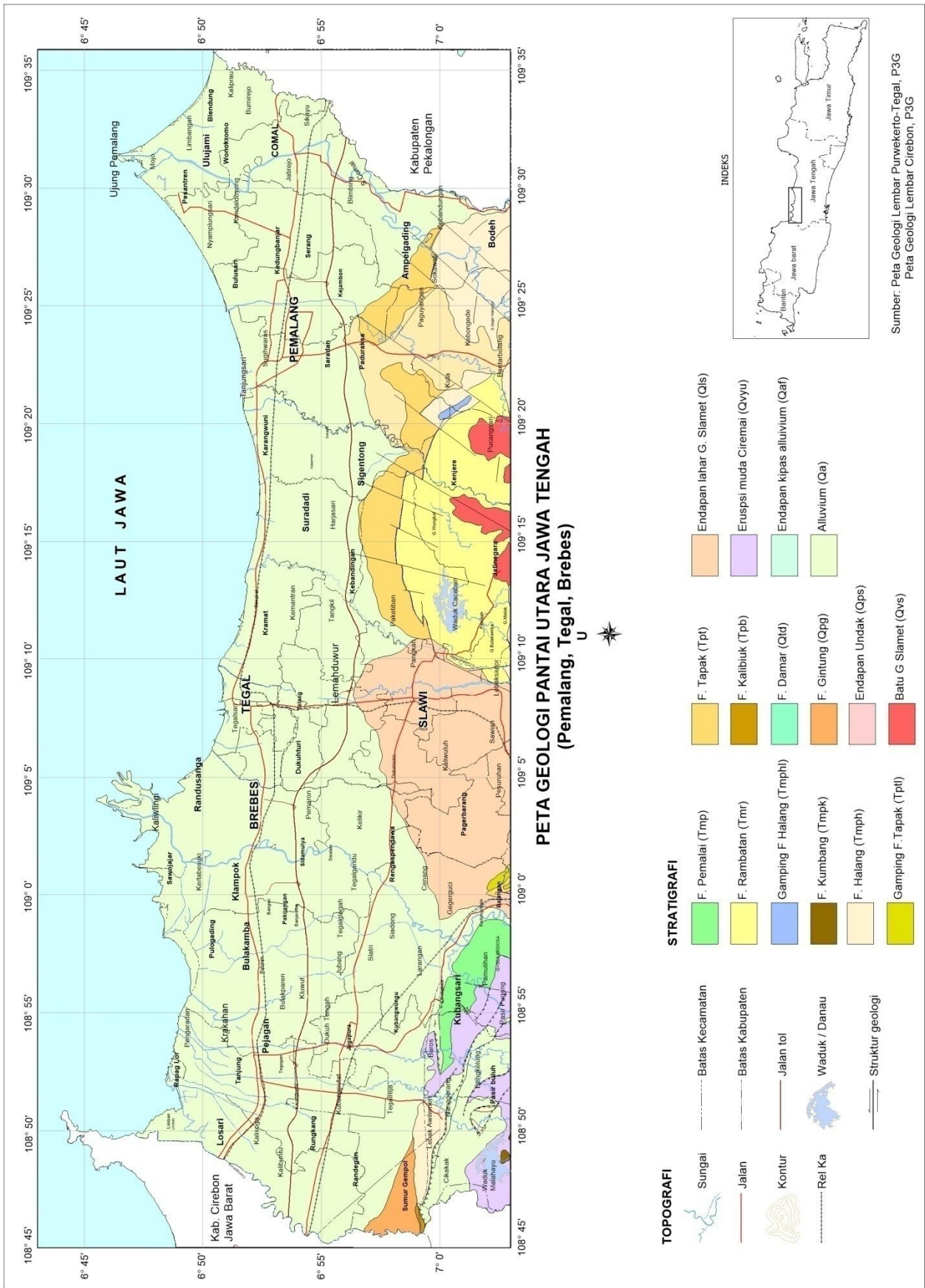
Dengan mengacu pada peta geologi dan hasil pengamatan serta pengambilan contoh tanah/batuan di lapangan, dibuat peta daya dukung tanah/bantuan untuk mengetahui kemampuan/kekuatan tanah atau batuan menerima beban bangunan di atasnya supaya pondasi pada bangunan tidak ambles. Peta kemampuan tanah/batuan untuk analisis tumpang susun dibagi menjadi 3 (tiga) kelas yaitu daya dukung tinggi, daya dukung sedang dan daya dukung rendah untuk pondasi (Gambar 3.4).



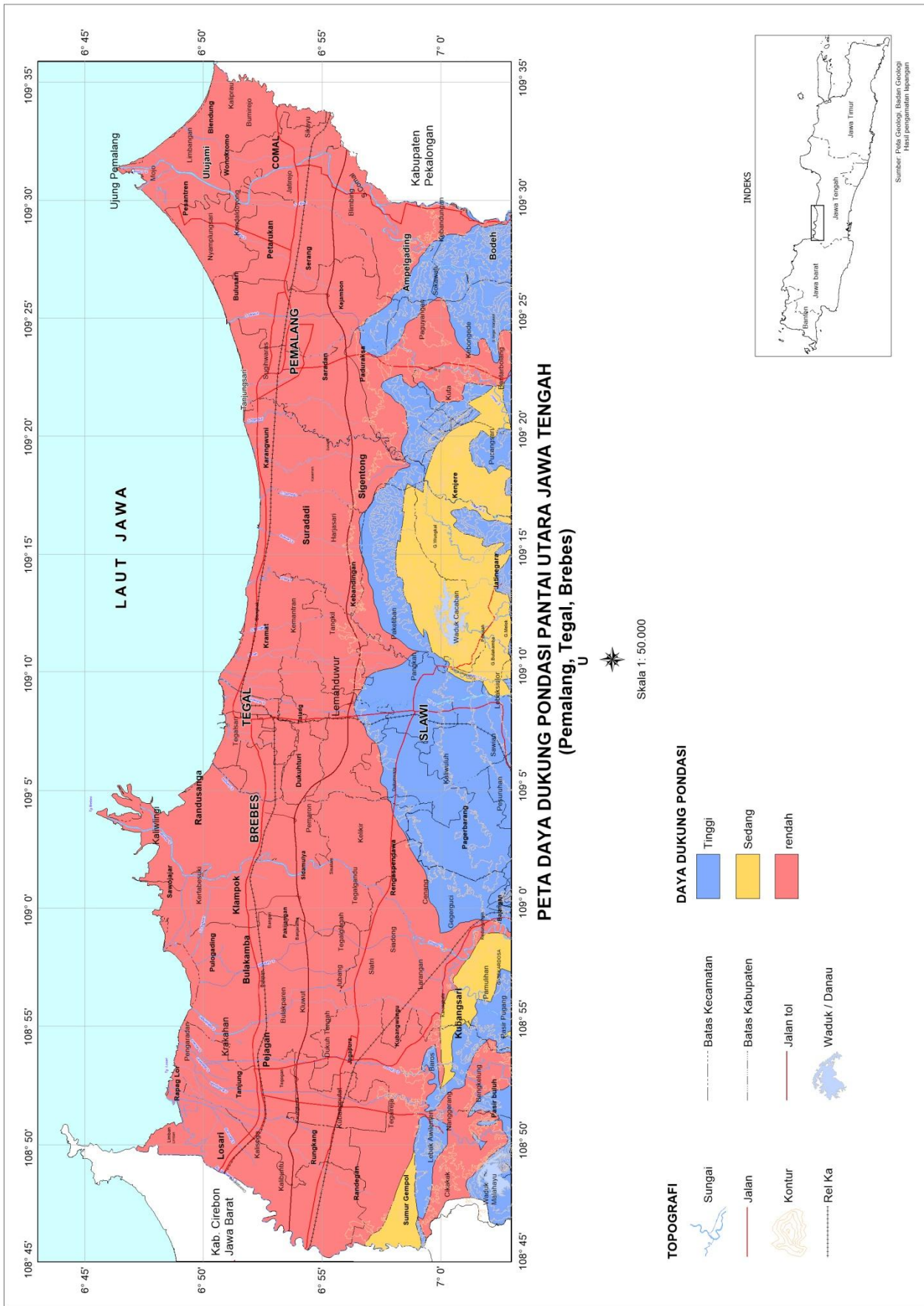
Singkapan serpih pada Formasi Rambatan di Desa Penujah, Kedungbanteng, Tegal



Singkapan konglomerat pada Endapan Undak daerah Bantarbolang, Pemalang



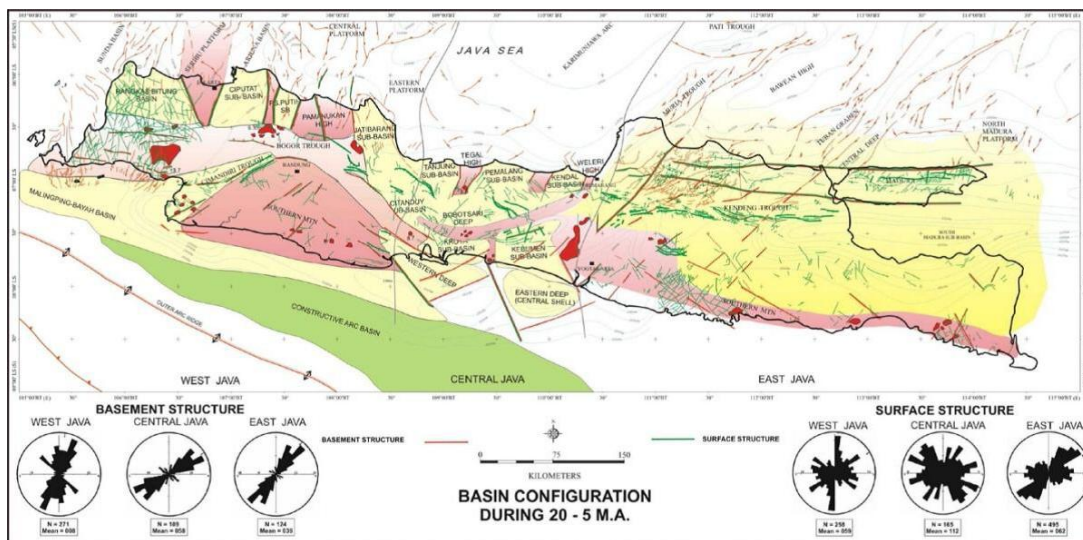
Gambar 3.3. Peta geologi daerah penyelidikan



Gambar 3.4. Peta daya dukung tanah dan batuan untuk pondasi dangkal daerah Pantura Jawa Tengah

3.3. Struktur Geologi

Perkembangan tektonik di pulau Jawa dipengaruhi oleh dua lempeng besar, yaitu Lempeng Eurasia dibagian utara dan lempeng Indo-Australia dibagian selatan. Pergerakan dinamis dari lempeng-lempeng ini menghasilkan perubahan tatanan tektonik Jawa dari waktu ke waktu. Struktur geologi yang ada di Pulau Jawa memiliki pola-pola teratur. Secara Geologi pulau Jawa merupakan suatu kompleks sejarah penurunan basin, pensesaran, perlipatan dan vulkanisme di bawah pengaruh stress regime yang berbeda-beda. Secara umum, ada tiga arah pola umum struktur yaitu arah Timur Laut - Barat Daya yang disebut pola meratus, arah Utara-Selatan atau pola Sunda dan arah Timur - Barat. Perubahan jalur penunjaman berumur kapur yang berarah Timur Laut - Barat Daya menjadi relatif Timur - Barat sejak Kala Oligosen sampai sekarang telah menghasilkan tatanan geologi Tersier di Pulau Jawa yang sangat rumit (Gambar 3.5).



Gambar 3.5. Pola struktur Pulau Jawa (Natalia dkk.,2010)

Selama zaman Tersier di Pulau Jawa telah terjadi tiga periode tektonik yang telah membentuk lipatan dan zona-zona sesar yang umumnya mencerminkan gaya kompresi berarah Utara-Selatan (Van Bemmelen, 1949). Ketiga periode tektonik tersebut adalah:

Periode Tektonik Miosen Atas (Mio-Pliosen); dimulai dengan pengangkatan dan perlipatan sampai tersesarkannya batuan sedimen Paleogen dan Neogen perlipatan yang terjadi berarah relatif barat - timur, sedangkan yang berarah timurlaut-baratdaya dan baratlaut-tenggara hanya sebagian. Sedangkan sesar yang terjadi adalah sesar naik, sesar - sesar geser-jurus, dan sesar normal. Sesar naik di temukan di daerah barat dan timur daerah ini, dan berarah hampir barat-timur, dengan bagian selatan relatif naik. Kedua-duanya terpotong oleh sesar geser. Sesar geser-jurus yang terdapat di daerah ini berarah hampir barat laut - tenggara, timur laut - barat daya, dan utara-

selatan. Jenis sesar ini ada yang menganan dan ada pula yang mengiri. Sesar geser-jurus ini memotong struktur lipatan dan diduga terjadi sesudah perlipatan. Sesar normal yang terjadi di daerah ini berarah barat-timur dan hampir utara-selatan, dan terjadi setelah perlipatan. Di daerah selatan Pegunungan Serayu terjadi suatu periode transgresi yang diikuti oleh revolusi tektogenetik sekunder. Periode tektonik ini berkembang hingga Pliosen, dan menyebabkan penurunan di beberapa tempat yang disertai aktivitas vulkanik.

Periode Tektonik Pliosen Atas (Plio-Plistosen); merupakan kelanjutan dari periode tektonik sebelumnya, yang juga disertai dengan aktivitas vulkanik, yang penyebaran endapan – endapannya cukup luas, dan umumnya disebut Endapan Vulkanik Kuarter.

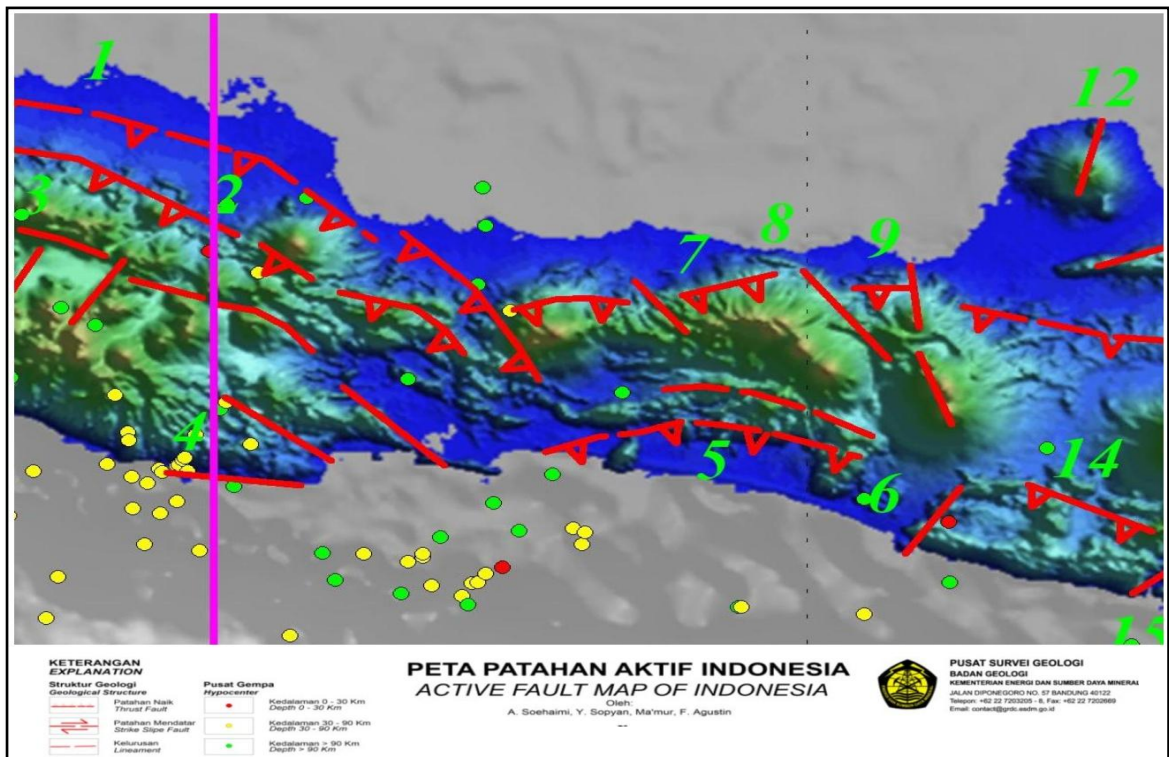
Periode Tektonik Holosen; disebut juga dengan Tektonik Gravitasi, yang menghasilkan adanya gaya kompresi ke bawah akibat beban yang sangat besar, yang dihasilkan oleh endapan vulkanik selama Kala Plio-Plistosen. Sesar-sesar menangga yang terjadi pada periode ini dapat dikenal sebagai gawir-gawir sesar yang mempunyai ketinggian ratusan meter dan menoreh kawah atau kaldera gunung api muda, seperti gawir sesar di Gunung Beser, dan gawir sesar pada kaldera Gunung Watubela. Situmorang, dkk (1976), menafsirkan bahwa struktur geologi di Pulau Jawa umumnya mempunyai arah baratlaut-tenggara ,sesuai dengan konsep *Wrench Fault Tectonics* Moody and Hill (1956) yang didasarkan pada model *shear* murni.

Secara fisiologi daerah penyelidikan Pantura Dari Pemalang hingga Brebes termasuk dalam Zona Dataran Alluvial Jawa Bagian Utara. Zona fisiografi dataran alluvial Jawa Bagian Utara tersebut adalah merupakan bagian tepian dari suatu cekungan busur belakang, yang dipengaruhi oleh proses pengangkatan dan dinamika geologi pada Kala Pleistosen Awal, yaitu dengan adanya pengangkatan dan pembentukan jalur Vulkanik Kuarter dan Jalur Antiklinorium Bogor, Serayu utara, dan Kendeng, disamping itu proses pengangkatan Dataran Alluvial Jawa Bagian Utara tersebut berhubungan dengan gaya kompresi lokal pada jalur yang berarah baratlaut-tenggara ditepian utara pegunungan vulkanik (Darmawan.A, 2014). Struktur geologi yang terdapat di daerah penyelidikan umumnya berupa sesar yang terdiri dari sesar normal, sesar geser dan sesar naik. Sesar normal relatif berarah barat-timur sebagian agak cembung ke arah utara, sesar geser berarah utara selatan hingga baratlaut-tenggara, sedangkan sesar normal relatif berarah barat-timur. Sesar-sesar tersebut umumnya terjadi pada batuan Kerek, Formasi Kalibeng dan Formasi Damar yang berumur kuarter dan tersier.

Secara regional, daerah penyelidikan dimungkinkan dapat dipengaruhi oleh adanya sesar (sesar Bumiayu) berarah barat-laut-tenggara yang sifatnya regional, pembentukan sesar tersebut terkait dengan mekanisme gaya kompresi yang berarah selatan-baratdaya dan utara-timurlaut, akibat dari pengangkatan dan pembentukan pegunungan Kuartar dan antiklinorium Zona Serayu (Darmawan.A, 2014).

Menurut Engkon K. Kertapati (2006), sesar Bumiayu merupakan zona sumber gempa bumi yang mulai aktif sejak Plistosen. Selanjutnya dikatakan bahwa gaya-gaya tersebut terus berlangsung hingga sekarang, dengan dijumpainya undak-undak sungai dan perlipatan lemah dari batuan sedimen. Struktur geologi yang berkembang di daerah Brebes dan sekitarnya adalah antiklin, sesar naik, sesar turun dan sesar geser. Secara umum arah jurus sesar naik dan sumbu antiklin berarah laut-tenggara, dimana arah jurus sesar naik ini semakin kearah selatan cenderung hampir berarah utara - selatan, sedangkan arah jurus sesar turun dan sesar geser secara umum berarah timur laut - barat daya.

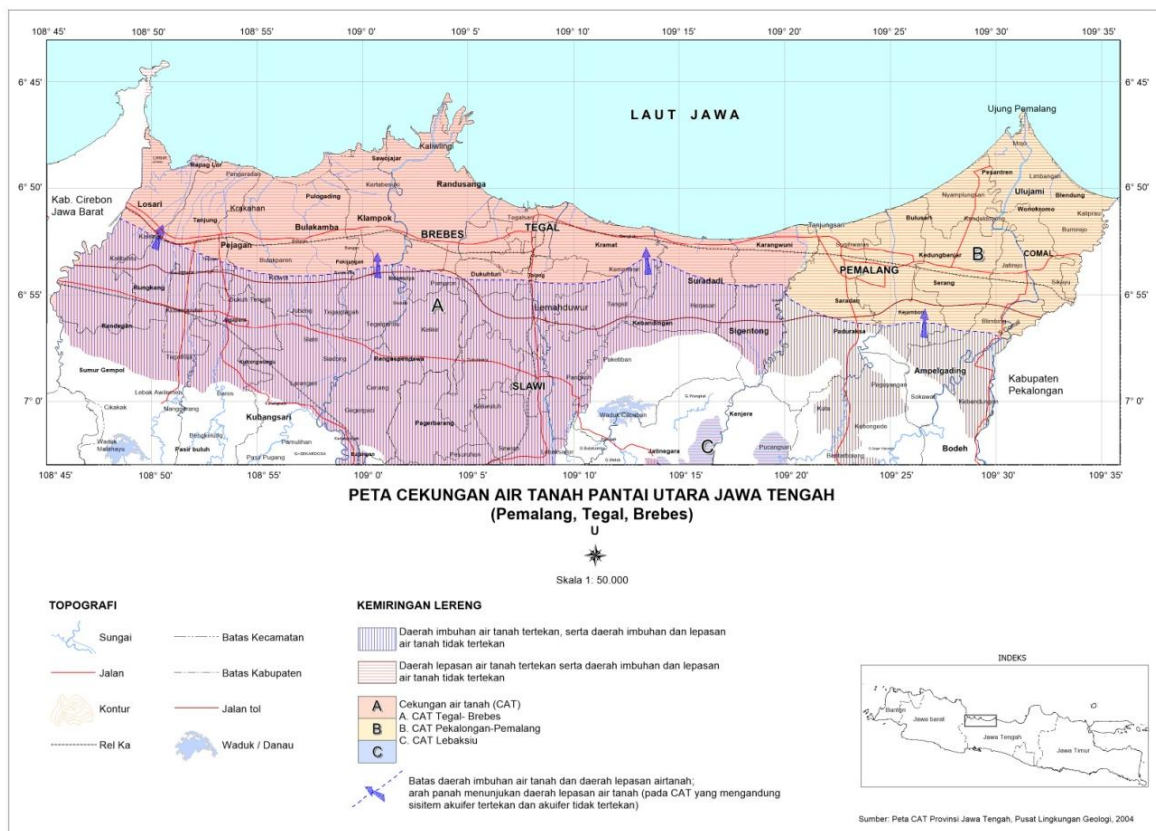
Berdasarkan peta patahan aktif oleh Soehaimi. Dkk, (2021) daerah penyelidikan dalam system tektonik dan kegempaan termasuk zona patahan aktif di dalam sistem busur dan punggungan aktif (sumber gempabumi tipe B, Mmax= 6,5 Mw hingga 7, Slip rate < 2 hingga 5 mm/tahun). Patahan aktif yang melintasi daerah penyelidikan adalah 1. Patahan Naik Bumiayu, 2. Patahan Naik Baribis dan 7. Patahan Naik Pantura Jawa Tengah (Gambar 3.6).



Gambar 3.6. Peta patahan aktif daerah penyelidikan

3.4. Sumber Daya Air

Banyaknya aktifitas manusia di kawasan pesisir pantai tentunya memerlukan banyak air, mengingat air merupakan kebutuhan vital bagi manusia. Namun demikian, seiring dengan perkembangan kawasan pesisir proses intrusi air laut sering kali menyebabkan rusaknya kualitas airtanah, sehingga jumlah air yang dapat dimanfaatkan semakin berkurang jumlahnya. Sumberdaya air yang terdapat di daerah penyelidikan berupa air permukaan dan air tanah termasuk mata air yang berada pada daerah Cekungan Air Tanah Tegal – Brebes dan Cekungan Air Tanah Pemalang - Pekalongan serta sebagian CAT Lebak Siu (Gambar 3.7) menjadi potensi tersediannya cadangan air tanah di daerah penyelidikan.



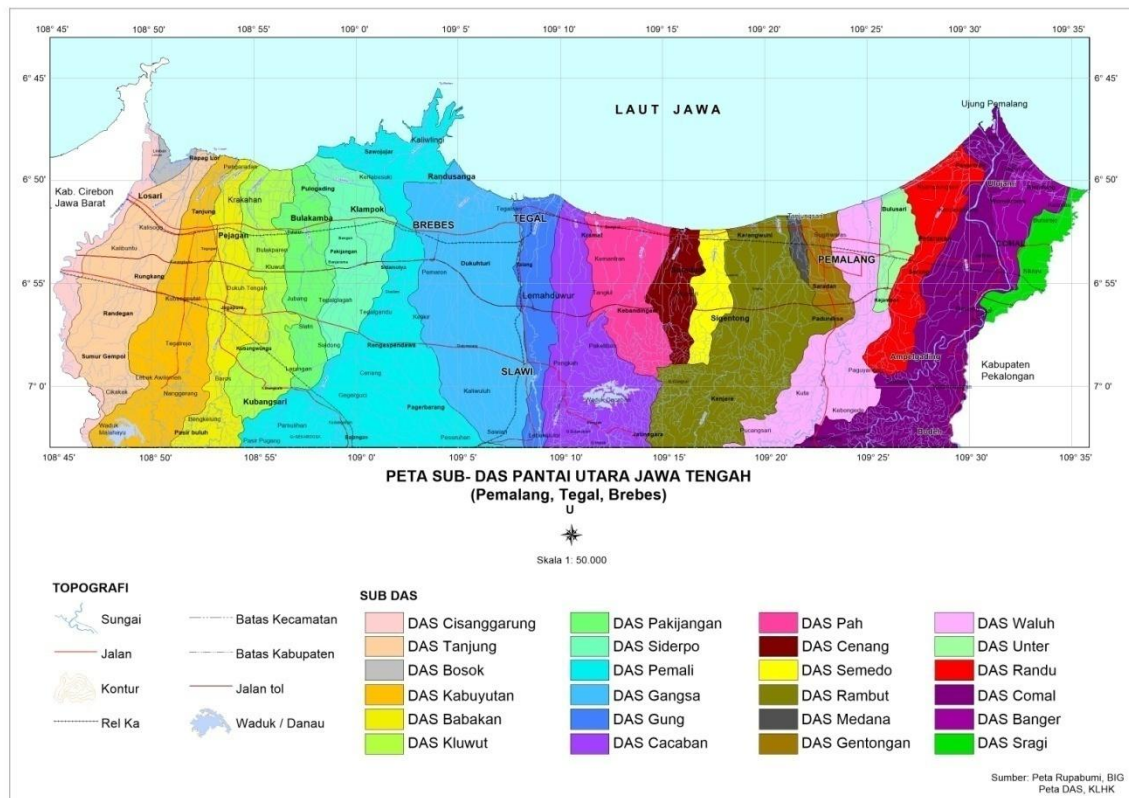
Gambar 3.7 Peta CAT daerah penyelidikan

3.4.1 Air Permukaan

Sumber daya air permukaan di daerah penyelidikan dijumpai seperti sungai yang mengalir sepanjang tahun, situ/waduk. Sungai yang terdapat di daerah penyelidikan termasuk kedalam DAS Pemali di Brebes dengan luas 1276.4 km², DAS Kabuyutan dengan Luas 208.74 km², DAS Gangsa dengan luas 93.62 km², DAS Comal dengan luas 764.56 km², dan lebih jelasnya dapat dilihat pada (Tabel 3.2) (Gambar 3.8).

Tabel 3.2. Daerah aliran sungai (DAS) di wilayah penyelidikan sesuai dengan Perpres RI No. 12 Tahun 2021 Tentang Penetapan Wilayah Sungai

No	Wilayah Sungai/Das	Kab/kota	Pengelola	Panjang (Km)	Luas Das (Km ²)	Q hilir (m ³ /dt)
1.	WS Cimanuk Cisanggarung	Brebes	BBWS Cimanuk Cisanggarung			
	DAS Cisanggarung			103.6	834.8	712
	DAS Tanjung					
	DAS Kabuyutan			51.53	208.74	503
	DAS Babakan			52	100.78	505
	DAS Kluwut			27	91.1	384
2.	WS Pemali - Comal		Dinas PSDA Jateng			
	DAS Pakijangan	Tegal		20	56.24	373
	DAS Pemali	Tegal-Brebes		125.5	1276.4	784
	DAS Gangsa	Tegal-Brebes		30	93.62	364
	DAS Wadas	Tegal-Brebes		25	63.5	350
	DAS Gunglama	Tegal-Brebes				
	DAS Gung	Tegal-Brebes		54	155.52	514
	DAS Poh	Tegal		22	33.98	328
	DAS Cacaban	Tegal		43	33.92	459
	DAS Conang	Tegal		14	36.3	262
	DAS Jimat	Tegal		14.5	30.2	267
	DAS Brungut	Tegal		17	32.2	289
	DAS Rambut	Tegal-Pemalang		57	167.42	528
	DAS Medono	Pemalang		16	41.56	280
	DAS Srengseng	Pemalang		12.6	20.84	248
	DAS Baros	Pemalang				
	DAS Loning	Pemalang		12.5	32.8	247
	DAS Waluh	Pemalang		36	159.66	452
	DAS Comal	Pemalang		165	764.56	744



Gambar 3.8. Peta Sub - DAS daerah penyelidikan

Selain Sungai potensi sumberdaya air permukaan yang ada di daerah penyelidikan adalah air waduk/danau, yaitu Waduk Malahayu di Banjarharjo Kabupaten Brebes, sumber dari S.Kebuyutan, S.Cimandala, S.Pabogohan, S.Ciomas Daya tampung saat ini ± 46 juta m^3 akibat sedimentasi, dan Waduk Cacaban di daerah Kedungbanteng Kabupaten Tegal, dengan sumber air berasal dari S.Cacaban, S.Curugagung, S.Layak. Luas waduk 928.7 Ha, daya tampung 89.9 juta m^3 , yang dimanfaatkan sebagai irigasi sawah, dan kebutuhan manusia lainnya, serta embung-embung yang tersebar di berbagai daerah sebagai konservasi air berbentuk kolam-kolam penampungan air hujan dan air limpasan untuk mendukung usaha pertanian, perkebunan dan peternakan terutama saat musim kemarau.

Kemunculan titik-titik mata air di daerah penyelidikan sebagai potensi cadangan sumber air lain seperti mata air di Kabupaten Pemalang adalah mata air Tlaga Rengganis di Desa Gapura Kecamatan Watukumpul sebesar 2.500 lt/det, mata air Jambe Desa Moga sebesar 2000 lt/dt, dan di Kabupaten Brebes Mata air Cipagerat daerah Ketanggungan, Ma Glagah di Pegayungan serta mataair-mataair yang berada di daerah Bumijawa Kabupaten tegal

3.4.2. Air Tanah

Air tanah dapat diartikan sebagai air yang terdapat di bawah permukaan tanah pada zona jenuh dalam lapisan pengandung air (akuifer), termasuk di dalamnya mataair yang muncul secara alami diatas permukaan tanah, yang keberadaannya di alam bisa berupa air tanah bebas (tidak tertekan) dan air tanah tertekan.

3.4.2.1. Air tanah bebas

Air tanah bebas atau disebut juga air tanah dangkal ialah air tanah yang terdapat pada lapisan pembawa air (akuifer) yang bagian atasnya tidak ditutupi oleh lapisan kedap air. Kondisi tanpa lapisan penutup ini menyebabkan tekanan hidrostatis muka air tanah sama dengan tekanan udara luar (atmosfer). Secara umum, muka air tanah tak tertekan dikontrol oleh bentuk morfologi. Oleh karena itu secara kasar pola kontur topografi mencerminkan juga pola kesamaan muka air tanah bebasnya, dimana di tempat yang semakin tinggi maka muka air tanah bebasnya semakin dalam. Muka air tanah ini biasanya dapat dilihat pada sumur-sumur gali rumah tangga. Keterdapatannya airtanah bebas (*shallow groundwater*) di wilayah penyelidikan menunjukkan penyebaran tidak merata, bergantung pada media porous yang bertindak sebagai akifer dan kondisi topografi. Wilayah air tanah berpotensi baik terdapat di daerah yang tersusun batuan hasil gunungapi Slamet, lapisan-lapisan akifer dangkal yang termasuk produktif tinggi terutama terdapat pada bagian lereng kaki dan daerah-daerah lembah.

Dari hasil pengamatan dilapangan terhadap sumur gali dan sumur bor masyarakat, terkait dengan keterdapatan air tanah yang potensial (lapisan akuifer dan kedudukan muka air tanah yang cukup dangkal), seperti di daerah Pulosari yang berada di sepanjang aliran Sungai Pemali sumur penduduk umumnya hingga 20 m, dan di daerah Randusanga sumur bor kedalaman 65m dan diperkirakan akuifer dimulai pada kedalaman 55 m, sedangkan di daerah Sigempol sumur dengan kedalaman 10, kualitas air buruk dan terasa payau-asin, dan kualitas air yang baik diperoleh pada kedalaman pemboran > 100 mbmt, begitu juga yang di daerah Pesantren, Blendung, Mojo Kecamatan Ulujami Pematang sumur-sumur penduduk pada kedalaman <40m mempunyai kualitas air tanah dangkal yang buruk dan terasa payau-asin.

3.4.2.2. Air tanah dalam

Air tanah tertekan adalah air tanah yang terdapat pada akuifer yang bagian atasnya ditutupi oleh kedap air, demikian pula di bawahnya. Oleh karena itu tekanan hidrostatiknya lebih tinggi dari pada tekanan udara luar. Akibatnya pada tempat-tempat tertentu bisa muncul sebagai air artesis/mata air.

Secara umum, kondisi air tanah daerah penyelidikan mengalir dari arah perbukitan di selatan menuju ke dataran di bagian utara. Hal ini berarti bahwa daerah pengisian (*recharge area*) terletak di Pegunungan Serayu Utara atau Gunungapi Selamet, dan Gunung Lemahlaki di Brebes, sementara daerah pelepasan (*discharge area*) di dataran sepanjang pantai. Akifer – akifer yang teridentifikasi produktif tinggi terdapat pada kedalaman >100 m.

Berdasarkan peta Hidrogeologi Lembar Pekalongan oleh Tabrani Effendi, (1985), produktivitas air tanah daerah penyelidikan di bagi menjadi beberapa satuan antara lain (Gambar 3.9);

1. Akuifer dengan aliran melalui ruang antar butir

- Akuifer dengan produktifitas tinggi, penyebaran luas;

Akuifer berlapis banyak dengan keterusan sedang sampai tinggi, maka airtanah beragam, umumnya dekat permukaan tanah, di beberapa daerah ada di atas muka tanah, debit sumur umumnya lebih dari 10 l/dtk.

- akuifer produktif dengan penyebaran luas

Akuifer berlapis banyak dengan aliran melalui ruang antar butir, mempunyai nilai keterusan sedang, muka airtanah beragam dan umumnya dekat dengan permukaan tanah, debit sumur umumnya 5 sampai 10 l/dtk.

- akuifer produktif sedang, dengan penyebaran luas

Akuifer berlapis banyak dengan aliran melalui ruang antar butir, tidak menerus, tipis dengan keterusan rendah, setempat sedang, muka airtanah beragam pada

- umumnya dekat dengan permukaan tanah, debit sumur umumnya kurang dari 5 l/dtk.
- Akuifer produktif secara setempat, akuifer dengan nilai keterusan sangat beragam yang alirannya melalui celah dan antar butir, umumnya air tanah tidak dimanfaatkan karena dalamnya muka air tanah, setempat muka air tanah berdebit kecil dapat diturap.
2. Akuifer dengan aliran melalui celahan dan ruang antar butir
- Akuifer dengan produktivitas tinggi dengan penyebaran luas; akuifer dengan keterusan dan kisaran kedalaman muka air tanah beragam, debit sumur umumnya lebih dari 5 l/dtk.
 - Akuifer produktif sedang, dengan penyebaran luas; akuifer dengan keterusan sangat beragam, kedalaman muka air tanah umumnya dalam, debit sumur umumnya kurang dari 5/dtk, mataair umumnya berdebit sedang, muncul terutama pada daerah lekuk lereng.
 - Setempat, akuifer produktif; akuifer dengan keterusan sangat beragam, umumnya airtanah tidak dimanfaatkan karena dalamnya muka airtanah, setempat mataair berdebit kecil dapat diturap.
3. Akuifer (bercelah atau sarang) produktif rendah dan daerah airtanah langka
- Akuifer produktif kecil setempat berarti; keterusan umumnya rendah sampai sangat rendah, setempat airtanah dalam jumlah terbatas dapat diperoleh terutama pada daerah rendah atau zona pelapukan batuan padu.
 - Produktif kecil menutupi akuifer produktif dengan batu gamping produktif
 - Daerah airtanah langka; merupakan akuifer bercelah atau sarang, produktif kecil dan daerah air tanah langka.

Airtanah di daerah penyelidikan mengalir dominan melalui ruang antar butir, sebagian melalui celah maupun rekahan dan di beberapa tempat dijumpai airtanah langka.

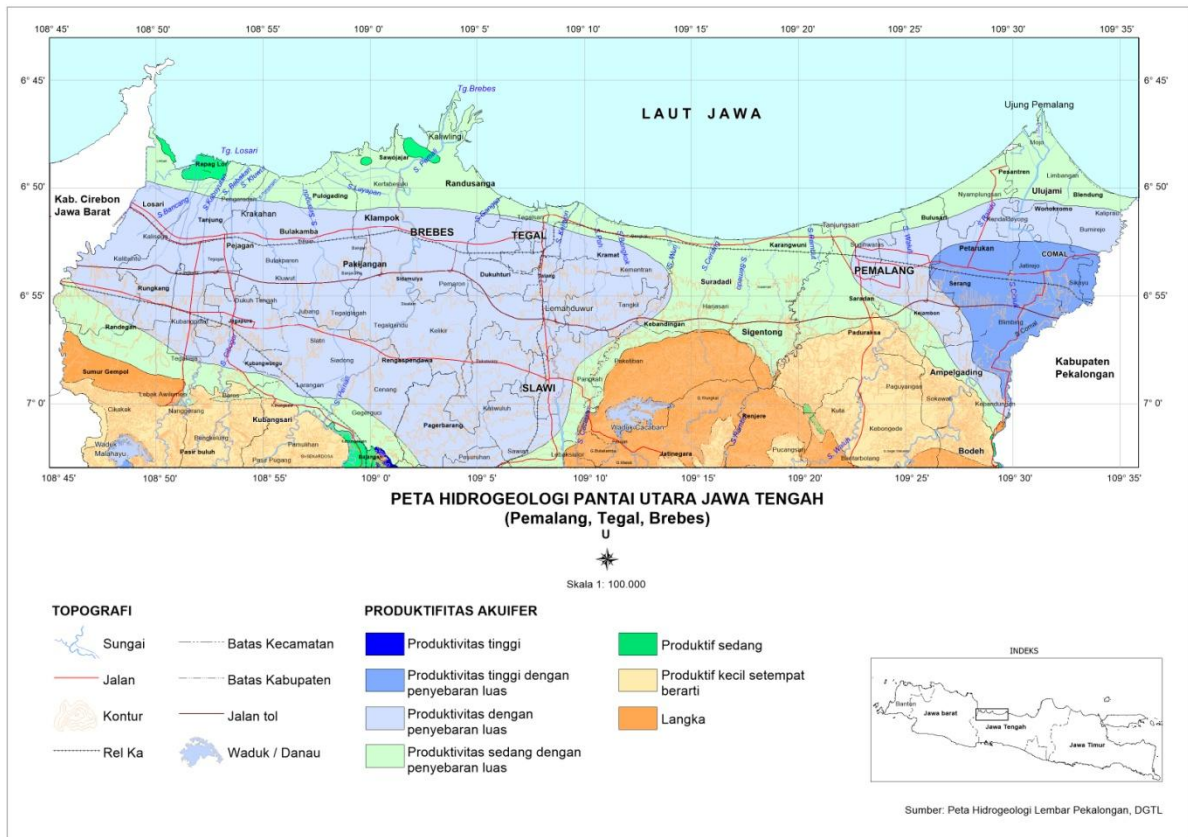
Berdasarkan peta ketersediaan air tanah (Pusat Airtanah dan Geologi Tata Lingkungan, 2019) daerah penyelidikan di bagi dalam 3 (tiga) satuan ketersediaan air tanah yaitu: (Gambar 3.10).

Ketersediaan air tanah tinggi dengan debit air > 5 liter/detik, dan kualitas air tanahnya baik, seluas 86,540 Ha atau 43% dari luas penyelidikan yang tersebar di Kecamatan Losari, Bulakamba, Kersana, Larangan, Wanasari Kabupaten Brebes dan di Kecamatan Slawi, Dukuhwaru, Pagerbarang, Talang Kabupaten Tegal serta di Kecamatan Comal, Ampelgading, Petarukan, taman Kabupaten Pemalang.

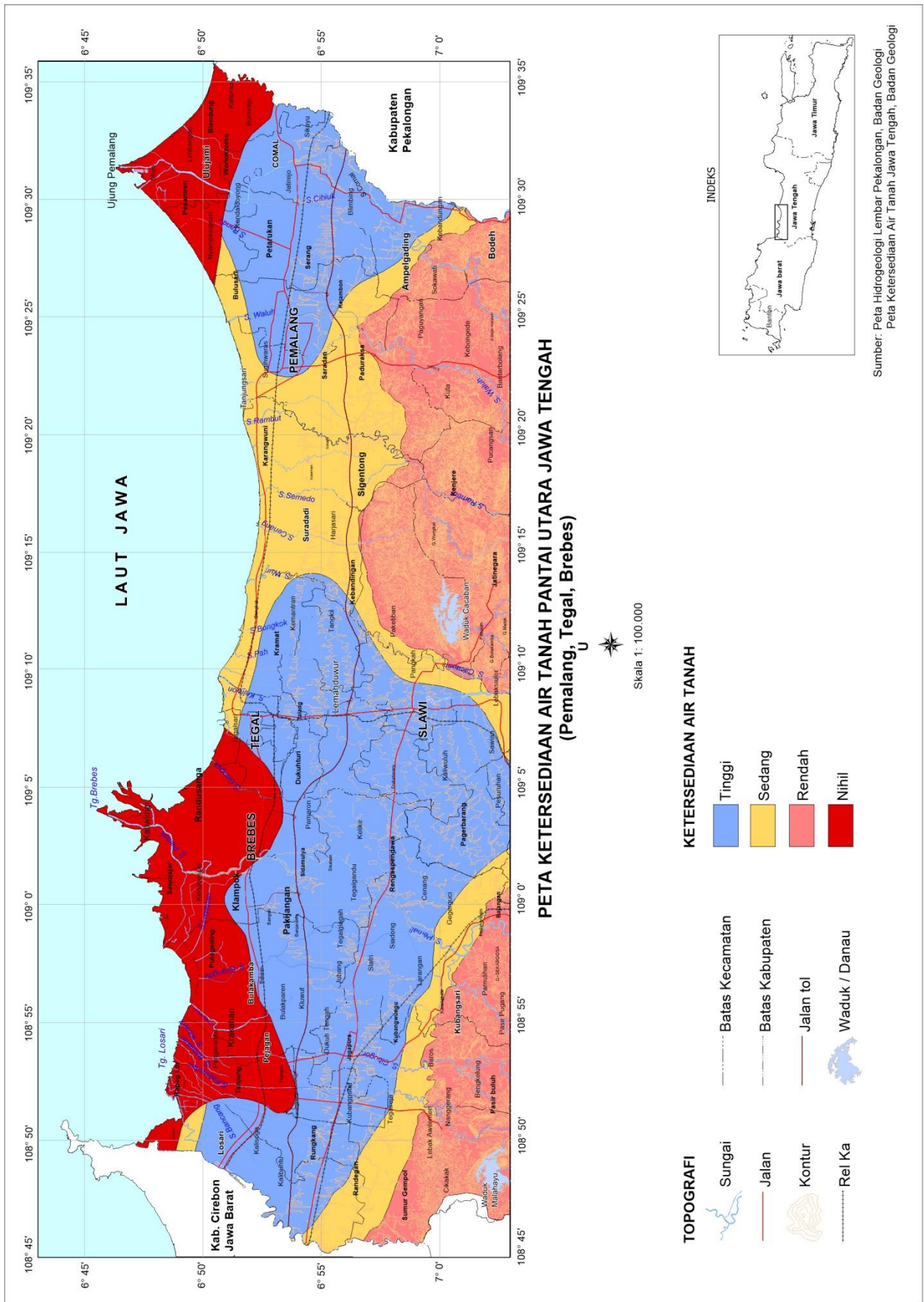
Ketersedian air tanah sedang dengan debit sumur 2-5 liter/detik, dan kualitas baik, seluas 66.479 Ha atau 33% dari luas penyelidikan yang tersebar di daerah Suradadi

dan Warureja Kabupaten Tegal dan Kecamatan Pemalang dan Taman Kabupaten Pemalang

Ketersediaan air tanah rendah dengan debit < 2 liter/detik dan kualitas baik, seluas 48.890 Ha atau 24% dari luas penyelidikan yang tersebar di daerah selatan daerah penyelidikan di bandarharjo, Ketangungan Kabupaten Brebes, Kedungbanteng, Jatinegara Kabupaten Tegal dan Bantarbolang, Randudongkal, Bodeh Kabupaten Pemalang.



Gambar 3.9. Peta hidrogeologi daerah penyelidikan



Gambar 3.10. Peta ketersediaan air tanah daerah penyelidikan

3.4.1. Kualitas Air Tanah Daerah Penyelidikan

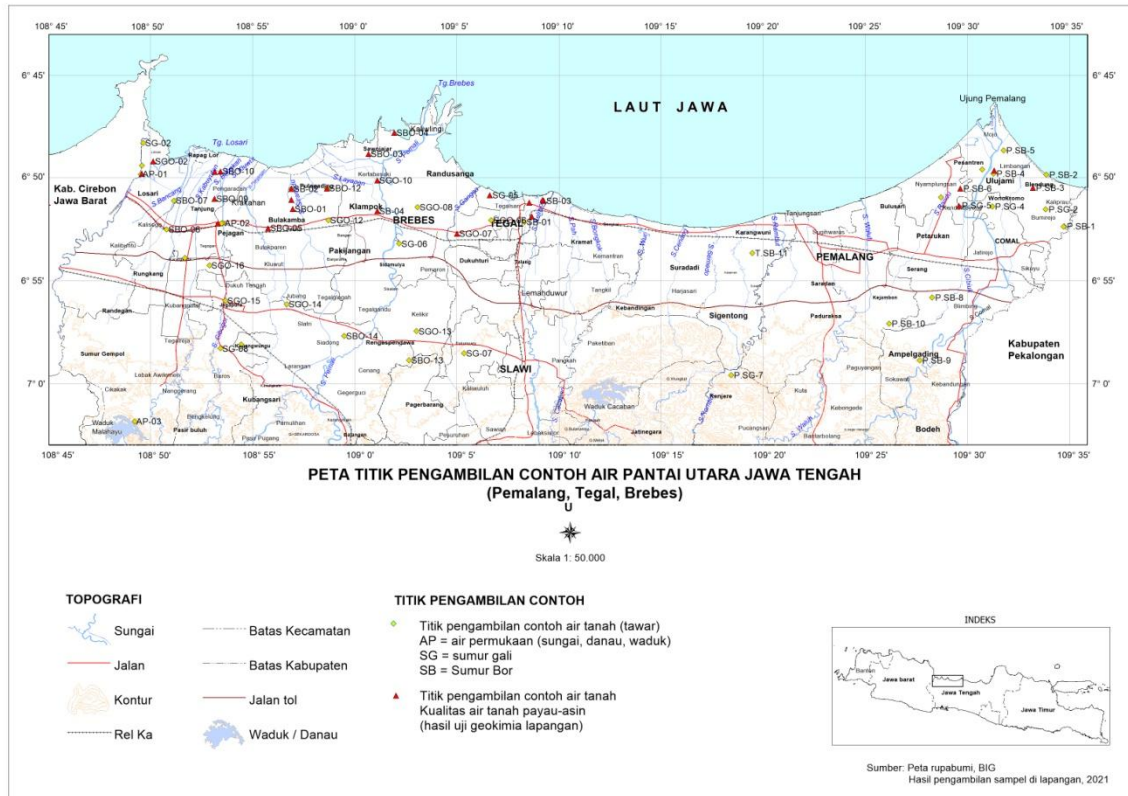
Kualitas air yaitu sifat air dan kandungan makhluk hidup, zat, atau komponen lain di dalam air yang dinyatakan dengan beberapa parameter, seperti parameter fisik yaitu suhu, warna dan daya hantar listrik. Parameter kimia biologi yaitu keberadaan plankton dan bakteri. Apabila hasil pengujian kualitas air tidak memenuhi syarat, maka air dapat dikatakan tercemar.

Air tanah merupakan salah satu sumber air bersih yang berasal dari lapisan tanah pembawa air /akuifer, yang dekat dari permukaan tanah, sehingga perlu mendapatkan perhatian karena mudah sekali tercemar dan terkontaminasi melalui rembesan. Air memegang peranan penting untuk memenuhi kebutuhan manusia seperti, memasak, mencuci, transportasi, pertanian, industri dan sebagainya. Air yang digunakan untuk kebutuhan hidup sehari-hari harus memenuhi persyaratan yang di atur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan air bersih di daerah pengembangan perkotaan, maka dibutuhkan sumber-sumber air bersih baik dari air permukaan maupun air tanah untuk memenuhi kebutuhan manusia sehari-hari.

Air tanah merupakan salah satu sumber air yang dimanfaatkan oleh masyarakat terutama di pesisir pantai utara, dan berdasarkan hasil pengamatan dan survey di lapangan dengan cara wawancara dan pengambilan sampel air tanah, diketahui kondisi air tanah baik dangkal maupun dalam di bagian selatan relatif bagus dan dapat dimanfaatkan langsung oleh masyarakat, sedangkan air tanah dangkal 0 - 60 mbmt yang berada di daerah dekat pesisir pantai utara kualitas air sumur semakin menurun, seperti berwarna keruh atau kuning dan rasa agak payau - asin, sehingga masyarakat setempat mengambil air untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari seperti untuk memasak, mencuci, mandi dan kebutuhan lainnya, memanfaatkan sumur bor dengan kedalaman > 100 mbmt, karena diatas 100 mbmt kualitas air mulai bagus tidak berwarna dan rasa air tawar.

Ada beberapa penyebab air tanah di daerah pesisir memiliki nilai salinitas tinggi diantaranya intrusi air laut, kehadiran pasang surut air yang menyebabkan naik turunnya tinggi muka air laut juga akan mempengaruhi penyusupan air laut ke air tanah, saat pasang, muka air laut akan lebih tinggi sehingga berpotensi menyebabkan masuknya air laut ke air tanah dan pengaruh pengendapan masa lalu (dilihat dari peta geologi Kuarter). Secara alamiah air laut tidak dapat masuk jauh ke daratan sebab air tanah memiliki piezometrik yang menekan lebih kuat dari pada air laut, sehingga terbentuk interface sebagai batas antara air tanah dengan air laut, dimana keadaan tersebut merupakan keadaan kesetimbangan antara air laut dan air tanah.

Untuk mengetahui seberapa besar potensi intrusi air laut tersebut dapat dilihat dari kadar penggambaran air tanah di daerah penyelidikan, maka diambil beberapa contoh air sumur dalam dan air sumur dangkal di daerah penyelidikan (Gambar 3.11), untuk dilakukan uji parameter Geokimia airtanah yaitu pegujian DHL (Daya hantar listrik) dan TDS (*Total Dissolved Solid*), serta Salinitas dilapangan.



Gambar 3.11. Peta titik pengambilan contoh air tanah daerah penyelidikan



Foto Pengambilan dan pengukuran langsung dilapangan sampel air tanah

Parameter Geokimia Airtanah

a. Salinitas

Salinitas (ppt/permil ($^{\circ}/_{00}$)) adalah konsentrasi total ion yang terdapat di perairan, salinitas menggambarkan padatan total di dalam air, setelah semua karbonat dikonversi menjadi oksida, semua bromida dan ionida digantikan klorida, dan semua bahan organik telah dioksidasi. Klasifikasi air tanah berdasarkan salinitas yang berhubungan dengan intrusi air laut ditunjukkan dalam Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Klasifikasi penilaian salinitas air sumur

No	Salinitas ($^{\circ}/_{00}$)	Tingkat Salinitas
1	<0,5	Air tawar
2	0.5 – 30	Sedang/payau (<i>moderately saline</i>)
3	30 – 50	Asin (<i>saline</i>)
4	> 50	Sangat asin (<i>brine</i>)

b. Daya Hantar Listrik

Konduktivitas (Daya Hantar Listrik/DHL) adalah gambaran numerik dari kemampuan air untuk meneruskan aliran listrik. Oleh karena itu, semakin banyak garam-garam terlarut yang dapat terionisasi, semakin tinggi pula nilai DHL. Klasifikasi airtanah berdasarkan DHL yang berhubungan dengan intrusi air laut ditunjukkan dalam Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Klasifikasi airtanah berdasarkan Daya Hantar Listrik

No	DHL ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Jenis Air
1	< 1.500	Tawar
2	1.500 – 5.000	Tawar – Payau
3	5.000 – 15.000	Payau
4	15.000 – 50.000	Asin

c. TDS

TDS (Total Dissolved Solids), dilakukan untuk mengukur jumlah garam terlarut, karena jumlah konsentrasi garam dalam air sangat tinggi terutama air laut yang banyak mengandung senyawa kimia. Air laut memiliki nilai TDS yang tinggi karena banyak mengandung senyawa kimia, yang juga mengakibatkan tingginya salinitas dan daya hantar listrik. Air yang mengandung mineral non-organik tinggi sangat tidak baik untuk kesehatan karena mineral tersebut tidak akan hilang walaupun dengan cara direbus. Menurut WHO standar air minum sehat yang layak dikonsumsi harus memiliki kadar TDS

dibawah 1000 ppm. Klasifikasi airtanah berdasarkan TDS yang berhubungan dengan intrusi air laut ditunjukkan dalam tabel 3.5.

Tabel 3.5. Klasifikasi air tanah berdasarkan TDS

No	Nilai TDS (ppm)	Rasa
1	< 300	Sangat bagus/tawar
2	300 - 600	Bagus/agak payau
3	600 - 900	Sedang/sedang payau
4	900-1200	Buruk/asin
5	>1200	Sangat buruk/sangat asin

d. PH

Pada umumnya keasaman air disebabkan karena adanya gas karbon dioksida yang larut dalam air dan menjadi asam karbonat. Semakin tinggi pH, semakin tinggi pula nilai alkalinitas dan semakin rendah kadar karbondioksida bebas. Klasifikasi air tanah berdasarkan pH yang berhubungan dengan intrusi air laut ditunjukkan dalam Tabel 3.6.

Tabel 3.6. Klasifikasi air tanah pH

No	pH	Jenis Air
1	< 5-7	Asam
2	7	Netral
3	> 7-9	Basa

Intrusi atau penyusupan air laut ke dalam akuifer di daratan pada dasarnya adalah proses terdesaknya air bawah tanah tawar oleh air laut di dalam akuifer pada daerah pantai

Metode resistivitas

Resistivitas merupakan salah satu metode geofisik yang memanfaatkan sifat resistivitas listrik batuan untuk mendeteksi formasi bawah permukaan. Metode ini dilakukan melalui pengukuran beda potensial yang ditimbulkan akibat injeksi arus listrik ke dalam bumi. Pengukuran resistivitas dilakukan dengan 2 buah elektroda sebagai pengirim arus listrik ke dalam bumi dan 2 elektroda untuk mengukur beda potensial di permukaan akibat dari pengiriman arus listrik. Jarak elektroda menentukan jangkauan kedalam lapisan yang diukur, sehingga makin besar jarak elektroda maka makin dalam lapisan batuan yang dapat diselidiki.

Tujuan resistivitas tahanan jenis adalah mengetahui keadaan geologi bawah permukaan yang berhubungan dengan komposisi fluida dan porositas batuan. Manfaat yang didapat yaitu untuk memperkirakan persebaran nilai tahanan jenis bawah permukaan dengan

pengukuran pada permukaan tanah. Harga tahanan jenis permukaan batuan ditentukan oleh masing-masing tahanan jenis unsur batuan. Tabel 3.7 menunjukkan variasi nilai-nilai resistivitas batuan.

Tabel 3.7 Nilai resistivitas batuan

No	Material	Tahanan jenis (Ωm)
1	Lempung	1 – 100
2	Airtanah	0.5 – 300
3	Lava	100 - 5×10^4
4	Air asin	0,2
5	Air payau	0,3 – 1
6	Breksi	75 – 200
7	Tufa	20 – 100
8	Pasir	1 – 1.000
9	Batupasir	1 – 6.5×10^8

Tahap pengambilan data dalam penyelidikan ini meliputi data geokimia sebanyak 66 sampel air tanah. Tahap pengolahan data yang dilakukan meliputi analisis sebaran nilai penggambaran dengan sebaran peta kontur kualitas air tanah parameter teruji menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Analisis penggambaran airtanah di dataran alluvial Pantura Brebes, Tegal, Pemalang dengan menggunakan korelasi nilai kualitas airtanah berdasarkan Salinitas, DHL, TDS, dan pH. Validasi keempat data menghasilkan nilai yang berkorelasi tersebut maka dapat menentukan pendugaan daerah yang terintrusi air laut. Data resistivitas yang dilakukan oleh Ardeneswari, (2016), berupa interpretasi jenis lapisan batuan yang terdiri atas Formasi alluvial dan Formasi Damar. Pada endapan alluvial di daerah penyelidikan terdiri atas susunan lempung (0-10 Ωm), lempung pasir (10-20 Ωm), dan pasir (20-70 Ωm), sedangkan Formasi Damar terdiri atas susunan tuff (20-80 Ωm), batupasir tuffan (50-100 Ωm), breksi (100-1.000 Ωm) dan lava >1.000 Ωm)

3.4.2. Hasil analisis geokimia airtanah

Hasil analisis data geokimia airtanah daerah penyelidikan, hasil uji salinitas air tanah menunjukkan adanya pengaruh dari larutan garam pada kadar tertentu yang mengindikasikan adanya tingkat keasinan dengan kandungan ion klorida yang bersifat negatif nilai salinitas paling tinggi berada di Desa Cimohong, Bulakamba Kabupaten brebes 0.45%, sedangkan di daerah Tegal dan Pemalang Relatif sama kisaran 0.03% – 0.07 %. Daya hantar listrik menunjukkan adanya sifat menghantarkan listrik dari air, berdasarkan hasil pengujian nilai DHL yang tertinggi terdapat di Desa Cimohong, Bulakamba, Brebes 8.880 $\mu\text{S/cm}$. di kota tegal nilai DHL paling besar di daerah

Muarareja, Tegal Barat 1.977 $\mu\text{S/cm}$, sedangkan nilai DHL tertinggi di Pemalang adalah di daerah Desa Kendaldoyong Kecamatan Petarukan 1.873 $\mu\text{S/cm}$. Nilai salinitas, Daya hantar listrik yang termasuk jenis air payau-asin tersebar di beberapa daerah seperti di Kabupaten Brebes (Pulogading, Kupu, Bulakamba, Sawojajar, Griting, Pejagan, Krakahan, Bangsri, Limbangan, Cimohong, Kertabesuki, Bangsi). Kabupaten dan Kota Tegal (Kelurahan Panggung, Mintaragen, Muarareja, dan Kaligangsa), dan Kabupaten Pemalang (Blendung, Kendaldoyong, Pener, Mojo) ini dan secara jelas dapat dilihat dibawah ini.

a. Hasil analisis geokimia airtanah di daerah Pemalang

Daerah yang mengalami penggaraman dari asin hingga payau di daerah Pemalang, berdasarkan hasil korelasi pengukuran parameter geokimia tersebar di Kecamatan Ulujami meliputi daerah Blendung, Mojo, Kecamatan Taman daerah Pener dan Kecamatan Petarukan daerah Kendaldoyong (Tabel 3.8).

Tabel 3.8. hasil pengukuran Geokimia air tanah daerah Pemalang

NO	KODE	KABUPATEN	KEAMATAN	DESA/ KELUARAHAH	KOORDINAT		SG	ORP (mV)	pH	Jenis air	DHL ($\mu\text{S/cm}$)	Jenis air (ppm)	TDS air	Jenis air (%)	SALINITAS air	SUHU ($^{\circ}\text{C}$)	DO (mg/L)	
					X	Y												
1	P.SB-1	Pemalang	Ulujami	Samong	109.578	-6.87259	1.002	219	7.04	netral	1088	tawar	544	tawar	0.05	tawar	24.3	6.7
2	P.SB-2	Pemalang	Ulujami	Kertosari	109.564	-6.83086	1.001	211	7.45	netral	616	tawar	308	tawar	0.03	tawar	24.8	6.9
3	P.SB-3	Pemalang	Ulujami	Blendung	109.553	-6.84145	1.001	215	7.36	netral	1587	payau	794	payau	0.07	payau	28.3	6.6
4	P.SB-4	Pemalang	Ulujami	Mojo	109.521	-6.82989	1.001	207	7.36	netral	688	tawar	344	tawar	0.03	tawar	27.9	6.8
5	P.SB-5	Pemalang	Ulujami	Limbangan	109.529	-6.81107	1.001	217	7.27	netral	721	tawar	365	tawar	0.03	tawar	24.3	6.9
6	P.SB-6	Pemalang	Petarukan	Kendaldoyong	109.494	-6.84188	1	235	9.99	basa	1427	tawar	713	payau	0.07	payau	24.8	6.5
7	P.SB-7	Pemalang	Petarukan	Klayeran	109.478	-6.84898	1.001	262	6.65	asam	1286	tawar	643	tawar	0.06	tawar	24.1	6.6
8	P.SB-8	Pemalang	Petarukan	Karangasem	109.471	-6.93015	1.001	236	6.58	asam	783	tawar	391	tawar	0.03	tawar	24.4	6.7
9	P.SB-9	Pemalang	Ampelgading	Sokawati	109.461	-6.98092	1.001	246	6.17	asam	625	tawar	312	tawar	0.03	tawar	24.3	6.6
10	P.SB-10	Pemalang	Taman	Pener	109.436	-6.95136	1.001	219	6.68	asam	1468	tawar	734	payau	0.07	payau	24.7	7.3
11	P.SG-1	Pemalang	Ulujami	Samong	109.578	-6.87271	1.001	246	6.97	asam	1025	tawar	514	tawar	0.05	tawar	28.2	6.8
12	P.SG-2	Pemalang	Ulujami	Kaliprau	109.564	-6.85877	1.001	235	6.67	asam	470	tawar	236	tawar	0.02	tawar	24.2	6.8
13	P.SG-3	Pemalang	Ulujami	Mojo	109.522	-6.8274	1.001	249	6.28	asam	1450	tawar	725	payau	0.07	payau	27.8	6.3
14	P.SG-4	Pemalang	Comal	Wonokromo	109.52	-6.85665	1.001	243	6.68	asam	669	tawar	335	tawar	0.03	tawar	24.7	7
15	P.SG-5	Pemalang	Petarukan	Kendaldoyong	109.493	-6.85583	1	272	6.22	asam	1873	payau	936	payau	0.09	payau	24.4	7.4
16	P.SG-6	Pemalang	Ulujami	Pesantren	109.512	-6.82652	1	243	7.1	netral	1060	tawar	531	tawar	0.05	tawar	23.4	6.3
17	P.SG-7	Pemalang	Randudongkal	Gongseng	109.307	-6.99295	1.001	437	6.35	asam	969	tawar	485	tawar	0.04	tawar	24.5	6.5

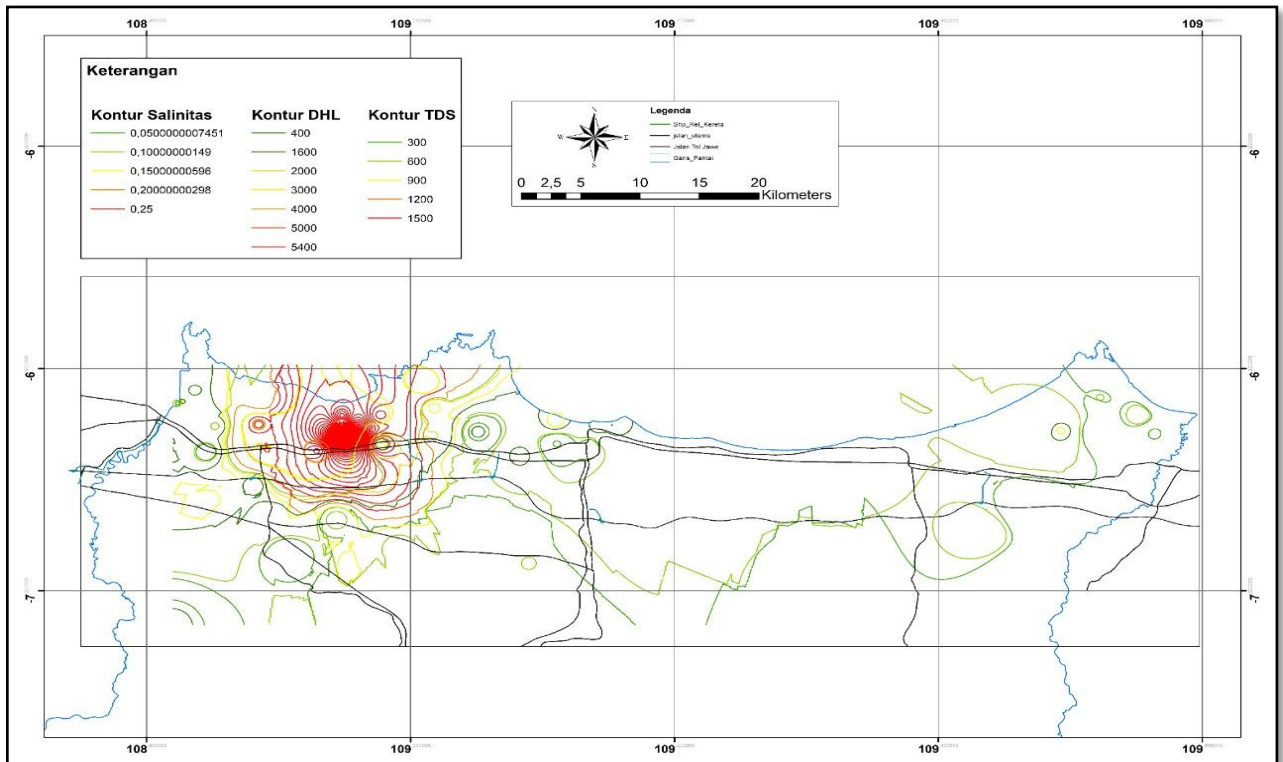
b. Hasil analisis geokimia airtanah di daerah Brebes

Secara umum daerah yang mengalami penggaraman dari asin hingga payau di daerah Brebes berdasarkan hasil korelasi pengukuran parameter geokimia tersebar di meliputi daerah Pulogading, Bulakamba, Griting, Bangsri, Cimohong Kecamatan Bulakamba, daerah Kupu, Sawojajar, Kerta besuki Kecamatan Wanasari, daerah Pejagan, Krakahan, Sengon, Pengaradan Kecamatan Tanjung dan di daerah Limbangan

Kecamatan Losari, lebih jelasnya dapat dilihat pada (Tabel 3.9) dan (Gambar 3.12).

Tabel 3.9. hasil pengukuran Geokimia air tanah daerah Brebes

NO	KODE	KABUPATEN	KEAMATAN	DESA / KELUARAHAAN	KOORDINAT			SG	ORP (mV)	pH	DHL (µS/cm)	TDS (ppm)	SALINITAS %	SUHU (°C)	DO (mg/L)			
					X	Y												
1	AP-01	Brebes	Losari	Limbangan	108.83	-6.8304	1	214	7.5	basa	289	tawar	146	tawar	0.01	tawar	29	0.42
2	AP-02	Brebes	Bulakamba	Cimohong	108.89	-6.87	1	263	8.5	basa	1275	tawar	637	tawar	0.06	payau	31.1	-
3	AP-03	Brebes	Banjarharjo	Malahayu	108.82	-7.0304	1	224	8.8	basa	230	tawar	115	tawar	0.01	tawar	31.7	37.2
4	SB-02	Brebes	Bulakamba	Pulogading/	108.948	-6.84235	1	298	7.28	basa	5580	payau	2790	payau	0.28	payau	30.1	4.2
5	SB-04	Brebes	Wanasari	Kupu	109.018	-6.86025	1.001	250	6.86	asam	2011	payau	1005	payau	0.1	payau	29.2	4.4
6	SBO-01	Brebes	Bulakamba	Bulakamba	108.949	-6.85864	1.001	-88	7.5	basa	3230	payau	16110	asin	0.16	payau	28.3	3.1
7	SBO-03	Brebes	Wanasari	Sawojajar	109.011	-6.81394	1	209	8.08	basa	3590	payau	1790	asin	0.18	payau	27.5	6.9
8	SBO-04	Brebes	Brebes	Kaliwilingi	109.032	-6.79683	1.001	227	7.83	basa	2810	payau	1400	asin	0.14	payau	28.4	6.8
9	SBO-05	Brebes	Bulakamba	Griting	108.929	-6.87408	1.001	-49	7	netral	4610	payau	2320	asin	0.23	payau	28.9	5.3
10	SBO-06	Brebes	Tanjung	Tengguli	108.846	-6.87503	1.003	248	8.13	basa	736	tawar	369	tawar	0.03	tawar	30.3	6.5
11	SBO-07	Brebes	Losari	Kecipir	108.852	-6.85181	1.002	205	7.89	basa	1120	tawar	560	tawar	0.05	tawar	28.7	3.6
12	SBO-08	Brebes	Tanjung	Pejagan	108.888	-6.87017	1.002	324	7.55	basa	1871	payau	941	payau	0.09	payau	29.8	7.3
13	SBO-09	Brebes	Tanjung	Krakahan	108.885	-6.85027	1.001	318	7.48	basa	4430	payau	2220	asin	0.22	payau	28.3	7.1
14	SBO-10	Brebes	Tanjung	Pengaradan	108.89	-6.82815	1.001	317	7.68	basa	2010	payau	1000	asin	0.1	payau	29.6	6.5
15	SBO-11	Brebes	Bulakamba	Cimohong	108.891	-6.87021	1.001	259	8.04	basa	1788	payau	894	payau	0.08	payau	29	7.5
16	SBO-12	Brebes	Bulakamba	Bangsri	108.977	-6.84183	0	-	-		3340	payau	1670	asin	0.16	payau	-	-
17	SBO-13	Brebes	Songgom	Dukuhmaja	109.044	-6.98103	1.002	29	6.82	asam	607	tawar	303	tawar	0.03	tawar	28.3	9.4
18	SBO-14	Brebes	Larangan	Rengaspendawa	108.991	-6.96129	1.002	-1	6.76	asam	801	tawar	400	tawar	0.04	tawar	28.5	8.5
19	SG-01	Brebes	Losari	Limbangan	108.826	-6.82995	1.001	251	6.86	asam	2410	payau	1200	asin	0.12	payau	28.5	3.8
20	SG-02	Brebes	Losari	Limbangan	108.827	-6.80508	1.001	225	6.64	asam	1380	tawar	693	payau	0.06	tawar	28.6	4
21	SG-06	Brebes	Brebes	Pulosari	109.036	-6.88664	1.002	-51	6.74	asam	1093	tawar	547	tawar	0.05	tawar	29.3	4.2
22	SG-08	Brebes	Ketanggungan	Kubangwungu	108.89	-6.97136	1.002	88	6.95	asam	1118	tawar	555	tawar	0.05	tawar	28.6	11.7
23	SG-09	Brebes	Larangan	Luwunggede	108.907	-6.9682	1.002	269	6.94	asam	666	tawar	334	tawar	0.03	tawar	28.2	9.2
24	SGO-01	Brebes	Losari	Limbangan	108.826	-6.82326	1.002	269	6.81	asam	1255	tawar	631	tawar	0.06	tawar	29.5	6.2
25	SGO-02	Brebes	Losari	Karangdempel	108.835	-6.81997	1.002	289	6.71	asam	1692	payau	850	payau	0.08	payau	30.1	5.8
26	SGO-03	Brebes	Bulakamba	Pulogading	108.948	-6.84235	1.001	244	7.5	basa	3250	payau	1630	asin	0.16	payau	29.6	3.9
27	SGO-04	Brebes	Bulakamba	Bulakamba	108.948	-6.85102	1.001	-116	6.96	asam	3580	payau	1790	asin	0.18	payau	29.5	3
28	SGO-08	Brebes	Brebes	Pagejungan	109.051	-6.85701	1.002	209	8.74	basa	245	tawar	122	tawar	0.01	tawar	28.6	4.6
29	SGO-09	Brebes	Bulakamba	Cimohong	108.891	-6.87026	1	310	6.96	asam	8880	asin	4400	asin	0.45	asin	29	5.4
30	SGO-10	Brebes	Wanasari	Kertabesuki	109.018	-6.83542	1.002	284	7.07	basa	1611	payau	810	payau	0.08	payau	29.4	5.7
31	SGO-11	Brebes	Bulakamba	Bangsri	108.977	-6.84183	1.001	289	7.29	basa	2620	payau	1310	asin	0.13	payau	27.6	4.7
32	SGO-12	Brebes	Bulakamba	Bangsri	108.978	-6.86762	1.001	286	7.27	basa	1393	tawar	696	tawar	0.06	tawar	27.7	-
33	SGO-13	Brebes	Jatibarang	Janegara	109.05	-6.95739	1.001	287	6.65	asam	751	tawar	376	tawar	0.03	tawar	27.8	5.7
34	SGO-14	Brebes	Larangan	Slati	108.944	-6.93561	1.002	297	7.24	basa	775	tawar	387	tawar	0.03	tawar	6.2	29.1
35	SGO-15	Brebes	Ketanggungan	Padakaton	108.894	-6.93283	1.002	300	6.76	asam	1271	tawar	636	tawar	0.06	tawar	29.8	6.4
36	SGO-16	Brebes	Kersana	Limbangan	108.881	-6.9042	1.003	313	6.74	asam	1222	tawar	614	tawar	0.06	tawar	29.9	8.2
37	SGO-17	Brebes	Tanjung	Sengon	108.861	-6.89816	1.002	108	6.84	asam	1691	payau	847	payau	0.08	payau	29.2	6.3
38	B.SBx1	Brebes	Tanjung	Pengaradan	108.885	-6.82855	1	306	7.72	basa	2008	payau	1008	payau	0.1	payau	23.7	8.4



Gambar 3.12. Hasil korelasi geokimia air tanah daerah Brebes

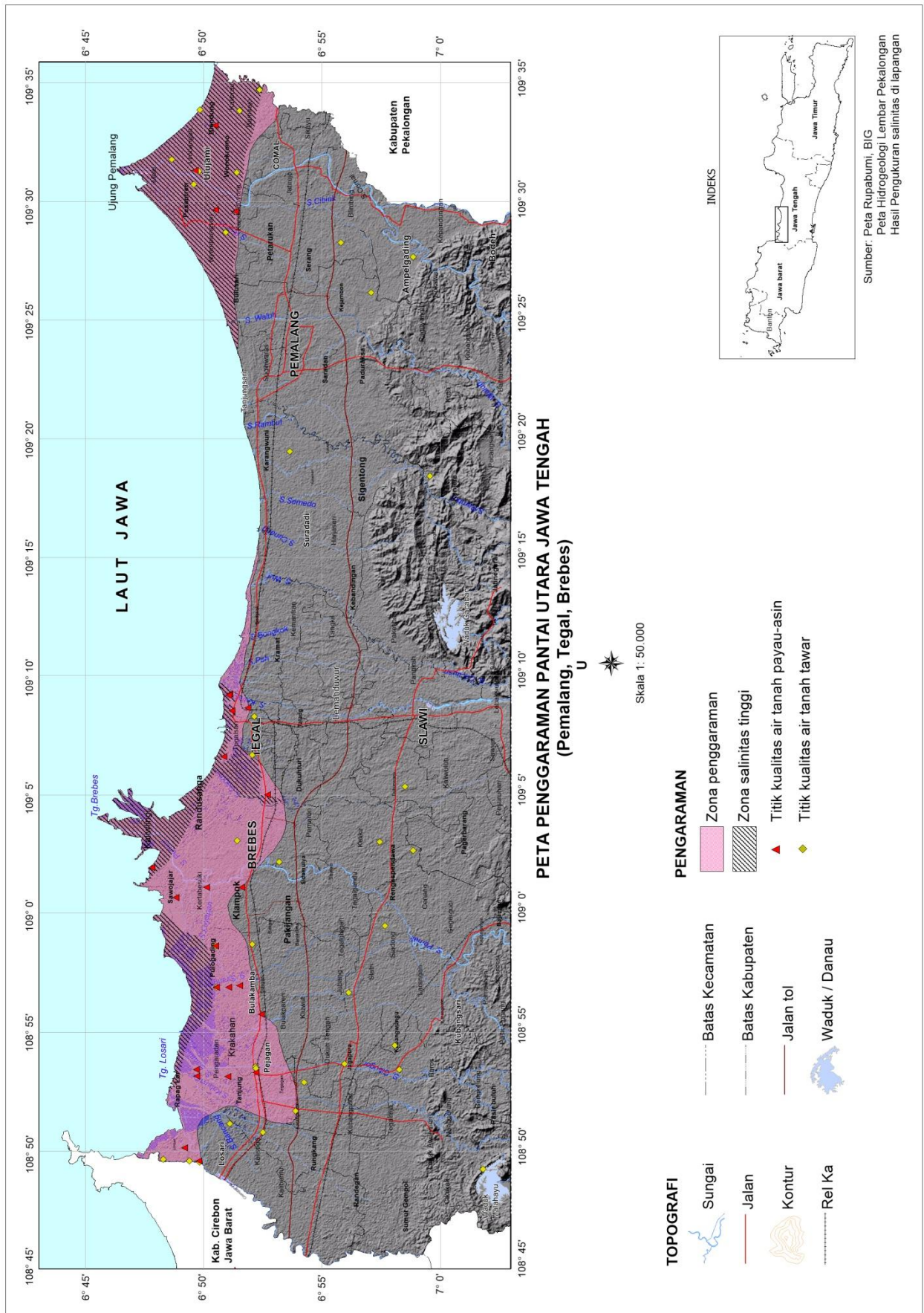
c. Penggaraman di daerah Kota Tegal dan Kabupaten Tegal

Penyebaran penggaraman Kota Tegal berada di Kecamatan Tagal Timur berpengaruh terhadap air tanah menjadi payau hingga asin dan penyebarannya sampai keselatan sejauh 1,5 km dari garis pantai, sedangkan di daerah Tegal Barat penggaraman air tanah dangkal sampai Kecamatan Marganada. Berdasarkan hasil uji salinitas dan DHL di beberapa titik memperlihatkan adanya penggaraman di beberapa sumur dangkal penduduk kedalaman kurang dari 20 mbmt seperti di Kelurahan Mintaragen dengan nilai DHL 1.755 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) dan nilai Salinitas 0.8 ‰, Kelurahan Muarareja dengan DHL 1.977 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) dan nilai Salinitas 0.9 ‰, Kelurahan Kaligangsa, Kecamatan Margadana dengan nilai DHL 1.747 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) dan nilai Salinitas 0.8 ‰. Sedangkan daerah yang tidak terkena penggaraman berada di sebelah selatan seperti di Kelurahan Mangkukusan dengan nilai DHL 678 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) dan nilai Salinitas 0.3 ‰ (Tabel 3.10).

Tabel 3.10. hasil pengukuran air sampel daerah Tegal

NO	KODE	KABUPATEN	KEAMATAN	DESA /KELUARAHAAN	KOORDINAT		SG	ORP	pH	Jenis air	DHL	Jenis air	TDS	Jenis air	SALINITAS	Jenis	SUHU	DO
					(mV)	(μ S/cm)		(ppm)			%		air		($^{\circ}$ C)	(mg/L)		
					X	Y												
1	SB-01	Kota Tegal	Tegal Timur	Kel. Mangkukusuman	109.138	-6.86908	1.002	149	7.38	basa	678	tawar	339	tawar	0.03	tawar	30.4	3.7
2	SB-03	Kota Tegal	Tegal Timur	Kel. Panggung	109.154	-6.85194	1.001	210	7.81	basa	1797	payau	903	payau	0.09	payau	28.4	4.3
3	SG-03	Kota Tegal	Tegal Timur	Kel. Panggung	109.153	-6.85107	1.001	224	7.15	basa	1472	Payau	736	payau	0.07	payau	37	3.5
4	SG-04	Kota Tegal	Tegal Timur	Kel. Mintaragen	109.142	-6.85327	1.001	-59	7.14	basa	1755	payau	878	payau	0.08	payau	28.7	3.3
5	SG-05	Kota Tegal	Tegal Barat	Kel. Muarareja	109.11	-6.84744	1.002	214	7.49	basa	1977	payau	991	payau	0.09	payau	29.4	3
6	SG-07	Tegal	Dukuwaru	Blubuk	109.089	-6.97521	1.001	325	6.23	asam	1213	tawar	609	tawar	0.06	tawar	27.4	11.6
7	SGO-05	Kota Tegal	Tegal Timur	Kel. Panggung	109.144	-6.86446	1.002	219	7.04	netral	1436	tawar	718	payau	0.07	payau	30	3.1
8	SGO-06	Kota Tegal	Margadana	Kel. Pesurungan Lor	109.111	-6.86768	1.002	245	7.39	basa	539	tawar	270	tawar	0.02	tawar	29.3	3.4
9	SGO-07	Kota Tegal	Margadana	Kel. Kaligangsa	109.083	-6.87844	1.002	281	7.37	basa	1747	payau	874	payau	0.08	payau	0	4.7
10	T.SB-11	Tegal	Warureja	Banjarturi	109.324	-6.89422	1.001	347	6.41	asam	1328	tawar	666	tawar	0.06	tawar	25.6	6.9

Berdasarkan pada data hasil pengambilan contoh air dilapangan, maka disusun peta sebaran air tanah (lapisan akuifer) dangkal/bebas dengan kondisi payau/asin pada kedalaman kurang dari 15 m, secara umum air tanah payau/asin, setempat payau/asin dan setempat air tanah tawar (Gambar 3.13).



Gambar 3.13. Peta penggaraman daerah penyelidikan

Rekomendasi yang dilakukan terkait informasi mengenai persebaran pendugaan intrusi air laut/pengaraman pada dataran alluvial pesisir pantai utara Jawa Tengah dari Brebes, Tegal, Kota Tegal dan Pemalang adalah dengan cara membatasi adanya kegiatan pemenuhan kebutuhan sehari-hari untuk mengurangi pemanfaatan airtanah secara berlebihan terutama di daerah untuk pengembangan kawasan industri dan permukiman, daerah yang sudah mengalami intrusi dapat dimanfaatkan sebagai tambak, adanya pengawasan dalam setiap pembangunan untuk mengurangi dampak intrusi oleh pemerintah terkait di daerah, sebaiknya setiap pembangunan di daerah yang terindikasi intrusi kebutuhan air baku menggunakan air permukaan baik dari sungai maupun waduk-waduk yang ada.

3.5. Bahaya Aspek Geologi

Bencana alam beraspek geologi adalah bencana yang merugikan manusia baik harta maupun jiwa manusia, yang diakibatkan oleh proses geodinamik atau fenomena geologi. Proses geodinamik adalah proses alami dalam sistem bumi yang terjadi secara periodik dalam kurun waktu tertentu, proses geodinamik meliputi dua (2) proses yaitu:

Proses Endogenik dari dalam bumi berupa pergerakan lempeng tektonik yang menyebabkan gempa dan tsunami, dan pergerakan magma ke permukaan (proses Vulkanisme) yang mengakibatkan erupsi gunung api.

Proses Eksogenik diakibatkan interaksi permukaan bumi dengan atmosfer, dapat menyebabkan terjadinya erosi, gerakan massa tanah dan batuan, banjir dan proses sedimentasi. Di daerah penyelidikan, bencana alam beraspek geologi yang teridentifikasi adalah longsor atau gerakan tanah, abrasi, gempa bumi, banjir, dan bahaya geologi teknik secara jelas diuraikan dibawah ini;

1.5.1. Gerakan Tanah

Gerakan tanah merupakan salah satu tipe bencana geologi di negara tropis, terutama pada daerah pegunungan dan perbukitan dengan kondisi geologi dinamis. Gerakan tanah secara umum terjadi disebabkan oleh beberapa faktor yang satu dengan lainnya saling berkaitan. Faktor penyebab terjadinya gerakan tanah di daerah pemetaan adalah kemiringan lereng, sifat fisik dan kedudukan tanah dan batuan, keairan atau curah hujan, penggunaan lahan dan kegempaan. Berdasarkan peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah yang dikeluarkan oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), gerakan Tanah di daerah penyelidikan termasuk pada zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah, rendah, menengah dan tinggi (Gambar 3.14).

1. Zona Kerentanan gerakan tanah sangat rendah;

Daerah yang mempunyai tingkat kerentanan sangat rendah untuk terkena gerakan tanah. Pada zona ini jarang atau hampir tidak pernah terjadi gerakan tanah, baik gerakan tanah lama maupun gerakan tanah baru, kecuali pada daerah tidak luas pada tebing sungai. Zona ini berada di daerah datar sampai landai dengan kemiringan lereng kurang dari 5%, setempat ada yang mencapai 15%, dengan ketinggian 0 – 150 meter di atas permukaan laut, dan lereng tidak dibentuk oleh bekas gerakan tanah, bahan timbunan atau lempung yang mempunyai sifat mengembang. Lereng umumnya dibentuk oleh endapan aluvium (Qa), Endapan Undak (Qps), dan Endapan Kipas Aluvium (Qaf). Daerah yang termasuk zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah sebagian besar meliputi bagian utara wilayah penyelidikan mulai dari Kota Pemalang, Tegal, Brebes dan Slawi. Penggunaan lahan pada zona ini adalah permukiman, persawahan, perladangan setempat perkebunan yang berbatasan dengan daerah perbukitan.

2. Zona Kerentanan gerakan tanah rendah;

Daerah yang mempunyai tingkat kerentanan rendah untuk terkena gerakan tanah. Umumnya pada zona ini jarang terjadi gerakan tanah jika tidak mengalami gangguan pada lereng, dan jika terdapat gerakan tanah lama, lereng telah mantap kembali. Gerakan tanah berdimensi kecil mungkin dapat terjadi, terutama pada tebing lembah (alur) sungai. Kisaran kemiringan lereng mulai dari landai (5 – 15%) sampai sangat terjal (50-70%), tergantung pada kondisi sifat fisik dan keteknikan batuan dan tanah pembentuk lereng. Pada lereng terjal umumnya dibentuk oleh tanah pelapukan yang tipis oleh endapan undak. serta vegetasi penutup baik, umumnya berupa hutan atau perkebunan. Zona ini tersebar di selatan di Kabupaten Brebes dan Tegal dan setempat di daerah Pemalang.

3. Zona kerentanan gerakan tanah menengah;

Daerah yang mempunyai tingkat kerentanan menengah untuk terkena gerakan tanah. Pada zona ini dapat terjadi gerakan tanah terutama pada daerah yang berbatasan dengan lembah sungai, gawir, tebing jalan atau jika lereng mengalami gangguan. Gerakan tanah lama dapat aktif kembali akibat curah hujan yang tinggi dan erosi kuat. Kisaran kemiringan lereng mulai dari landai (5-15%) sampai curam hingga hampir tegak (>70%), tergantung pada kondisi sifat fisik dan keteknikan batuan dan tanah pelapukan pembentuk lereng. Kondisi vegetasi penutup umumnya kurang sampai sangat jarang. Lereng umumnya dibentuk oleh Tpt sisipan napal, breksi, batupasir, batulempung yang penyebarannya meluas di Selatan Kabupaten Pemalang dan Kabupaten Tegal.

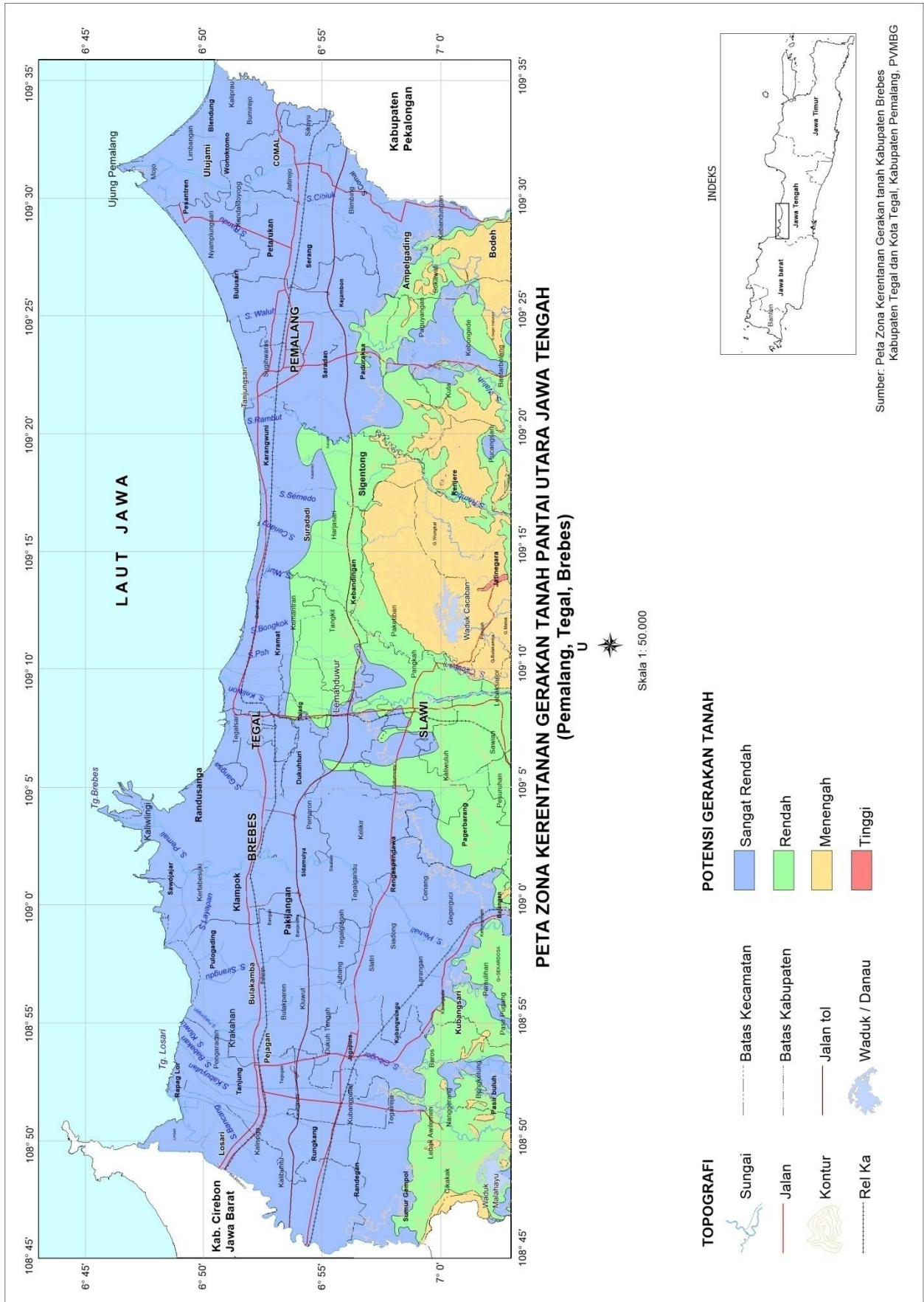
4. Zona kerentanan gerakan tanah tinggi;

Daerah yang mempunyai tingkat kerentanan tinggi untuk terkena gerakan tanah. Pada zona ini sering terjadi gerakan tanah, sedangkan gerakan tanah lama dan gerakan tanah baru masih aktif bergerak, akibat curah hujan yang tinggi dan erosi yang kuat.

Daerah kerentanan gerakan tanah tinggi yang berada di daerah penyelidikan hanya setempat di daerah Jatinegara Kabupaten tegal

Upaya mitigasi daerah rawan gerakan tanah adalah dengan cara

1. Melakukan penguatan lereng (dengan vegetasi ataupun bangunan)
2. Pengaturan drainase untuk mengurangi gaya penggerak massa batuan atau tanah.
3. Meminimalisir beban pada lereng.
4. Daerah yang terletak pada zona kerentanan gerakan tanah tinggi, agar dihindari sebagai lokasi pemukiman atau lokasi bangunan.



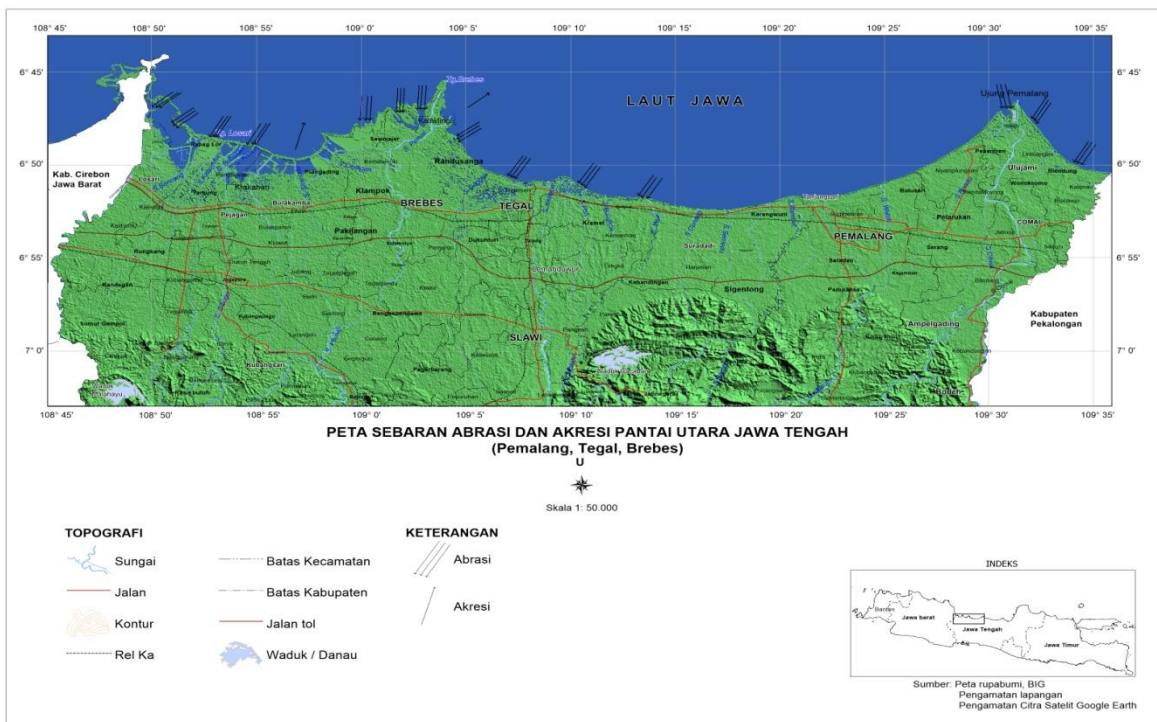
Gambar 3.14 Peta zona kerentanan gerakan tanah daerah penyelidikan

1.5.2. Abrasi dan Akresi

Pesisir sebagai kawasan pertemuan antara perairan dan daratan bersifat dinamis sehingga memiliki potensi sumberdaya yang beragam, Berbagai pores di pesisir, baik yang alami seperti sedimentasi, pasang surut, gelombang tinggi, ataupun buatan yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia.

Abrasi merupakan salah satu masalah yang mengancam kondisi pesisir, yang dapat mengancam garis pantai sehingga mundur kebelakang, merusak lahan tambak, permukiman nelayan maupun lokasi persawahan yang berada di pinggir pantai dan juga mengancam bangunan-bangunan yang berbatasan langsung dengan air laut. Abrasi yang terjadi hampir di semua daerah penyelidikan, namun yang paling parah di daerah Brebes dan Pemalang.

Akresi adalah perubahan garis pantai menuju laut lepas karena adanya proses sedimentasi dari daratan atau sungai menuju arah laut, proses sedimentasi di daratan dapat disebabkan oleh pembukaan areal lahan, limpasan air tawar dengan volume yang besar karena hujan yang berkepanjangan dan proses transfortasi sedimen dari badan sungai menuju muara di laut. Akresi di muara akan menyebabkan pendangkalan secara merata dan akan membentuk suatau daratan berupa delta atau tanah timbul, proses akresi biasanya terjadi di perairan pantai yang banyak memiliki muara sungai dan energi gelombang yang kecil serta daerah yang bebas terjadi badai. Sebaran abrasi dan akresi di daerah penyeliidkan lebih jelasnya dapat dilihat dalam (Gambar 3.15).



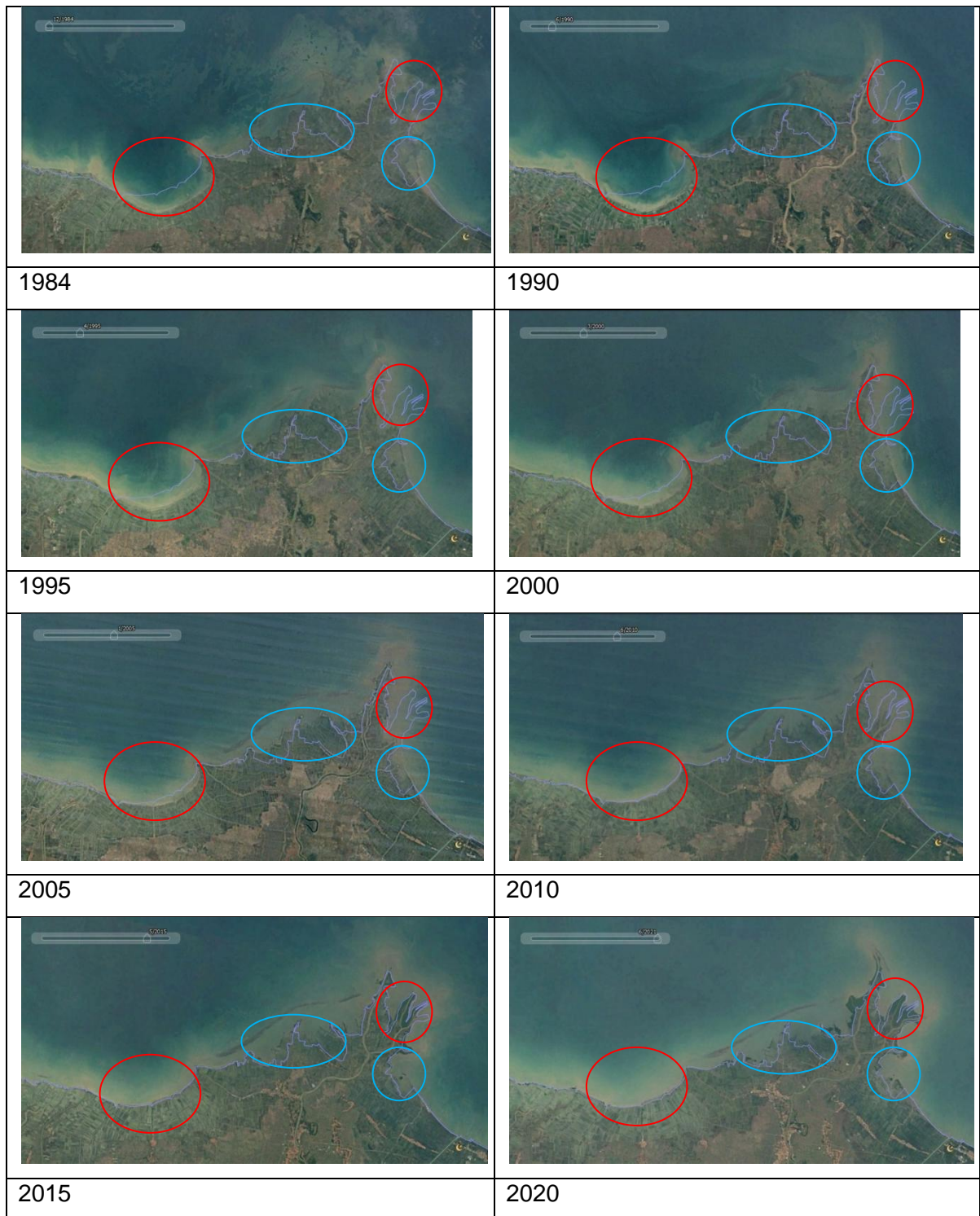
Gambar 3.15. Peta sebaran abrasi dan akresi daerah penyelidikan

a. Abrasi dan akresi di daerah Brebes



Berdasarkan pengamatan langsung dilapangan dan hasil interpretasi visual data penginderaan jauh waktu kurun waktu 1984 hingga 2020, pengamatan menggunakan *Google earth*, hasil pengamatan menunjukkan terjadi dinamika garis pantai baik abrasi dan akresi di pesisir pantai Brebes, garis pantai pesisir Brebes mengalami perubahan yang cukup signifikan di sekitar daerah muara sungai, akibat pengaruh aktivitas marin dari laut Jawa dan proses fluvial dari Sungai Pemali, Sungai Cisanggarung yang menyebabkan terbentuknya delta. Bentuk delta dapat berubah karena pengaruh debit sungai, material sedimen yang dibawa oleh sungai, arus laut dan erosi/abrasi.

Sebagian besar pantai di Brebes kritis karena terkena abrasi. Ini disebabkan belum adanya sabuk pengaman pantai untuk menahan gelombang. Akibat abrasi ini, jarak tempat tinggal garis pantai dengan warga semakin dekat dan permukiman warga rawan tergenang rob. Terdapat beberapa titik yang rawan abrasi sepanjang pantai yang memiliki garis pantai sepanjang 76 km, seperti Di Kecamatan Brebes mencapai 526.21 Ha meliputi Dukuh Pandansari Desa Kaliwlingi, Desa Randusanga Wetan dan di Desa Randusanga Kulon, Kecamatan Wanasari 642,23 Ha meliputi Desa Sawojajar, Desa Kaliwlingi, dan Kecamatan Bulakamba mencapai 3.87 Ha, Sementara di Kecamatan Tanjung abrasi yang terjadi mencapai 49,52 Ha dan di Kecamatan Losari mencapai 985 Ha Meliputi Desa Limbangan dan Karang Dempel. Dari kelima daerah itu yang paling parah mengalami abrasi adalah di Kecamatan Losari. Untuk meminimalkan dampak abrasi yang mengakibatkan tergerusnya wilayah permukiman nelayan dan lahan tambak yang hilang, Pemerintah Brebes telah membuat penahan gelombang atau geotube, dan penanaman mangrove sebagai penahan abrasi alami.

Selain abrasi terjadi pula akresi atau munculnya daratan di kelima kecamatan yang ada di pesisir pantai utara Brebes. Terjadinya akresi di pesisir Brebes berupa bentuk delta di muara Sungai Pemali dan anak sungainya. Berdasarkan pengamatan *Google earth*, delta Pemali mengalami perkembangan, khususnya kearah utara dan timur laut, delta didaerah ini terjadi awalnya pada muara Sungai Polang yang memanjang ke utara setelah itu di muara Sungai Pemali terbentuk juga endapan sedimen memanjang kearah timur laut, hingga kini luasan daratan yang terbentuk semakin melebar akibat sedimentasi yang besar dari Sungai Pemali, serta adanya hutan mangrove yang telah menahan sedimen tersebut tererosi yang digalakkan oleh masyarakat dalam kurun satu dekade terakhir (Gambar 3.16).



Gambar 3.16. Terjadinya perubahan garis pantai akibat akresi dan abrasi di Muara Sungai Pemali daerah Kaliwlingi, Randunsanga, Wanasari, Brebes periode tahun 1984 sampai dengan 2020, (sumber: Google Earth)

-  Akresi
-  Abrasi

b. Abrasi dan akresi di daerah Tegal

Enam belas tahun terakhir ini, abrasi pantai di sepanjang pesisir Kota Tegal yang mengakibatkan bibir pantai hilang hingga 60 meter. Abrasi di daerah Kota Tegal terjadi di Pantai Muarareja, Kelurahan Muarareja Kecamatan Tegal Barat, Kota Tegal yang terjadi sejak tahun 2005, abrasi dan rob biasanya terjadi pada bulan Mei hingga Juli yaitu pada saat memasuki musim angin timur, rob dengan cepat masuk ke daratan, dengan ketinggian bervariasi dari 30 cm hingga 1 meter, seperti di dekat muara Sungai Kemiri (Gambar 3.17).

Perubahan pantai di Pantai Larangan Kabupaten Tegal mengalami abrasi dan akresi, wilayah yang paling besar mengalami akresi di Desa Munjungagung dan kedepannya Pantai Larangan akan mengalami penambahan luasan lahan atau akresi. Perubahan garis pantai selama 5 tahun terakhir di Desa Padaharja mengalami akresi paling luas yaitu seluas 438.36 m² dan Desa Munjungagung mengalami abrasi atau erosi paling besar 87.44 m², (Tabel 3.11) dan (Gambar 3.18).



Gambar 3.17 Perubahan garis pantai dari tahun 2005 sampai dengan 2020 di daerah Muarareja dengan pergeseran pantai rata – rata 60 meter dari bibir pantai sekarang di sepanjang 2.1 KM (sumber: Google Earth)

Tabel 3.11. Luas wilayah akresi dan abrasi di Pantai Larangan Kabupaten Brebes Hasil pengolahan Citra Google Earth tahun periode tahun 2015-2020

No	Desa	Luasan Akresi (m ²)	Luasan Abrasi/Erosi (m ²)
1	Padaharja	438.36	40.14
2	Munjungagung	193.34	87.44
3	Bongkok	175.82	5.79
4	Kramat	72.55	11.31



Gambar 3.18. wilayah akresi dan erosi/abrasi di Pantai Larangan Kabupaten Tegal tahun 2015 s.d 2020 (sumber: Google Earth)

c. Abrasi dan akresi di daerah Pemalang

Abrasi dan akresi yang terjadi di daerah Pemalang berada di Kawasan Pantai Pemalang dan Kawasan Pantai Ulujami di Desa Mojo dan Desa Kaliprau Kecamatan Ulujami. Penyebab terjadinya abrasi (erosi) karena bentuk pantai yang tegak lurus arah gelombang laut, sedangkan akresi yang terjadi akibat tingginya sedimentasi dan terakumulasi pada muara sungai khususnya Ujung Pemalang dan Tanjungsari, serta tingginya aktivitas lahan oleh manusia di sepanjang Kali Comal dan Kali Tanjungsari.

Proses abrasi maupun akresi yang terjadi di muara Kali Comal, daerah yang mengalami abrasi akibat arus yang sejajar dengan pantai yang cukup kuat mengakibatkan berkurangnya lahan, tetapi pada lahan yang mengalami akresi dapat memberikan keuntungan bagi masyarakat setempat terutama petani tambak yang lahanya bertambah.

Akresi yang terjadi di daerah pemalang dipengaruhi oleh aktivitas sungai-sungai yang bermuara di pesisir pantai utara yaitu Sungai Comal, Sungai Rambut, Sungai Waluh dan anak sungai lainnya, sungai-sungai tersebut pada bagian hulunya mengikis batuan-batuan gunungngapi muda yang terdiri dari batuan lava andesit yang berasal dari Gunung Slamet, berumur Kuarter, dan Sungai Comal yang mengikis batuan-batuan dari Formasi Halang dan Formasi Rambatan, yang terdiri dari batupasir andesit, konglomerat tufaan, serpih yang berumur Tersier, yang berada pada dataran tinggi dengan torehan-torehan sungai yang curam mengindikasikan tingkat erosi yang cukup tinggi oleh arus sungai tersebut, lebih jelas dapat dilihat pada (Gambar 3.19) dan (Tabel 3.12).



Gambar 3.19. Perubahan Garis pantai di daerah Ulujami, Pemalang berdasarkan pengamatan dari penginderaan jauh Google Earth yang diakibatkan oleh abrasi dan akresi di muara Sungai Comal Pemalang periode tahun 1984 sampai dengan 2020 (sumber: Google Earth)

Tabel 3.12. Luas Abrasi-Akresi Muara Comal, Pemalang hasil pengolahan Citra Google Earth tahun periode tahun 2000-2020

Tahun	Abrasi (Ha)	Akresi (Ha)
2000 - 2005	117,23	39,12
2005 - 2010	45,41	137,95
2010 – 2015	42.66	63.92
2015 - 2020	37.21	71.24

Luas abrasi dan akresi di Muara Comal dari tahun 2000 hingga 2020 menunjukkan bahwa secara garis besar jumlah akresi mengalami kenaikan sedangkan abrasi mengalami penurunan. Akresi pada muara Comal pada tahun 2005 mengalami kenaikan yang sangat signifikan dikarenakan banyaknya perubahan alih fungsi lahan menjadi lahan terbuka di daerah hulu Sungai Comal, menjadi indikasi adanya material yang terangkut kesungai sehingga mengendap di muara Sungai Comal. Dan abrasi dari tahun 2005 juga mengalami penurunan akibat adanya sedimentasi dan beberapa tempat dilakukan penanaman mangrove. Abrasi dan akresi di Muara Comal mengalami fluktuatif namun cenderung mengalami akresi yang dipengaruhi oleh pengendapan tanah yang terbawa aliran sungai Comal.



Kenampakan jalan yang terkena abrasi di daerah Mojo, Ulujami Pemalang



Upaya penanggulangan abrasi di daerah Sidomulyo, Desa Pesantren, Kecamatan Ulujami, Pemalang dengan menanam mangrove

Selain di Muara Comal abrasi dan akresi terjadi di daerah Pantai Widuri yang berada di kelurahan Sugihwaras, Kabupaten Pemalang, yang mengakibatkan mundurnya garis pantai dan merusak bangunan pengaman pantai akibat hempasan gelombang.

1.5.3. Gempa Bumi

Pulau Jawa merupakan wilayah Indonesia yang paling padat penduduk dan infrastrukturnya. Berdasarkan tataan seismotektoniknya, Pulau Jawa ini merupakan bagian dari satuan seismotektonik busur sangat aktif dan busur aktif. Semakin berkembangnya pembangunan di daerah penyelidikan maka perlu mengetahui dan mewaspadaai bencana gempa bumi di daerah penyelidikan.

Kegempaan regional Jawa dapat dibagi atas dua kelompok kegempaan, yakni kegempaan lajur tunjaman selatan Jawa dan kegempaan lajur sesar aktif Jawa. Gempa bumi lajur tunjaman Jawa dijumpai berkedalaman dangkal hingga dalam (0 – 400 km). Gempa bumi di lajur tunjaman ini umumnya tercatat berkekuatan > 4 SR. Gempa bumi lajur tunjaman ini umumnya memperlihatkan mekanisme gempa bumi sesar naik, gempa bumi bermekanisme sesar normal dapat juga terjadi pada lajur ini, terutama pada kedalaman > 300 km di sebelah utara Jawa. Gempa bumi yang berpusat pada lajur sesar aktif terjadi pada kedalaman dangkal (< 30 km) memperlihatkan mekanisme sesar naik, geser, dan normal (Gambar 3.20).

Informasi kegempaan merupakan faktor yang sangat penting dalam perencanaan suatu daerah, baik untuk data perencanaan pengembangan wilayah maupun yang berhubungan dengan perencanaan kontruksi bangunan sipil seperti untuk jaringan jalan, fondasi, bendungan, jembatan, pelabuhan, gedung bertingkat. Dengan itu informasi kegempaan perlu diketahui, berdasarkan peta zona seismik untuk perencanaan bangunan, dapat dilihat bahwa daerah penelitian yang termasuk ke dalam zona yang mempunyai percepatan gempa (g) antara 0.8 s.d 1.2 dan magnitude gempa (SR) 6.0 - 6.5. (Gambar 3.21).

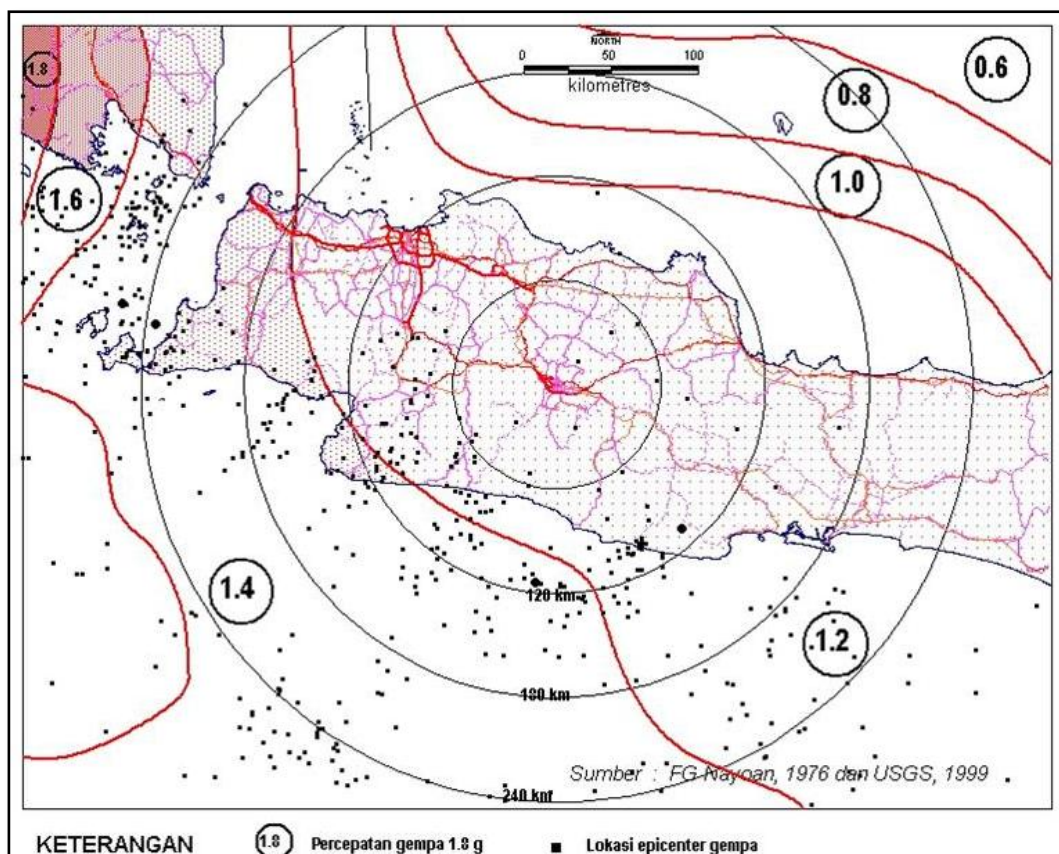
Berdasarkan Peta Kawasan Rawan Bencana Gempabumi Provinsi Jawa Tengah (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2010). Daerah penyelidikan masuk ke dalam dua kawasan rawan bencana gempa bumi yaitu:

- a. Kawasan rawan bencana gempa bumi rendah (*low earthquake Hazard Zone*); adalah kawasan yang berpotensi terlanda goncangan gempabumi dengan skala intensitas VI –V MMI (*modified Mercalli Intensity*). Dimana pada kawasan ini masih berpotensi terjadi kerusakan bangunan namun kecil kemungkinan terjadi kerusakan geologis. Percepatan gempabumi antara 0,10 g – 0,20 g. Berdasarkan batuan daerah ini disusun oleh batuan berumur Tersier atau yang lebih tua dan batuan beku, penyebarannya hampir di semua daerah penyelidikan dari Brebes, Kota Tegal, dan Slawi.
- b. Kawasan rawan bencana gempa bumi menengah (*moderate earthquake hazard zone*), merupakan kawasan yang berpotensi terlanda goncangan gempabumi dengan skala intensitas V - VIII MMI (*modified Mercalli Intensity*). Pada kawasan ini masih

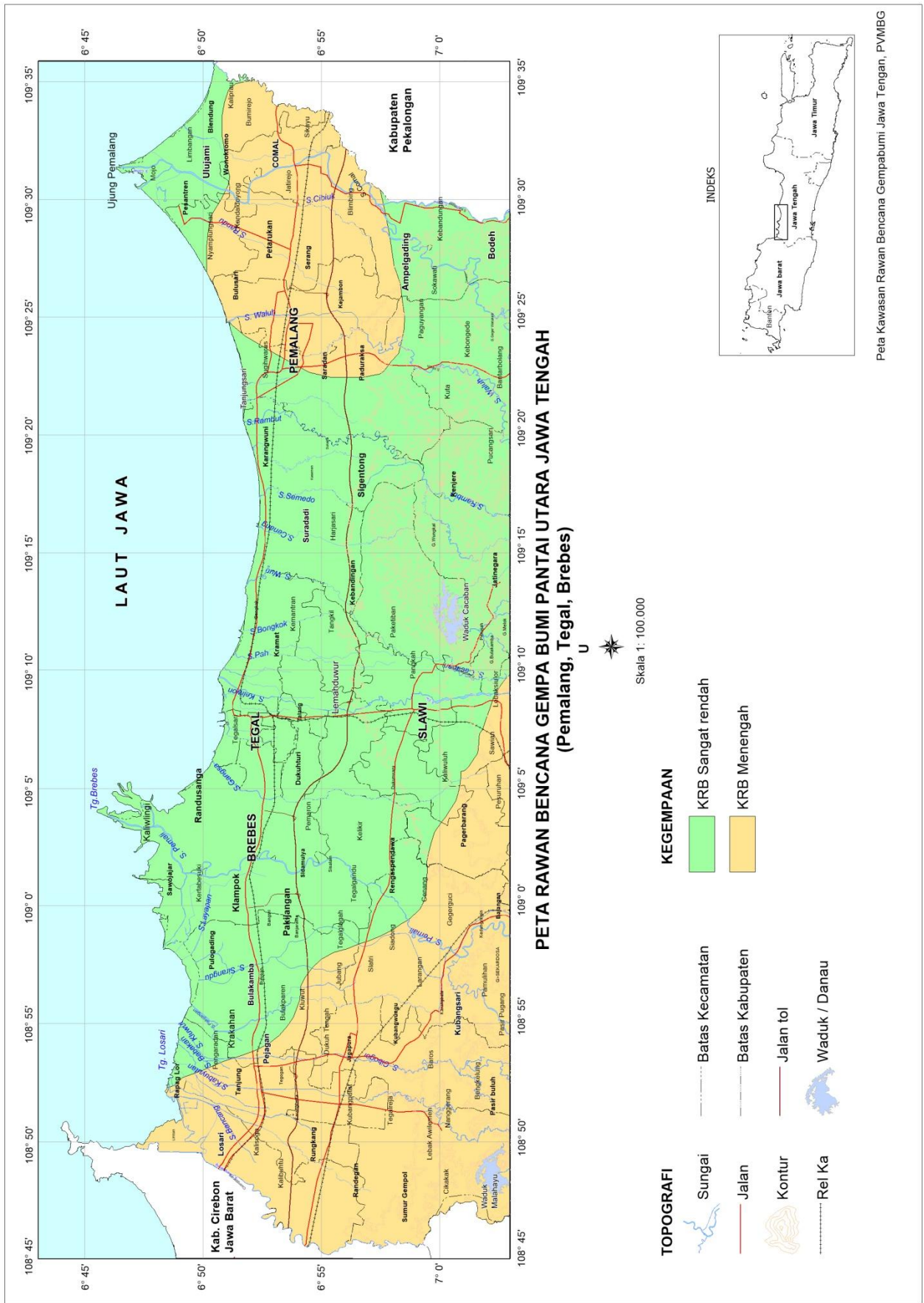
berpotensi terjadi retakan tanah, longsor pada tebing terjal dalam skala terbatas. Percepatan gempabumi antara 0,20 g – 0,30 g. Berdasarkan batuan daerah ini disusun oleh batuan sedimen berumur Tersier yang telah lapuk, batuan sedimen berumur Kuartar, endapan permukaan dan endapan gunungapi. Hanya tersebar di daerah Pemalang dan sebagian daerah barat Kota Brebes.

Posisi daerah penyelidikan yang berada di utara Pulau Jawa relatif lebih aman dari pengaruh gempabumi yang bersumber di Zona subduksi selatan Pulau Jawa. Tetapi yang perlu diperhatikan adalah adanya sesar aktif yang sewaktu-waktu dapat bergerak kembali menjadi sumber gempabumi di darat. Sesar aktif di daerah penyelidikan salah satunya adalah sesar aktif Blibis.

Informasi kegempaan merupakan faktor yang sangat penting diketahui dalam perencanaan pengembangan wilayah maupun yang berhubungan dengan rencana konstruksi bangunan sipil seperti untuk jaringan infrastruktur, fondasi, bendungan, jembatan, pelabuhan, gedung bertingkat.



Gambar 3.20 Peta Zona Seismic daerah penyelidikan (FG. Nayoan, 1976 dan USGS, 1999)



Gambar 3.21. Peta gempa bumi daerah penyelidikan

3.6 BAHAYA ASPEK GEOLOGI TEKNIK

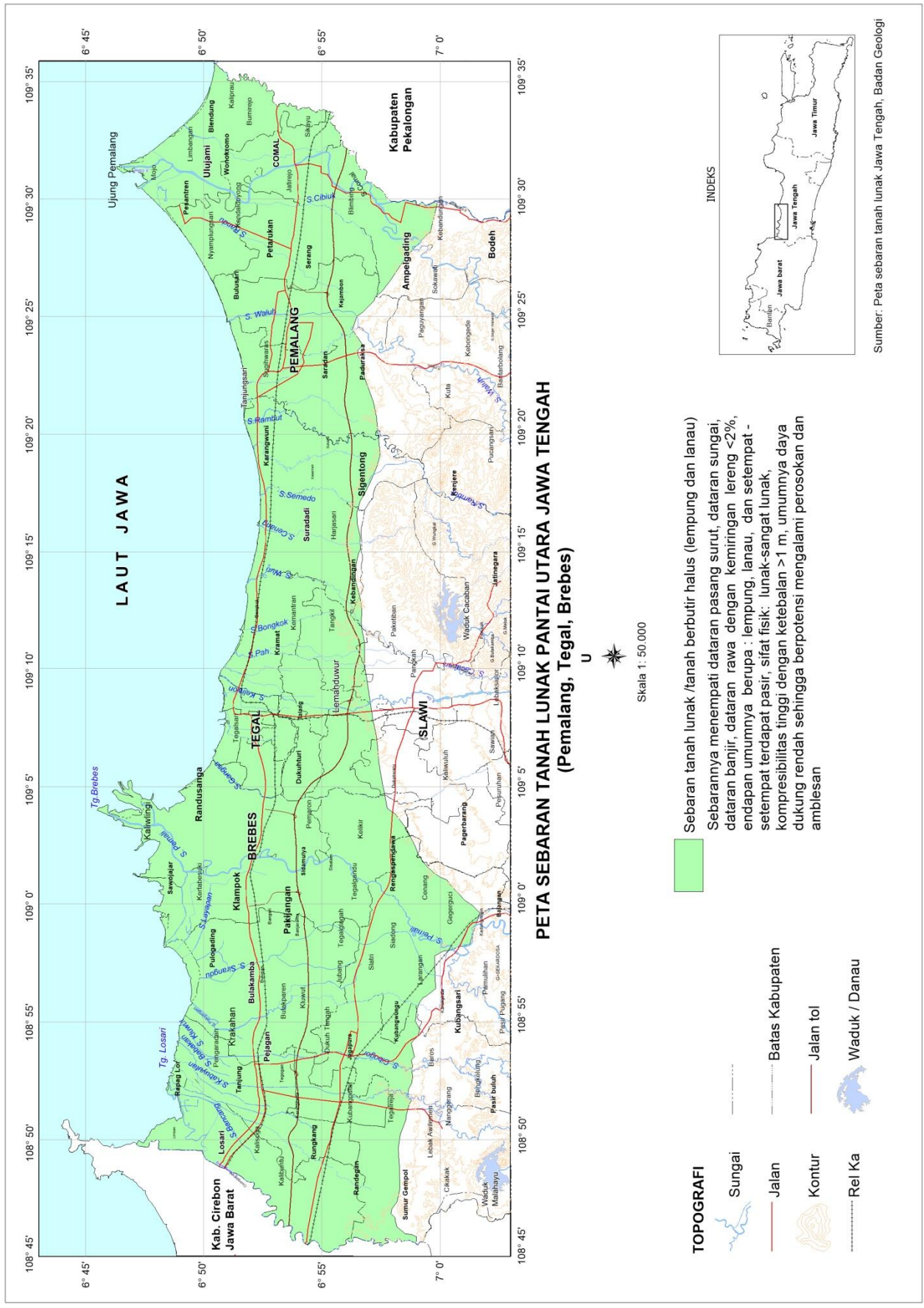
3.6.1. Tanah Lunak

Sebaran endapan alluvium di daerah penyelidikan sangat luas, maka untuk pengembangan wilayah pada daerah tersebut harus mengetahui sifat fisik dari tanah/batuannya (geologi teknik), terutama untuk pondasi bangunan. Berdasarkan hasil pengamatan pada daerah endapan alluvial di beberapa tempat terdapat tanah lunak yang belum terkonsolidasi dengan baik, sehingga apabila dibuat bangunan di atasnya dengan tidak memperhitungkan daya dukung tanah/batuan, maka bangunan tersebut akan ditakutkan akan tenggelam, perosokan umumnya terjadi di daerah bekas rawa yang mempunyai material berbutir halus dan lunak, seperti lempung organik, lanau dan lempung. Selain perosokan pada daerah dengan tanah lunak yang luas akan menyebabkan penurunan tanah yang disebabkan oleh adanya perubahan volume lapisan batuan yang terkandung di bawahnya.

Pada daerah pedataran alluvial di daerah penyelidikan terdapat tanah lunak, dimana tanah lunak tersebut mempunyai nilai kompresibilitas tinggi, umumnya terdiri dari lempung yang berumur Holosen (<10.000 tahun), secara alamiah terbentuk dari proses pengendapan alluvial pantai, sungai, danau dan rawa. Dimana sifat-sifat tanah lunak, antara lain mempunyai konsistensi lunak-sangat lunak, kadar air tinggi, gaya geser kecil, kemampatan besar, daya dukung rendah dan tingkat penurunan tinggi. Jika suatu daerah berada pada tanah lunak maka akan menjadikan yang dapat menimbulkan permasalahan dalam pembangunan infrastruktur dan penataan ruang. Tanah lunak sering kali menimbulkan permasalahan dalam konstruksi akibat rendahnya daya dukung sehingga berpotensi terjadi perosokan (*settlement*).

Berdasarkan peta sebaran tanah lunak Jawa Tengah, Badan Geologi (2019), penyebaran tanah lunak di daerah penyelidikan, umumnya dapat dijumpai pada daerah dataran pantai, dan hampir menempati semua daerah penyelidikan terutama pada daerah alluvial. Informasi kendala tanah lunak sangat penting diketahui oleh para pembuat kebijakan, perencanaan pengembangan wilayah, dan pelaksana pembangunan infrastruktur pada tingkat pusat maupun daerah. Peta sebaran tanah lunak ini diharapkan dapat memberikan gambaran informasi secara umum tentang tanah lunak dan meningkatkan kapasitas masyarakat dalam pengurangan risiko kerugian pada pekerjaan konstruksi yang diakibatkan oleh tanah lunak berupa perosokan (*settlement*) sehingga pembangunan dapat berjalan secara efektif (Gambar 3.22).

Penanganan permasalahan pada pondasi konstruksi bangunan ringan dapat dilakukan dengan penggantian sebagian atau seluruh tanah lunak sesuai ketebalannya. Untuk bangunan vital/strategis dan beresiko tinggi (*high risk*) perlu pemilihan jenis atau rekayasa pondasi yang didasarkan pada penyelidikan setempat (*site investigation*).



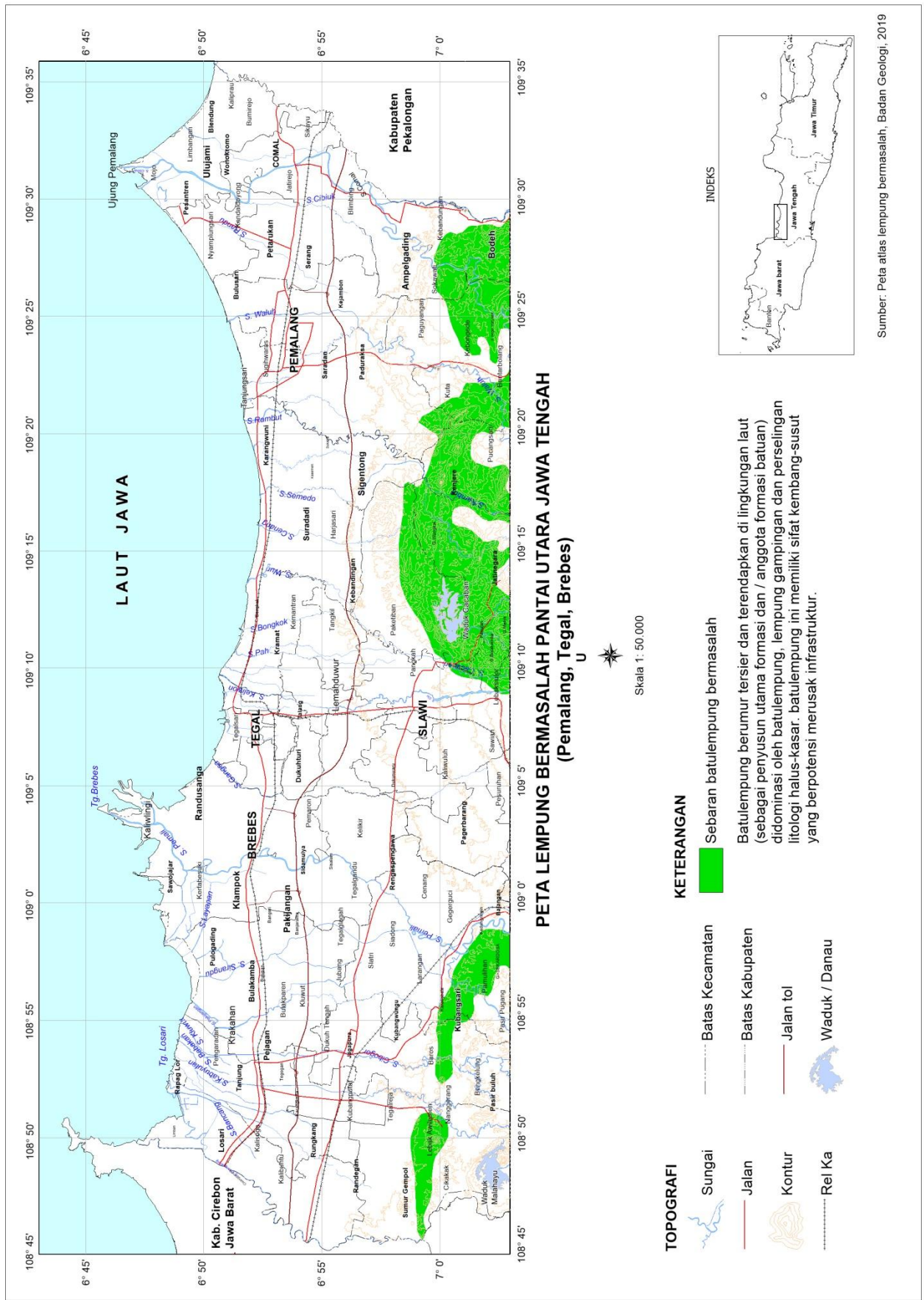
Gambar 3.22. Peta sebaran tanah lunak daerah penyelidikan

3.6.2. Lempung Bermasalah

Kedala geologi teknik lain yang sangat erat dengan tanah permukaan terutama untuk keperluan perencanaan wilayah dan pembangunan infrastruktur adalah keterdapat batulempung yang bermasalah yaitu batulempung yang memiliki sifat kembang-susut (*expansive clay*), berumur Tersier serta terendapkan di lingkungan laut. Lempung mengembang adalah jenis lempung yang memiliki batas kembang dan batas susut yang tinggi. Sifatnya yang mengembang jika basah dan menyusut jika kering, dapat memberikan nilai pada dua sisi yang berbeda, yaitu merusak atau sebaliknya memberi manfaat. Mineral lempung sendiri mempunyai jenis yang bervariasi, tergantung pada komposisi unsur-unsur kimia, jenis dan bentuk ikatannya, dimana semua itu tergantung kepada batuan asal, diagenesa serta lingkungan pengendapan.

Dikaitkan dengan kontruksi atau pondasi struktur bangunan, lempung mengembang banyak menimbulkan masalah, diantaranya adalah sebagai penyebab longsor dan pengangkatan. Pada kasus longsor, lapisan lempung selain bergerak sendiri, juga bertindak sebagai bidang gelincir terhadap lapisan di atasnya yang bergerak longsor, sedangkan terjadinya proses pengangkatan, terjadi akibat pengembangan lempung, yang mengakibatkan dinding dan pondasi bangunan terangkat sehingga retak atau pecah.

Batulempung bermasalah yang berada di selatan di daerah penyelidikan secara setempat-setempat yaitu di daerah Banjarharjo, Ketanggungan, Larangan Kabupaten Brebes, dan di daerah Pangkah, Jatinegara, Kedungbanteng di Kabupaten Tegal serta di daerah Randudongkal, Bantarbolang, Bodeh Kabupaten Pemalang, terutama berada pada Formasi Halang yang disusun oleh batupasir tufan, konglomerat, napal dan batulempung, bagian bawah berupa breksi andesit. Runtuhan batuan mengandung Globigerina dan foraminifera kecil lainnya. Berumur Miosen Tengah - Pliosen Awal. Breksi andesit, ketebalannya bervariasi dari 200 m diselatan sampai 500 m disebelah utara. Bagian atas runtuhan tidak mengandung rombakan berbutir kasar, dan diendapkan pada zona batial atas. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan oleh Pusat Airtanah dan Geologi Tata Lingkungan (2019) lempung megembang dengan menggunakan metode aktifitas, potensi pengembangan dan metode indentifikasi mineral (X'Ray) pada Formasi Halang ini menunjukkan keberadaan mineral monmorilonit pengembangan berkisar antara 0,828-1,545 (normal-aktif) dengan potensi mengembang sedang-tinggi (Gambar 3.23). Informasi keberadaan batulempung bermasalah sangat penting diketahui oleh pengambil kebijakan, perencanaan pengembangan dan pelaksana pembangunan infrastruktur.

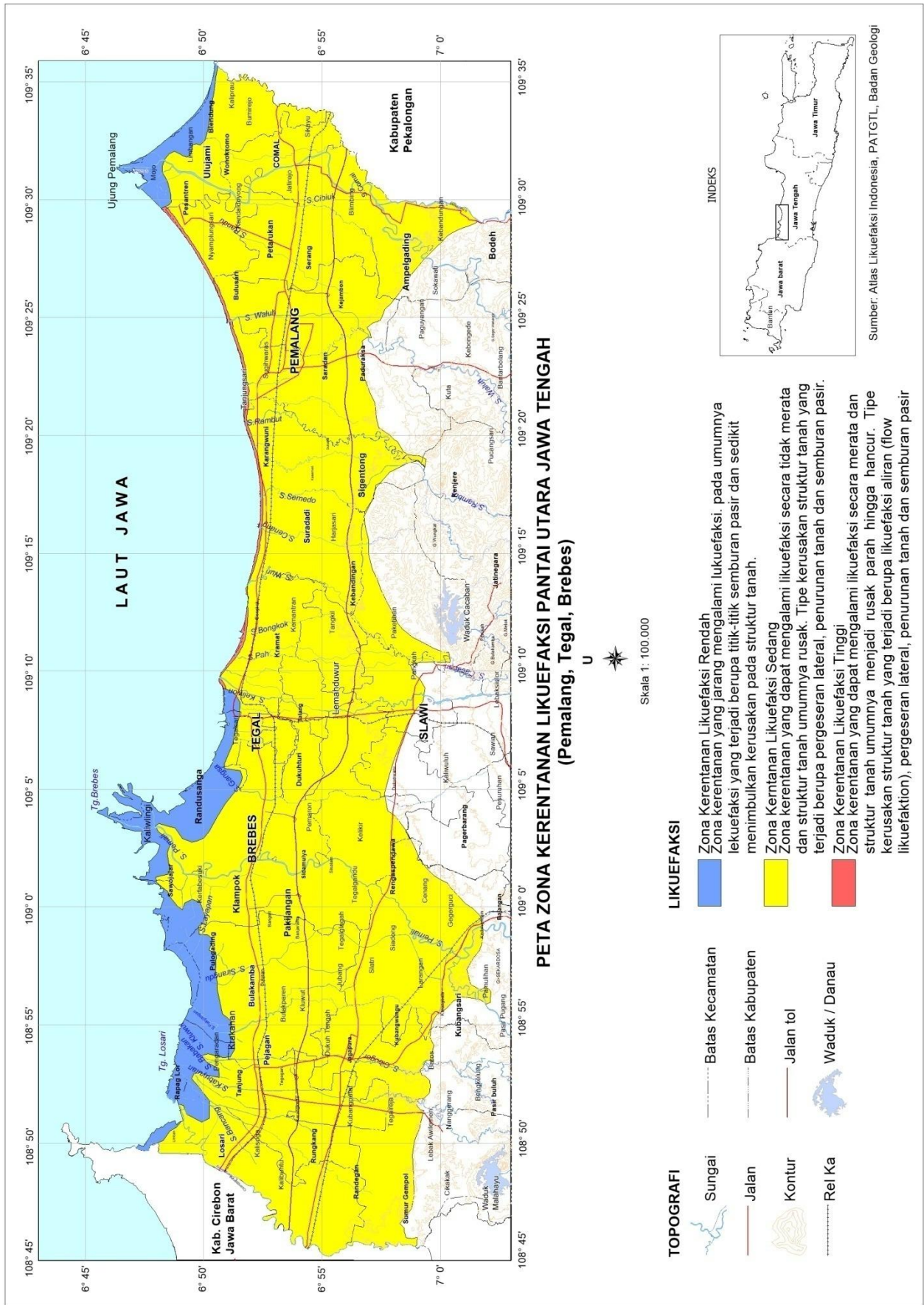


Gambar 3.23. Peta sebaran batuan lempung bermasalah daerah penyelidikan

3.6.3. Likuefaksi

Selain itu bahaya ikutan akibat gempa bumi (*collateral hazard*) adalah likuefaksi turut juga menambah kerusakan fisik dan bahkan menimbulkan korban jiwa. Likuefaksi merupakan salah satu ancaman bahaya yang menyertai gempa bumi terutama pada kejadian-kejadian gempa bumi dengan magnitude yang relatif besar. Dimana likuefaksi adalah fenomena hilangnya kekuatan pada lapisan tanah akibat beban guncangan gempa. Hilangnya kekuatan pada lapisan tanah utamanya yang berperan sebagai lapisan tanah pondasi menyebabkan menurunnya daya dukung pondasi secara cepat sehingga menimbulkan kegagalan pondasi atau kerusakan infrastruktur yang berada di atasnya. Disamping itu, fenomena likuefaksi dapat pula memicu pergerakan tanah dalam mekanisme yang kompleks sehingga tingkat ancaman bahaya menjadi lebih tinggi terhadap keberadaan masyarakat dan infrastruktur. Likuefaksi yang terjadi pada suatu daerah dapat memberikan efek kerusakan dipermukaan mulai yang bersifat setempat secara luas/masif. Likuefaksi yang pernah terjadi di sejumlah daerah di Indonesia memberikan efek yang berbeda-beda pada lapisan tanah permukaan mulai dari semburan pasir di permukaan tanah, hilangnya air pada sumur-sumur gali, hingga kombinasi dengan pergerakan tanah permukaan. Efek likuefaksi yang berbeda-beda disebabkan kondisi dari faktor-faktor yang mendukung terjadinya likuefaksi juga berbeda antara satu tempat dengan tempat yang lainnya.

Informasi kerentanan likuefaksi sangat penting dalam meningkatkan kesiapsiagaan pemerintah dan masyarakat dalam menghadapi kemungkinan terjadinya fenomena likuefaksi di masa mendatang. Berdasarkan peta zona kerentanan likuefaksi Provinsi Jawa Tengah (Badan Geologi, 2019), daerah penyelidikan sebagian kecil termasuk dalam zona kerentanan likuefaksi rendah terutama di pesisir utara Kabupaten Brebes hingga Kota Tegal, dan pesisir utara daerah Ulujami Kabupaten Pemalang, dimana pada zona ini kerentanan yang jarang mengalami likuefaksi, pada umumnya likuefaksi yang terjadi berupa titik-titik semburan pasir dan sedikit menimbulkan kerusakan pada struktur tanah, sedangkan bagian selatan dari daerah penyelidikan sebagian besar masuk kedalam zona kerentanan likuefaksi sedang, dimana pada zona ini kerentanan yang dapat mengalami likuefaksi secara tidak merata dan struktur tanah umumnya rusak. Tipe kerusakan struktur tanah yang terjadi berupa pergeseran lateral, penurunan tanah dan semburan pasir (Gambar 3.24).



Gambar 3.24. Peta zona kerentanan likuefaksi daerah penyelidikan

3.7. Kendala Non Geologi

Komponen penyisih pada dasarnya telah menjadikan suatu wilayah menjadi tidak layak untuk dikembangkan. Berdasarkan pengamatan dilapangan dan pembahasan di atas, komponen penyisih non geologi di daerah penyelidikan adalah daerah terlanda banjir pada aliran sungai saat hujan dan akibat pasang surut air laut (rob), diuraikan sebagai berikut (Gambar 3.25):

A. Banjir

Bahaya banjir di daerah penyelidikan sebagian besar terjadi pada daerah relatif luas hingga sempit/lokal, biasanya berupa banjir yang datangya secara tiba-tiba dan cepat surut, seperti di Brebes, Tegal, Kota Tegal dan Pemalang.

Berdasarkan hasil pengamatan dan penyelidikan, masalah banjir di jumpai di daerah sekitar aliran sungai utama, umumnya sebagian besar sungai di daerah ini telah dibuat tanggul-tanggul sungai untuk menghindari terjadinya banjir. Sungai-sungai tersebut berair sepanjang tahun (*perennial stream*), pada musim penghujan debitnya menjadi lebih besar karena mendapat kiriman air dari bagian hulu, sehingga pada beberapa tempat air sungai meluap dan terjadi banjir. Daerah banjir maupun daerah yang berpotensi banjir umumnya berada di sekitar alur-alur sungai setempat yang merupakan dataran yang lebih rendah, bekas alur maupun daerah limpahan banjir, kecuali pada daerah teras-teras sungai kurang berpotensi terlanda banjir.

Masalah banjir disebabkan oleh meluapnya beberapa sungai besar yang melintasi daerah penyelidikan ketika musim hujan tiba terutama di daerah sepanjang sungai, karena kapasitas dan daya tampung alur sungai sudah tidak memadai. Daerah – daerah yang rawan terlanda banjir meliputi daerah sekitar aliran Sungai Pemali, Sungai Comal yaitu di bagian tengah hingga muara. Secara penampakan morfologi pada daerah alur-alur sungai terbentuk lembah sungai yang landai dan lebar serta berkelok-kelok (*meandering*), dan nampak beberapa bekas alur sungai lama dan gosong pasir. Untuk menanggulangi masalah banjir dan memanfaatkan air agar optimal, maka dibagian tengah hingga selatan dari daerah pemetaan terdapat beberapa kanal bertanggung (saluran irigasi).

Daerah rawan banjir di Brebes seperti di Kelurahan Tegal Sari, Kraton, Muarareja, Pesurungan Kidul, Mintragen, Panggung, Kejambon, Slerok, Mangkukusuman, Randugunting, Pesurungan lor, Sumurpanggung, Margadana, Kalinyamat kulon, Cabawan Krandon, Kalingangsa

Daerah rawan banjir di Kabupaten Pemalang memiliki beberapa wilayah yang beresiko terhadap rawan banjir, meliputi Rawan Banjir: Desa Lawangrejo, Desa Tambakrejo Kec. Pemalang, Desa Asemtoyong Kec. Taman diakibatkan oleh Sungai

Waluh, Desa. Widodaren dan Desa Pesucen Kec.Petarukan, Desa Pesantren Kec. Ulujami, Kecamatan Bodeh, Ampelgading, Comal, Belik, Bantarbolang.

Daerah banjir di Kota Tegal akibat meluapnya Sungai Kemiri dan Sungai Gangsa serta Sungai Ketiwon dan Sungai Gung. Seperti di Desa pegirikan Kecamatan Talang, Desa Mejasem barat Kecamatan Kramat dan Desa Tembok Luwung Kecamatan Adiwerna.



Pembuatan tanggul di Desa Tengki Tengah Brebes untuk mengatasi luapan Sungai Pemali



Daerah rawan banjir di daerah Pengaradan Brebes pada Sungai Tanjung

B. Rob

Selain banjir yang diakibatkan hujan di daerah pesisir juga sering terlanda banjir rob akibat naiknya air laut ke daratan terutama setiap bulan april hingga Juni setiap tahunnya. Rob di Kabupaten Pemalang terjadi di daerah pantai Sari Keramat atau Pantai Blendung di Ds. Blendung, Ds. Ketapang, Ds. Tasikrejo, Ds. Kertosari, Ds. Limbangan, Ds. Kaliprau Kecamatan Ulujami. Rob di Kabupaten Brebes terjadi di Ds. Karangdempel, Ds. Prapag Lor Kecamatan Losari hingga Ds. Randusanga Kulon, Ds. Kaliwlingi, Ds. Randusanga Wetan Kecamatan Brebes, dan Ds. Sawojajar Kecamatan Wanasari serta di Kabupaten dan Kota Tegal terjadi di Kelurahan Muarareja, Mintaragen dan Panggung Kota Tegal

Hal ini dapat dilihat dengan terjadinya rob pada beberapa lokasi akibat air tidak dapat mengalir ke laut disebabkan daerah tersebut lebih rendah dari muka laut.

Pengurugan yang dilakukan disekitar pantai, terutama pada daerah rawa juga dapat menyebabkan terjadinya genangan air di bagian atas, karena daerah tempat air yang biasanya tergenang menjadi kurang dibagian hilirnya dan hal ini mengakibatkan aliran air menjadi terbandung pada beberapa tempat yang elevasinya telah turun sehingga menyebabkan terjadinya genangan air (rob).

Menurut wahyono (2007) untuk pelaksanaan reklamasi ataupun pengurugan di daerah sekitar pantai sebaiknya dilakukan secara koordinasi dan terencana sehingga

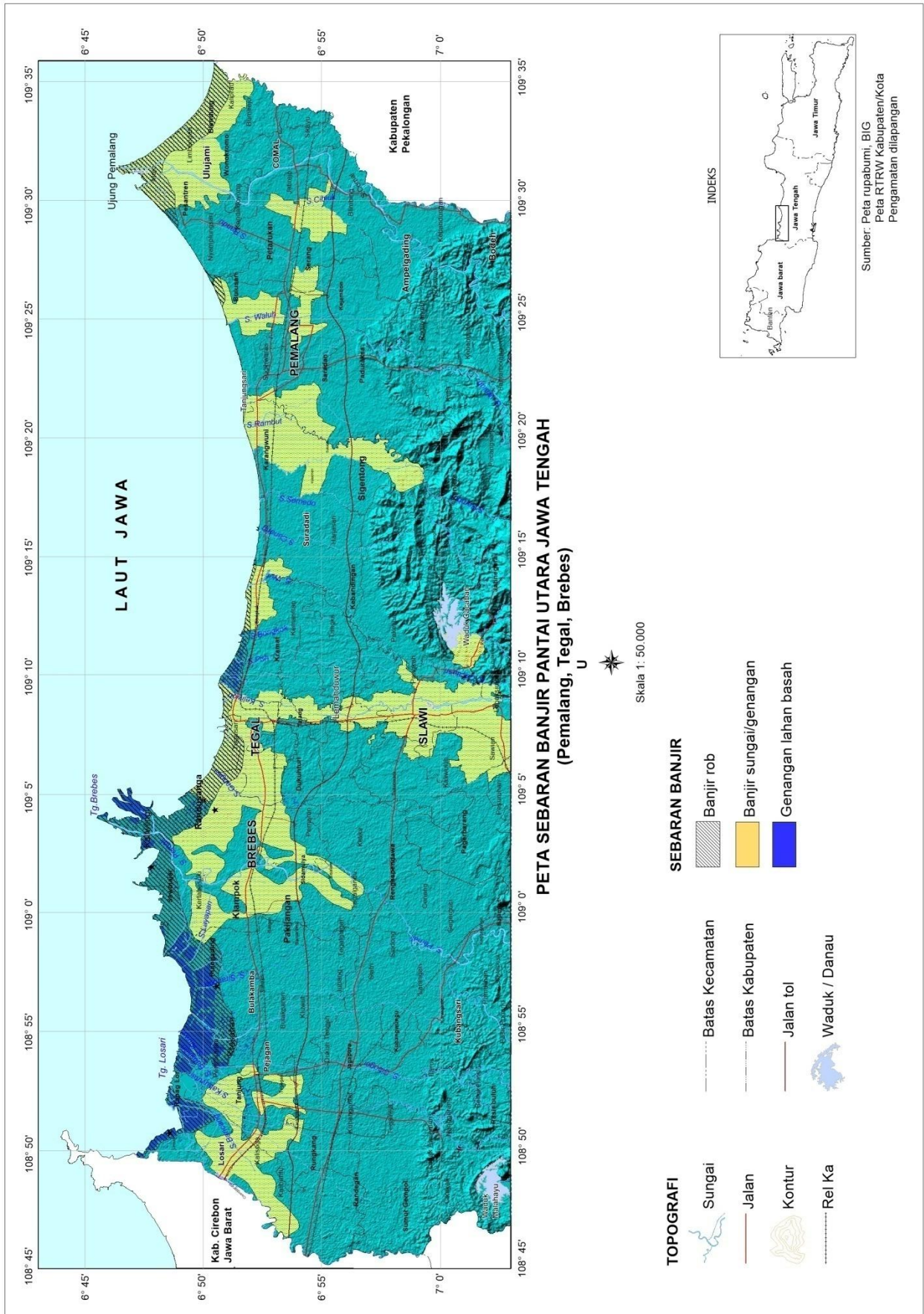
dampak negatif akibat pengurangan dapat dihindarkan dibagian atasnya (*hitter land*). Pembuatan daerah penampungan genangan air sebaiknya dilakukan di daerah yang benar-benar mengalami genangan yang cukup besar dengan pembuatan polder-polder yang terencana dengan baik. Untuk itu disarankan agar melakukan peninjauan kembali Rencana Tata Ruang Wilayah.



*Rob daerah Pantai Kertosari, Ulujami,
Pemalang*



*Rob daerah Blendung, Ulujami
Pemalang*



Gambar 3.25. Peta kawasan banjir daerah penyelidikan

3.7. Potensi sumber daya bahan bangunan

Bahan bangunan adalah bahan yang di butuhkan untuk kegiatan kontruksi infrastruktur seperti jalan, jembatan, gedung dan sarana bangunan fisik lainnya. Sumber daya bahan bangunan tersebut seperti tanah batuan sebagai bahan baku, dengan adanya kemudahan bahan baku tersebut maka daerah tersebut dalam memenuhi kebutuhan bahan infrastruktur akan mudah didapat dan harga yang murah karena biaya transportasi yang dekat. Bahan-bahan bangunan/industri untuk memenuhi kebutuhan pembangunan dan infrastruktur yang ada di daerah penyelidikan terdiri dari (Tabel 3.13) dan Gambar (3.26).

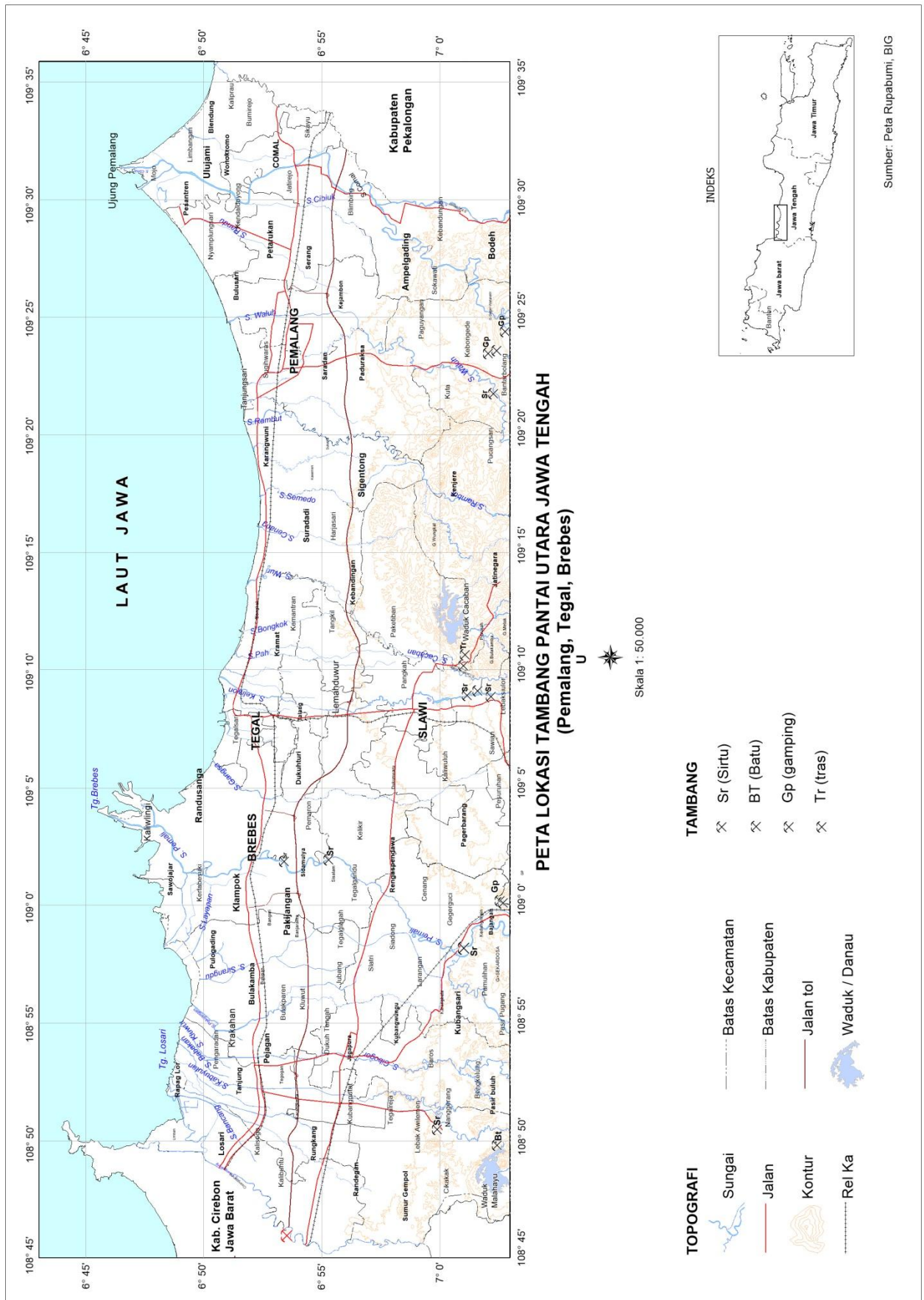
- a. Lempung; bahan galian lempung umumnya berasal dari endapan alluvium dan pelapukan dari Endapan Undak (Qps). Secara fisik lempung berwarna abu-abu hingga coklat kemerahan, lunak-teguh, plastisitas sedang-tinggi, mudah digali dengan peralatan sederhana, lempung dapat dimanfaatkan untuk bahan baku pembuatan bata merah dan genteng.
- b. Pasir; pasir umumnya diperoleh dari endapan Formasi Damar (Tqd), dan Formasi Gintung (Qpg) dijumpai berupa lensa-lensa dengan tebal 0,5-2,5m. Tempat penambangan umumnya di bukit yang dipotong yang berdekatan dengan jalan desa atau jalan raya, sehingga mudah dalam transfortasinya serta di daerah gosong-gosong sungai.
- c. Batu; batu dijumpai sebagai endapan sungai, pada umumnya berupa batuan beku, bentuk butir sub rounded – rounded, berwarna putih – coklat. Batuan ini diperoleh dari sisa pelapukan batuan gunung api dari Formasi Halang (Tmph), Formasi Kumbang (Tmpek) dan Formasi Gunungapi Slamet (Qvs) berupa batu endesit dan ditambang secara tradisional, untuk bahan fondasi bangunan dan landasan jalan.
- d. Batugamping, batugamping daerah penyelidikan berasal dari Anggota Batugamping Formasi Tapak (Tptl).



Foto kenampakan kegiatan Penambangan batugamping di Desa Margasari Kabupaten Tegal (109° 1'10.93"E 7° 3'32.51"S)

Tabel 3.13 Potensi Bahan galian industri di daerah Penyelidikan

No	Potensi Bahan Galian	Kabupaten	Kecamatan	Sebaran
1	Pasir Batu (sirtu)	Pemalang	Pemalang	Pengongsoran, Surajaya
			Brebes	Songgom
		Brebes		Pulosari
		Wanasari		Lengkong
2	Tanah Urug	Pemalang	Bantarbolang	Bantarbolang, Kuta, Lenggerong, Pegiringan, Waranata, Purana, Sumurkidang, Pabuaran, Pedagung
			Bodeh	Muncang, Babakan, Gunungbatu, Kemandaran
			Ampelgading	Karangtalok, Tegalsari timur, Kabagusan, Sokawati, Losari
			Randudongkal	Semingkir, Semaya, Karangmoncol
			Watukumpul	Gapura
3	Lempung/tanah liat	Pemalang	Randudongkal	Gongseng
			Bantarbolang	Purana, Kuta, Kalipolaga, Kalisat
			Warungpring	Warungpring
			Watukumpul	Majalangu, Jojogan, Majakerta
			Belik	Mendelem, Gunungjaya, Karanganyar
4	Batugamping	Pemalang	Bantarbolang	Glandang
			Bodeh	Gunungbatu
		Brebes	Songgom	Songgom
			Tegal	Margasari
5	Tras	Pemalang	Belik	Badak, Kuta
			Pulosari	Gambuhan
6	Andesit	Pemalang	Pulosari	Siremeng, Pulosari, Penakir
			Belik	Sikasur, Mendelem, Gunungjaya, Badak
			Randudongkal	Kecepat, Gongseng
		Brebes	Banjarharjo	Cipanjang
			Banjarharjo	Malahayu
7	Marmer	Pemalang	Bantarbolang	Wanarata



Gambar 3.26. Peta lokasi tambang daerah Pantura Jawa Tengah



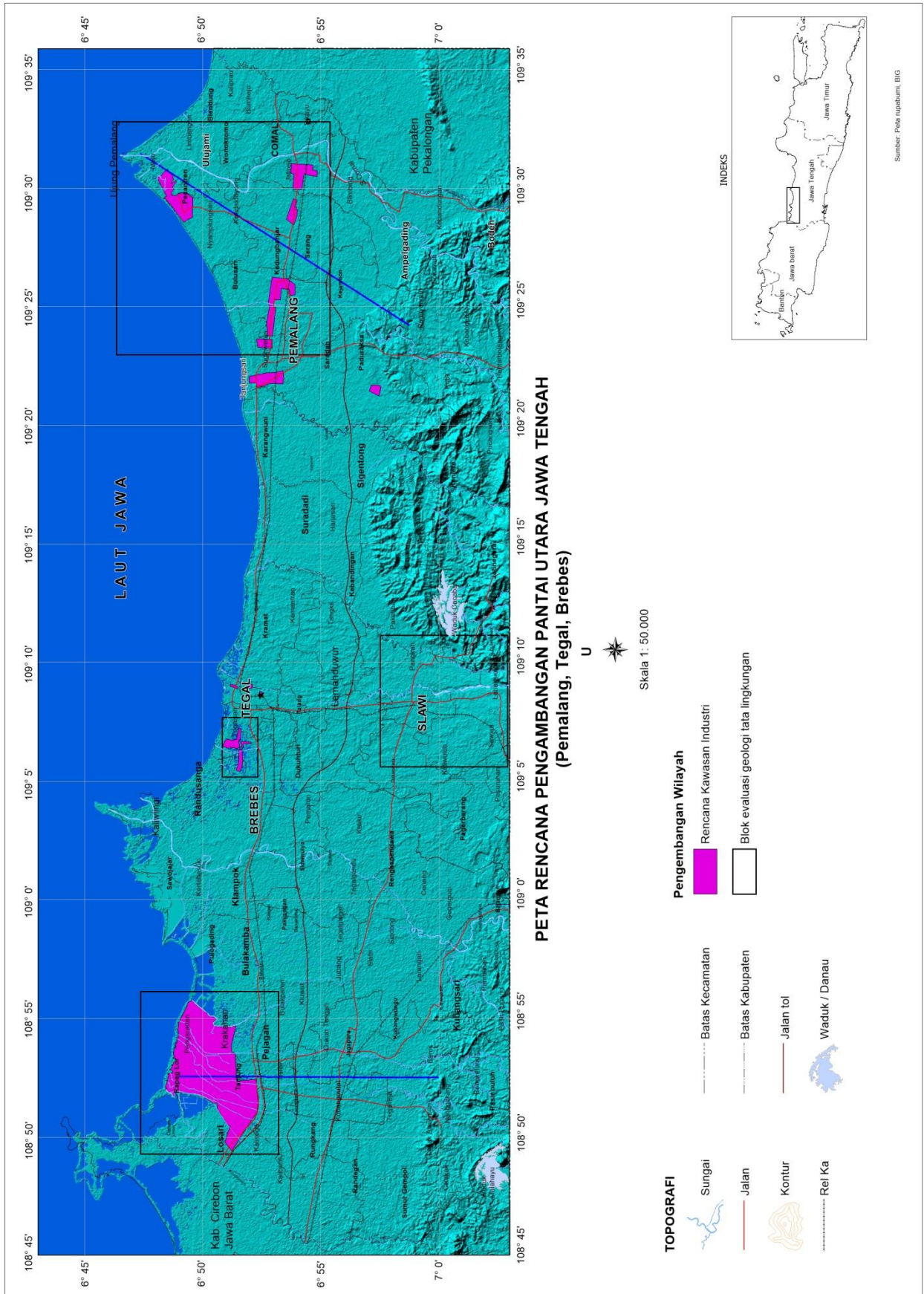
Foto Lokasi Penambangan batu andesit di daerah Malahayu Brebes

3.8. Rencana Pengembangan Kawasan Startegis (Permukiman dan Industri)

Kawasan startegis merupakan kawasan yang didalamnya berlangsung kegiatan yang berpengaruh besar terhadap ekonomi, sosial, budaya dan atau lingkungan yang dilakukan untuk mengembangkan, melestarikan, melindungi dan/atau mengkoordinasikan keterpaduan pembangunan dengan nilai startegis kawasan yang bersangkutan dalam mendukung penataan ruang wilayah. Pengembangan wilayah BREGASMALANG baik kawasan industri maupun permukiman di daerah pantura Jawa Tengah yang terus dilakukan, adapun daerah daerah tersebut secara jelas dapat dilihat pada (Tabel 3.14). dan (Gambar 3.27).

Tabel 3.14 Rencana Pengembangan daerah penyelidikan BREGASMALANG

NO.	Kabupaten	Rencana pengembangan kawasan	Lokasi	Keterangan
1.	Brebes	Kawasan Industri Brebes (KIB)	-Kecamatan Tanjung -Kecamatan Bulakamba -Kecamatan Losari	Kabupaten Brebes telah merencanakan Kawasan Industri Brebes seluas 3.976 Ha, Kepentingan Ekonomi berbasis perdangan/jasa
2.	Kota Tegal	Kawsan pengembangan perkotaan	-Kecamatan Marganda -Kecamatan Tegal Barat -Kecamatan Tegal Timur -Kematan Kramat	Pengebangan perkotaan, permukiman, kawasan perdangan jasa
3.	Tegal	Kawasan pengembangan perkotaan Slawi	-Kecamatan Dukuhwaru -Kecamatan Slawi -Kecamatan Lebaksiu -Kecamatan Pangkah -Kecamatan Kedungbanteng	Pengembangan kawasan perkotaan Kabupaten Tegal, permukiman, perdangan jasa
4.	Pemalang	Kawasan Industri dan perkotaan	-Kecamatan Ulujami -Kecamatan Petarukan -Kecamatan Taman -Kecamatan Pemalang -Kecamatan Comal -Kecamatan Ampelgading	Pengembangan kawasan industri di daerah Ulujami, Comal dan Petarukan. Dan pengembangan perkotaan di Kecamatan Taman dan Pemalang



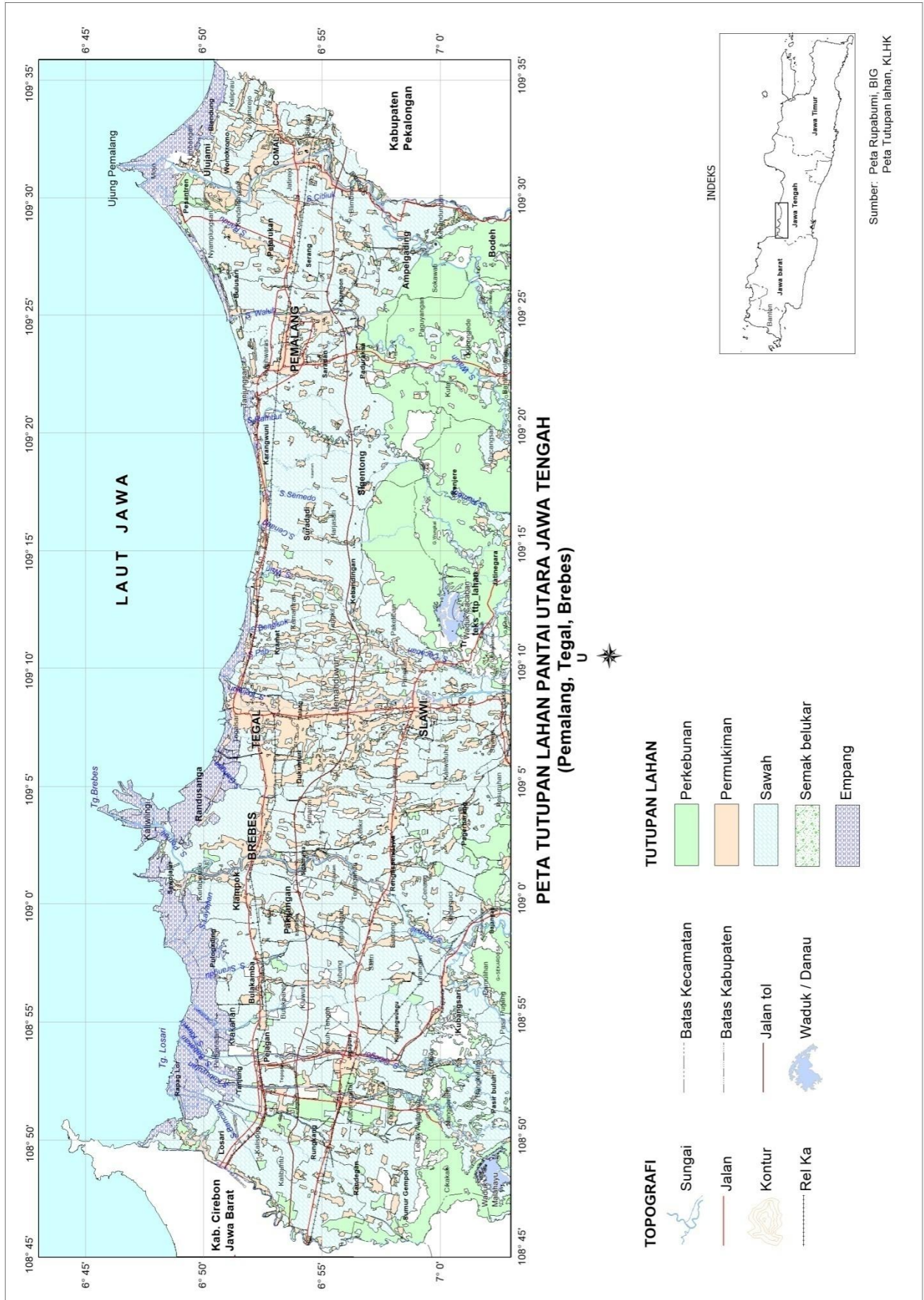
Gambar 3.27. Peta rencana kawasan industri dan pengembangan perkotaan BREGASMALANG

3.9. Tutupan Lahan Daerah Penyelidikan

Salah satu fungsi rencana tata ruang wilayah adalah sebagai acua bagi pemerintah daerah dalam penyusunan dan pelaksanaan program lima tahunan dan program tahunan. Arahannya pemanfaatan ruang berisikan indikasi program pembangunan utama jangka menengah lima tahun dan tahunan. Perwujudan pola ruang Kabupaten dan Kota di daerah penyelidikan dilakukan melalui perumusan program-program penanganan kawasan lindung dan budidaya;

Perwujudan kawasan lindung, melalui kegiatan penunjukan kawasan lindung baik yang merupakan hutan (hutan kota) maupun non hutan, penataan batas kawasan lindung, pemetaan kawasan lindung, penetapan kawasan lindung dan penguasaan kawasan lindung.

Perwujudan kawasan budidaya; perwujudan hutan produksi, kawasan pertanian, kawasan pertambangan, kawasan peruntukan industri, kawasan permukiman desa dan permukiman kota.



Gambar 3.28. Peta tutupan lahan di Pantai Utara Jawa Tengah

BAB IV

EVALUASI DAN REKOMENDASI GEOLOGI LINGKUNGAN

Geologi lingkungan merupakan gambaran kondisi suatu daerah yang di dalamnya memuat informasi komponen-komponen geologi lingkungan berupa faktor pendukung (sumber daya air, tanah dan batuan, morfologi) dan faktor kendala/pembatas fisik bahaya geologi (gerakan tanah, kegempaan, bahaya gunungapi, tsunami, sesar aktif, penurunan tanah, banjir). Keadaan geologi lingkungan memiliki hubungan erat dengan kondisi dan karakteristik lahan dan sangat penting sebagai pertimbangan dalam pembangunan dan pengembangan wilayah.

Rencana pembangunan dan pengembangan suatu wilayah tentunya harus disesuaikan dengan daya dukung atau kemampuan serta keterbatasan lahan yang dimilikinya, dan daya dukung lahan yang dimiliki umumnya cukup beragam serta mempunyai fungsi penggunaan yang berbeda-beda.

Berdasarkan hal tersebut di atas maka perlu dilakukan analisis terhadap kondisi geologi tata lingkungan wilayah agar alokasi pemanfaatan lahan dapat dilakukan secara optimal sesuai dengan kemampuan lahannya.

4.1 ANALISIS GEOLOGI LINGKUNGAN

Dalam melakukan analisis ini diperlukan suatu satuan unit analisis yang berupa satuan geologi lingkungan sebagai kerangka analisis yang di dalamnya terdapat kesamaan karakteristik seluruh atau sebagian besar komponen geologi lingkungan sehingga akan diketahui gambaran secara umum tentang faktor pendukung dan pembatas yang ada. Kondisi geologi lingkungan daerah penyelidikan secara jelas dapat dilihat pada sub bab di bawah ini.

4.1.1. Komponen Sumber Daya Geologi

A. Ketersediaan air

Data hidrogeologi yang penting berkaitan dengan potensi sumberdaya airtanah adalah produktivitas airtanah, ketersediaan airtanah, kualitas airtanah, kedalaman muka airtanah bebas (*unconfined groundwater*), dan keberadaan mata air, selain itu potensi airtanah yang tinggi, kualitas baik, letaknya dangkal serta tidak menimbulkan efek intrusi air laut setelah diambil akan sangat menunjang kebutuhan air bersih bagi permukiman.

Berdasarkan Peta Hidrogeologi dan Peta Potensi Air Tanah daerah penyelidikan, di bagi menjadi 3 (tiga) satuan yaitu:

a. Potensi air tanah tinggi (kelas baik)

Wilayah ini menempati hampir disemua pedataran daerah penyelidikan,

kedudukan muka air tanah atau tinggi pisiometri pada kondisi tertentu dekat atau di atas muka tanah setempat, debit sumur 10 l/dtk - 5 l/dtk meliputi daerah pedataran dengan penyebaran di bagaian tengah daerah penyelidikan, dan di sebelah selatan di daerah Slawi Kabupaten Tegal. Akuifer produktif sedang dan setempat sedang, memiliki keterusan sedang, adapun pada akuifer setempat produktif sedang pelamparan umumnya tidak menerus, tipis dan keterusan rendah. Satuan potensi air tanah ini termasuk kategori/kelas baik, dengan bobot = 14, nilai = 3, skor = 42.

b. Potensi air tanah sedang (kelas sedang)

Wilayah ini dengan akuifer melalui celahan dan ruang antar butir menempati bagian kaki dan badan batuan pada perbukitan, yang terdiri dari akuifer berproduktivitas sedang dan akuifer setempat berarti. Akuifer berproduktivitas sedang, mempunyai keterusan sangat beragam, muka air tanah umumnya dalam, pemunculan mata air debitnya beragam dan besar, debit sumur umumnya kurang dari 5 l/dtk. Akuifer setempat produktif, mempunyai keterusan akuifer beragam, muka air tanah dalam dan pemunculan mata air berdebit kecil. Tersebar di selatan Pemalang dan Tegal. Satuan potensi air tanah ini termasuk kategori/kelas sedang, dengan bobot = 14, nilai = 2, skor = 28.

c. Potensi air tanah rendah (kelas buruk)

Wilayah satuan ini berupa akuifer yang pengalirannya terbatas melalui zona celah atau rekahan, akuifer setempat produktif, mempunyai aliran air tanah yang terbatas melalui celah, rekahan atau saluran pelarutan, muka air tanah umumnya dalam dan debit mata air kebanyakan kecil. Pada batuan vulkanik padu umumnya masih dapat diharapkan berupa akuifer setempat berarti tetapi mempunyai produktivitas rendah, sedangkan daerah langka atau tak berarti terdapat pada batuan sedimen batulempung dan batuan dengan butir kasar berongga tapi tidak memiliki saluran penghubung antara rongga untuk mengalirkan air. Tersebar di bagian selatan daerah penyelidikan dan bagian utara yang didominasi oleh adanya pengaraman. Satuan potensi air tanah ini termasuk kategori/kelas buruk, dengan bobot = 14, nilai = 1, skor = 14

B. Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng suatu daerah mempunyai pengaruh terhadap nilai kekeluasaan lingkungan, baik bentuk dataran, bergelombang atau berbukit-bukit. Umumnya keadaan lahan datar akan lebih mudah pengerjaannya dibandingkan dengan kondisi lahan lainnya, selain akan memudahkan manusia dalam hal aksesibilitas dan kontruksi.

Berdasarkan klasifikasi satuan morfologi dan kemiringan lereng daerah penyelidikan dapat dibagi menjadi tiga satuan kemiringan lereng yaitu (Gambar 4.2):

a. Kemiringan Lereng Datar

Satuan ini mempunyai kemiringan lereng antara 0%-5% (0^0 - 3^0) dengan

ketinggian antara 0,0 - 50 m diatas permukaan laut. Satuan ini menempati hampir semua daerah penyelidikan terutama bagian pesisir pantai utara dengan bentuk memanjang searah garis pantai, tersusun oleh endapan alluvial sungai, alluvial pantai dan alluvial rawa. Daerah ini berdasarkan pada kriteria komponen geologi lingkungan termasuk kategori/kelas baik (tingkat kemudahan lahan untuk dikembangkan), dengan bobot = 8, nilai = 3, skor = 24.

b. Kemiringan Lereng Landai

Satuan perbukitan berelief halus memiliki kemiringan lereng antara 5%-15% (3° - 9°) dengan ketinggian tempat antara 10 - 100 m diatas permukaan laut. Merupakan daerah pedataran dan setempat pedataran bergelombang, terutama di sekitar alur sungai. Berdasarkan kriteria penilaian komponen geologi lingkungan Kelas lereng ini termasuk kategori/kelas sedang, dengan bobot = 8, nilai = 2, skor = 16.

c. Kemiringan Lereng Terjal

Satuan perbukitan terjal secara setempat-setempat di bagian selatan Pemalang dan Tegal daerah penyelidikan dengan kemiringan lereng besar dari $> 15\%$ ($>9^{\circ}$), setempat berkemiringan lereng $> 50\%$ terutama pada tebing-tebing sungai. Ketinggian tempat berkisar antara 30 - 200 m diatas permukaan laut. Kelas lereng ini termasuk kategori/kelas buruk (harus dilakukan rekayasa teknis), dengan bobot = 8, nilai = 1, skor = 8.

C. Daya Dukung Tanah dan Batuan untuk Pondasi Dangkal

Tanah/batuan yang baik sebagai dasar/alas lahan suatu tapak suatu bangunan adalah bila daya dukungnya cukup untuk menopang keperluan pondasi bangunan. Batuan/tanah yang memenuhi persyaratan tersebut adalah apabila batuan tersebut cukup kokoh, keras dan tidak mudah merekah (kompak). Hal lain yang perlu diperhatikan adalah sifat tanah/batuan tersebut tidak mudah berubah oleh reaksi kimia serta rentan terhadap erosi.

Selain itu tanah, mineral dan batuan dapat digunakan sebagai bahan bangunan, misalnya untuk bahan urugan, konstruksi dan lain sebagainya. Potensi bahan bangunan yang cukup di suatu tempat dan mudah dijangkau dapat menunjang pengembangan pemukiman dan akan mengurangi biaya pembangunan.

Pemerian (deskripsi) sifat fisik batuan dan tanah pelapukan didasarkan peta geologi dan hasil pengamatan di lapangan. Pada umumnya daerah pemetaan terdiri dari batuan gunungapi, yang terdiri dari pasir, kerikil, kerakal, tufa, batuapung, bongkah lava, breksi dan lahar, sedangkan pelapukannya terdiri dari pasir lanauan sampai lempung lanauan. Berdasarkan hasil evaluasi kesamaan fisik dan batuan yang didukung oleh data hasil analisis laboratorium mekanika tanah dan batuan dapat diketahui bahwa daerah

pemetaan dapat dikelompokkan menjadi beberapa satuan batuan sebagai berikut (Gambar 4.3):

a. Daya dukung pondasi tinggi

Pada satuan batuan ini biasanya tanah pelapukan tebalnya <1,5 m. Di daerah penyelidikan terdiri dari lava andesit dan batuan klastika gunungapi, dan bahan rombakan gunung api dan breksi Batuan Gunungapi Slamet serta batuan lempung tufaan, batu pasir dan konglomerat Formasi Tapak dan Formasi Halang. Penyebarannya berada dibagian selatan daerah pemetaan yaitu mulai dari Tegal, Pemalang dan setempat di Brebes. Tanah pelapukan umumnya berupa lempung pasiran berwarna abu-abu kehitaman, lunak, dalam keadaan kering mudah pecah, mengandung kerakal dari andesit dengan ketebalan antara 1,00 – 4,00 meter. Tanah pelapukan dari satuan ini berupa lempung lanauan, berwarna coklat kemerahan, lunak - agak teguh, non plastis - plastisitas rendah, ketebalan tanah 0,50 – 3,50. Satuan batuan ini termasuk kategori/kelas baik, dengan bobot = 2, nilai = 3, skor = 6.

b. Daya dukung pondasi sedang

Terdiri dari Tanah residu dengan ketebalan pelapukan >1,5m pada daerah endapan kipas aluvial yang merupakan bahan rombakan batuan gunungapi berupa pasir & kerikil dengan ketebalan <3 m, selain itu satuan ini menempati Formasi Rambatan, Formasi Pemali dan Formasi Gintung.

Tanah pelapukan umumnya berupa lanau pasiran dan pasir lempungan hasil pelapukan lanjut dari batu pasir dan breksi. Lanau pasiran berwarna merah kehitaman, lunak – agak teguh, ketebalan tanah antara 0.50 – 3.00 meter. Pasir lempungan berwarna coklat kekuningan, agak lepas, setempat mengandung kerikil. Satuan batuan ini termasuk kategori/kelas sedang, dengan bobot = 2, nilai = 2, skor = 4.

c. Daya dukung pondasi rendah

Terdiri dari lanau, pasir, dan kerikil dengan ketebalan <5m, lempung, lumpur, lempung organik yang berupa endapan aluvium, yang terdiri dari aluvium dataran, aluvium pantai, alluvium rawa dan aluvium sungai yang merupakan batuan termuda di daerah pemetaan.

Aluvium dataran terdiri dari kerikil, pasir, lanau, lempung lanauan dan setempat dijumpai bongkah yang merupakan hasil rombakan batuan yang lebih tua, umumnya berwarna kecoklatan sampai kekuningan, plastisitas rendah.

Aluvium pantai terdiri dari pasir halus – kasar dengan pecahan-pecahan kerang dan sisa organisme, umumnya berwarna putih kotor, bersifat lepas, membundar hingga membundar tanggung, bergradasi baik, permeabilitas tinggi. Aluvium sungai terdiri dari lempung, pasir, kerikil, kerakal – bongkah, bersifat lepas sampai plastisitas sedang yang terkumpul pada bagian dasar sungai. Daya dukung tanah rendah – sedang, mudah digali

dengan peralatan non mekanik. Kedalaman muka air tanah bebas dangkal (< 5 m), rasa air tawar pada daerah perkotaan dan payau/asin pada daerah pantai. Satuan batuan ini termasuk kategori/kelas buruk, dengan bobot = 2, nilai = 1, skor = 2.

4.1.2. Komponen Bahaya Geologi

Bencana alam geologi adalah suatu gejala alam yang tidak dapat dicegah dan selalu dikaitkan dengan bahaya terhadap jiwa manusia, kerugian harta benda dan kerusakan lingkungan hidup, maka dalam suatu perencanaan suatu tapak dalam suatu konsep tata ruang sebaiknya tidak terletak pada daerah kegempaan tinggi, rawan longsor, zona sesar aktif, gelombang pasang, tsunami, banjir, penurunan tanah dan bahaya gunungapi.

Terjadinya bencana geologi yang cukup besar dapat mengubah struktur dan pemanfaatan ruang yang ada. Oleh karena itu bencana geologi merupakan salah satu faktor penghambat yang harus diperhatikan dalam pengembangan wilayah.

Berdasarkan hal tersebut di atas, bencana geologi yang dijumpai dan mungkin terjadi di daerah penyelidikan antara lain gempa bumi, dan gerakan tanah.

A. Gempa Bumi

Faktor kegempaan perlu diperhitungkan dalam pengembangan wilayah, karena kerusakan yang ditimbulkan oleh kejadian gempa bumi dalam banyak hal dipengaruhi oleh guncangan yang dihasilkan oleh suatu besaran kegempabumian (*magnitude*), maupun kedudukan (*startigrafi*) serta karakteristik tanah/batuan setempat. Berdasarkan kriteria penilaian komponen geologi lingkungan daerah penyelidikan termasuk dalam 2 kawasan rawan bencana gempa bumi yaitu.

- Kawasan rawan bencana gempa bumi rendah sampai dengan sangat rendah, dengan nilai intensitas gempa skala VI MMI atau < 5 Skala Richter, Satuan ini termasuk kategori/kelas sedang, dengan bobot = - 4, nilai = 0, skor = 0.
- Kawasan rawan bencana gempa bumi menengah, dengan intensitas gempa bumi VII – VIII MMI atau 5 – 6 Skala Richter, satuan batuan ini termasuk kategori/kelas sedang, dengan bobot = - 4, nilai = 1, skor = - 4.

B. Gerakan Tanah

Kejadian gerakan tanah dapat disebabkan oleh hanya satu faktor penyebab maupun beberapa faktor penyebab yang saling berkaitan secara simultan. Faktor penyebab terjadinya gerakan tanah di daerah penyelidikan adalah kemiringan lereng,, sifat fisik tanah dan batuan, kedudukan tanah dan batuan, keairan atau curah hujan, penggunaan lahan dan aktivitas manusia. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan

mengacu pada peta zona potensi gerakan tanah, maka potensi gerakan tanah daerah penyelidikan dibagi menjadi; sangat rendah di daerah penyelidikan diberikan nilai 0 (baik), gerakan tanah rendah diberikan nilai -2 (sedang), gerakan tanah menengah diberikan nilai -4 (buruk). Untuk nilai bobot potensi gerakan tanah ini diberikan nilai intensitas -2.

4.1.3. Komponen Penyisih Geologi

Komponen penyisih pada dasarnya telah menjadikan suatu wilayah menjadi tidak layak untuk dikembangkan.

a. Gerakan Tanah Tinggi

Gerakan tanah tinggi di daerah penyelidikan merupakan sebagai penyisih dalam pembobotan keeluasaan pengembangan wilayah, dibuat sebagai daerah yang tidak layak untuk dilakukan pembangunan infrastruktur di karenakan mempunyai resiko bahaya baik jiwa maupun harta benda.

b. Zona Lemah / Sesar Aktif

Sesar aktif yang ada di daerah penyelidikan merupakan sebagai penyisih, dibuat buffer atau daerah penyangga dengan jarak 100 meter di kiri kanan garis sesar untuk tidak dilakukan pembangunan infrastruktur, dan untuk memperkecil jumlah korban maupun kerusakan infrastruktur jika terjadi gempa yang mengakibatkan sesar tersebut aktif.

4.1.4. Komponen Penyisih Non Geologi

Komponen penyisih non geologi biasanya daerah tersebut sudah dilindungi oleh peraturan perundangan seperti kawasan hutan lindung atau konservasi. Kawasan lindung adalah wilayah yang ditetapkan dengan fungsi utama melindungi kelestarian lingkungan hidup yang mencakup sumber daya alam dan sumber daya buatan. Daerah terlanda banjir pada aliran sungai dan akibat pasang surut air laut (rob), serta, sempadan sungai dan sempadan pantai.

1. Banjir / daerah landaan rob

Pada daerah yang rawan banjir maupun daerah landaan rob dijadikan sebagai penyisih, dan sebaiknya dihindari untuk dilakukan pembangunan kawasan ekonomi maupun kawasan permukiman, untuk menghindari kerugian lebih besar jika dilakukan di daerah tersebut (Gambar 4.6).

2. Sempadan Sungai, sempadan pantai dan Sempadan Danau

Berdasarkan PP 38 tahun 2011 tentang sungai mendefinisikan sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan. Sempadan sungai mempunyai beberapa fungsi penyangga antara ekosistem sungai dan daratan, antara lain:

- a. Karena dekat dengan air, kawasan ini sangat kaya dengan keaneka-ragaman hayati flora dan fauna. Keanekaragaman hayati adalah asset lingkungan yang sangat berharga bagi kehidupan manusia dan alam.
- b. Semak dan rerumputan yang tumbuh di sempadan sungai berfungsi sebagai filter yang sangat efektif terhadap polutan seperti pupuk, obat anti hama, pathogen dan logam berat sehingga kualitas air sungai terjaga dari pencemaran.
- c. Tumbuh-tumbuhan juga dapat menahan erosi karena sistem perakarannya yang masuk ke dalam memperkuat struktur tanah sehingga tidak mudah tererosi dan tergerus aliran air.
- d. Rimbunnya dedaunan dan sisa tumbuh-tumbuhan yang mati menyediakan tempat berlindung, berteduh dan sumber makanan bagi berbagai jenis spesies binatang akuatik dan satwa liar lainnya.
- e. Kawasan tepi sungai yang sempadannya tertata asri menjadikan properti bernilai tinggi karena terjalinnya kehidupan yang harmonis antara manusia dan alam. Lingkungan yang teduh dengan tumbuh-tumbuhan, ada burung berkicau di dekat air jernih yang mengalir menciptakan rasa nyaman dan tenteram tersendiri.

4.2. ZONASI KESESUAIAN LAHAN UNTUK PENGEMBANGAN WILAYAH

Didalam pengembangan wilayah berbagai faktor yang menyangkut lingkungan fisik suatu wilayah perlu terlebih dahulu ditelaah secara seksama, diantaranya peranan geologi lingkungan untuk arahan penggunaan lahan sebagai masukan untuk rencana tata ruang wilayah. Kajian geologi lingkungan yang didapat dari hasil penyelidikan lapangan dan hasil evaluasi, didapatkan informasi data gambaran lahan yang relatif datar akan mudah dikembangkan untuk berbagai kegiatan pembangunan, diantaranya tanpa memerlukan pengupasan dan pengurugan, faktor penting lain dan berpengaruh, seperti ketersediaan sumber daya air, sumberdaya material bahan bangunan, daya dukung tanah yang memadai dan faktor kendala yang ada sangat kecil bahkan tidak ada.

Setelah dilakukan tumpang susun /overlay antara peta-peta tematik sumber daya geologi, kendala geologi maupun penyisih. Dengan cara menjumlahkan hasil perkalian setiap parameter, total nilai penjumlahan seluruh parameter digunakan sebagai dasar

untuk menentukan tingkat kendala penentuan kesesuaian lahan. Semakin besar nilainya, kendala semakin kecil, begitu juga sebaliknya jika semakin kecil nilainya mempunyai kendala yang semakin besar (Lampiran I).

Dari total penjumlahan nilai tersebut dibagi menjadi empat zona kesesuaian lahan dalam pengembangan wilayah, yaitu zona kesesuaian lahan tinggi, zona kesesuaian lahan sedang, dan zona kesesuaian lahan rendah, serta tidak layak yang merupakan daerah penyesihan. Selanjutnya zonasi geologi lingkungan tersebut digunakan sebagai dasar penyusunan rekomendasi pengembangan wilayah. Dengan demikian informasi geologi lingkungan dapat dijadikan bahan masukan bagi penataan ruang wilayah yang berwawasan lingkungan. Zonasi geologi lingkungan daerah penyelidikan secara jelas diuraikan dibawah ini yaitu;

1. Zona kesesuaian lahan tinggi

Yaitu zona yang mudah dalam pengorganisasian ruang dan pilihan jenis pengembangan pembangunan lahan yang memiliki kendala kecil untuk tapak/lokasi pembangunan dan tidak memerlukan rekayasa teknis untuk pengembangan wilayah. Zona ini merupakan zona yang di dalamnya terdapat daerah-daerah dengan sumber daya geologi yang memadai dan tidak mempunyai komponen kendala yang berarti untuk pengorganisasian ruang maupun pemilihan jenis penggunaan lahan dan biaya pengembangan relatif murah (tidak memerlukan biaya tinggi untuk rekayasa teknis)

Zona ini menempati morfologi pedataran hingga perbukitan bergelombang dengan kemiringan lereng <5%, Litologi disusun oleh batuan alluvial endapan pantai dan endapan sungai sedimen, dan daya dukung pondasi relatif rendah-sedang, ketersediaan sumber daya air bersih mudah didapat pada lapisan akuifer sedang hingga tinggi dengan penyebaran luas, kedudukan airtanah dangkal bervariasi hingga kedalaman 6 meter, disamping air tanah dan mataair, juga terdapat aliran sungai yang mengalir sepanjang tahun dengan kualitas air yang masih jernih. Faktor kendala pada zona ini yakni potensi kegempaan sangat rendah dengan skala < V MMI, lempung lunak di pesisir pantai utara Brebes, Kota Tegal, Tegal dan Pemalang, dan banjir akibat luapan sungai setiap musim hujan terutama di daerah Brebes, Tegal dan Pemalang.

2. Zona kesesuaian lahan sedang

Yaitu zona yang agak mudah dalam pengorganisasian ruang dan pilihan jenis pengembangan pembangunan lahan yang memiliki kendala sedang untuk tapak/lokasi pembangunan dan memerlukan rekayasa teknis untuk pengembangan wilayah. Dimana pada zona ini yang didalamnya terdapat daerah-daerah yang terbatas ketersediaan sumber daya geologi sebagai komponen pendukung dan terdapat potensi kebencanaan

(sebagai kendala) sehingga agak sukar dalam pengorganisasian ruang maupun pemilihan jenis penggunaan lahan dan agak mahal biaya yang diperlukan untuk memanfaatkan rekayasa teknis.

Zona ini umumnya menempati daerah pedataran hingga perbukitan bergelombang dengan kemiringan lereng 5% - 10% setempat >15%. Tanah yang menyusun zona ini berupa batuan alluvial, sedimen dan batuan vulkanik berbutir halus, dengan daya dukung pondasi sedang. Ketersediaan sumber air tanah akuifer produktif rendah s.d sedang dan setempat berarti. Muka airtanah agak dalam, disamping potensi air tanah di daerah ini juga bermunculan mataair dengan debit beragam. Beberapa aliran sungai juga berair sepanjang tahun dengan kualitas air yang bersih.

Faktor kendala pada zona ini adalah adanya erosi, gerakan tanah sedang sampai menengah, daerah kegempaan rendah s.d sedang dengan skala VI – VII MM, struktur geologi/sesar, daerah banjir pada aliran sungai, daerah potensi rob, tanah lunak di daerah pesisir.

3. Zona kesesuaian lahan rendah

Yaitu zona yang tidak mudah dalam pengorganisasian ruang dan pilihan jenis pengembangan pembangunan lahan yang memiliki kendala tinggi untuk tapak/lokasi pembangunan dan memerlukan rekayasa teknis yang lebih banyak. Pada zona ini yang didalamnya terdapat daerah-daerah yang sangat terbatas ketersediaan sumber daya geologi sebagai komponen pendukung dan terdapat potensi kebencanaan (sebagai kendala) yang cukup menonjol sehingga sukar dalam pengorganisasian ruang maupun pemilihan jenis penggunaan lahan dan sangat mahal biaya yang diperlukan untuk memanfaatkan rekayasa teknis

Zona ini umumnya menempati daerah pedataran sampai perbukitan dengan kemiringan lereng >15%, jenis batuan sedimen dan vulkanik dengan daya dukung pondasi tinggi, zona ini merupakan daerah yang mempunyai produktifitas akuifer rendah hingga langka air tanah, secara setempat air tanah dijumpai pada lembah antar bukit, setempat air tanah muncul dipermukaan. Di beberapa tempat kualitas air tanah payau akibat intrusi air laut.

Faktor kendala pada zona ini diantaranya abrasi di daerah pesisir pantai, penurunan tanah, gerakan tanah menengah, kegempaan dengan skala VI-VIII MMI.

4. Zona tidak layak

Zona ini merupakan zona yang tidak dapat dikembangkan karena secara geologi terdapat potensi kebencanaan (sebagai kendala) yang sangat menonjol dan dapat membahayakan jiwa manusia serta daerah-daerah yang penggunaannya dibatasi oleh

peraturan perundangan yang berlaku.

Zona ini umumnya menempati perbukitan terjal, dengan kemiringan lereng >15%, disusun oleh batuan sedimen dan batuan vulkanik dengan daya dukung pondasi rendah-sedang, ketersediaan air tanah akuifer produktif rendah hingga langka air tanah, muka air tanah dalam.

Zona ini menempati daerah penurunan tanah, gerakan tanah tinggi, zona lemah (sesar aktif), abrasi dan rob di daerah pesisir, serta kawasan lindung (sempadan pantai, sungai, hutan).

4.3 EVALUASI DAN REKOMENDASI PENGEMBANGAN WILAYAH BERDASARKAN ASPEK GEOLOGI LINGKUNGAN.

Berdasarkan pada rencana tata ruang wilayah Kabupaten dan Kota daerah penyelidikan, telah ditetapkan kawasan budidaya, kawasan lindung, kawasan perkotaan, kawasan industri dan rencana kawasan strategis, maka pada sub bab ini untuk masing-masing isu dilakukan evaluasi berdasarkan aspek geologi lingkungan sebagai bahan rekomendasi bagi penggunaan lahan selanjutnya. Sebagaimana telah dikemukakan, bahwa karakteristik lingkungan fisik yang telah diuraikan tersebut di atas merupakan cerminan dari kondisi geologi permukaan maupun bawah permukaan tercakup batuan/tanah dan sifat fisiknya, keterdapatannya sumber daya air dan bahan galian, serta faktor kendala, dapat dijadikan sebagai salah satu bahan pertimbangan dalam perencanaan pengembangan wilayah.

Berdasarkan hasil analisis geologi lingkungan dapat disimpulkan bahwa pada tiap-tiap daerah mempunyai karakteristik faktor pendukung dan kendala yang berbeda juga kepentingan pengembangan wilayah yang beragam, secara rinci geologi lingkungan perwilayah dapat dijelaskan sebagai berikut (Lampiran II).

4.3.1. Evaluasi dan Rekomendasi Geologi Lingkungan Daerah Penyelidikan

A. Rekomendasi pada zona kesesuaian lahan tinggi

Rekomendasi pengembangan wilayah; untuk pengembangan wilayah perkotaan (permukiman, perkantoran dan industri) harus memperhatikan faktor-faktor geologi sebagai berikut:

- Potensi air tanah sedang-tinggi, dapat memenuhi kebutuhan air bersih dapat dimanfaatkan secara terkendali.
- Lahan datar tidak memerlukan cut and fill
- Pada lahan rawa, tanah bersifat sangat lunak dengan angka penurunan cukup tinggi dan batuan dasar cukup dalam, maka perlu diperhatikan teknis pemadatan dan jenis pondasi

- Untuk pondasi bangunan tinggi harus memperhatikan kedalaman tanah padat
- Pada zona tanah lempung yang perlu diperhatikan;
 - a. Perlu pembatasan / pengendalian kerapatan dan ketinggian bangunan Permukiman
 - b. Mempertimbangkan daya dukung tanah/batuan
 - c. Pengendalian pengambilan air tanah
 - d. Pengelolaan banjir dan rob

B. Rekomendasi pada zona kesesuaian lahan sedang

Rekomendasi; untuk pengembangan wilayah perkotaan (permukiman, perkantoran, dan industri) harus memperhatikan faktor-faktor geologi sebagai berikut

- Potensi air tanah umumnya sedang, dapat dimanfaatkan memenuhi kebutuhan air bersih domestik dapat secara terkendali.
- Lahan tidak datar memerlukan cut and fill dan harus memperhatikan kestabilan lereng
- Sempadan dan jalur sesar

C. Rekomendasi pada zona kesesuaian lahan rendah

Karakteristik daerah ini sulit untuk dikembangkan menjadi kawasan perkotaan dan kawasan industri, karena

- Morfologi terjal, harus dilakukan banyak cut and fill di daerah selatan
- Potensi air tanah rendah hingga langka, sehingga sulit untuk memenuhi kebutuhan air bersih.
- Air tanah dangkal payau-asin/ salinitas tinggi
- Kerapatan sungai, akan banyak memerlukan pembangunan jembatan.
- Potensi gerakan tanah agak tinggi di daerah selatan
- Terdapat tanah lunak di pesisir pantai
- Terdapat daerah Likuefaksi tinggi di pesisir pantai
- Terdapat batulembung bermasalah di daerah selatan
- Terdapat daerah lahan basah/rawa

D. Rekomendasi pada zona tidak layak

Rekomendasi; tidak dapat dikembangkan menjadi kawasan perkotaan sesuai dengan peraturan dan perundangan yang berlaku, yaitu kawasan gerakan tanah tinggi dan kawasan lindung. Daerah ini dapat dijadikan sebagai kawasan lindung dan kawasan konservasi. Jika dilakukan kegiatan pada daerah ini akan meningkatkan resiko bahaya, baik jiwa maupun harta benda (infrastruktur).

Evaluasi dan rekomendasi geologi lingkungan pada daerah penyelidikan secara umum dapat dijelaskan dibawah ini;

a. Evaluasi dan rekomendasi geologi lingkungan pada wilayah pedataran rawa

Lahan rawa/basah di daerah penyelidikan terdapat di sepanjang pesisir pantai utara, yang disusun oleh endapan rawa yang didominasi oleh lempung-lanau-organik, terutama di sekitar muara aliran sungai, yang secara umum berupa lempung lanauan mengandung pasir halus dan material organik, berwarna coklat-kelabu kehitaman, sangat lunak-lunak dan plastis sedang, daerah rawa ini termasuk dalam zona kesesuaian lahan rendah untuk dikembangkan menjadi kawasan perkotaan maupun kawasan industri, mempunyai daya dukung untuk pondasi bangunan rata-rata rendah, air tanah berasa payau-asin pada akuifer bebas (dangkal) hingga kedalaman 30 m bmt, setempat kualitas air cukup baik diperoleh dari kedalaman 80-110 m bmt, masih terdapat potensi likuefaksi dan retakan tanah pada daerah tanah lunak dan jenuh air (selalu tergenang) akibat guncangan gempa bumi dan abrasi di daerah pantai utara. Pada daerah ini dapat dimanfaatkan menjadi tambak budidaya ikan dan hutan mangrove.

b. Evaluasi dan rekomendasi geologi lingkungan pada wilayah dengan salinitas tinggi /penggaraman (payau-asin)

Daerah yang mengalami penggaraman atau salinitas di daerah penyelidikan secara umum berupa lahan pedataran pematang pantai yang bentuknya bersambung maupun terputus-putus dan hampir sejajar pantai yang tersusun oleh endapan lanau-lempung, lanau lempung hingga lanau pasir, berwarna abu-abu tua sampai coklat kelabu, sangat lunak, basah (kadar air dalam tanah tinggi/hampir jenuh air) plastisitas rendah-sedang, termasuk pada zona kesesuaian lahan rendah untuk dikembangkan menjadi kawasan perkotaan maupun kawasan industri, mempunyai daya dukung tanah untuk pondasi bangunan rata-rata rendah, setempat air tanah berasa payau/asin pada akuifer bebas (dangkal) pada kedalaman 30 m bmt, dan kualitas air cukup baik pada akuifer lebih dalam pada kedalaman 90 – 110 m bmt, masih terdapat potensi likuefaksi dan retakan tanah pada daerah tanah lunak dan jenuh air jika terjadi guncangan gempa bumi.

Rekomendasi yang dilakukan terkait informasi mengenai persebaran pendugaan intrusi air laut pada dataran alluvial daerah penyelidikan yaitu dengan cara;

- Membatasi kegiatan yang beresiko tinggi dalam pemenuhan kebutuhan pemanfaatan air tanah secara berlebihan.
- Memanfaatkan daerah yang mengalami penggaraman sebagai daerah tambak sebagai kegiatan budidaya perikanan.

- Pengawasan terkait pola pembangunan yang dapat mengatasi atau mengurangi dampak penggaraman.

c. Evaluasi dan rekomendasi geologi lingkungan pada wilayah yang terdampak abrasi dan akresi

- Pembangunan pelindung pantai; seperti groin, jetty dan revetment untuk melindungi pantai dari kerusakan akibat gelombang dan arus laut.
- Perlindungan alami pantai; dengan cara vegetatif dengan penanaman pohon-pohon mangrove sebagai pelindung alami pantai dan vegetasi tumbuhan rumput sejenis (katang-katang) yang merupakan tumbuhan menjalar yang akarnya mampu mengikat pasir.
- Pengelolaan wilayah pesisir; perencanaan dan pengelolaan dilakukan secara berkelanjutan dan dinamis. Penanganan ini menitik beratkan pada regulasi untuk mengatur pengelolaan wilayah pesisir.

d. Evaluasi dan rekomendasi geologi lingkungan pada wilayah rawan banjir luapan sungai

Terutama pada kawasan permukiman dan fasilitas umum yang sangat penting, daerah ini termasuk dalam zona kesesuaian lahan tinggi hingga kesesuaian lahan rendah untuk dikembangkan. Banjir yang terjadi di daerah penyelidikan akibat meluapnya beberapa air sungai pada musim hujan, disamping itu pada daerah dengan batuan penyusun berupa lempung-lanau organik (endapan rawa), lempung hingga lempung lanauan, daerah banjir ini mempunyai sifat drainase yang buruk (tahan kedap air) dan mudah terjadi genangan air. Untuk daerah ini dapat dimanfaatkan sebagai kawasan pertanian. Pengelolaan yang harus diperhatikan di daerah ini adalah;

- Jarak bangunan dengan alur sungai (potensi longsor pada tebing sungai)
- Membangun sistem drainase (saluran air) yang memadai
- Di beberapa tempat pada aliran sungai perlu dibangun tanggul penahan banjir
- Di hulu sungai terutama di daerah resapan alih fungsi lahan diperhatikan untuk meminimalisir sedimentasi, erosi dan run off yang mengakibatkan banjir di bagian hilirnya.
- Pembuatan folder-folder air jika hujan air akan tertampung dan musim kemarau air dapat dimanfaatkan untuk pertanian.
- Tidak membangun bangunan di atas sungai dan bantaran sungai sebagai sempadan sungai.

Garis sempadan pada sungai tidak bertanggung di dalam kawasan perkotaan sebagaimana dimaksud dalam PP 38 tahun 2011 adalah:

- a. paling sedikit berjarak 10 m (sepuluh meter) dari tepi kiri dan kanan palung sungai sepanjang alur sungai, dalam hal kedalaman sungai kurang dari atau sama dengan 3 m (tiga meter);
- b. paling sedikit berjarak 15 m (lima belas meter) dari tepi kiri dan kanan palung sungai sepanjang alur sungai, dalam hal kedalaman sungai lebih dari 3 m (tiga meter) sampai dengan 20 m (dua puluh meter); dan
- c. paling sedikit berjarak 30 m (tiga puluh meter) dari tepi kiri dan kanan palung sungai sepanjang alur sungai, dalam hal kedalaman sungai lebih dari 20 m (dua puluh meter).
- d. Garis sempadan sungai besar tidak bertanggung di luar kawasan perkotaan ditentukan paling sedikit berjarak 100 m (seratus meter) dari tepi kiri dan kanan palung sungai sepanjang alur sungai.
- e. Garis sempadan sungai kecil tidak bertanggung di luar kawasan perkotaan ditentukan paling sedikit 50 m (lima puluh meter) dari tepi kiri dan kanan palung sungai sepanjang alur sungai.
- f. Garis sempadan sungai bertanggung di dalam kawasan perkotaan ditentukan paling sedikit berjarak 3 m (tiga meter) dari tepi luar kaki tanggul sepanjang alur sungai.
- g. Garis sempadan sungai bertanggung di luar kawasan perkotaan ditentukan paling sedikit berjarak 5 m (lima meter) dari tepi luar kaki tanggul sepanjang alur sungai.
- h. Garis sempadan danau paparan banjir ditentukan mengelilingi danau paparan banjir paling sedikit berjarak 50 m (lima puluh meter) dari tepi muka air tertinggi yang pernah terjadi.
- i. Garis sempadan mata air ditentukan mengelilingi mata air paling sedikit berjarak 200 m (dua ratus meter) dari pusat mata air.

e. Evaluasi dan rekomendasi geologi lingkungan pada kawasan permukiman/perkotaan

Pada wilayah perkotaan pada umumnya merupakan pusat pertumbuhan pembangunan permukiman, infrastruktur, industri, seperti halnya pada RTRW kabupaten/kota daerah penyelidikan BREGASMALANG yaitu perencanaan kawasan perkotaan secara umum masuk pada zona kesesuaian lahan tinggi hingga kesesuaian lahan sedang untuk dikembangkan.

f. Evaluasi dan rekomendasi geologi lingkungan pada kawasan pesisir pantai dan daerah rawan rob

Pesisir pantai pada dasarnya merupakan kawasan lindung yang dibatasi oleh garis sempadan pantai, sehingga untuk peruntukan budi daya terbatas perlu mempertimbangkannya, membangun tanggul penahan gelombang air laut dan menanam untuk perluasan budidaya hutan mangrove supaya tidak terjadi rob dan abrasi.

Sempadan pantai diatur dalam Perpres No.51 Tahun 2016 tentang batas sempadan pantai, dimana sempadan Pantai adalah daratan sepanjang tepian yang lebarnya proporsional dengan bentuk dan kondisi fisik pantai, minimal 100 (seratus) meter dari titik pasang tertinggi ke arah darat. Penetapan batas sempadan pantai ini dilakukan untuk melindungi dan menjaga:

- a. Kelestarian fungsi ekosistem dan segenap sumber daya di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil;
- b. Kehidupan masyarakat di wilayah pesisir dan wilayah-wilayah kecil dari ancaman bencana alam;
- c. Alokasi ruang untuk akses publik melewati pantai; dan
- d. Alokasi ruang untuk saluran air dan limbah.

4.3.2. Evaluasi dan Rekomendasi Geologi Lingkungan Pada Daerah Rencana Pengembangan Kawasan Pertumbuhan Cepat Pantura

Pada sub bab ini akan dibahas aspek geologi lingkungan baik daya dukung maupun kendala aspek geologi yang terdapat pada setiap lokasi kajian terpilih sebagai bahan informasi awal untuk rencana penataan ruang. Pemilihan lokasi terpilih berdasarkan informasi dari daerah dan juga rencana tata ruang wilayah untuk rencana pengembangan kawasan strategis pengembangan kawasan perkotaan dan kawasan industri, meliputi kawasan pertumbuhan cepat pantura dan kawasan pesisir BREGASMALANG (Brebes, Tegal, Slawi, Pemalang) seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Peta lokasi kajian terpilih di daerah Pantura Jawa Tengah

Secara umum wilayah pengembangan merupakan daerah yang masuk pada zona kesesuaian lahan tinggi hingga sedang untuk dikembangkan. Mempunyai daya dukung tanah/batuan untuk pondasi bangunan rendah-sedang sebagian besar lahan tersusun oleh lempung-lanau, pasir (endapan sungai dan endapan pantai), setempat air tanah berupa payau/asin dan setempat kualitas air tanah cukup baik pada akuifer bebas (dangkal) pada kedalaman 10 m bmt, dan kualitas baik pada akuifer lebih dalam pada kedalaman 50 s.d 110 m bmt terutama di daerah Brebes, Kota Tegal dan Pemalang. Sifat drainase daerah pesisir yang buruk (tanah kedap air), sehingga perlu membangun saluran air yang cukup memadai, agar tidak terjadi genangan air. Pada daerah daerah pesisir perlu dilakukan penimbunan tanah disertai pengupasan lapisan tanah lempung lunak dan tanah pasir halus terlebih dahulu hingga kedalaman tertentu sebagai upaya perbaikan daya dukung tanah untuk tumpuan pondasi bangunan serta mengurangi likuefaksi dan retakan tanah, sedangkan untuk bangunan berat perlu menerapkan konstruksi bangunan tahan gempa berdasarkan SNI 1726:2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.

Evaluasi dan rekomendasi rencana kawasan startegis secara jelasnya dapat dilihat pada sebagai berikut;

A. Evaluasi dan Rekomendasi Kawasan Industri Kabupaten Brebes

Secara administrasi rencana kawasan industri Brebes berada di daerah Kecamatan Losari, Kecamatan Tanjung dan Kecamatan Bulakamba, secara umum daerah ini termasuk dalam zona kesesuaian lahan rendah hingga kesesuaian lahan tinggi.

Secara umum karakteristik geologi lingkungan daerah ini merupakan daerah pedataran pesisir pantai utara Jawa Tengah dengan kemiringan lereng 0-5% pada ketinggian 2 s.d 5 m dpl, dengan penggunaan lahan rawa/tambak, sawah dan permukiman. Di bentuk oleh endapan alluvial yang merupakan endapan lepas berupa lanau, pasir, lempung, lumpur, kerikil dan di beberapa tempat pasir, sehingga mempunyai daya dukung untuk pondasi bangunan rata-rata rendah. Sumber air permukaan yang dapat dimanfaatkan ialah air Sungai Cisanggarung, Sungai Kabuyutan, Sungai Tanjung, Sungai Bangsari yang berhulu di selatan daerah penyelidikan serta adanya Waduk Malahayu sebagai sumber cadangan air permukaan, sedangkan kondisi air tanah di daerah ini termasuk dalam system akuifer ruang antar butir, dengan produktif penyebaran luas, keterusan sedang debit sumur 5-10 l/dtk, kelulusan rendah-sedang, dan ketersediaan air tanah termasuk sedang, yang perlu diperhatikan pada daerah ini adalah kualitas air tanah berupa payau-asin pada akuifer bebas (dangkal) hingga kedalaman 20 m bmt, setempat hingga 50 m bmt, air tanah payau tersebar di Desa Kluwut Kecamatan Bulakamba, Krakahan, Pangaradan Kecamatan Tanjung, Prapag Kidul Kecamatan Losari setempat kualitas air cukup baik diperoleh pada kedalaman >75m bmt, dan pada kedalaman 105 m bmt.

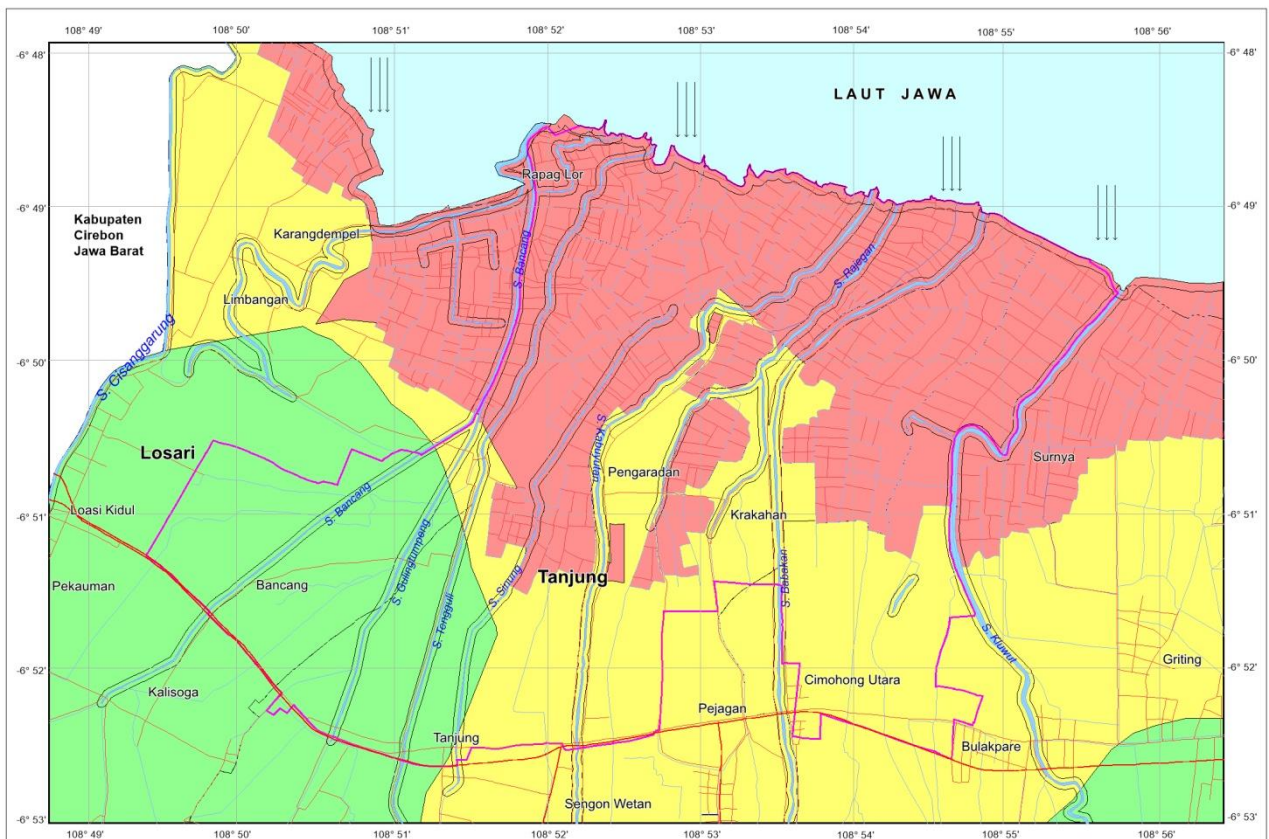
Kedala yang harus diperhatikan pada daerah ini adalah masih terdapat potensi likuefaksi rendah hingga sedang dan retakan tanah pada daerah tanah lunak –sangat lunak pada endapan alluvium dengan jenis tanah berbutir halus atau lempung dan lanau dan jenuh air (selalu tergenang) akibat guncangan gempa bumi rendah-menengah dengan skala intensitas V-VIII MMI (Modified Mercally Intensity), abrasi dan rob juga harus diperhatikan pada daerah ini terutama di Desa Limbangan, Prapag Kidul Kecamatan Losari, Desa Pangaradan Kecamatan Tanjung, serta banjir saat musim hujan yang sering terjadi di Kecamatan Losari dan Tanjung akibat meluapnya sungai Cisanggarung, Sungai Kluwut, Sungai Babakan. Tabel 4.1 Rekomendasi Geologi Lingkungan untuk Pengembangan Kawasan Industri Brebes

Rekomendasi geologi lingkungan secara jelas dapat dilihat pada tabel 4.1 dan gambar 4.2.

Tabel 4.1 Rekomendasi Geologi Lingkungan untuk Pengembangan Kawasan Industri Brebes

LAHAN	DAYA DUKUNG SUMBER DAYA GEOLOGI			KENDALA LINGKUNGAN FISIK	REKOMENDASI
	Ketersediaan Air Tanah	Morfologi	Daya Dukung Tanah Untuk Pondasi		
Kesesuaian Lahan Tinggi	<p>1.Potensi air tanah produktif dengan penyebaran luas, debit sumur optimum 5 - 10 l/detik</p> <p>2.Ketersediaan air tanah dalam tinggi</p> <p>3.Air tanah bebas (dangkal) umumnya payau-tawar</p> <p>4.Daerah Lepas CAT Brebes-Tegal</p>	Pedataran, kemiringan lereng < 3 %	Endapan pantai dan endapan sungai dengan daya dukung pondasi relatif rendah, yang tersusun oleh endapan lanau, pasir, lempung, lumpur dan kerikil	<p>1.Tanah lunak-sangat lunak</p> <p>2.Berpotensi banjir, akibat luapan Sungai Bancang, S.Sinung, S.Kabuyutan, saat musim hujan</p> <p>3.Gempa bumi dengan skala VII-VIII MMI (menengah)</p> <p>4.Kerentanan likuefaksi sedang</p>	<p>1. Penggunaan lahan untuk tapak bangunan :</p> <p>a.Daya dukung tanah untuk pondasi relatif rendah</p> <p>b.Untuk pondasi bangunan tinggi harus ditumpukan pada tanah padat</p> <p>2. Pengambilan air tanah :</p> <p>a.Untuk pemenuhan kebutuhan air bersih bisa menggunakan potensi air tanah dalam yang berdebit sumur optimum 2 - 10 L/det, jarak antar sumur 100 m</p> <p>b.Pengambilan air tanah dilakukan kolektif oleh pengelola kawasan industri</p> <p>3. Pengendalian banjir: Pembuatan Tanggul sepanjang sungai dan Pengaturan drainase</p> <p>4. Monitoring :Pengembangan kawasan industri harus mempertimbangkan kondisi tanah lunak terhadap bangunan, genangan banjir, dan ketersediaan air baku.</p> <p>5. Penggunaan Lahan: Kawasan Permukiman, Kawasan Industri</p>
Kesesuaian Lahan Sedang	<p>1.Potensi air tanah produktif sedang dengan penyebaran luas, debit sumur optimum <5 l /dtk</p> <p>2.Ketersediaan air tanah dalam Nihil</p> <p>3.Air tanah bebas (dangkal) umumnya payau hingga asin</p>	Pedataran, kemiringan lereng < 3 %	Endapan pantai dan endapan sungai dengan daya dukung pondasi relatif rendah, yang tersusun oleh endapan lanau, pasir, lempung, lumpur dan kerikil	<p>1.Potensi salinitas/ penggaraman air tanah daerah Tanjung,Pejagan, Bulakpare,dan Limbangan, pada air tanah dangkal menjadi payau hingga asin. berdasarkan hasil pengamatan air tanah dalam yang baik di dapat pada akuifer kedalaman lebih dari 110 mbmt</p> <p>2.Tanah lunak-sangat lunak</p> <p>3.Banjir luapan sungai pada musim hujan</p>	<p>1. Pengambilan air tanah :</p> <p>a.Untuk pemenuhan kebutuhan air bersih bisa menggunakan potensi air tanah dalam yang berdebit sumur optimum 2 - 10 L/det, jarak antar sumur 150 m</p> <p>b.Pengambilan air tanah dilakukan kolektif oleh pengelola kawasan industri</p> <p>c.mencari sumber air lain (mataair, sungai bendungan didalam maupun diluar maupun di daerah kajian)</p> <p>2. Penggunaan lahan untuk tapak bangunan :</p> <p>a.Daya dukung tanah untuk pondasi relatif rendah</p> <p>b.Untuk pondasi bangunan tinggi harus ditumpukan pada tanah padat</p> <p>c.Pengurangan terlebih dahulu pada lahan basah</p> <p>3. Pengendalian banjir luapan sungai: Pembuatan tanggul sepanjang sungai</p> <p>4. Monitoring: Pengembangan kawasan industri harus mempertimbangkan kondisi tanah lunak terhadap bangunan, banjir sungai saat musim hujan.</p> <p>5. Penggunaan Lahan</p> <p>a. Lahan Basah: tambak, sawah</p> <p>b. Lahan Kering: kawasan industri, permukiman dan perkotaan</p>
Kesesuaian Lahan Rendah	<p>1.Potensi air tanah produktif sedang dengan penyebaran luas, debit sumur optimum <5 l /dtk</p> <p>2.Ketersediaan air tanah dalam Nihil.</p> <p>3.Air tanah bebas</p>	Pedataran, kemiringan lereng < 3 %	Endapan pantai dan endapan sungai dengan daya dukung pondasi relatif rendah, yang tersusun oleh endapan lanau, pasir, lempung,	<p>1.Banjir rob</p> <p>2. Abrasi</p> <p>3.Potensi penggaraman air tanah daerah Rapag Lor, Surnya, Karangdempe</p> <p>4.Tanah lunak-</p>	<p>1. Pengendalian banjir rob dan abrasi di pesisir pantai: Pembuatan tanggul sepanjang pantai dan mananam mangrove</p> <p>2. Pengambilan air tanah :</p> <p>a.Untuk pemenuhan kebutuhan air bersih bisa menggunakan potensi air tanah dalam yang berdebit sumur</p>

	(dangkal) umumnya payau hingga asin		lumpur dan kerikil	sangat lunak	<p>optimum 2 - 10 L/det, jarak antar sumur 200 m</p> <p>b. Pengambilan air tanah dilakukan kolektif oleh pengelola kawasan industri</p> <p>c. mencari sumber air lain (mataair, sungai didalam maupun diluar daerah kajian)</p> <p>3. Penggunaan lahan untuk tapak bangunan :</p> <p>a. Daya dukung tanah untuk pondasi relatif rendah</p> <p>b. Untuk pondasi bangunan tinggi harus ditumpukan pada tanah padat</p> <p>c. Pengurangan terlebih dahulu pada lahan basah</p> <p>4. Monitoring: Pengembangan kawasan industri harus mempertimbangkan kondisi tanah lunak terhadap bangunan, banjir rob, dan abrasi</p> <p>5. Penggunaan Lahan</p> <p>a. Lahan Basah: tambak, hutan mangrove</p> <p>b. Lahan Kering: kawasan industri dan Permukiman terbatas</p>
--	-------------------------------------	--	--------------------	--------------	--



**PETA REKOMENDASI GEOLOGI TATA LINGKUNGAN
UNTUK KAWASAN INDUSTRI KABUPATEN BREBES**

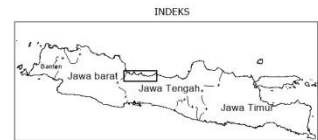
TOPOGRAFI

- Sungai
- Jalan
- Kawasan industri
- Daerah abrasi
- Daerah akresi
- Batas kecamatan

GEOLOGI LINGKUNGAN

- Kesesuaian lahan tinggi
- Kesesuaian lahan sedang
- Kesesuaian lahan rendah
- Sepadan sungai

U
Skala 1 : 50.000



MATRIK GEOLOGI LINGKUNGAN

LAHAN	DAYA DUKUNG SUMBER DAYA GEOLOGI			KENDALA GEOLOGI	REKOMENDASI
	Ketersediaan Air Tanah	Morfologi	Daya Dukung Tanah Untuk Pondasi		
Kesesuaian Lahan Tinggi	<ol style="list-style-type: none"> Potensi air tanah produktif dengan penyebaran luas, debit sumur optimum 5 - 10 l/detik Ketersediaan air tanah dalam tinggi Air tanah bebas (dangkal) umumnya payau-tawar Daerah Lepasn CAT Brebes-Tegal 	Pedataran, kemiringan lereng <3%	Endapan pantai dan endapan sungai dengan daya dukung pondasi relatif rendah, yang tersusun oleh endapan lanau, pasir, lempung, lumpur dan kerikil	<ol style="list-style-type: none"> Tanah lunak-sangat lunak Berpotensi banjir, akibat luapan Sungai Bancang, S. Sinung, S. Kabuyutan, saat musim hujan Gempa bumi dengan skala VII-VIII MMI (menengah) Kerentanan likuefaksi sedang 	<ol style="list-style-type: none"> Penggunaan lahan untuk tapak bangunan : <ol style="list-style-type: none"> Daya dukung tanah untuk pondasi relatif rendah Untuk pondasi bangunan tinggi harus ditumpukan pada tanah padat Pengambilan air tanah : <ol style="list-style-type: none"> Untuk pemenuhan kebutuhan air bersih bisa menggunakan potensi air tanah dalam yang berdebit sumur optimum 2 - 10 l/det, jarak antar sumur 100 m Pengambilan air tanah dilakukan kolektif oleh pengelola kawasan industri Pengendalian banjir: Pembuatan tanggul sepanjang sungai dan Pengaturan drainase Monitoring: Pengembangan kawasan industri harus mempertimbangkan kondisi tanah lunak terhadap bangunan, genagan banjir, dan ketersediaan air baku. Penggunaan Lahan: Kawasan Permukiman, Kawasan Industri
Kesesuaian Lahan Sedang	<ol style="list-style-type: none"> Potensi air tanah produktif sedang dengan penyebaran luas, debit sumur optimum <5 l/dtk Ketersediaan airtanah dalam nihil Air tanah bebas (dangkal) umumnya payau hingga asin 	Pedataran, kemiringan lereng <3 %	Endapan pantai dan endapan sungai dengan daya dukung pondasi relatif rendah, yang tersusun oleh endapan lanau, pasir, lempung, lumpur dan kerikil	<ol style="list-style-type: none"> Potensi salinitas/penggaraman air tanah daerah Tanjung, Pejagan, Bulakpare dan Limbangan, pada air tanah dangkal menjadi payau hingga asin, berdasarkan hasil pengamatan air tanah dalam yang baik di dapat pada akuifer kedalaman lebih dari 110 mbmt Tanah lunak-sangat lunak Banjir luapan sungai pada musim hujan 	<ol style="list-style-type: none"> Pengambilan air tanah : <ol style="list-style-type: none"> Untuk pemenuhan kebutuhan air bersih bisa menggunakan potensi air tanah dalam yang berdebit sumur optimum 2 - 10 l/det, jarak antar sumur 150 m Pengambilan air tanah dilakukan kolektif oleh pengelola kawasan industri mencari sumber air lain (mataair, sungai bendungan didalam maupun diluar maupun di daerah kajian) Penggunaan lahan untuk tapak bangunan : <ol style="list-style-type: none"> Daya dukung tanah untuk pondasi relatif rendah Untuk pondasi bangunan tinggi harus ditumpukan pada tanah padat Pengurangan terlebih dahulu pada lahan basah Pengendalian banjir luapan sungai : Pembuatan tanggul sepanjang sungai Monitoring: Pengembangan kawasan industri harus mempertimbangkan kondisi tanah lunak terhadap bangunan, banjir sungai saat musim hujan. Penggunaan Lahan <ol style="list-style-type: none"> Lahan Basah: tambak, sawah Lahan Kering: kawasan industri, permukiman dan perkotaan
Kesesuaian Lahan Rendah	<ol style="list-style-type: none"> Potensi air tanah produktif sedang dengan penyebaran luas, debit sumur optimum <5 l/dtk Ketersediaan airtanah dalam nihil Air tanah bebas (dangkal) umumnya payau hingga asin 	Pedataran, kemiringan lereng <3 %	Endapan pantai dan endapan sungai dengan daya dukung pondasi relatif rendah, yang tersusun oleh endapan lanau, pasir, lempung, lumpur dan kerikil	<ol style="list-style-type: none"> Banjir rob Abrasi Potensi penggaraman air tanah daerah Rapag Lor, Surnya, Karangdempempe Tanah lunak-sangat lunak 	<ol style="list-style-type: none"> Pengendalian banjir rob dan abrasi di pesisir pantai: Pembuatan tanggul sepanjang pantai dan mananam mangrove Pengambilan air tanah : <ol style="list-style-type: none"> Untuk pemenuhan kebutuhan air bersih bisa menggunakan potensi air tanah dalam yang berdebit sumur optimum 2 - 10 l/det, jarak antar sumur 200 m Pengambilan air tanah dilakukan kolektif oleh pengelola kawasan industri mencari sumber air lain (mataair, sungai didalam maupun diluar daerah kajian) Penggunaan lahan untuk tapak bangunan : <ol style="list-style-type: none"> Daya dukung tanah untuk pondasi relatif rendah Untuk pondasi bangunan tinggi harus ditumpukan pada tanah padat Pengurangan terlebih dahulu pada lahan basah Monitoring: Pengembangan kawasan industri harus mempertimbangkan kondisi tanah lunak terhadap bangunan, banjir rob, dan abrasi Penggunaan Lahan <ol style="list-style-type: none"> Lahan Basah: tambak, hutan mangrove Lahan Kering: kawasan industri dan Permukiman terbatas

Gambar 4.2. Peta Rekomendasi Geologi Tata Lingkungan Kawasan Industri Brebes

B. Evaluasi dan Rekomendasi Permukiman/perkotaan Kota Tegal

Daerah pengembangan kawasan Kota Tegal, berdasarkan hasil analisis geologi lingkungan secara umum termasuk dalam zona keleluasaan lahan sedang hingga tinggi.

Karakteristik geologi lingkungan daerah ini merupakan daerah pedataran pesisir pantai utara Jawa Tengah, dengan penggunaan lahan rawa/tambak, sawah dan permukiman. Di bentuk oleh endapan alluvial yang merupakan endapan lepas berupa lanau, pasir, lempung, lumpur dan di beberapa tempat pasir, sehingga mempunyai daya dukung untuk pondasi bangunan rata-rata rendah. Sumber air permukaan yang dapat dimanfaatkan ialah air Sungai Gangsa, Sungai Kemiri, Sungai Pah, Sungai Ciu, Sungai Sibelis, Sungai Keliwon yang berhulu di selatan daerah penyelidikan serta adanya Waduk Cacaban sebagai sumber cadangan air permukaan, sedangkan kondisi air tanah di daerah ini termasuk dalam system akuifer ruang antar butir, dengan produktif penyebaran luas, keterusan sedang debit sumur 5-10 l/dtk, kelulusan rendah-sedang, dan ketersediaan air tanah termasuk tinggi, yang perlu diperhatikan pada daerah ini adalah kualitas air tanah berupa payau-asin pada akuifer bebas (dangkal) hingga kedalaman 20 m bmt, setempat hingga 50 m bmt, setempat kualitas air cukup baik diperoleh pada kedalaman >75m bmt, dan pada kedalaman 105 m bmt.

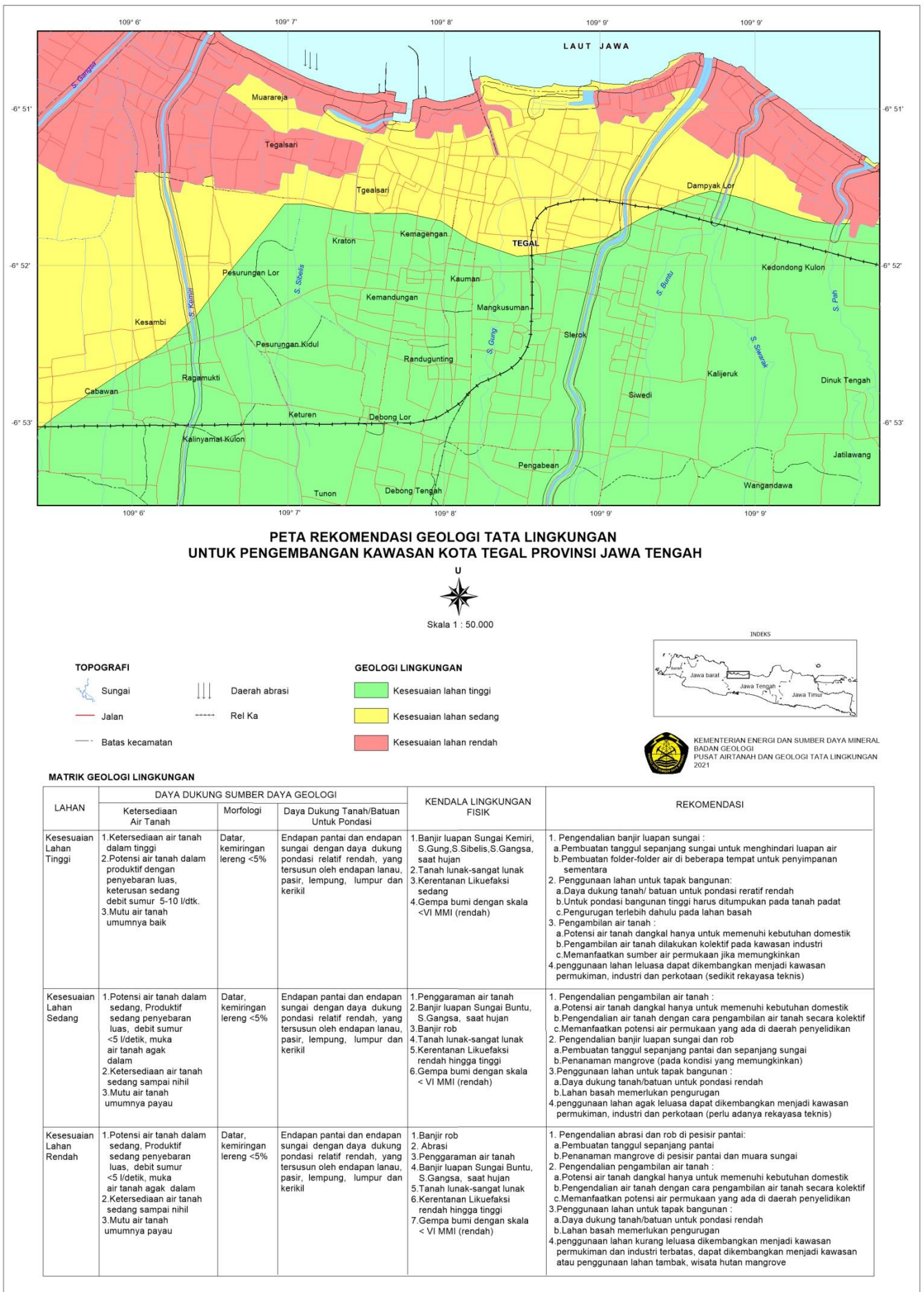
Kedala yang harus diperhatikan pada daerah ini adalah masih terdapat potensi likuefaksi dengan kerentanan sedang dan daerah tanah lunak hingga sangat lunak dengan ketebalan > 150 cm dan setempat 0-10 cm, pada jenis tanah berbutir halus (lempung dan lanau) dan jenuh air (selalu tergenang) akibat guncangan gempa bumi, pada daerah ini adanya abrasi dan banjir rob juga harus diperhatikan.

Rekomendasi geologi lingkungan secara jelas dapat dilihat pada tabel 4.2 dan gambar 4.3.

Tabel 4.2 Rekomendasi Geologi Lingkungan untuk Pengembangan Kota Tegal

KESESUAIAN LAHAN	DAYA DUKUNG SUMBER DAYA GEOLOGI			KENDALA LINGKUNGAN FISIK	REKOMENDASI
	Ketersediaan Air Tanah	Morfologi	Daya Tanah untuk Dukung Pondasi		
Kesesuaian Lahan Tinggi	1. Ketersediaan Air tanah dalam tinggi 2. Potensi air tanah dalam produktif dengan penyebaran luas, keterusan sedang, debit sumur 5-10 l/dtk. 3. Mutu air tanah umumnya baik	Datar, kemiringan lereng < 5 %	Endapan pantai dan endapan sungai dengan daya dukung pondasi relatif rendah, yang tersusun oleh endapan lanau, pasir, lempung, lumpur dan kerikil	1. Banjir luapan Sungai Kemiri, S.Gung, S.Sibelis, S.Gangsa, saat hujan 2. Tanah lunak-sangat lunak 3. Kerentanan Likuefaksi sedang 4. Gempa bumi dengan skala <VI MMI (rendah)	1. Pengendalian banjir luapan sungai : a. Pembuatan tanggul sepanjang sungai untuk menghindari luapan air b. Pembuatan folder-folder air di beberapa tempat untuk penyimpan sementara 2. Penggunaan lahan untuk tapak bangunan: a. Daya dukung tanah/ batuan untuk pondasi reratif rendah b. Untuk pondasi bangunan tinggi harus ditumpukan pada tanah padat c. Pengurangan terlebih dahulu pada lahan basah 3. Pengambilan air tanah : a. Potensi air tanah dangkal hanya untuk memenuhi kebutuhan domestik b. Pengambilan air tanah dilakukan kolektif pada kawasan industri

					<p>c.Memanfaatkan sumber air permukaan jika memungkinkan</p> <p>4.penggunaan lahan luasa dapat dikembangkan menjadi kawasan permukiman, industri dan perkotaan (sedikit rekayasa teknis)</p>
Kesesuaian Lahan Sedang	<ol style="list-style-type: none"> Potensi air tanah dalam sedang, Produktif sedang dengan penyebaran luas, debit sumur <5 l/detik, muka air tanah agak dalam Ketersediaan air tanah sedang-nihil Mutu air tanah umumnya payau 	Datar, kemiringan lereng < 5 %	Endapan pantai dan endapan sungai dengan daya dukung pondasi relatif rendah, yang tersusun oleh endapan lanau, pasir, lempung, lumpur dan kerikil	<ol style="list-style-type: none"> Penggaraman air tanah Banjir luapan Sungai Buntu, S.Gangsa, saat hujan Banjir rob Tanah lunak-sangat lunak Kerentanan Likuefaksi rendah hingga tinggi Gempa bumi dengan skala < VI MMI (rendah) 	<ol style="list-style-type: none"> Pengendalian pengambilan air tanah : <ol style="list-style-type: none"> Potensi air tanah dangkal hanya untuk memenuhi kebutuhan domestik Pengendalian air tanah dengan cara pengambilan air tanah secara kolektif Memanfaatkan potensi air permukaan yang ada di daerah penyelidikan Pengendalian banjir luapan sungai dan rob <ol style="list-style-type: none"> Pembuatan tanggul sepanjang pantai dan sepanjang sungai Penanaman mangrove (pada kondisi yang memungkinkan) Penggunaan lahan untuk tapak bangunan <ol style="list-style-type: none"> Daya dukung tanah/batuan untuk pondasi rendah Lahan basah memerlukan pengurangan penggunaan lahan agak luasa dapat dikembangkan menjadi kawasan permukiman, industri dan perkotaan (perlu adanya rekayasa teknis)
Kesesuaian Lahan Rendah	<ol style="list-style-type: none"> Potensi air tanah dalam sedang, Produktif sedang dengan penyebaran luas, debit sumur <5 l/detik, muka air tanah agak dalam Ketersediaan air tanah sedang-nihil Mutu air tanah umumnya payau 	Datar, kemiringan lereng < 5 %	Endapan pantai dan endapan sungai dengan daya dukung pondasi relatif rendah, yang tersusun oleh endapan lanau, pasir, lempung, lumpur dan kerikil	<ol style="list-style-type: none"> Banjir rob Abrasi Penggaraman air tanah Banjir luapan Sungai Buntu, S.Gangsa, saat hujan Tanah lunak-sangat lunak Kerentanan Likuefaksi rendah hingga tinggi Gempa bumi dengan skala < VI MMI (rendah) 	<ol style="list-style-type: none"> Pengendalian abrasi dan rob di pesisir pantai: <ol style="list-style-type: none"> Pembuatan tanggul sepanjang pantai Penanaman mangrove di pesisir pantai dan muara sungai Pengendalian pengambilan air tanah : <ol style="list-style-type: none"> Potensi air tanah dangkal hanya untuk memenuhi kebutuhan domestik Pengendalian air tanah dengan cara pengambilan air tanah secara kolektif Memanfaatkan potensi air permukaan yang ada di daerah penyelidikan Penggunaan lahan untuk tapak bangunan <ol style="list-style-type: none"> Daya dukung tanah/batuan untuk pondasi rendah Lahan basah memerlukan pengurangan penggunaan lahan kurang luasa dikembangkan menjadi kawasan permukiman dan industri terbatas, dapat dikembangkan menjadi kawasan atau penggunaan lahan tambak, wisata hutan mangrove



Gambar 4.3. Peta Rekomendasi Geologi Tata Lingkungan Kawasan Kota Tegal

C. Evaluasi dan Rekomendasi Permukiman/perkotaan Slawi Kabupaten Tegal

Wilayah perkotaan pada dasarnya adalah merupakan suatu wilayah pusat pertumbuhan pada lingkup kabupaten, berdasarkan RTRW Kabupaten Tegal rencana pengembangan perkotaan Slawi dan sekitarnya berada pada zona keleluasaan tinggi hingga rendah.

Karakteristik geologi lingkungan daerah ini merupakan daerah pedataran landai dengan kemiringan lereng <5%, dengan penggunaan lahan pertanian lahan kering, sawah dan permukiman. Di bentuk oleh endapan padu yang merupakan endapan lahar Gunung Slamet, dan setempat dibentuk oleh Formasi rambatan dan endapan alluvium, sehingga mempunyai daya dukung untuk pondasi bangunan rata-rata tinggi. Sumber air permukaan yang dapat dimanfaatkan ialah air Sungai Ciu, Sungai Cacaban Kulon, Sungai Wuluh, Sungai Pinang, Sungai Jamban, dan Sungai Bawang yang berhulu di selatan daerah penyelidikan atau Gunung Samet, serta adanya Waduk Cacaban sebagai sumber cadangan air permukaan, sedangkan kondisi air tanah di daerah ini termasuk dalam system akuifer ruang antar butir, produktif sedang dengan penyebaran luas, keterusan sedang, debit < 5l/dtk, kelulusan rendah-sedang dan setempat system akuifer celah/sarang, produktif langka, keterusan rendah, debit langka dan ketersediaan air tanah termasuk tinggi, setempat rendah seperti di daerah Pangkah dan Kedungbanteng.

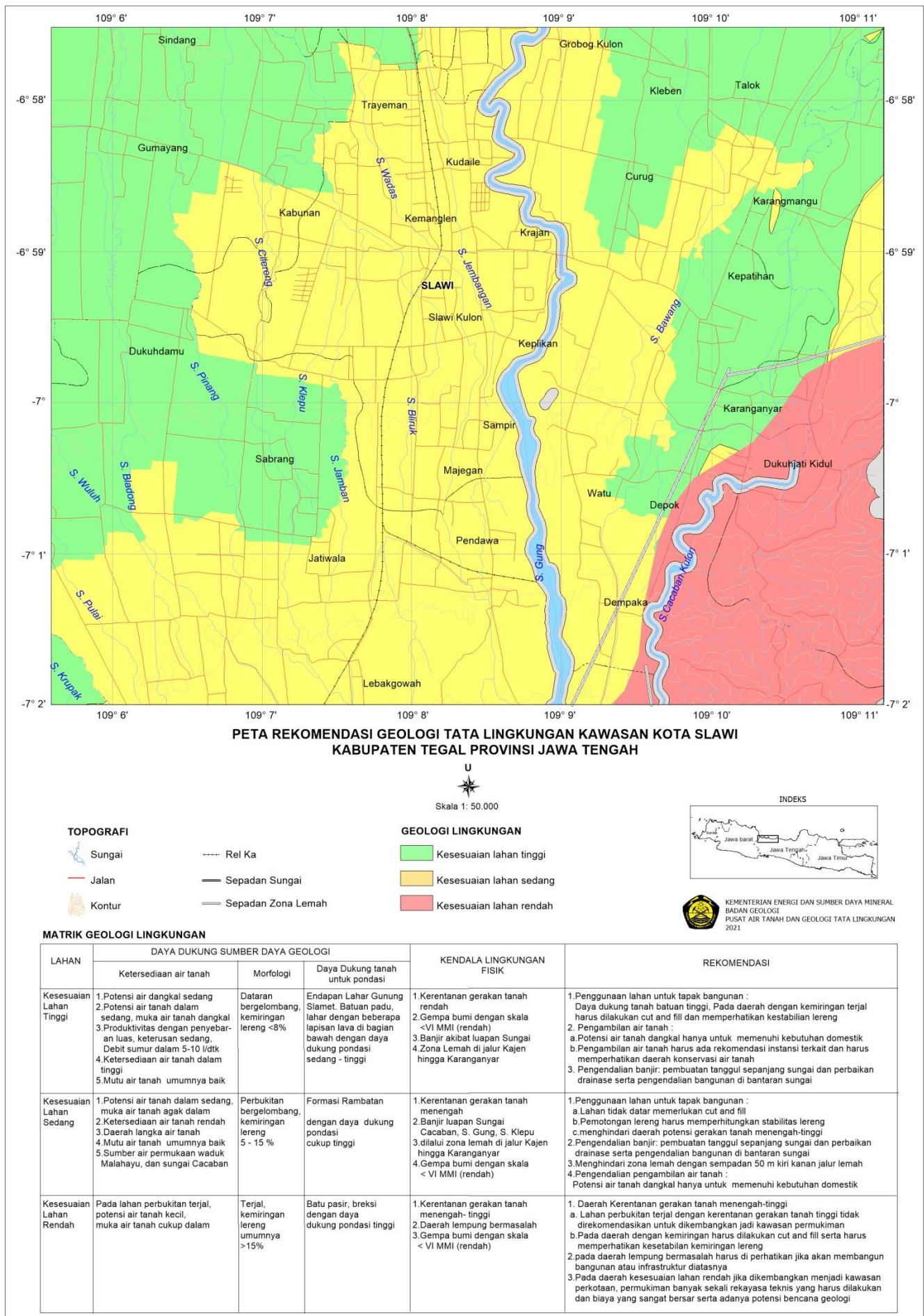
Kedala yang harus diperhatikan pada daerah ini adalah kerentanan gerakan tanah menengah-sedang, kegempaan rendah, banjir luapan sungai ketika musim hujan tiba terutama di Sungai Gung yang melintasi kota Slawi dan Sungai Cacaban Kulon

Rekomendasi geologi lingkungan secara jelas dapat dilihat pada tabel 4.3 dan gambar 4.4.

Tabel 4.3. Rekomendasi geologi lingkungan untuk pengembangan kawasan daerah Slawi dan sekitarnya

KESESUAIAN LAHAN	DAYA DUKUNG SUMBER DAYA GEOLOGI			KENDALA LINGKUNGAN FISIK	REKOMENDASI
	Ketersediaan Air Tanah	Morfologi	Daya Tanah untuk Dukung Pondasi		
Tinggi	<ol style="list-style-type: none"> Potensi air dangkal sedang, muka air tanah dangkal Potensi air tanah dalam sedang, muka air tanah dangkal Produktivitas dengan penyebaran luas, keterusan sedang, Debit sumur dalam 5-10 l/dtk 	Dataran bergelombang, kemiringan lereng <8 %	<p>Endapan Lahar Gunung Slamet Batuan padu, lahar dengan beberapa lapisan lava di bagian bawah</p> <p>dengan daya dukung pondasi sedang - tinggi</p>	<ol style="list-style-type: none"> Kerentanan gerakan tanah rendah Gempa bumi dengan skala <VI MMI (rendah) Banjir akibat luapan Sungai Zona Lemah di jalur Kajen hingga Karanganyar 	<ol style="list-style-type: none"> Penggunaan lahan untuk tapak bangunan : Daya dukung tanah batuan tinggi, Pada daerah dengan kemiringan terjal harus dilakukan cut and fill dan memperhatikan kestabilan lereng Pengambilan air tanah : <ol style="list-style-type: none"> Potensi air tanah dangkal hanya untuk memenuhi kebutuhan domestik Pengambilan air tanah harus ada rekomendasi instansi terkait dan harus memperhatikan daerah konservasi air tanah Pengendalian banjir: pembuatan tanggul sepanjang sungai dan perbaikan drainase serta pengendalian bangunan di

	<p>4. Ketersediaan air tanah dalam tinggi</p> <p>5. Mutu air tanah umumnya baik</p>				bantaran sungai
Sedang	<p>1. Potensi air tanah dalam sedang, muka air tanah agak dalam</p> <p>2. Ketersediaan air tanah rendah</p> <p>3. Daerah langka air tanah</p> <p>4. Mutu air tanah umumnya baik</p> <p>5. Sumber air permukaan waduk Malahayu, dan sungai Cacaban</p>	Perbukitan bergelombang, kemiringan lereng 5 - 15 %	Formasi Rambatan dengan daya dukung pondasi cukup tinggi	<p>1. Kerentanan gerakan tanah menengah</p> <p>2. Banjir luapan Sungai Cacaban, S. Gung, S. Klepu</p> <p>3. dilalui zona lemah di jalur Kajen hingga Karanganyar</p> <p>4. Gempa bumi dengan skala <VI MMI (rendah)</p>	<p>1. Penggunaan lahan untuk tapak bangunan :</p> <p>a. Lahan tidak datar memerlukan cut and fill</p> <p>b. Pemotongan lereng harus memperhitungkan stabilitas lereng</p> <p>c. menghindari daerah potensi gerakan tanah menengah-tinggi</p> <p>2. Pengendalian banjir: pembuatan tanggul sepanjang sungai dan perbaikan drainase serta pengendalian bangunan di bantaran sungai</p> <p>3. Menghindari zona lemah dengan sempadan 50 m kiri kanan jalur lemah</p> <p>4. Pengendalian pengambilan air tanah: Potensi air tanah dangkal hanya untuk memenuhi kebutuhan domestik</p>
Rendah	Pada lahan perbukitan terjal, potensi air tanah kecil, muka air tanah cukup dalam	Terjal, kemiringan lereng umumnya >15%	Batu pasir, breksi dengan daya dukung pondasi tinggi	<p>1. Kerentanan gerakan tanah menengah – tinggi</p> <p>2. Daerah lempung bermasalah</p> <p>3. Gempa bumi dengan skala < VI MMI (rendah)</p>	<p>1. Daerah Kerentanan gerakan tanah menengah-tinggi</p> <p>a. Lahan perbukitan terjal dengan kerentanan gerakan tanah tinggi tidak direkomendasikan untuk dikembangkan jadi kawasan permukiman</p> <p>b. Pada daerah dengan kemiringan harus dilakukan cut and fill serta harus memperhatikan kesetabilan kemiringan lereng</p> <p>2. pada daerah lempung bermasalah harus di perhatikan jika akan membangun bangunan atau infrastruktur di atasnya</p> <p>3. Pada daerah kesesuaian lahan rendah jika dikembangkan menjadi kawasan perkotaan, permukiman banyak sekali rekayasa teknis yang harus dilakukan dan biaya yang sangat besar serta adanya potensi bencana geologi</p>



Gambar 4.4. Peta Rekomendasi Geologi Tata Lingkungan Kawasan Kota Slawi

D. Evaluasi dan Rekomendasi Kawasan Industri Kabupaten Pemalang

Rencana kawasan industri dan pengembangan kawasan perkotaan di Kabupaten Pemalang meliputi daerah Ulujami, Comal, Petarukan dan Taman. Berdasarkan hasil analisis geologi lingkungan daerah ini merupakan daerah yang masuk pada zona kesesuaian lahan tinggi hingga rendah untuk dikembangkan.

Karakteristik geologi lingkungan daerah ini merupakan daerah pedataran dengan kemiringan lereng <5%, dengan penggunaan lahan pertanian lahan kering, sawah, rawa, tambak, permukiman. Dibentuk oleh endapan alluvium lunak sehingga mempunyai daya dukung untuk pondasi bangunan rendah-sedang, setempat air tanah berasa payau/asin dan setempat kualitas air tanah cukup baik pada akuifer bebas (dangkal) pada kedalaman 6 m bmt. Dan kualitas cukup baik pada akuifer dalam pada kedalaman 110 m bmt, setempat 80 – 90 m bmt. Pengambilan air tanah pada akuifer kedalaman lebih dari 40m bmt diperbolehkan hingga maksimum 100m³/hari dengan jarak minimum antara sumur 200 meter. Air tanah pada akuifer kedalaman kurang dari 40 m diperuntukan bagi kebutuhan pokok sehari-hari dengan pengambilan maksimum 100m³/bulan per sumur dan pertanian rakyat dengan debit pengambilan maksimum 2 liter/detik per kepala keluarga.

Kendala yang harus diperhatikan pada daerah ini adalah masih terdapat potensi likuefaksi dan retakan tanah pada daerah tanah lunak dan jenuh air (muka air tanah dangkal) akibat guncangan gempa bumi, banjir rob di daerah pesisir Ulujami.

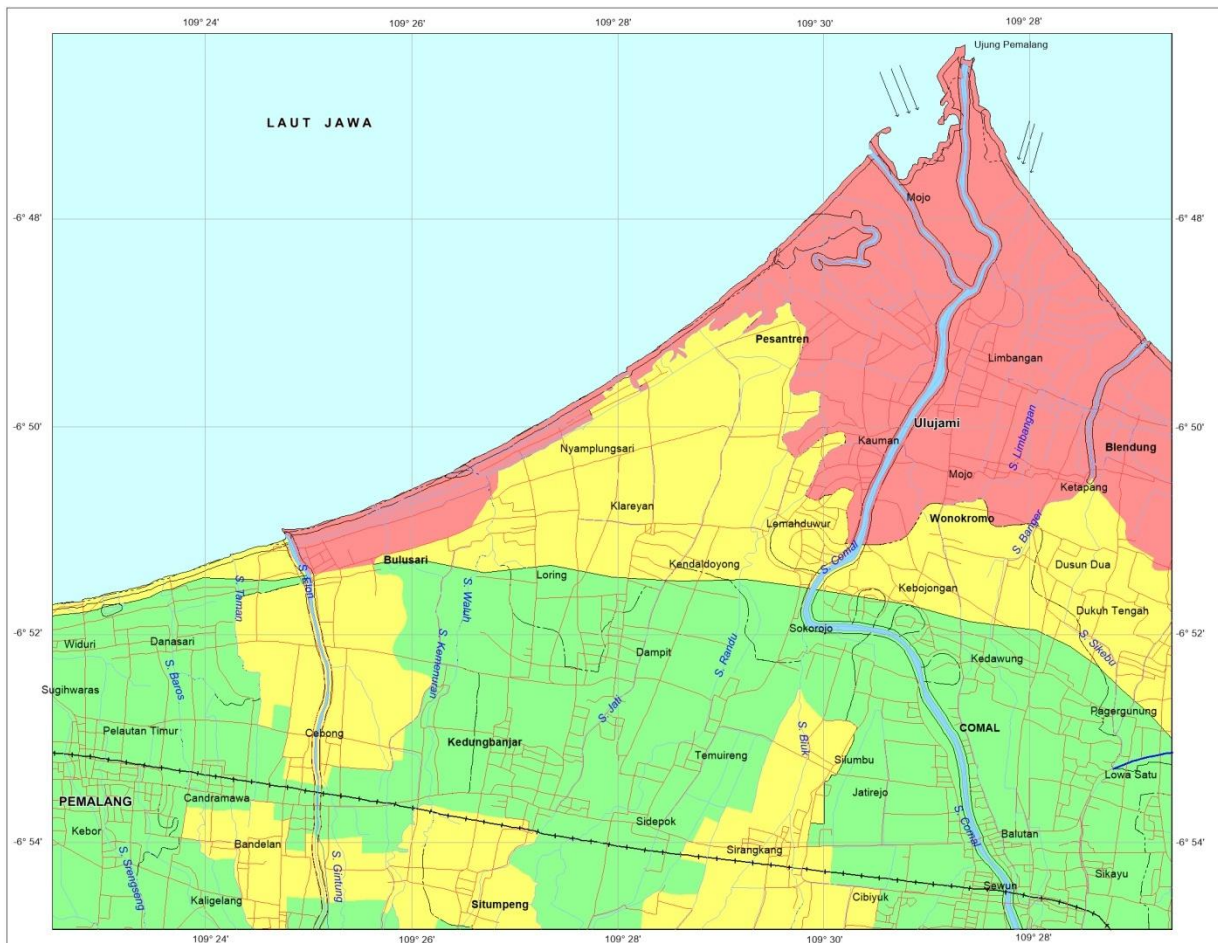
Rekomendasi pemanfaatan lahan pada daerah kesesuaian lahan rendah terutama di pesisir pantai seperti di Desa Mojo Kecamatan Ulujami dapat dijadikan kawasan hutan mangrove yang mempunyai fungsi sangat penting untuk meminimalkan abrasi dan dapat juga menjadi daerah wisata hutan mangrove, daerah ini sangat ideal sebagai kawasan hutan mangrove karena banyaknya sedimentasi dari Sungai Comal.

Rekomendasi geologi lingkungan secara jelas dapat dilihat pada tabel 4.4 dan gambar 4.5.

Tabel 4.4. Rekomendasi Geologi Lingkungan untuk Pengembangan Kawasan Industri dan Perkotaan Pemalang

KESESUAIAN LAHAN	DAYA DUKUNG SUMBER DAYA GEOLOGI			KENDALA LINGKUNGAN FISIK	REKOMENDASI
	Ketersediaan Air Tanah	Morfologi	Daya Tanah untuk Dukung Pondasi		
Kesesuaian Lahan Tinggi	1.Potensi air dangkal sedam 2.Produktivitas tinggi –sedang dengan penyebaran luas 3.Potensi air tanah dalam sedang,muka	Datar, kemiringan lereng < 5 %	Endapan pantai dan endapan sungai dengan daya dukung pondasi relatif rendah, yang tersusun oleh endapan	1.Tanah Lunak- Sangat Lunak 2.Gempa bumi dengan skala <VI MMI (rendah) 3.Kerentanan Likuefaksi sedang 4.Banjir luapan Sungai	1. Penggunaan lahan untuk tapak bangunan : a.Daya dukung tanah/batuan untuk pondasi rendah-sedang b.Untuk bangunan tinggi memerlukan kajian geologi teknik site 2. Pengambilan air tanah : a. Potensi air tanah dangkal hanya untuk memenuhi kebutuhan

	<p>air tanah dangkal</p> <p>4. Mutu air tanah umumnya baik</p> <p>5. Ketersediaan air tanah tinggi</p> <p>6. Kualitas air tanah dangkal payau-tawar</p>		<p>lanau, pasir, lempung, lumpur dan kerikil</p>		<p>domestik</p> <p>b. Pengambilan air tanah pada daerah ini harus ada rekomendasi dari instansi terkait dan memperhatikan daerah konservasi air tanah</p> <p>3. Pengendalian banjir akibat luapan sungai</p> <p>a. Pembuatan tanggul sepanjang sungai</p> <p>b. Pengendalian bangunan pada daerah bantaran sungai dan perbaikan drainase</p> <p>4. Penggunaan lahan leluasa dapat digunakan menjadi kawasan perkotaan, permukiman dengan kendala rendah dan sedikit rekayasa teknis</p>
<p>Kesesuaian Lahan Sedang</p>	<p>1. Potensi air tanah dalam sedang, , muka air tanah agak dalam</p> <p>2. Produktivitas akuifer sedang dengan penyebaran luas</p> <p>3. Mutu air tanah umumnya payau-asin</p> <p>4. Ketersediaan air tanah sedang-nihil</p>	<p>Datar, kemiringan lereng < 5 %</p>	<p>Endapan pantai dan endapan sungai dengan daya dukung pondasi relatif rendah, yang tersusun oleh endapan lanau, pasir, lempung, lumpur dan kerikil</p>	<p>1. Penggaraman pada beberapa tempat yang menyebabkan kualitas air tanah rusak dari payau hingga asin</p> <p>2. Banjir luapan S.Comal</p> <p>3. Tanah Lunak- Sangat Lunak</p> <p>4. Gempa bumi dengan skala VII-VII MMI (Menengah)</p>	<p>1. Pengambilan air tanah :</p> <p>a. Potensi air tanah dangkal hanya untuk memenuhi kebutuhan domestik</p> <p>b. Pengambilan air tanah pada daerah ini harus ada rekomendasi dari instansi terkait dan memperhatikan daerah konservasi air tanah</p> <p>c. Memanfaatkan sumber air permukaan</p> <p>2. Pengendalian banjir akibat luapan sungai</p> <p>a. Pembuatan tanggul sepanjang sungai</p> <p>b. Pengendalian bangunan pada daerah bantaran sungai dan perbaikan drainase</p> <p>3. Penggunaan lahan untuk tapak bangunan :</p> <p>a. Daya dukung tanah/batuan untuk pondasi rendah-sedang</p> <p>b. Untuk bangunan tinggi memerlukan kajian geologi teknik site</p>
<p>Kesesuaian Lahan Rendah</p>	<p>1. Potensi air tanah dalam sedang, , muka air tanah agak dalam</p> <p>2. Produktivitas akuifer sedang dengan penyebaran luas</p> <p>3. Mutu air tanah umumnya payau-asin</p> <p>4. Ketersediaan air tanah sedang-nihil</p>	<p>Datar, kemiringan lereng < 5 %</p>	<p>Endapan pantai dan endapan sungai dengan daya dukung pondasi relatif rendah, yang tersusun oleh endapan lanau, pasir, lempung, lumpur dan kerikil</p>	<p>1. Abrasi dan rob</p> <p>2. Penggaraman air tanah</p> <p>3. Banjir luapan S.Comal</p> <p>4. Tanah Lunak- Sangat Lunak</p> <p>5. Kerentanan Likuefaksi sedang, dan tinggi di pesisir pantai</p> <p>6. Gempa bumi dengan skala VII-VII MMI (Menengah)</p>	<p>1. Penanggulangan banjir rob dan abrasi</p> <p>a. Pembuatan tanggul sepanjang pantai</p> <p>b. Penanaman mangrove di pesisir dan muara sungai dan pelestarian hutan mangrove di Desa Mojo Kecamatan Ulujami</p> <p>2. Pengambilan air tanah :</p> <p>a. Pengambilan air tanah pada daerah ini harus ada rekomendasi dari instansi terkait dan memperhatikan daerah konservasi air tanah</p> <p>b. Memanfaatkan sumber air permukaan</p> <p>3. Penanggulangan banjir luapan sungai</p> <p>a. Pembuatan tanggul sepanjang sungai</p> <p>b. Perbaikan drainase dan pengendalian bangunan pada bantaran sungai</p> <p>4. Penggunaan lahan untuk tapak bangunan :</p> <p>a. Daya dukung tanah/batuan untuk pondasi rendah-sedang</p> <p>b. Untuk bangunan tinggi memerlukan kajian geologi teknik site</p>



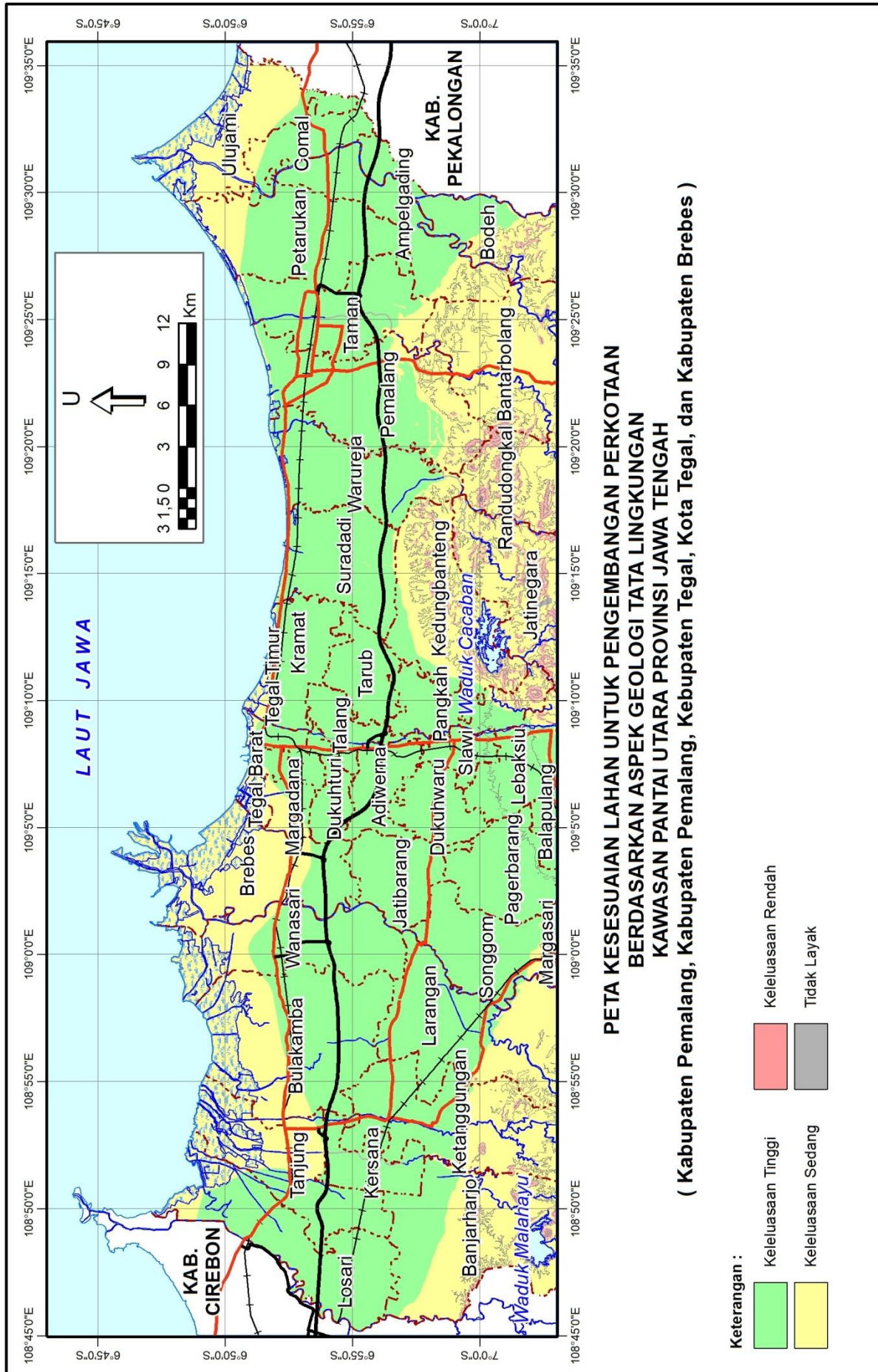
**PETA REKOMENDASI GEOLOGI TATA LINGKUNGAN KAWASAN INDUSTRI DAN PERKOTAAN
KABUPATEN PEMALANG PROVINSI JAWA TENGAH**



MATRIK GEOLOGI LINGKUNGAN

LAHAN	DAYA DUKUNG SUMBER DAYA GEOLOGI			KENDALA LINGKUNGAN	REKOMENDASI
	Ketersediaan Air Tanah	Morfologi	Daya Dukung Tanah Untuk Pondasi		
Kesesuaian Lahan Tinggi	1.Potensi air dangkal sedang 2.Produktivitas tinggi- sedang dengan penyebaran luas 3.Potensi air tanah dalam sedang, 4.Mutu air tanah umumnya baik 5.Ketersediaan air tanah tinggi 6.Kualitas air tanah dangkal payau-tawar	Datar, kemiringan lereng <5%	Endapan pantai dan endapan sungai dengan daya dukung pondasi relatif rendah, yang tersusun oleh endapan lanau, pasir, lempung, lumpur dan kerikil	1.Tanah Lunak- Sangat Lunak 2.Gempa bumi dengan skala <VI MMI (rendah) 3.Kerentanan Likuefaksi sedang 4.Banjir luapan Sungai	1.Penggunaan lahan untuk tapak bangunan : a. Daya dukung tanah/batuan untuk pondasi rendah-sedang b. Untuk bangunan tinggi memerlukan kajian geologi teknik site 2. Pengambilan air tanah : a. Potensi air tanah dangkal hanya untuk memenuhi kebutuhan domestik b. Pengambilan air tanah pada daerah ini harus ada rekomendasi dari instansi terkait dan memperhatikan daerah konservasi air tanah 3. Pengendalian banjir akibat luapan sungai a. Pembuatan tanggul sepanjang sungai b. Pengendalian bangunan pada daerah bantaran sungai dan perbaikan drainase 4. Penggunaan lahan leluasa dapat digunakan menjadi kawasan perkotaan, permukiman dengan kendala rendah dan sedikit rekayasa teknis
Kesesuaian Lahan Sedang	1.Potensi air tanah dalam sedang, muka air tanah agak dalam 2.Produktivitas akuifer sedang dengan penyebaran luas 3.Mutu air tanah umumnya payau-asin 4.Ketersediaan air tanah sedang-nihil	Datar, kemiringan lereng <5%	Endapan pantai dan endapan sungai dengan daya dukung pondasi relatif rendah, yang tersusun oleh endapan lanau, pasir, lempung, lumpur dan kerikil	1.Penggarapan pada beberapa tempat yang menyebabkan kualitas air tanah rusak dari payau hingga asin 2.Banjir luapan S.Comal 3.Tanah Lunak- Sangat Lunak 4.Gempa bumi dengan skala VII-VII MMI (Menengah)	1.Pengambilan air tanah : a. Potensi air tanah dangkal hanya untuk memenuhi kebutuhan domestik b. Pengambilan air tanah pada daerah ini harus ada rekomendasi dari instansi terkait dan memperhatikan daerah konservasi air tanah c. Memanfaatkan sumber air permukaan 2. Pengendalian banjir akibat luapan sungai a. Pembuatan tanggul sepanjang sungai b. Pengendalian bangunan pada daerah bantaran sungai dan perbaikan drainase 3. Penggunaan lahan untuk tapak bangunan : a. Daya dukung tanah/batuan untuk pondasi rendah-sedang b. Untuk bangunan tinggi memerlukan kajian geologi teknik site
Kesesuaian Lahan Rendah	1.Potensi air tanah dalam sedang, muka air tanah agak dalam 2.Produktivitas akuifer sedang dengan penyebaran luas 3.Mutu air tanah umumnya payau-asin 4.Ketersediaan air tanah sedang-nihil	Datar, kemiringan lereng <5%	Endapan pantai dan endapan sungai dengan daya dukung pondasi relatif rendah, yang tersusun oleh endapan lanau, pasir, lempung, lumpur dan kerikil	1.Abrasi dan rob 2.Penggarapan air tanah 3.Banjir luapan S.Comal 4.Tanah Lunak- Sangat Lunak 5.Kerentanan Likuefaksi sedang, dan tinggi di pesisir pantai 6.Gempa bumi dengan skala VII-VII MMI (Menengah)	1. Penanggulangan banjir rob dan abrasi a. Pembuatan tanggul sepanjang pantai b. Penanaman mangrove di pesisir dan muara sungai (Ds. Mojo Kec. Ulujami) 2. Pengambilan air tanah : a. Pengambilan air tanah pada daerah ini harus ada rekomendasi dari instansi terkait dan memperhatikan daerah konservasi air tanah b. Memanfaatkan sumber air permukaan 3. Penanggulangan banjir luapan sungai a. Pembuatan tanggul sepanjang sungai b. Perbaikan drainase dan pengendalian bangunan pada bantaran sungai 4. Penggunaan lahan untuk tapak bangunan : a. Daya dukung tanah/batuan untuk pondasi rendah-sedang b. Untuk bangunan tinggi memerlukan kajian geologi teknik site

Gambar 4.5. Peta Rekomendasi Geologi Tata Lingkungan Kawasan Industri dan Kota Pemalang



Dilampiran I. Peta Kesesuaian lahan Pantura Jawa Tengah

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Analisis geologi lingkungan merupakan gambaran kondisi suatu daerah yang di dalamnya memuat informasi komponen-komponen faktor pendukung (sumber daya air, tanah dan batuan, morfologi) dan faktor kendala/pembatas aspek geologi (gerakan tanah, kegempaan, zona lemah/sesar aktif).
2. Faktor kendala lain yang ada di daerah penyelidikan adalah salinitas, banjir rob, banjir luapan sungai, dan kendala geologi teknik seperti likuefaksi, tanah lunak dan batulempung bermasalah.
3. Secara umum tingkat kesesuaian lahan untuk pengembangan wilayah daerah penyelidikan termasuk dalam zona kesesuaian lahan tinggi, sehingga mudah dalam pengorganisasian ruang dan pilihan jenis pengembangan pembangunan lahan yang memiliki kendala kecil pada tapak/lokasi pembangunan dan tidak memerlukan rekayasa teknis.
4. Pada tingkat kesesuaian lahan rendah banyak tersebar di daerah pesisir pantai, dimana dalam pengorganisasian ruang dan pilihan jenis pengembangan pembangunan lahan yang memiliki kendala tinggi pada tapak/lokasi pembangunan dan memerlukan rekayasa teknis yang lebih banyak menyebabkan ongkos pembangunan akan mahal.
5. Pada umumnya daerah yang mengalami penggaraman merupakan daerah dengan sebaran rawa seperti daerah Ulujami, Petarukan di Kabupaten Pemasang, Kota Tegal dan Kabupaten Brebes di daerah Bulakamba, Tanjung dan Losari. Penggaraman air tanah yang terjadi pada kawasan ini mengikuti sebaran tambak dan bekas tambak yang sekarang sudah ditempati oleh penduduk.
6. Abrasi dan sedimentasi daerah pesisir Pantura mencapai tahap kritis yang mengakibatkan degradasi lingkungan terutama di daerah Losari Kabupaten Brebes, Petarukan dan Ulujami di Kabupaten Pemasang, yang mengakibatkan lahan tambak, perumahan dan fasilitas umum yang hilang dan rusak.

5.2. Saran

1. Pengendalian banjir rob yang paling memungkinkan dan telah mulai dilaksanakan oleh pemerintah, yaitu dengan pembuatan tanggul sepanjang pantai, pembuatan folder air, penataan sistem drainase, mengalirkan (gravitasi/pemompaan) genangan banjir ke folder penampungan air, kemudian dipompakan dibuang ke laut.

2. Perlu dibuatkan bangunan pelindung pantai pada daerah yang terdampak abrasi dan akresi, secara alami maupun buatan, dan pelestarian hutan mangrove di beberapa tempat.
3. Untuk mempertimbangkan wilayah perkotaan (permukiman dan industri) harus memperhatikan faktor-faktor geologi sebagai berikut:
 - Berada pada daerah dengan potensi air tanah sedang hingga tinggi
 - Lahan datar sehingga tidak memerlukan cut and fill
 - Pembangunan pada daerah rawa atau tanah bersifat lunak, maka perlu diperhatikan teknis pemadatan dan jenis pondasinya
4. Jika pengembangan pembangunan akan di lakukan pada daerah tanah lunak maka perlu diperhatikan:
 - Pengendalian atau pembatasan kerapatan dan ketinggian bangunan
 - Mempertimbangkan pengurugan tanah dengan biaya pembangunan
 - Pengendalian pengambilan air tanah
 - Pengelolaan banjir

Daftar Pustaka

- Anonim. 2004. Peta Cekungan Air Tanah Provinsi Jawa Tengah. Bandung, Direktorat Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan.
- Anonim. 1985. Peta Hidrogeologi Lembar Pekalongan, Jawa Skala 1:250.000. Direktorat Geologi Tata Lingkungan.
- Anonim. 2019. Peta Sebaran Batulempung Bermasalah Povinsi Jawa Tengah. Bandung, Badan Geologi.
- Anonim. 1986. Pedoman Penyusunan Pola Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah. Direktorat Jendral Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan. Departemen Kehutanan, Jakarta
- Anonim. 2014. Rencana Tata Ruang Kawasan Bregasmalang. Semarang. Provinsi Jawa Tengah.
- Anonim.....,Peta Kerentanan Gerakan Tanah Kabupaten Brebes Provinsi Jawa Tengah. Bandung, Badan Geologi.
- Anonim.....,Peta Kerentanan Gerakan Tanah Kabupaten Tegal Provinsi Jawa Tengah. Bandung, Badan Geologi.
- Anonim.....,Peta Kerentanan Gerakan Tanah Kota Tegal Provinsi Jawa Tengah. Bandung, Badan Geologi.
- Anonim.....,Peta Kerentanan Gerakan Tanah Kabupaten Pemalang Provinsi Jawa Tengah. Bandung, Badan Geologi.
- Ardaneswari., dkk. 2016. Analisis intrusi air laut menggunakan data resistivitas dan geokimia airtanah di dataran alluvial Kota Semarang. Semarang, Universitas Diponegoro.
- Coates. 1981. Environmental Geology. New York
- Darmawan,A., dkk. 2014. Penyelidikan Geologi Lingkungan Perkotaan Daerah Brebes Povinsi Jawa Tengah. Bandung, Badan Geologi.
- Djuri.M, Samodra.H, Amin, Gafoer. 1996. Peta Geologi Lembar Purwokerto dan Tegal, Jawa. Bandung, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Effendi.A.T. 1985. Peta Hidrogeologi Lembar VI Pekalongan, Jawa. Bandung, Direktorat Geologi Tata Lingkungan.
- FG.Nayoan. 1976 dan USGS. 1999. Peta Zona Seismik.
- Hermansyah,A., dkk. 2007. Penelitian Geologi Teknik Sesar Naik Pantura (Brebes, Kendal dan Semarang) Jawa Tengah. Bandung, Badan Geologi.

- Howard dan Remson. 1978. *Geology in Environmental Planning*. New York. McGraw-Hill.
- Ismawan.M.F., dkk. 2016. Kajian intrusi air laut dan dampaknya terhadap masyarakat di pesisir Kota Tegal. *Geo Image*.
- Kertapati.E. 2006. *Aktivitas Gempabumi di Indonesia*. Bandung. Badan Geologi.
- Moechtar.H., dkk. 2013. *Geodinamika kuartar daerah Pantura antara Semarang Cirebon*. Bandung, Badan Geologi.
- Moody, J. D. and Hill, M. J.,. 1956. *Wrench Fault Tectonics*. Geological Society of America Bulletin.
- Prijantono,A., dkk. 2009. Penelitian dinamika Pesisir Muara Sungai Comal dan Sekitarnya, Jawa Tengah, Ditunjang oleh Penafsiran data Foto udara dan citra satelit. Bandung, Pusat Penelitain dan Pengembangan Geologi Kelautan.
- Riasasi.W. 2018. Identifikasi garis pantai kawasan pesisir Kabupaten Brebes berbasis penginderaan jauh dan system informasi geografis. Yogyakarta. Geomedia.
- Robiana.R, Cipta,A., dkk. 2010. *Peta Kawasan Rawan Bencana Gempabumi Provinsi Jawa Tengah*. Bandung, Badan Geologi.
- Silitonga.P.H, Masria., dkk. 1996. *Peta Geologi Lembar Cirebon, Jawa*. Bandung, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Situmorang,dkk. 1976, *Tectonic Signifinance With Relation to Whrench Fault. Tectonic, The Eastern Indonesian Fault Pattern, Bull.*
- Soehaimi. dkk. 2021. *Peta Patahan Aktif Indonesia*. Bandung, Badan Geologi.
- Van Bemmelen, 1949. *The General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*.Publisher: Government Printing, The Hague.