



**LAPORAN AKHIR PENELITIAN
RISET UNGGULAN DAERAH**

**STUDI PENYUSUNAN ZONA RISIKO KERENTANAN AIR
TANAH TERHADAP PENCEMARAN MENGGUNAKAN
METODE *GROUNDWATER OCCURANCE, OVERLAYING
LITHOLOGY, DEPTH OF GROUNDWATER (GOD)* SEBAGAI
UPAYA PENINGKATAN KUALITAS LINGKUNGAN
HIDUP DI KOTA PEKALONGAN**

Tim Peneliti:

**Dr.rer.nat. Ir. Thomas Triadi Putranto, S.T., M.Eng., IPU
Dr. Ing. Novie Susanto, S.T., M. Eng
Nestri Martini, S.T.**

**PEMERINTAH KOTA PEKALONGAN
BADAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN,
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN DAERAH
TAHUN 2022**

HALAMAN PENGESAHAN

1. Kegiatan Penelitian : Riset Unggulan Daerah
 - Judul Penelitian : Studi Penyusunan Zona Risiko Kerentanan Air Tanah terhadap Pencemaran Menggunakan Metode *Groundwater Occurance, Overlaying Lithology, Depth of Groundwater (GOD)* sebagai Upaya Peningkatan Kualitas Lingkungan Hidup di Kota Pekalongan
2. Lembaga Pelaksana
 - Nama : Teknik Geologi Universitas Semarang
 - Alamat : Jl. Soekarno Hatta, Tlogosari, Semarang 50196
 - Telp/Fax/Email : (024) 6702757
3. Nomor SPK : 070/1651 dan 100/UN7.F3.5.10/KS/VI/2022
4. Waktu Pelaksanaan : 2 Juni 2022 s.d. 2 November 2022
5. Lokasi Penelitian : Kota Pekalongan
6. Peneliti
 - Ketua Tim : Dr.rer.nat. Ir. Thomas Triadi Putranto, S.T., M.Eng., IPU
 - Anggota : 1. Dr. Ing. Novie Susanto, S.T., M. Eng
2. Nestri Martini, S.T.
- Sumber Anggaran : APBD Kota Pekalongan
- Besar Anggaran : Rp. 22.250.000,-
(*Dua Puluh Dua Juta Dua Ratus Lima Puluh Lima Ribu Rupiah*)

Mengetahui,
Kepala Bappeda Kota Pekalongan

Cayekti Widigdo, AP., M.Si

Pembina Utama Muda
NIP. 19750729 199412 1 001

KATA PENGANTAR

Laporan akhir Studi Penyusunan Zona Risiko Kerentanan Air Tanah terhadap Pencemaran Menggunakan Metode *Groundwater, Occurance, Overlaying Lithology Depth of Groundwater (GOD)* sebagai Upaya Peningkatan Kualitas Lingkungan Hidup di Kota Pekalongan berisi kegiatan survey lapangan pengumpulan data primer maupun penyusunan data sekunder. Pengujian data pH dan DHL. Menganalisis data primer meliputi kedalaman muka air tanah, muka air tanah dan arah alirannya. pH dan DHL, tata guna lahan yang kemudian menghasilkan peta-peta tematik. Menganalisis data sekunder berupa titik bor untuk menentukan litologi daerah penelitian. Kumpulan data dan informasi yang didapat digunakan untuk mengetahui zonasi kerentanan air tanah terhadap pencemaran. Menggunakan metode *Groundwater, Occurance, Overlaying Lithology Depth of Groundwater (GOD)* secara spasial menggunakan GIS. Penyusunan zonasi tersebut menggabungkan tiga parameter. Analisis zona risiko kerentanan dengan menggunakan peta rencana tata ruang yang di overlay dengan peta kerentanan *GOD*.

Semoga studi ini dapat memberikan manfaat dan menjadi salah satu bahan pertimbangan dalam pengambilan kebijakan perencanaan pembangunan berwawasan lingkungan demi kesejahteraan masyarakat di Kota Pekalongan dan memberikan masukan bagi perkembangan ilmu pengetahuan secara umum.

Semarang, November 2022

Tim Penyusun

TIM PELAKSANA

Studi Penyusunan Zona Risiko Kerentanan Air Tanah Terhadap Pencemaran Menggunakan Metode *Groundwater, Occurance, Overlaying, Lithology Depth of Groundwater (GOD)* sebagai Upaya Peningkatan Kualitas Lingkungan Hidup di Kota Pekalongan dilaksanakan sebagai Riset Unggulan Daerah Kota Pekalongan tahun 2022. Adapun tim pelaksana studi dari Universitas Diponegoro sebagai berikut :

A. Ketua Tim Peneliti

Nama Lengkap : Dr.rer.nat. Ir. Thomas Triadi Putranto, ST., M.Eng., IPU
Tempat, tanggal lahir : Semarang, 11 Desember 1977
Jenis Kelamin : Laki-laki
Institusi : Universitas Diponegoro
Pangkat/Golongan : Penata Tk. I/ IIIId (Lektor Kepala)
NIP/NIDN : 197712112005011002 / 0011127705
Bidang Keahlian : Hidrogeologi, Geostatistika, Dasar-Dasar Pemodelan, Geokomputasi, Teknik Gambar Geologi, Ilmu Lingkungan
Alamat Kantor : Jl. Prof Sudarto SH Tembalang, Semarang 50275
Telepon/Fax : 024-7648078
Alamat Rumah : Jalan Bintoro 1 No. 50 Semarang 50167
Telepon/HP : 08112662013
Email : putranto@ft.undip.ac.id
Pendidikan : S1 Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada
S2 Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada
S3 *Hydrogeology* RWTH Aachen Germany

Riwayat Penelitian :

No.	Judul Penelitian	Tahun
1.	Studi Urban Hidrogeologi Terkait Kuantitas dan Kualitas Airtanah sebagai Dampak Urbanisasi pada Permasalahan Lingkungan di Daerah Perkotaan Pantai Utara Laut Jawa (Kota Semarang Dan Kabupaten Demak)	2021
2.	Analisis Potensi Airtanah untuk Evaluasi <i>Water Footprint</i> (Hidrologi, Ekonomi, & Kesehatan Masyarakat) di Wilayah Cekungan Airtanah (Cat) Sumowono Provinsi Jawa Tengah (Penelitian Tahun ke 3) (Penelitian Tahun ke 3)	2021
3.	Analisis Potensi Situs Gelogi di Kabupaten Rembang Sebagai Pendukung Kawasan Geowisata di Indonesia	2021
4.	Integrasi Studi Kebumian untuk Mengatasi Kekeringan di Kabupaten Rembang	2021
5.	Estimasi Cadangan Karbon di Ekosistem Mangrove Pasarbangi, Rembang sebagai Potensi Jasa Lingkungan	2021
6.	Studi Urban Hidrogeologi terkait Kuantitas dan Kualitas Airtanah sebagai Dampak Urbanisasi pada Permasalahan Lingkungan di	2020

No.	Judul Penelitian	Tahun
	Daerah Perkotaan Pantai Utara Laut Jawa (Kota Semarang dan Kabupaten Demak)	
7.	Hubungan antara <i>Sulphur Content</i> dan Lingkungan Pengendapan pada Batubara Formasi Latih di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur	2020
8.	Analisis Potensi Airtanah untuk Evaluasi <i>Water Footprint</i> (Hidrologi, Ekonomi, & Kesehatan Masyarakat) di Wilayah Cekungan Airtanah (Cat) Sumowono Provinsi Jawa Tengah	2020
9.	Studi Potensi dan Penentuan Sumur Resapan sebagai Upaya Pengendalian Banjir di Kota Pekalongan Berbasis Sistem Informasi Geografis	2020
10.	<i>Application of Spatial Analysis to Develop Groundwater Vulnerability Using Drastic and Sintacs Methods in Semarang Coastal Aquifer</i>	2020
11.	Analisis Potensi Airtanah untuk Evaluasi <i>Water Footprint</i> (Hidrologi, Ekonomi, & Kesehatan Masyarakat) di Wilayah Cekungan Airtanah (CAT) Sumowono Provinsi Jawa Tengah	2019
12.	<i>Utilising the Fourth Industrial Revolution for Groundwater Vulnerability Assessment Using the Susceptibility Index (SI) Method in Semarang Coastal Aquifer</i>	2019
13.	<i>Application of Spatial Analysis to Develop Groundwater Vulnerability Using Drastic and Sintacs Methods in Semarang Coastal Aquifer</i>	2019
14.	Analisis Hidrogeologi dengan Pendekatan Spasial pada Cekungan Airtanah (CAT) Pagatan, Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan	2019
15.	Studi Hidrogeologi dan Kualitas Airtanah Untuk Keperluan Air Minum di Cekungan Airtanah (CAT) Nusakambangan, Provinsi Jawa Tengah	2018
16.	<i>Characterisation of Clay From Altered Volcanic Rocks as a Landslide Sliding Surface</i>	2018
17.	Desain Intervensi Perilaku Ekologis Industri Pengolahan di Kota Semarang dalam Rangka Pengelolaan Airtanah Berkelanjutan sebagai Upaya Mitigasi Perubahan Iklim	2018
18.	<i>Application of Spatial Analysis to Develop Groundwater Vulnerability Using Drastic and Sintacs Methods in Semarang Coastal Aquifer</i>	2018
19.	Penyusunan Zona Risiko Kerentanan Airtanah terhadap Pemompaan dan Intrusi Air Laut serta Design Model Mental Stakeholder dalam Pengelolaan Airtanah sebagai Dasar Penentuan Jaringan Sumur Pantau di Kota Semarang	2017
20.	Penyusunan Zona Kerentanan Airtanah terhadap Pencemaran Menggunakan Metode " <i>Aquifer Vulnerability Index</i> " (AVI), di Kota Semarang, Jawa Tengah	2017
21.	<i>Integrated Hydrogeological Mapping and Human Awareness Index for Establishing Groundwater Vulnerability Maps in Semarang Urban Area</i>	2017
22.	Desain Intervensi Kognitif untuk Meningkatkan Kesiapsiagaan Individu di Daerah Rawan Longsor (Tahun Ke-2)	2017

B. Anggota Peneliti I

Nama Lengkap : Dr. -Ing. Novie Susanto, S.T., M.Eng
Tempat, tanggal lahir : Pekalongan, 7 November 1982
Jenis Kelamin : Perempuan
Institusi : Universitas Diponegoro
Pangkat/Golongan : Penata Tk. I/ IIIId (Lektor Kepala)
NIP/NIDN : 198211072005012001/ 0007118202
Bidang Keahlian : Kesehatan dan Keselamatan Kerja, Analisis dan Pengukuran Kerja, Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi, *Ergonomics in Work Organization*, Ergonomi Kognitif

Alamat Kantor : Jl. Prof Sudarto SH Tembalang, Semarang 50275
Telepon/Fax : 024-7648078
Alamat Rumah : Jalan Bintoro 1 No. 50 Semarang 50167
Telepon/HP : 08112662014
Email : nophie.susanto@gmail.com
Pendidikan : S1 Teknik Industri, Universitas Diponegoro
S2 Teknik Mesin dan Industri, Univ. Gadjah Mada
S3 *Industrial Engineering and Ergonomics*, RWTH Aachen Germany

Riwayat Penelitian :

No.	Judul Penelitian	Tahun
1.	Studi Urban Hidrogeologi terkait Kuantitas dan Kualitas Airtanah sebagai Dampak Urbanisasi pada Permasalahan Lingkungan di Daerah Perkotaan Pantai Utara Laut Jawa (Kota Semarang dan Kabupaten Demak)	2019-2021
2.	Analisis Potensi Airtanah untuk Evaluasi <i>Water Footprint</i> (Hidrologi, Ekonomi, & Kesehatan Masyarakat) di Wilayah Cekungan Airtanah (Cat) Sumowono Provinsi Jawa Tengah	2019-2021
3.	Desain Alat Bantu Terapi Gangguan Tangan dan Pengujian Usabilitasnya	2019-2021
4.	Pengukuran Iklim Keselamatan Kerja Menggunakan Metode Nosacq-50	2019
5.	Desain Iklim Keselamatan Kerja dan Perilaku Aman pada Usaha Kecil dan Menengah Menggunakan Pendekatan <i>Behavior Based Safety</i>	2018
6.	Penyusunan Zona Risiko Kerentanan Airtanah terhadap Pemompaan dan Intrusi Air Laut serta Design Model Mental Stakeholder dalam Pengelolaan Airtanah sebagai Dasar Penentuan Jaringan Sumur Pantau di Kota Semarang	2017

C. Anggota Peneliti II

Nama Lengkap : Nestri Martini, ST
Tempat, tanggal lahir : Pagar Agung, 15 Maret 1996
Jenis Kelamin : Perempuan
Bidang Keahlian : Teknik Geologi
Alamat Rumah : Jl. Tunjungsari No. 5b Tembalang
Telepon/HP : 081226212129
Email : nestrimartini@gmail.com
Pendidikan : S1 Teknik Geologi, Universitas Diponegoro

ABSTRAK

Dinamika kependudukan dan sosial ekonomi masyarakat memicu berbagai permasalahan lingkungan hidup. Peningkatan jumlah penduduk mempengaruhi kebutuhan air di Kota Pekalongan. Kebutuhan air di Kota Pekalongan didapatkan dari akuifer bebas dan akuifer tertekan. Dari segi kualitas, air tanah pada akuifer bebas sangat rentan terhadap pencemaran. Hal ini disebabkan oleh air tanah pada akuifer bebas dekat dengan permukaan sehingga memungkinkan kontak langsung dengan sumber pencemarnya. Tujuan dari penelitian ini salah satunya untuk mengetahui tingkat kerentanan dan kesesuaiannya dengan tata guna lahan. Metode yang digunakan untuk menganalisis kerentanan air tanah terhadap pencemaran adalah metode *GOD* (*Groundwater occurrence, Overlying lithology and Depth of groundwater*). Parameter yang digunakan meliputi jenis akuifer, jenis litologi di atas akuifer, dan kedalaman muka air tanah akuifer tidak tertekan. Ketiga parameter tersebut dianalisis dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan dilakukan *overlay*. Zonasi kerentanan air tanah terhadap pencemaran menghasilkan 3 (tiga) zona yaitu kerentanan sedang (0,45-0,5), tinggi (0,51-0,7), dan sangat tinggi (0,71-0,9). Zona risiko kerentanan air tanah menghasilkan 5 tingkat kerentanan yaitu kerentanan sangat rendah (1,45-2,34), rendah (2,35-3,23), sedang (3,24-4,12), tinggi (4,13-5,01), dan sangat tinggi (5,02-5,9).

Kata Kunci : Akuifer tidak tertekan, *GOD*, zona kerentanan air tanah, Kota Pekalongan.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
TIM PELAKSANA	iv
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan	3
D. Manfaat	4
E. Sasaran	4
F. Ruang Lingkup	5
1. Ruang Lingkup Wilayah	5
2. Ruang Lingkup Pelaksanaan Studi	6
3. Ruang Lingkup Substansi Dan Pembahasan	7
G. Kerangka Pikir	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
A. Air	9
B. Air Tanah	9
1. Jenis-Jenis Lapisan Pembawa Air tanah	10
2. Jenis-Jenis Akuifer	11
C. Penyelidikan Geolistrik	12
D. Geologi.....	15
E. Hidrogeologi	15
F. Kerentanan Air Tanah	16
G. Risiko Pencemaran Air Tanah	20
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
A. Lokasi dan Waktu Pelaksanaan.....	22
1. Lokasi Studi.....	22
2. Waktu Pelaksanaan	23
B. Metode Pengumpulan Data	24
1. Pengumpulan dan Telaah Data Sekunder.....	24
2. Pengambilan Data Primer	25
C. Metode Analisis Data	26
BAB IV ANALISIS DATA	27
A. Demografi	27
B. Morfologi	29
C. Litologi.....	30
D. Titik Minatan Hidrogeologi	37
E. Tata Guna Lahan.....	42
F. Rencana Tata Ruang Wilayah	43
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
A. Parameter Kerentanan Air Tanah Terhadap Pencemaran	45
B. Kerentanan Air Tanah terhadap Pencemaran	48
C. Risiko Kerentanan Air Tanah terhadap Pencemaran.....	52
BAB VI KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	56
A. Kesimpulan	56
B. Rekomendasi.....	56
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai Resistivitas dari Berbagai Tipe Batuan	14
Tabel 2. 2 Nilai Pengelompokan Kerentanan Terhadap Dampak Negatif Pencemaran Air Tanah	19
Tabel 2. 3 Nilai Tata Guna Lahan	21
Tabel 3. 1 Rencana Waktu Pelaksanaan Studi	24
Tabel 4. 1 Luas Administrasi Kelurahan Kota Pekalongan	27
Tabel 4. 2 Kepadatan Penduduk Kota Pekalongan	29
Tabel 5. 1 Pembobotan Jenis Akuifer	45
Tabel 5. 2 Pembobotan Jenis Litologi Penutup Akuifer	47
Tabel 5. 3 Pembobotan Nilai Kedalaman Muka Air Tanah.....	48
Tabel 5. 4 Tingkat Kerentanan Air Tanah Terhadap Pencemaran dan Persebarannya (Metode <i>GOD</i>)	48
Tabel 5. 5 Matriks Hasil Analisis <i>GOD</i> dan Zona Kerentanannya	50
Tabel 5. 6 Matriks Kerentanan Air Tanah Metode <i>DRASTIC</i>	52
Tabel 5. 7 Risiko Kerentanan Air Tanah terhadap Pencemaran dan Persebarannya	53
Tabel 5. 8 Hubungan Tingkat Risiko Kerentanan dengan Parameter	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kenampakan Kota Pekalongan dari Citra Satelit	2
Gambar 1. 2 Peta Administrasi Kota Pekalongan	5
Gambar 1. 3 Luas Wilayah Menurut Kecamatan (km ²) di Kota Pekalongan	6
Gambar 1. 4 Kerangka Pikir Studi (studi, 2022).....	8
Gambar 2. 1 <i>Unconfined aquifer</i> dan <i>confined aquifer</i>	12
Gambar 2. 2 Siklus Elektrik Determinasi Resistivitas dan Lapangan Elektrik Untuk <i>Stratum Homogenous</i> Permukaan Bawah Tanah	13
Gambar 2. 3 Konfigurasi elektroda pada Konfigurasi <i>Schlumberger</i> untuk pendugaan vertikal.....	13
Gambar 2. 4 Peta Geologi Kota Pekalongan.....	15
Gambar 2. 5 Peta Hidrogeologi Kota Pekalongan	16
Gambar 2. 6 Pembobotan Parameter Metode <i>GOD</i> untuk Penentuan Tingkat Kerentanan Air Tanah Terhadap Pencemaran.....	20
Gambar 3. 1 Orientasi Wilayah Kota Pekalongan	23
Gambar 4. 1 Citra Kota Pekalongan.....	28
Gambar 4. 2 Morfologi Kota Pekalongan.....	30
Gambar 4. 3 Peta Korelasi Data Bor	31
Gambar 4. 4 Profil Korelasi Titik A – A’	32
Gambar 4. 5 Profil Korelasi Titik B – B’	32
Gambar 4. 6 Profil Korelasi Titik C-C’	33
Gambar 4. 7 Profil Korelasi Titik D-D’	34
Gambar 4. 8 Profil korelasi titik E-E’	35
Gambar 4. 9 Profil Korelasi Titik F-F	35
Gambar 4. 10 Korelasi Diagram Pagar.....	36
Gambar 4. 11 Peta Litologi.....	37
Gambar 4. 12 (a) Pengukuran Kedalaman Muka Air Tanah. (b) Pengambilan Data Titik Minatan Sumur Gali Pada Daerah Penelitian	37
Gambar 4. 13 Peta Titik Minatan Sumur Gali Daerah Penelitian	38
Gambar 4. 14 Peta Kedalaman Muka Air Tanah Kota Pekalongan.....	39
Gambar 4. 15 Peta Kontur Muka Air Tanah dan Arah Aliran Air Tanah Akuifer Tidak Tertekan.....	40
Gambar 4. 16 Peta derajat Keasaman (pH).....	41
Gambar 4. 17 Peta Daya Hantar Listrik.....	42
Gambar 4. 18 Peta Tata Guna Lahan Kota Pekalongan	43
Gambar 4. 19 Peta RTRW Kota Pekalongan.....	44
Gambar 5. 1 Peta Jenis Akuifer Daerah Penelitian	46
Gambar 5. 2 Peta Litologi Penutup Akuifer Daerah Penelitian	47
Gambar 5. 3 Peta Kedalaman Muka Air Tanah Daerah Penelitian	48
Gambar 5. 4 Peta Kerentanan Air Tanah Berdasarkan Metode <i>GOD</i>	50
Gambar 5. 5 Peta Kerentanan Air Tanah Metode <i>DRASTIC</i> (BLH, 2014)	51
Gambar 5. 6 Peta Risiko Kerentanan Air Tanah Berdasarkan Metode <i>GOD</i>	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Data Titik Minatan Survey Sumur Gali Di Kota Pekalongan Tahun 2022.....	62
Lampiran 2 Gambar Peta Nilai Indeks Kerentanan Metode GOD.....	71
Lampiran 3 Gambar Peta Risiko Kerentanan	72

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jumlah penduduk pada wilayah Kota Pekalongan terus meningkat setiap tahunnya. Peningkatan jumlah penduduk wilayah tersebut pada tahun 2019 hingga 2020 berkisar 0,85 % (BPS Kota Pekalongan, 2021). Berdasarkan data statistik jumlah penduduk Kota Pekalongan pada tahun 2019-2020 sekitar 307.097 jiwa – 307.150 jiwa. Kota Pekalongan dengan luas wilayah 45,25 km² memiliki potensi ekonomi pada sektor pertanian, perikanan, serta industri skala menengah dan kecil. Laju pertumbuhan ekonomi Kota Pekalongan sebesar 3,59%, lebih rendah dibandingkan tahun 2018 yang mencapai 5,69% hal ini dikarenakan pandemi Covid-19 yang tak kunjung berakhir (Badan Pusat Statistik Kota Pekalongan, 2021). Sektor industri mengalami pertumbuhan 2.38%. Dinamika kependudukan dan sosial ekonomi masyarakat memicu berbagai permasalahan lingkungan hidup. Peningkatan akan sektor industri dan jumlah penduduk berdampak bagi kebutuhan akan sumber daya air juga akan meningkat, dengan peningkatan jumlah penduduk tersebut maka akan meningkatkan resiko pencemaran lingkungan. Pada tahun 2019 dinas terkait mendapati adanya zat pencemar berupa limbah batik yang dibuang ke sungai Pekalongan, dan berwarna hitam terlihat dari citra satelit (Tribun Jateng, 2019) (Gambar 1.1).

Pencemaran sungai tersebut juga akan mempengaruhi kualitas air tanah. Pengaruhnya terhadap lingkungan, terutama kondisi air tanah dimana semakin meningkatnya potensi pencemaran, maka perlu dilakukan upaya perlindungan air tanah dengan membuat zona kerentanan air tanah terhadap pencemaran. Dalam melakukan analisis untuk mengetahui kerentanan terdapat berbagai metode yang dapat digunakan, beberapa metode yang dapat digunakan untuk analisis pencemaran air tanah adalah metode *GOD* (Foster, 1987 dalam Foster dan Hirata, 1988), *AVI* (Van Stempvoort dkk., 1993), *GALDIT* (Lobo-Fereira dkk., 2007), *SINTACS* (Civita, 2010) dan *DRASTIC* (Aller dkk., 1985). Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode pemetaan kerentanan *GOD* pada wilayah Kota Pekalongan. Metode *GOD* telah dilakukan di beberapa daerah seperti Kota Semarang (Pamungkas, 2017) dengan litologi daerah setempat didominasi aluvium dan topografi cenderung landai hingga datar. Kota pekalongan memiliki karakteristik litologi dan morfologi yang cenderung sama sehingga metode ini sesuai jika diterapkan di Kota Pekalongan.



(Tribun Jateng, 2019)

Gambar 1. 1 Kenampakan Kota Pekalongan dari Citra Satelit

Kelebihan metode pemetaan ini adalah kerentanan air tanah dianalisis berdasarkan kombinasi faktor intrinsik lapisan yang berada pada bagian atas akuifer yang dapat terpengaruh oleh aktivitas yang menyebabkan pencemaran. Data yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh melalui pengambilan data primer dengan pemetaan hidrogeologi dan analisis bawah permukaan dengan menggunakan metode geolistrik. Penelitian dengan menggunakan metode ini akan menghasilkan tingkat kerentanan sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi (Pamungkas, 2017).

Adapun visi pembangunan Kota Pekalongan mengarah pada peningkatan kesejahteraan dan kemandirian, serta salah satu misi untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas sarana dan prasarana perkotaan yang ramah lingkungan maka membutuhkan dukungan sumber daya air dan kualitas lingkungan hidup yang berkelanjutan. Dengan demikian, berdasarkan beberapa urgensi tersebut diperlukan zonasi wilayah kerentanan air tanah sebagai upaya membantu perlindungan air tanah, pengawasan air tanah dan menghindari pencemaran air tanah pada wilayah Kota Pekalongan.

B. Rumusan Masalah

Kota pekalongan merupakan salah satu kota di Provinsi Jawa Tengah yang sering terjadi pencemaran sungai hal ini dikarenakan industri yang berkembang, dalam hal ini Pekalongan adalah salah satu kota yang industri batiknya sangat terkenal. Dampak dari industri ini adalah banyaknya limbah batik yang dibuang tidak sesuai dengan visi dan misi lingkungan hidup. Limbah batik dibuang

sembarangan ke sungai sehingga air sungai yang di kota ini menjadi hitam. Hal ini juga bisa mempengaruhi kualitas air tanahnya. Industri berkembang sejalan dengan meningkatnya penduduk. Tingkat kepadatan penduduk sejumlah 6.787 jiwa per km memicu peningkatan pembangunan infrastruktur dan permukiman sehingga mengubah fungsi lahan dan semakin meningkatnya potensi pencemaran (Badan Pusat Statistik Kota Pekalongan, 2021). Dr. Ratna, 2020 mengemukakan bahwa kadar logam berat di perairan yang tercemar limbah tekstil (batik) telah jauh melebihi ambang batas yang diperbolehkan. Upaya pengolahan limbah dengan menghilangkan kadar logam berat dan warna yang selama ini dilakukan ternyata tidak membuat air hasil pengolahan aman karena masih mempunyai ikatan kimia yang kurang baik bagi lingkungan, lanjutnya. Salah satu metode yang aman untuk pengelolaan limbah menurut hasil dari penelitian dosen yang memiliki Hak Kekayaan Intelektual (HKI) atas pengolahan limbah tekstil secara mikrobiologis ini adalah dengan memanfaatkan agen biologis menggunakan bahan aktif jamur. Pada penelitian ini kita akan melihat zonasi risiko kerentanan air tanah terhadap pencemaran di Kota Pekalongan. Dari zonasi kerentanan ini dapat dilihat tata guna lahan Kota Pekalongan sesuai apa tidak dengan peta kerentanan, jika tidak sesuai maka dapat di rekomendasikan alih fungsi lahan.

Rumusan permasalahan pada studi ini menghasilkan beberapa pertanyaan penelitian, sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi akuifer dangkal ?
2. Berapakah kedalaman muka air tanah ?
3. Bagaimana tingkat kerentanan air tanah ?
4. Bagaimana kesesuaian peta tata guna lahan dengan peta kerentanan *GOD*?

C. Tujuan

Tujuan pelaksanaan studi penyusunan zona risiko kerentanan air tanah terhadap pencemaran menggunakan metode *Groundwater, Occurance, Overlaying Lithology Depth Of Groundwater (GOD)* sebagai upaya peningkatan kualitas lingkungan hidup di Kota Pekalongan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui hasil indentifikasi kondisi akuifer dangkal.
2. Untuk mengetahui kedalaman muka air tanah.
3. Menghasilkan peta kerentanan air tanah terhadap pencemaran metode *GOD*
4. Untuk memberikan rekomendasi kesesuaian lahan pada masing-masing kecamatan dengan peta kerentanan *GOD*.

D. Manfaat

Manfaat pelaksanaan studi penyusunan zona risiko kerentanan air tanah terhadap pencemaran menggunakan metode *Groundwater, Occurance, Overlaying Lithology Depth Of Groundwater (God)* sebagai upaya peningkatan kualitas lingkungan hidup di Kota Pekalongan sebagai berikut:

1. Bagi Pemerintah

Pemerintah Kota Pekalongan mendapatkan data, informasi, dan visualisasi hasil studi secara spasial yang mudah dipahami sebagai salah satu pertimbangan dalam penentuan kebijakan dan pelaksanaan upaya pengelolaan fungsi lahan dan air tanah secara efisien, efektif, sistematis, dan berwawasan lingkungan guna mendorong terwujudnya pembangunan berkelanjutan.

2. Bagi Masyarakat

Masyarakat mendapatkan data dan informasi detail mengenai kondisi air tanah pada wilayahnya. Dengan pengetahuan ini diharapkan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat akan pencemaran lingkungan dan air tanah di tempat tinggal mereka, sehingga masyarakat dapat ikut serta mencegah terjadinya pencemaran dan berwawasan lingkungan.

3. Bagi Penyusun

Penyusun dapat memanfaatkan studi sebagai media untuk mengimplementasikan ilmu pengetahuan yang dimiliki dan untuk mengembangkan kompetensi diri dalam penyusunan penelitian ilmiah. Penulis berharap dapat menghasilkan suatu produk ilmiah baru yang dapat dimanfaatkan untuk penyelesaian permasalahan lingkungan hidup khususnya terkait kerentanan air tanah terhadap pencemaran dengan kesesuaian lahan, serta memberikan sumbangsih bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

E. Sasaran

Sasaran yang akan dicapai dari pelaksanaa studi, sebagai berikut:

- 1 Memberikan peta zonasi kerentanan air tanah terhadap pencemaran dan
- 2 Rekomendasi kesesuaian lahan sebagai bahan pemantauan dan dasar kebijakan untuk peningkatan kualitas lingkungan hidup guna mendorong terwujudnya pembangunan berkelanjutan.

F. Ruang Lingkup

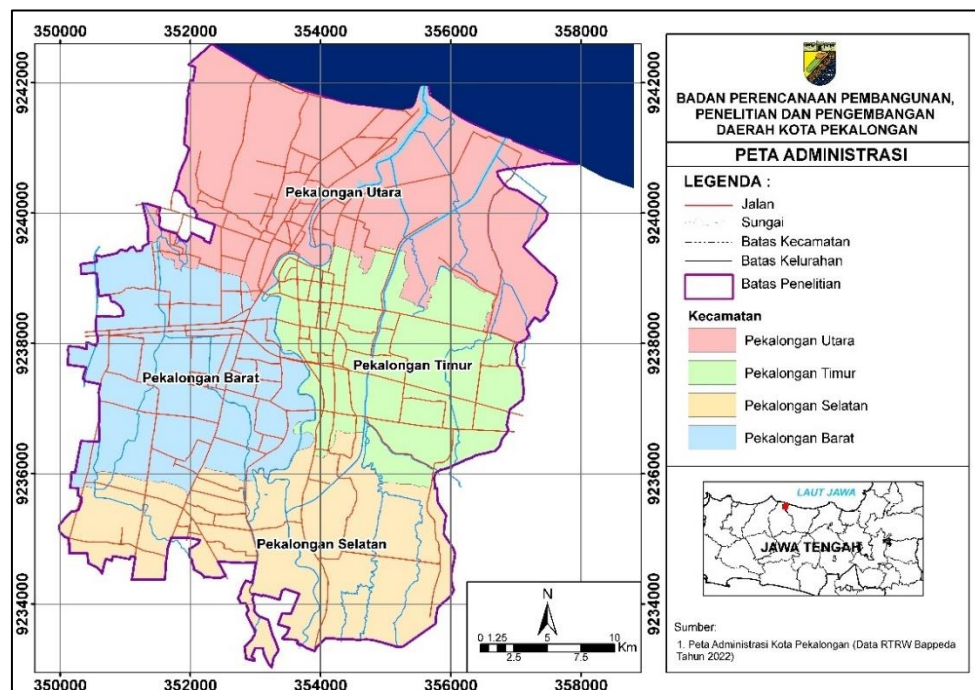
1. Ruang Lingkup Wilayah

Lingkup wilayah studi penyusunan zona risiko kerentanan air tanah berada di seluruh wilayah Kota Pekalongan, Provinsi Jawa Tengah. Posisi geografisnya antara $6^{\circ} 50' 42''$ s.d. $6^{\circ} 55' 44''$ Lintang Selatan dan $109^{\circ} 37' 55''$ s.d. $109^{\circ} 42' 19''$ Bujur Timur. Kota Pekalongan secara administratif (Gambar 1.2) dibagi menjadi empat kecamatan dengan luas wilayah 45,25 km² atau 4.525 Ha (**Error! Reference source not found.1.3**), atau 0,14 % dari luas wilayah Jawa Tengah (Luas Jawa Tengah 3.254 ribu Ha), yaitu:

1. Pekalongan Barat
2. Pekalongan Timur
3. Pekalongan Selatan
4. Pekalongan Utara

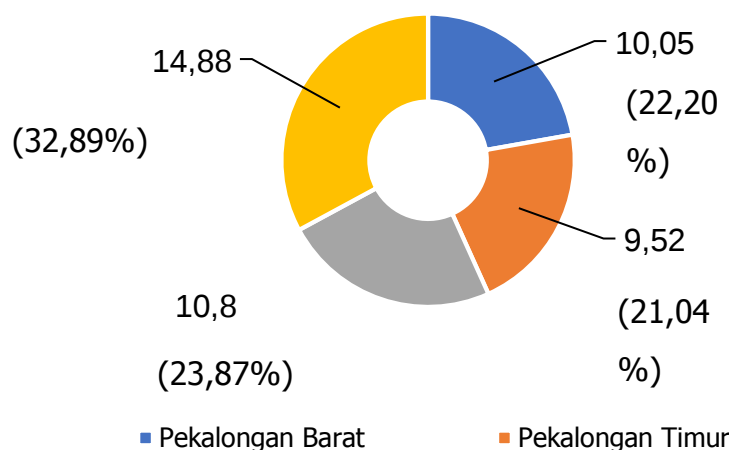
Batas wilayah administrasi Kota Pekalongan, sebagai berikut :

Sebelah Utara	:	berbatasan dengan Laut Jawa
Sebelah Timur	:	berbatasan dengan Kabupaten Batang
Sebelah Selatan	:	berbatasan dengan Kabupaten Pekalongan dan Kabupaten Batang
Sebelah Barat	:	berbatasan dengan Kabupaten Pekalongan



(Bappeda, 2011)

Gambar 1. 2 Peta Administrasi Kota Pekalongan



(BPS Kota Pekalongan, 2021)

Gambar 1. 3 Luas Wilayah Menurut Kecamatan (km²) di Kota Pekalongan

2. Ruang Lingkup Pelaksanaan Studi

Lingkup studi penyusunan zona risiko kerentanan air tanah terhadap pencemaran menggunakan metode *Groundwater, Occurance, Overlaying Lithology Depth Of Groundwater (God)* sebagai upaya peningkatan kualitas lingkungan hidup di Kota Pekalongan adalah

a. Tahap Persiapan

Sebelum melakukan kegiatan pengumpulan data, maka tahap awal adalah persiapan. Adapun persiapan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- 1) Persiapan penyusunan data sekunder
- 2) Persiapan survey lapangan dan pengumpulan data primer

b. Pengumpulan Data dan Informasi

Proses pengumpulan data dan informasi dilakukan dengan melalui kegiatan pengumpulan data primer dan sekunder. Adapun metode yang dilakukan meliputi survey lapangan, dan penelaahan terhadap dokumen peraturan dan studi literatur.

1) Pengumpulan Data Primer.

Pengumpulan data primer menghasilkan data-data primer yang dilakukan melalui pengamatan dan pengukuran secara langsung ke lapangan.

2) Pengumpulan Data Sekunder,

Data sekunder yang dibutuhkan antara lain : peta RTRW Kota Pekalongan, data sumur bor, curah hujan, dan data karakteristik lahan.

c. Pengolahan data

Data dan informasi yang diperoleh disajikan baik dalam bentuk numerik tabel, peta maupun narasi.

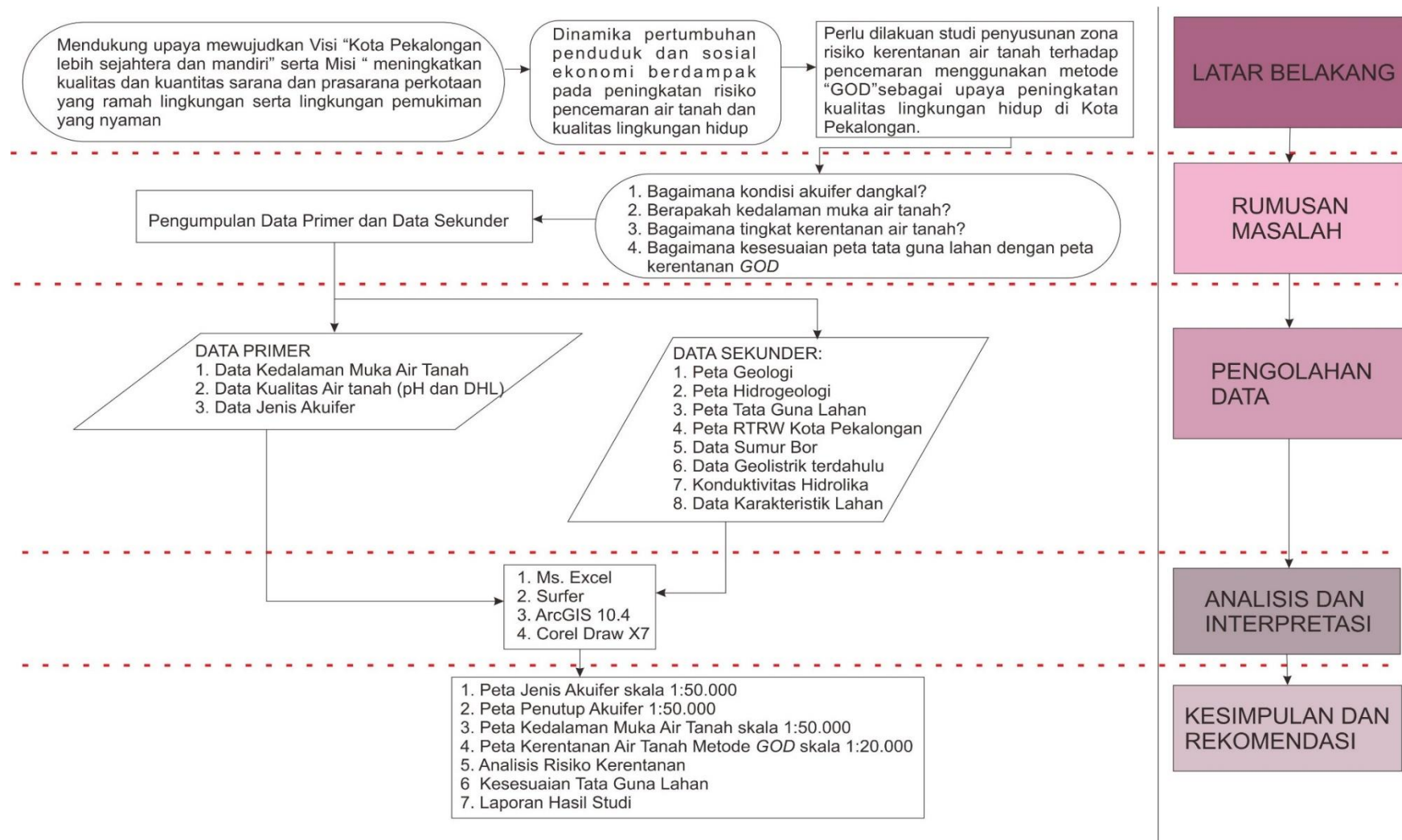
3. Ruang Lingkup Substansi Dan Pembahasan

Lingkup substansi meliputi substansi ilmu yang digunakan sebagai landasan teori maupun konsep-konsep yang berpengaruh terhadap penelitian. Lingkup substansi mengenai aspek dalam penilaian zonasi risiko kerentanan air tanah terhadap pencemaran melalui analisis spasial. Substansi pada penelitian ini dikaji melalui aspek fisik dan keruangan.

Lingkup pembahasan pada studi ini yaitu mengenai penilaian zonasi kerentanan air tanah terhadap pencemaran dengan metode *GOD* yang dianalisis melalui karakteristik jenis akuifer, tutupan akuifer dan kedalaman muka air tanah, kualitas air tanah (pH dan DHL), dan tata guna lahan. Karakteristik wilayah studi merupakan penentu analisis yang dipengaruhi oleh dinamika perubahan penggunaan lahan, konsep tata ruang, kondisi geologi, dan hidrogeologi. Batasan dalam penelitian ini tidak membahas mengenai aspek demografi, sosial, budaya, ataupun hukum, namun berfokus pada zonasi risiko kerentanan air tanah terhadap pencemaran dan kesesuaian lahan.

G. Kerangka Pikir

Kerangka pikir pelaksanaan Studi Penyusunan Zona Risiko Kerentanan Air Tanah Terhadap Pencemaran Menggunakan Metode *Groundwater Occurance, Overlaying Lithology Depth Of Groundwater (GOD)* sebagai Upaya Peningkatan Kualitas Lingkungan Hidup di Kota Pekalongan sebagai berikut (**Error! Reference source not found.1.4**) :



Gambar 1. 4 Kerangka Pikir Studi (studi, 2022)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Air

Air adalah sumber utama dari semua kehidupan dan itu harus tersedia secara memadai untuk semua tuntutan yang dibutuhkan seperti kebutuhan rumah tangga, pertanian, industri, rekreasi dan ekologi (Gedam and Dagalo, 2020). Sekitar 75% permukaan bumi ditutupi oleh air. Namun, ini hanya perkiraan karena sifat dinamis dan gerakan air yang permanen membuat sulit untuk secara andal menilai total cadangan air di bumi (du Plessis, 2017). Total tekanan eksternal dari paparan terkait air adalah penentu signifikan terhadap kesehatan manusia (Boelee *et al.*, 2019).

B. Air Tanah

Sumber Daya Air jumlahnya kurang dari 1% total ketersediaan air di dunia yang dapat dimanfaatkan untuk pemenuhan kebutuhan manusia (du Plessis, 2017) dan lebih dari 50% dari ketersediaan air tersebut dimanfaatkan dari air tanah (Milašinović *et al.*, 2019). Air tanah adalah salah satu sumber daya alam paling berharga yang mendukung kesehatan manusia dan pembangunan ekonomi. Karena ketersediaannya yang terus-menerus dan kualitas alami yang sangat baik, air tanah menjadi sumber penting pasokan air di banyak wilayah perkotaan dan pedesaan di dunia (Gedam and Dagalo, 2020).

Air terakumulasi pada topografi yang lebih rendah daripada pada topografi yang lebih tinggi. Oleh karena itu, semakin tinggi ketinggian, semakin kecil potensi air tanah dan sebaliknya. Oleh karena itu data ketinggian atau elevasi diperlukan untuk dipertimbangkan dalam studi potensi air tanah. Kemiringan permukaan tanah adalah faktor lain yang mempengaruhi hidrologi daerah aliran sungai tertentu. Ini terutama mempengaruhi proses limpasan permukaan dan secara sebagian menentukan resapan air tanah dari suatu daerah

aliran sungai. Nilai kemiringan yang lebih rendah menunjukkan medan yang lebih datar (*gentle slope*) dan nilai kemiringan yang lebih tinggi menunjukkan medan yang curam dan bergelombang. Daerah lereng yang lebih rendah dari dataran datar memungkinkan infiltrasi dan perkolasi curah hujan sementara daerah lereng yang lebih tinggi menghasilkan limpasan cepat dari medan dan karenanya memberikan sedikit volume air untuk mengisi ulang air tanah.

Geologi mempengaruhi porositas dan permeabilitas akuifer. Geologi atau litologi adalah salah satu parameter pengendali air tanah yang dipertimbangkan dalam studi air tanah yang memainkan peran penting dalam distribusi dan terjadinya air tanah. Permukaan lahan yang ditutupi oleh batuan dan tanah yang permeabilitasnya baik maka akan menahan kontaminan yang masuk kedalam lapisan akuifer sehingga resiko tercemar semakin kecil.

Penggunaan lahan dan kondisi tutupan mempengaruhi siklus hidrologi dalam banyak hal terutama dengan mengubah perilaku limpasan permukaan dan demikian juga terkait pengisian ulang air tanah. Bahkan, juga mempengaruhi proses hidrologi lainnya seperti evapotranspirasi, transpirasi, infiltrasi, evaporasi dan intersepsi. Karena peningkatan populasi dan pengaruh antropogenik lainnya di banyak daerah ada perubahan penggunaan lahan dan tutupan dari satu bentuk ke bentuk lainnya (Jia *et al.*, 2019). Beberapa penggunaan lahan mendukung resapan air tanah dan potensi sementara yang lain membawa konsekuensi negatif terhadap resapan air tanah (Wang, Wang and Cheng, 2019). Penggunaan lahan yang tidak sesuai dan tidak dikontrol dengan baik maka akan mempengaruhi kualitas air tanahnya, seperti lahan vegetasi pertanian yang diberi pupuk bisa mencemari air tanah, dan juga lahan pemukiman yang terlalu padat juga memiliki dampak yang besar terhadap kualitas air tanah.

1. Jenis-Jenis Lapisan Pembawa Air tanah

Lapisan pembawa air dikelompokkan sesuai kemampuan masing-masing lapisan dalam membawa air. Lapisan ini berkaitan dengan aliran

air yang dapat dipompa oleh sumur. Menurut Danaryanto dkk (2005), lapisan pembawa air terbagi menjadi:

a. Akuifer

Formasi geologi yang tersusun oleh material bersifat *permeable* atau dapat ditembus air, sehingga dapat menyimpan dan mengalirkan air dalam jumlah besar pada sumur dan mata air. Contohnya batupasir.

b. Akuiklud

Lapisan yang tersusun dari material kedap air (*impermeable*), sehingga tidak memungkinkan air melewatinya. Contohnya adalah batulempung.

c. Akuifug

Lapisan yang tersusun oleh formasi kedap air, kompak dan bersifat tidak dapat mengalirkan air. Contoh batumannya adalah granit.

d. Akuitar

Lapisan yang dapat menyimpan air, tetapi memiliki permeabilitas rendah, sehingga dapat mengalirkan air dalam jumlah sedikit. Contohnya adalah batulempung pasir.

2. Jenis-Jenis Akuifer

Jenis-jenis akuifer menurut Kodoatie (1996) adalah sebagai berikut:

a. Akuifer bebas (*Unconfined aquifer*)

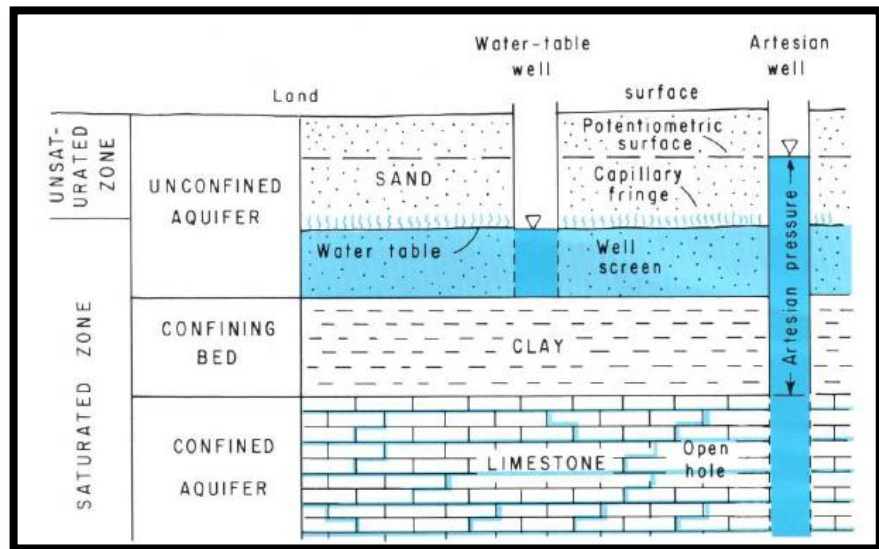
Merupakan akuifer jenuh air, yang dibatasi oleh lapisan akuitar pada bagian bawah, sedangkan pada bagian atas dibatasi oleh muka air tanah (Gambar 2.1).

b. Akuifer tertekan (*Confined aquifer*)

Merupakan akuifer jenuh air, yang dibatasi oleh lapisan akuiklud pada bagian atas dan bawah akuifer dan memiliki tekanan air yang lebih besar dari tekanan atmosfer (Gambar 2.1).

c. Akuifer semi tertekan

Merupakan akuifer yang dibatasi oleh lapisan atas berupa akuitar dan lapisan bawahnya berupa akuiklud. Pada lapisan pembatas di bagian atas karena bersifat akuitar masih ada aliran yang mengalir ke akuifer tersebut (*influx*) walaupun hidrolis konduktivitasnya lebih kecil dibandingkan hidrolis konduktivitas akuifer.



(Heath, 1983)

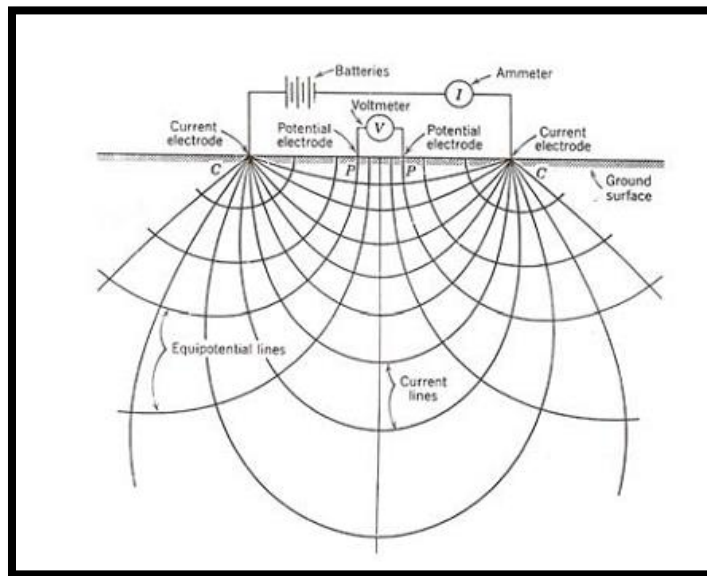
Gambar 2. 1 Unconfined aquifer dan confined aquifer

C. Penyelidikan Geolistrik

Resistivitas adalah kemampuan suatu material untuk menghambat arus listrik. Semakin kecil nilai resistivitas, maka akan semakin mudah untuk menghantarkan listrik. Metode *resistivity* adalah salah satu metode geolistrik untuk mengetahui jenis litologi di bawah permukaan yang mengandalkan nilai resistivitas dari suatu batuan (Todd, 1980). Resistivitas batuan dapat diukur secara langsung dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam tanah melalui elektroda (Gambar 2.2).

Konsep dasar dari konfigurasi *Schlumberger* seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.3 berikut ini:

Jarak $AO = BO = s$, $MO = NO = b$, Eksentrisitas $b/s < 1/3$ Titik O adalah pusat konfigurasi.



(Todd, 1980)

Gambar 2. 2 Siklus Elektrik Determinasi Resistivitas dan Lapangan Elektrik Untuk *Stratum Homogenous* Permukaan Bawah Tanah



(Karanth 1987 dalam Pujomiarto, 2014)

Gambar 2. 3 Konfigurasi elektroda pada Konfigurasi *Schlumberger* untuk pendugaan vertikal

Konfigurasi *Schlumberger* memiliki kelemahan yaitu pembacaan tegangan pada elektroda MN menjadi lebih kecil apabila jarak antara AB yang relatif jauh. Keunggulan konfigurasi *Schlumberger* adalah kemampuan untuk mendeteksi adanya sifat tidak homogen lapisan batuan pada permukaan, yaitu dengan membandingkan nilai resistivitas semu ketika terjadi perubahan jarak elektroda MN/2 (Anonim, 2007 dalam Broto dan Afifah, 2008).

Batuan tersusun atas mineral-mineral. Mineral-mineral tersebut tidak dapat menghantarkan arus listrik, kecuali mineral lempung. Arus listrik akan terhantarkan oleh air akibat adanya pergerakan dari ion-ion elektronik. Untuk menentukan apakah mineral-mineral yang ada di dalam batuan bersifat menghantarkan arus listrik atau tidak dapat menghantarkan arus listrik maka digunakan parameter resistivitas.

1. Konduksi secara elektronik

Konduksi yang terjadi jika batuan atau mineral memiliki banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan atau mineral oleh elektron-elektron bebas tersebut.

2. Konduksi secara elektrolitik

Konduksi yang terjadi apabila arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolitik dalam air. Konduktivitas akan semakin besar apabila kandungan air dalam batuan bertambah banyak, dan sebaliknya resistivitas akan semakin besar jika air dalam batuan berkurang.

3. Konduksi yang terjadi jika suatu batuan atau mineral tersebut mempunyai jumlah elektron bebas yang sedikit bahkan tidak ada sama sekali. Tetapi karena adanya pengaruh medan listrik yang berasal dari luar batuan, maka elektron dalam batuan berpindah dan berkumpul terpisah dari inti, sehingga terjadi polarisasi.

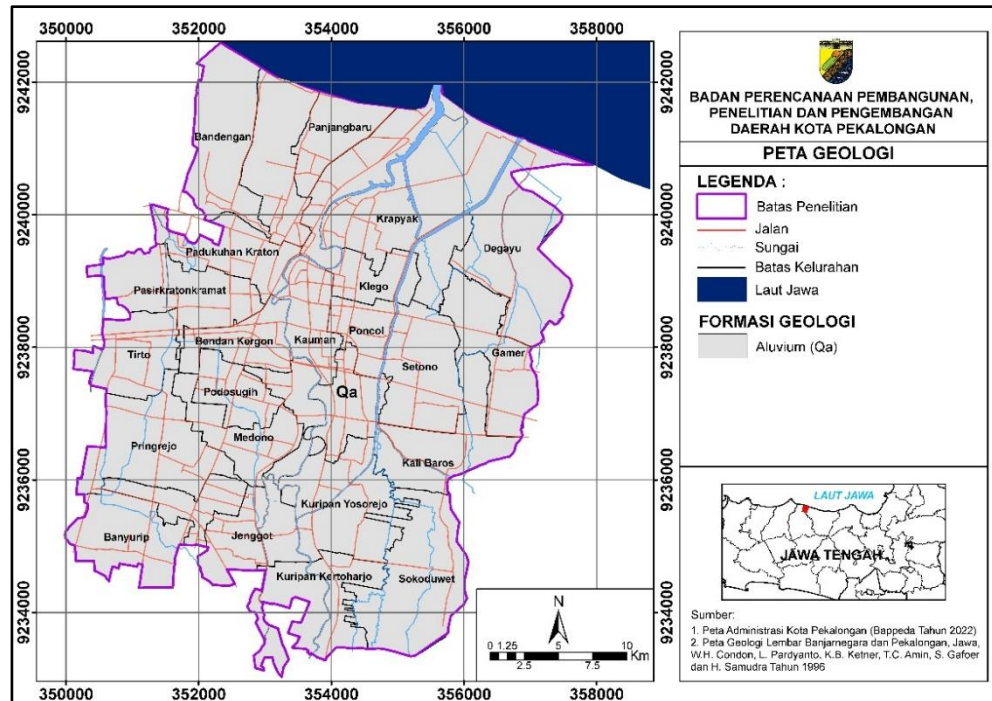
Setiap batuan memiliki nilai resistivitas yang berbeda-beda. Hal inilah yang dapat membantu dalam penentuan jenis batuan. Nilai resistivitas ini tidak hanya bergantung pada jenis batuan saja tetapi bergantung juga pada pori batuan dan kandungan fluida pada pori tersebut secara lebih lanjut dijelaskan di Tabel 2.1:

Tabel 2. 1 Nilai Resistivitas dari Berbagai Tipe Batuan

Material	Tahanan Jenis (Ωm)		
	Musset dan Khan (2000)	Telford, dkk (2004)	Todd dan Mays (2005)
Lempung	1-100	1-100	1-500
Lanau	1-100	3-70	-
Batupasir	1-10 ⁸	1-6,4x10 ⁸	1-5x10 ³
Pasir	5-5x10 ³	-	1-10 ³
Limestone	50-10 ⁷	50-10 ⁷	10 ² -10 ⁶
Konglomerat	-	2x10 ³ -10 ⁴	10 ² -10 ⁵
Lava	-	100-5x10 ⁴	10 ² -10 ⁵
Andesit	-	1,7x10 ² -4,5x10 ⁴	10 ² -10 ⁵
Gabbro	10 ³ -10 ⁶	10 ³ -10 ⁶	10 ² -10 ⁵
Basalt	10-10 ⁷	10-1,3x10 ⁷	10 ² -10 ⁵
Brekxi	-	-	10 ² -10 ⁵
Tuff	-	2x10 ³ -10 ⁵	10 ² -10 ⁵

D. Geologi

Wilayah kajian termasuk formasi alluvium yang terdiri dari batuan lempung, lumpur, lanau, pasir dan kerikil (Gambar 2.4).



Gambar 2. 4 Peta Geologi Kota Pekalongan

E. Hidrogeologi

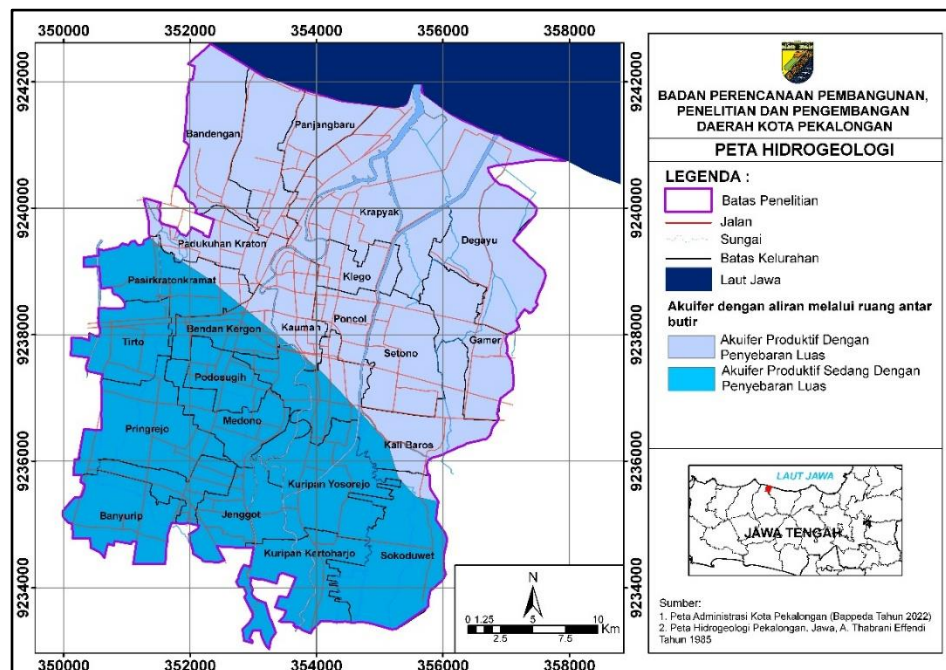
Kota Pekalongan termasuk kedalam Cekungan Air Tanah (CAT) Pekalongan - Pemalang (Putranto *et al.*, 2016). Berdasarkan peta hidrogeologi (Gambar 2.5) lembar Pekalongan terdapat 2 jenis produktifitas akuifer di Kota Pekalongan, 2 jenis produktifitas akuifer sebagai berikut:

1. Akuifer produktif dengan persebaran luas:

Akuifer dengan aliran melalui ruang antar butir, akuifer ini tersusun oleh formasi alluvium yang terdiri atas material berukuran lempung, lanau, pasir, kerikil dan berangkal dengan nilai kelulusan 2,68 m/hari.

2. Akuifer produktif sedang dengan persebaran luas:

Akuifer dengan aliran melalui ruang antar butir, akuifer ini tersusun oleh formasi alluvium yang terdiri atas material berukuran lempung, lanau, pasir, kerikil dan berangkal dengan nilai kelulusan 1,3 m/hari.



Gambar 2. 5 Peta Hidrogeologi Kota Pekalongan

F. Kerentanan Air Tanah

Menurut Hendrayana (2011), kerentanan adalah sifat-sifat intrinsik atau alamiah dari suatu sistem air tanah yang bergantung pada kepekaan sistem tersebut terhadap dampak alamiah dan atau dampak manusia. Daerah rentan terhadap pencemaran terbagi menjadi 2 yaitu daerah rentan alami adalah daerah yang tanah dan batuan dasarnya tidak dapat melindungi, sehingga polutan masuk ke akuifer, contoh *recharge* yang mempunyai akuifer dangkal/bebas, yang kedua daerah disekitar sumur pompa (Gogu dan Dassargues, 2000).

Menurut Hatori (2008) kerentanan air tanah terdiri dari dua (2), yaitu:

1. Kerentanan air tanah intrinsik.

Kerentanan air tanah intrinsik dipengaruhi oleh keadaan alam, yaitu keadaan alam dari geologi permukaan atau bawah permukaan.

2. Kerentanan air tanah spesifik.

Kerentanan air tanah akibat adanya aktivitas manusia, seperti: pemanfaatan lahan, kepadatan penduduk dan jumlah pengambilan air tanah.

Kerentanan air tanah yang digunakan dalam metode *AVI* dan *GOD* menggunakan penentuan nilai kerentanan air tanah intrinsik. Menurut Vrba dan Zaporozec (1994) kerentanan intrinsik merupakan penentuan kerentanan untuk mengetahui seberapa besar tingkat perlindungan air tanah oleh alam, pada berbagai lokasi ditunjukkan dengan pembuatan peta kerentanan yang di dalamnya terdapat warna untuk menyimbolkan tingkat kerentanan. Dapat digunakan pada sektor pemerintahan, perencanaan dan kebijakan politik untuk dilakukan pembuatan peta dengan tujuan seperti membantu pembuatan keputusan penggunaan lahan, perencanaan pembangunan berkelanjutan, perlindungan sumber air tanah, mengidentifikasi daerah sensitif, melindungi dan *monitoring* daerah yang diprioritaskan dan pembelajaran untuk masyarakat umum (Stempvoort dkk.,1993). Selain metode *GOD* yang digunakan, terdapat metode analisis kerentanan air tanah lain seperti metode *AVI*, *DRASTIC*, *SINTACS*, dan *GALDIT*. Dalam penelitian ini yang akan digunakan adalah metode *GOD*. Berikut adalah penjelasan dari masing metode *GOD*.

1. **Metode *GOD* (*Groundwater Occurrence, Overlying Strata and Depth to Groundwater Table*)**

Metode *GOD* merupakan metode sederhana dan sistematis yang dapat digunakan studi kedepan untuk menentukan risiko pencemaran pada air tanah (Fraga dkk., 2013). Pembuatan peta kerentanan dilakukan dengan melakukan pembobotan pada tiga (3) parameter (Foster, 1987 dalam Foster dan Hirata, 1988) yaitu:

a. *Groundwater Occurance (G)*

Merupakan salah satu parameter dalam penentuan kerentanan air tanah terhadap pencemaran, dengan melakukan penentuan jenis akuifer pada suatu wilayah, seperti akuifer bebas, akuifer tertekan atau akuifer semi tertekan. Dari masing-masing jenis akuifer memiliki nilai pembobotan masing-masing (Gambar 2.6).

b. *Overlying Strata (O)*

Merupakan salah satu parameter dalam penentuan kerentanan air tanah terhadap pencemaran, yang menggambarkan litologi yang terdapat pada zona tidak jenuh air sebagai penutup akuifer. Litologi penutup akuifer seperti pasir, kerikil, lempung, yang mempunyai nilai bobot (Gambar 2.6).

c. *Depth to Groundwater table (D)*

Kedalaman muka air tanah merupakan salah satu parameter dalam penentuan kerentanan air tanah terhadap pencemaran. Nilai kedalaman muka air tanah diperoleh dengan melakukan pengukuran pada setiap sumur gali. Kedalaman muka air tanah digunakan untuk mengetahui seberapa lama waktu tempuh yang diperlukan kontaminan hingga mencapai akuifer.

Setelah melakukan pembobotan dari masing-masing parameter yang terdiri dari jenis akuifer, litologi penutup akuifer dan kedalaman muka air tanah, ketiga parameter dikalikan sehingga diperoleh bobot kerentanan hasil metode tumpang susun (*overlay*) tiga parameter, yang kemudian diklasifikasikan sesuai dengan tingkat kerentanan metode *GOD* (Gambar 2.6).

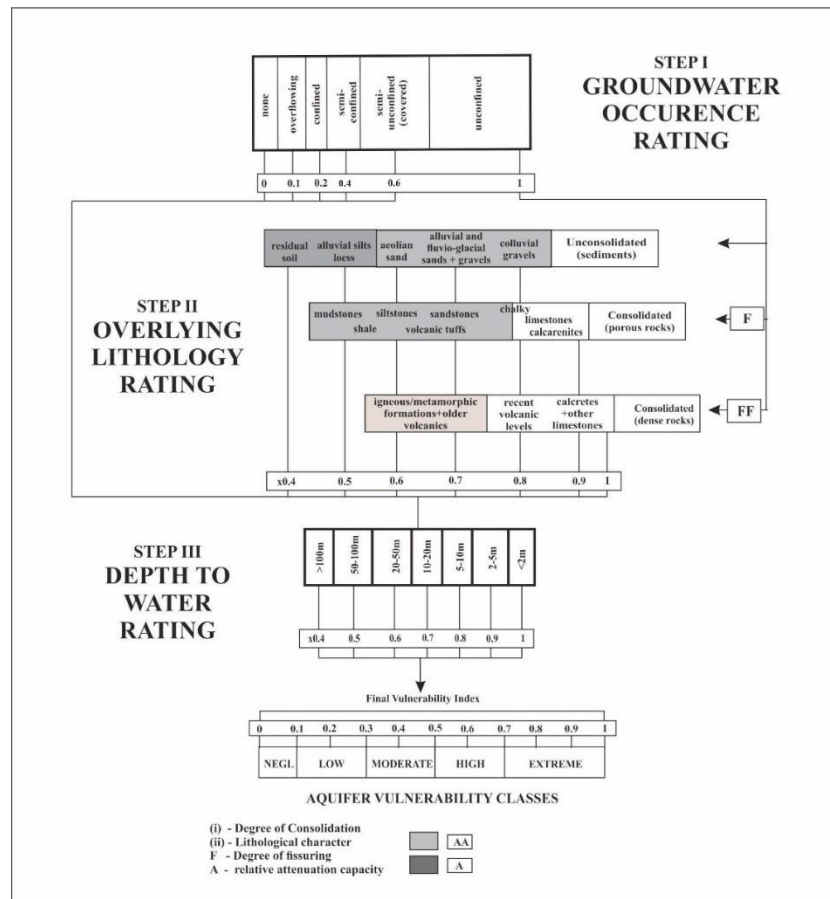
Hasil perkalian 3 parameter pada metode *GOD* diperoleh nilai dengan rentang 0-1, nilai 0 menunjukkan tingkat kerentanan terhadap pencemaran yang rendah, sedangkan nilai 1 menunjukkan tingkat kerentanan terhadap pencemaran tinggi. Contohnya untuk parameter *G*

akan mendekati nilai bobot 1 apabila jenis akuifernya bebas, sedangkan nilai bobot akan cenderung ke nilai 0 apabila jenis akuifernya tertekan. Parameter O nilai bobot akan rendah jika zona tidak jenuh air tersusun oleh material kompak dan kedap contohnya lempung, atau granit yang masih *fresh* sedangkan nilai akan tinggi apabila tersusun oleh material sedimen tidak kedap dan lepasan seperti batupasir, kerakal dan batugamping. Parameter D nilai bobot akan tinggi apabila muka air tanahnya rendah dan sebaliknya (Fraga dkk., 2013). Penentuan kerentanan sesuai dengan perkalian ketiga parameter metode *GOD* (Tabel 2.2).

Tabel 2. 2 Nilai Pengelompokan Kerentanan Terhadap Dampak Negatif Pencemaran Air Tanah

Kelas Kerentanan untuk pencemaran Air tanah	Nilai Akhir
Kerentanan sangat tinggi	0,71-1
Kerentanan tinggi	0,51-0,7
Kerentanan menengah	0,31-0,5
Kerentanan rendah	0,11-0,3
Kerentanan sangat rendah	0-0,1

(Foster, 1987, dalam Foster dan Hirata, 1988)



(Foster, 1987 dalam Foster dan Hirata, 1988).

Gambar 2. 6 Pembobotan Parameter Metode GOD untuk Penentuan Tingkat Kerentanan Air Tanah Terhadap Pencemaran

G. Risiko Pencemaran Air Tanah

Konsep dasar mengenai risiko kerentanan air tanah terhadap pencemaran adalah korelasi antara tingkat kerentanan air tanah dengan adanya kontaminan. Penentuan risiko kerentanan air tanah terhadap pencemaran, dapat dilakukan identifikasi tentang bagaimana jenis lingkungan ataupun batuan yang berada di sekitar akuifer untuk dapat mencegah terjadinya kontaminasi atau pencemaran oleh zat pencemar serta penentuan daerah yang masuk ke dalam kategori rawan terhadap pencemaran berdasarkan hasil evaluasi untuk dapat dilakukan pengawasan.

Peta risiko air tanah terhadap pencemaran, didapatkan melalui proses *overlay* antara peta kerentanan air tanah dengan Peta Tata Guna Lahan daerah penelitian. Faktor lain selain faktor lingkungan atau batuan sekitar akuifer serta

akuifer itu sendiri, faktor yang juga termasuk mempengaruhi risiko kerentanan air tanah terhadap pencemaran adalah tata guna lahan, karena tidak dapat dipungkiri bahwa limbah rumah tangga maupun limbah pabrik juga dapat berpengaruh kepada kerentanan air tanah terhadap pencemaran seperti yang dijelaskan dalam Tabel 2.3 di bawah ini.

Tabel 2. 3 Nilai Tata Guna Lahan

Penggunaan lahan	Nilai
Kawasan cagar budaya, kebun binatang, hutan	1
RTH, jalan, rel KA, pemakaman	2
Tempat ibadah, kesehatan, pendidikan, pergudangan	3
Permukiman, perdagangan dan jasa, perkantoran, perumahan, terminal dan stasiun	4
Kawasan industri, TPA Sampah, sungai	5

(Hendrayana, dkk. 2015, dimodifikasi)

Penentuan nilai risiko air tanah terhadap pencemaran digunakan perangkat lunak untuk mengolah hasil dari parameter yang ada. Perangkat lunak yang digunakan adalah *ArcGIS 10.4*. Penentuan nilai risiko kerentanan dilakukan dengan menjumlahkan nilai dari kerentanan air tanah terhadap pencemaran dan tata guna lahan yang telah dilakukan penilaian. Pada penggunaan lahan sungai dilakukan modifikasi dari sebelumnya diberi nilai 2, pada kasus ini di berikan nilai 5, karena sungai yang ada di kota pekalongan sudah tercemar.

BAB III

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian menciptakan paradigma baru terhadap perkembangan ilmu pengetahuan. Hasil paradigma baru biasanya tidak mencukupi dan disediakan untuk perubahan selanjutnya. Hal tersebut bergantung pada data dan fakta yang diperoleh dan dianalisis berdasarkan kaidah ilmiah. Masalah kuantitatif memiliki wilayah yang luas dan tingkat variasi yang kompleks. Instrumen yang digunakan telah ditentukan dan ditata dengan baik. Untuk menciptakan validitas yang tinggi juga diperlukan kecermatan dalam proses penentuan sampel, pengambilan data dan penentuan alat analisisnya.

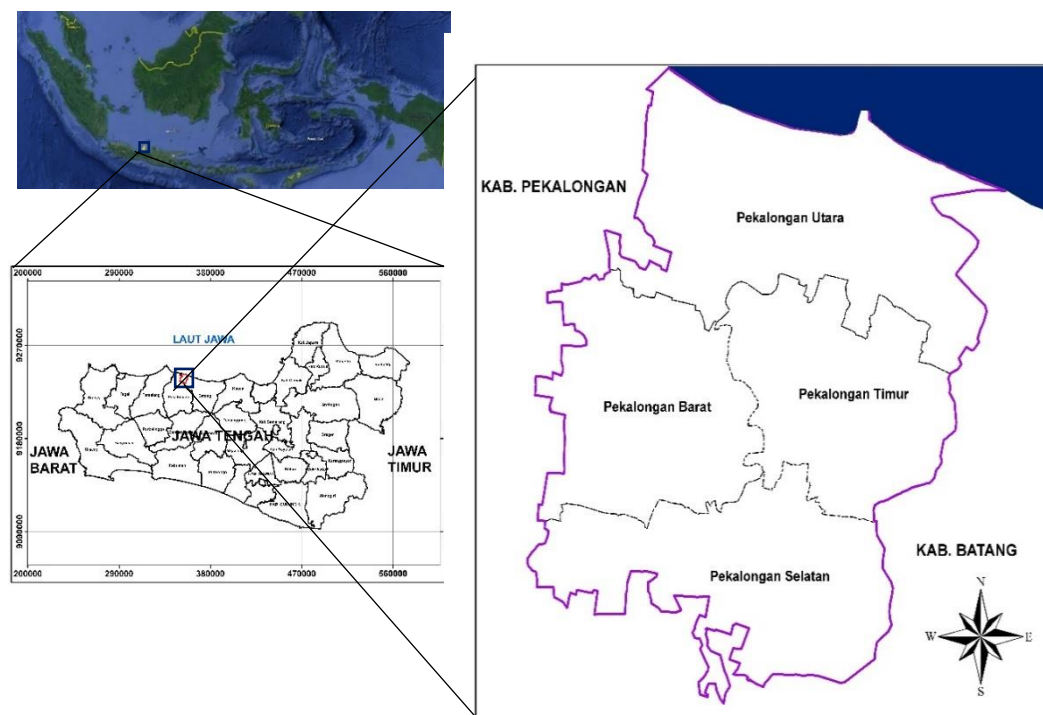
Penelitian deskriptif merupakan penelitian yang memberikan gambaran lebih jelas tentang suatu kondisi. Penelitian deskriptif (*descriptive research*) dimaksudkan untuk eksplorasi dan klarifikasi terkait sesuatu fenomena yang sedang terjadi dengan cara mendeskripsikan variabel yang berkenaan dengan masalah dan unit yang diteliti. Pada suatu penelitian deskriptif, tidak menggunakan dan tidak melakukan pengujian hipotesis (Mulyadi, 2013). Dengan demikian, studi penyusunan zona risiko kerentanan air tanah terhadap pencemaran menggunakan metode *Groundwater, Occurance, Overlaying Lithology Depth Of Groundwater (GOD)* sebagai upaya peningkatan kualitas lingkungan hidup di Kota Pekalongan menggunakan metodologi penelitian deskriptif kuantitatif.

A. Lokasi dan Waktu Pelaksanaan

1. Lokasi Studi

Lokasi studi penyusunan zona risiko kerentanan air tanah terhadap pencemaran menggunakan metode *Groundwater, Occurance, Overlaying Lithology Depth Of Groundwater (GOD)* sebagai upaya peningkatan kualitas lingkungan hidup berada di Kota Pekalongan, Provinsi Jawa Tengah. Kota Pekalongan dianggap strategis karena letaknya pada perlintasan Jakarta – Semarang. Kota Pekalongan memiliki 27 kelurahan, 337 Rukun Warga dan 1.640 Rukun Tetangga. Kota Pekalongan secara

topografis terletak pada dataran rendah pantai Utara Pulau Jawa dengan ketinggian lahan antara 0 - 10 meter dpl. Keseluruhan wilayah berada pada kemiringan lereng 0-8% artinya sangat datar bahkan di beberapa tempat tertentu telah teridentifikasi memiliki ketinggian di bawah permukaan air laut seperti di Kawasan Pabean Kelurahan Padukuhan Kraton Kecamatan Pekalongan Utara akibat penurunan permukaan tanah (*land subsidence*) (Yulianto *et al.*, 2019). Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3. 1 Orientasi Wilayah Kota Pekalongan

2. Waktu Pelaksanaan

Pelaksanaan studi penyusunan zona risiko kerentanan air tanah terhadap pencemaran menggunakan metode *Groundwater Occurance, Overlaying Lithology Depth Of Groundwater (GOD)* sebagai upaya peningkatan kualitas lingkungan hidup di Kota Pekalongan dilaksanakan dalam jangka waktu 5 (lima) bulan sesuai dengan rencana jadwal seperti tertera di Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3. 1 Rencana Waktu Pelaksanaan Studi

No.	Uraian Kegiatan	Bulan ke				
		I	II	III	IV	V
1.	.Persiapan Peta Dasar	V				
2.	Pengumpulan dan Telaah Data Sekunder	V	V			
3.	Survey Lapangan		V			
4.	Pengolahan dan Analisis Data Lapangan			V		
5.	Penyusunan Peta-Peta Tematik			V		
6.	Penyusunan Draft Laporan Kemajuan				V	
7.	Laporan Kemajuan				V	
8.	Penyusunan Draft Laporan Akhir dan Paper Jurnal Litbang				V	
9.	Presentasi Laporan Akhir				V	
10.	Pengumpulan Laporan Akhir					V

B. Metode Pengumpulan Data

1. Pengumpulan dan Telaah Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang sudah tersedia baik yang bersifat langsung digunakan atau data yang perlu ditelaah kembali, jenis data ini antara lain:

- Kondisi Geologi, meliputi: telaah morfologi, stratigrafi, (umur dan jenis batuan), struktur geologi dan yang paling penting adalah data keberadaan dan penyebaran lapisan pembawa Air Tanah (akuifer) baik secara vertikal dan horizontal
- Kondisi Hidrogeologi (permukaan dan bawah permukaan), meliputi: telaah pengelompokan unit hidrogeologi berdasarkan jenis dan sikap batuan terhadap air. Penyebaran litologi akuifer baik secara vertikal maupun horizontal
- Peta RTRW Kota Pekalongan
- Data umum dan informasi litologi akuifer bawah permukaan tanah
- Data tata guna lahan
- Data karakteristik, jenis maupun permeabilitas tanah
- Data kependudukan
- Data lainnya yang berkaitan dengan Air Tanah setempat

- Laporan terdahulu dan data-data lain yang terkait dengan ruang lingkup studi
- Peta Rupa Bumi Bakosurtanal skala 1:25.000
- Peta Administrasi Daerah Penelitian skala 1:50.000
- Peta Hidrogeologi Skala 1:100.000
- Peta Geologi Skala 1:100.000

2. Pengambilan Data Primer

Survei lapangan yang dilakukan berdasarkan titik minatan hidrogeologi yang bersumber kepada sumber daya air tanah. Sumberdaya air tanah yang dicari yakni air tanah bebas. Selain itu dalam survei di lapangan dilakukan kegiatan sebagai berikut.

a. Survei Geologi

Evaluasi geologi dan hidrogeologi merupakan kajian terhadap parameter atau unsur-unsur fisik batuan yang berhubungan dengan sistem air tanah, baik yang menyangkut kuantitas maupun kualitasnya diantaranya jenis batuan yang berpotensi sebagai akuifer berdasarkan hasil pemetaan geologi terdahulu, macam litologi dan penyebaran secara lateral dan vertikal.

b. Pengamatan dan pengukuran sumber air tanah akuifer bebas:

- Mencatat nomor pengamatan, lokasi, dan koordinat
- Menentukan lokasi sumber air tanah di peta lapangan dan mencatat ketinggiannya dari muka laut
- Mengamati dan mengukur sifat fisik air meliputi warna bau, rasa
- Mengamati litologi akuifer
- Mendata pemanfaatan sumur gali untuk keperluan domestik, irigasi, dll.

c. Pengujian kualitas air tanah berupa pH dan DHL pada setiap sampel air tanah yang diambil.

C. Metode Analisis Data

Tahap pengolahan dan analisis data dilakukan terhadap parameter hidrogeologi dan geologi. Analisis data yang dibutuhkan menyangkut jenis akuifer, tutupan akuifer, dan kedalaman muka air tanah (Peta skala 1:50.000), dan tata guna lahan wilayah penyelidikan. Perhitungan nantinya dibutuhkan dalam rangka penentuan zonasi risiko tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran di Kota Pekalongan. Pengolahan data berbasis sistem informasi geografis menggunakan aplikasi Surfer 11 dan ArcGIS 10.4. Dari hasil pengolahan data tersebut dihasilkan peta kerentanan air tanah terhadap pencemaran menggunakan metode GOD dengan skala 1: 20.000 dan risiko kerentanan air tanah dihasilkan dari peta kerentanan GOD di *overlay* dengan peta RTRW Kota Pekalongan.

BAB IV ANALISIS DATA

Telaah dan analisis data dilakukan terhadap hasil pengumpulan data sekunder dan primer. Hasil telaah menggambarkan karakteristik wilayah kota pekalongan dan berbagai kondisi yang disampaikan dalam bentuk narasi, diagram, tabel maupun peta, sebagai bahan pembahasan pada bab selanjutnya.

A. Demografi

Kota Pekalongan secara geografis memiliki potensi strategis, karena dilalui jalur transportasi regional yang menghubungkan antara wilayah Provinsi Jawa Barat dengan Jawa Tengah dan mempunyai jalur transportasi antar kabupaten antara lain Kabupaten Pekalongan, Batang, Pemalang dan Banjarnegara. Untuk jarak terjauh Kota Pekalongan dari utara ke selatan mencapai ± 9 Km, sedangkan dari barat ke timur mencapai ± 7 Km. Kota Pekalongan memiliki garis pantai sepanjang $+ 6,15$ Km dengan kecamatan pesisir terletak di Kecamatan Pekalongan Utara.

Kota Pekalongan mempunyai 4 kecamatan yang terbagi menjadi 27 kelurahan yaitu Kecamatan Pekalongan Utara (7 kelurahan), Kecamatan Pekalongan Timur (7 kelurahan), Kecamatan Pekalongan Barat (7 kelurahan), dan Kecamatan Pekalongan Selatan (6 kelurahan). Rincian luas per kelurahan terdapat pada **Error! Reference source not found.** 4.1 dan Gambar 4.1.

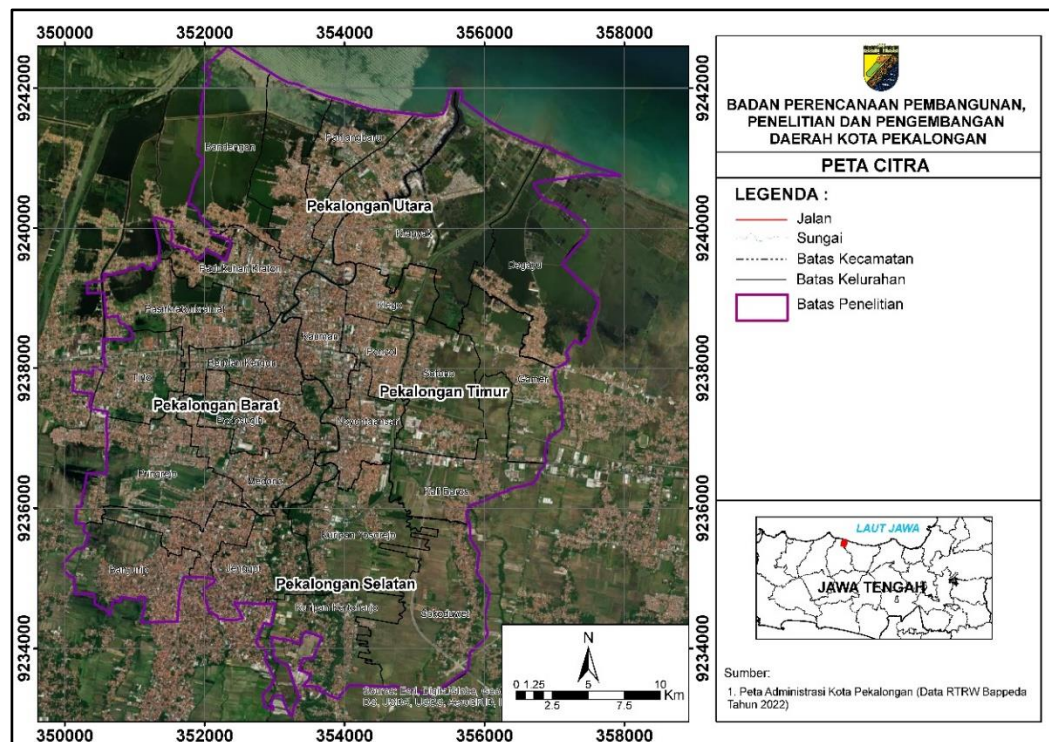
Tabel 4. 1 Luas Administrasi Kelurahan Kota Pekalongan

No	Kecamatan	Kelurahan	Luas Wilayah (km ²)
1.	Pekalongan Barat	Medono	1,27
		Podosugih	0,99
		Titro	1,47
		Pringrejo	2,36
		Sapurokebulen	0,85
		Bendankergon	1,12
		Pasirkratonkramat	1,97
	Total		10,05
2.	Pekalongan Timur	Kauman	1,46
		Poncol	0,62
		Klego	0,85
		Gamer	1,70
		Noyontaansari	0,90
		Setono	1,79
		Kalibaros	2,20
	Total		9,52

No	Kecamatan	Kelurahan	Luas Wilayah (km ²)
3.	Pekalongan Selatan	Jenggot	1,57
		Banyurip	1,77
		Buaran kradenan	0,93
		Kuripan Kertoarjo	2,14
		Kuripan Yosorejo	2,86
		Sokoduwet	1,53
	Total		10,80
4.	Pekalongan Utara	Bandengan	2,21
		Kandangpanjang	1,51
		Panjang Wetan	1,41
		Degayu	3,37
		Panjang Baru	0,94
		Krapyak	3,79
		Padukuhan Kraton	1,65
	Total		14,88

Sumber : (Badan Pusat Statistik Kota Pekalongan, 2021)

Jumlah penduduk Kota Pekalongan tahun 2020 sejumlah 307.150 jiwa. Wilayah Kecamatan dengan jumlah penduduk tertinggi berada di wilayah pekalongan barat sebesar 94.829 jiwa. Wilayah Pekalongan Selatan memiliki jumlah penduduk terendah sejumlah 65.176 jiwa. Kepadatan penduduk mengalami peningkatan secara kontinyu setiap tahun (abel 4.2). Wilayah dengan penduduk terpadat berada di Kecamatan Pekalongan Barat, sedangkan wilayah dengan kepadatan penduduk terendah berada di Kecamatan Pekalongan Utara.



Gambar 4. 1 Citra Kota Pekalongan

Tabel 4. 2 Kepadatan Penduduk Kota Pekalongan

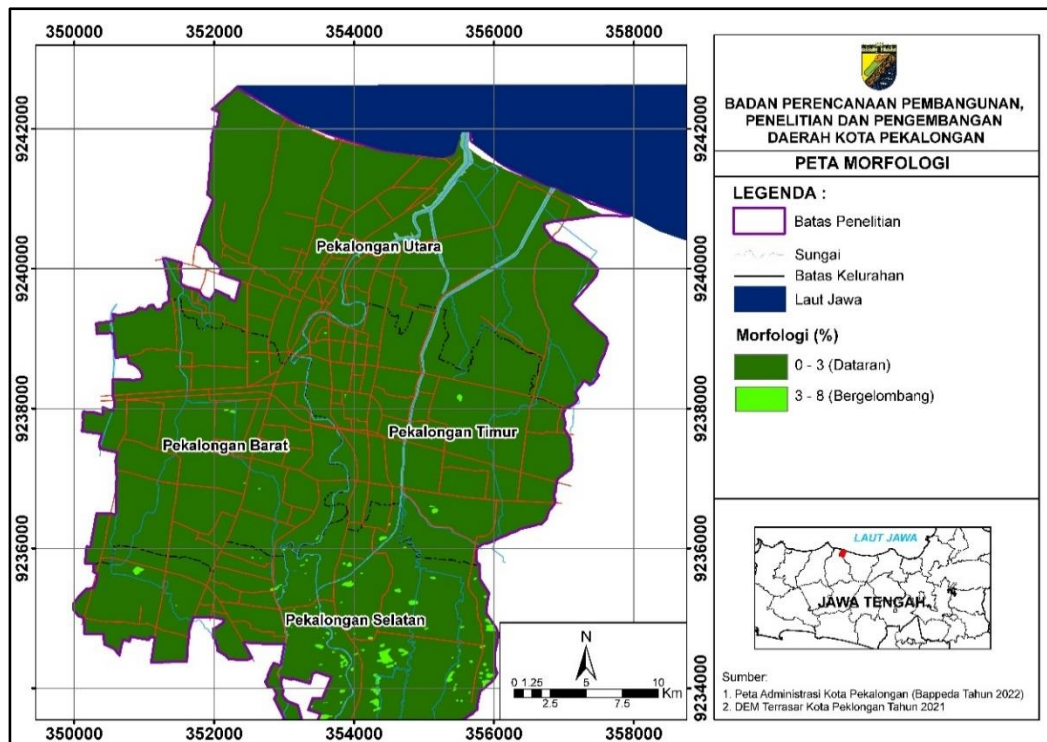
	Tahun							
	1993	1998	2003	2008	2013	2018	2019	2020
Kepadatan penduduk (jiwa/km)	5.385	5.418	5.839	6.053	6.428	6.729	6.787	6.787

Sumber : (Badan Pusat Statistik Kota Pekalongan, 2021)

Potensi peningkatan kebutuhan air dapat dilihat dari adanya laju pertumbuhan yang cukup tinggi di Kota Pekalongan. Laju pertumbuhan penduduk tahun 2020 mencapai 0,85. Laju pertumbuhan tertinggi terjadi di kecamatan pekalongan selatan sebesar 1,64, sedangkan laju pertumbuhan penduduk terendah berada di Kecamatan Pekalongan Utara sebesar 0,43 (BPS Kota Pekalongan 2021). Peningkatan jumlah penduduk ini sangat berpengaruh terhadap pencemaran air tanah.

B. Morfologi

Kota Pekalongan merupakan wilayah dataran rendah di pantai utara Pulau Jawa dengan ketinggian lahan antara 1 meter di atas permukaan laut pada wilayah bagian utara sampai tertinggi 10 meter pada wilayah bagian selatan. Berdasarkan data DEM (*Digital Elevation Model*) hasil interpolasi titik tinggi RBI yang telah ada, seluas 45% dari wilayah Kota Pekalongan memiliki ketinggian dibawah 1 meter dengan luas 2101,54 ha, dan 54% merupakan wilayah dengan ketinggian 1-5 meter dengan luas 2527,28 ha, sedangkan untuk wilayah dengan ketinggian diatas 5 meter hanya 1% dari luas wilayah keseluruhan yaitu 32,19 ha. Morfologi Kota Pekalongan sebagian besar bentuknya datar dengan kemiringan lereng 0 – 3%. Wilayah dengan morfologi bergelombang landai berada di wilayah kelurahan Kuripan Kertoharjo, Kuripan Yosorejo, Sokoduwet, Kali Baros, Gamer, Setono, dan Banyuurip (Gambar 4.2).

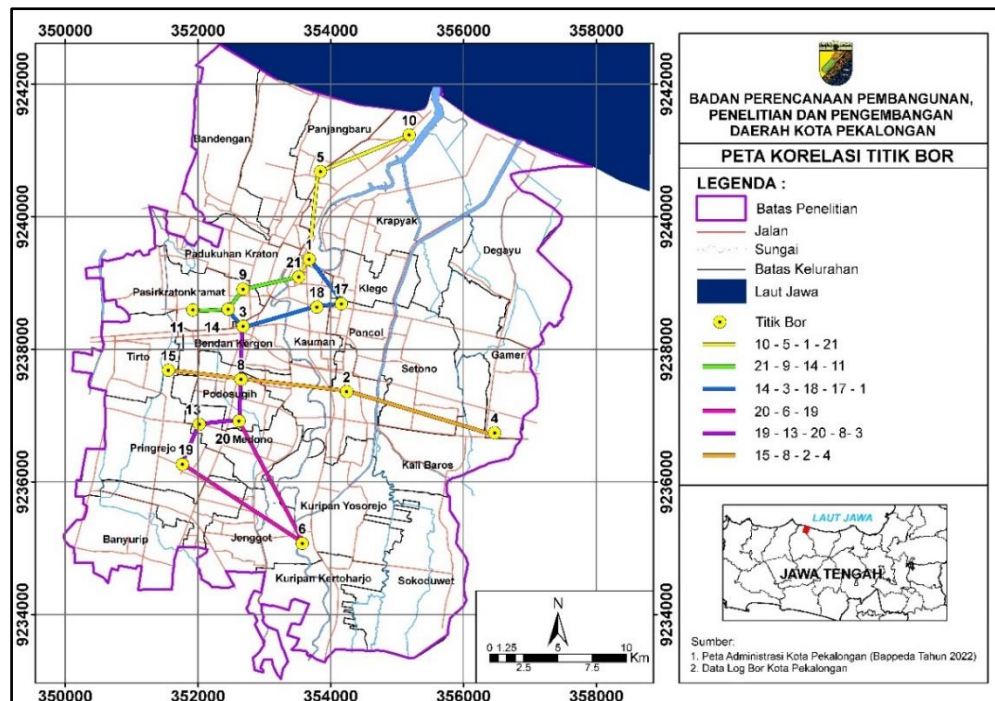


Gambar 4. 2 Morfologi Kota Pekalongan

C. Litologi

1. Kondisi Bawah Permukaan Daerah Penelitian

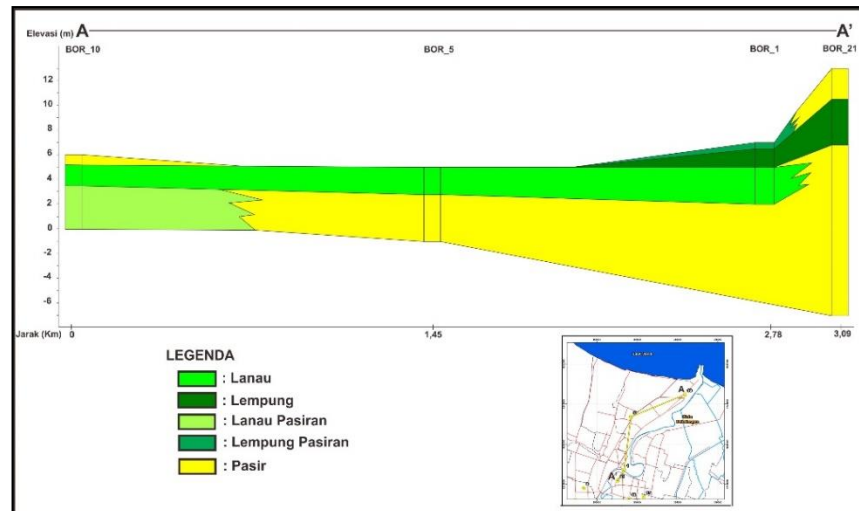
Dalam kegiatan mengetahui dan memahami persebaran lapisan bawah permukaan daerah penelitian sekitarnya, dengan menggunakan data bor pada daerah penelitian. Data bor yang didapatkan berjumlah 18 titik yang tersebar di lokasi penelitian dan secara sistematis terdapat di peta titik dan korelasi titik bor (Gambar 4.3). Dari data bor yang didapatkan, dapat diketahui jenis litologi daerah penelitian. Jenis litologi tersebut sebagai berikut: lempung, lanau, lempung pasir, lanau pasir, pasir.



Gambar 4. 3 Peta Korelasi Data Bor

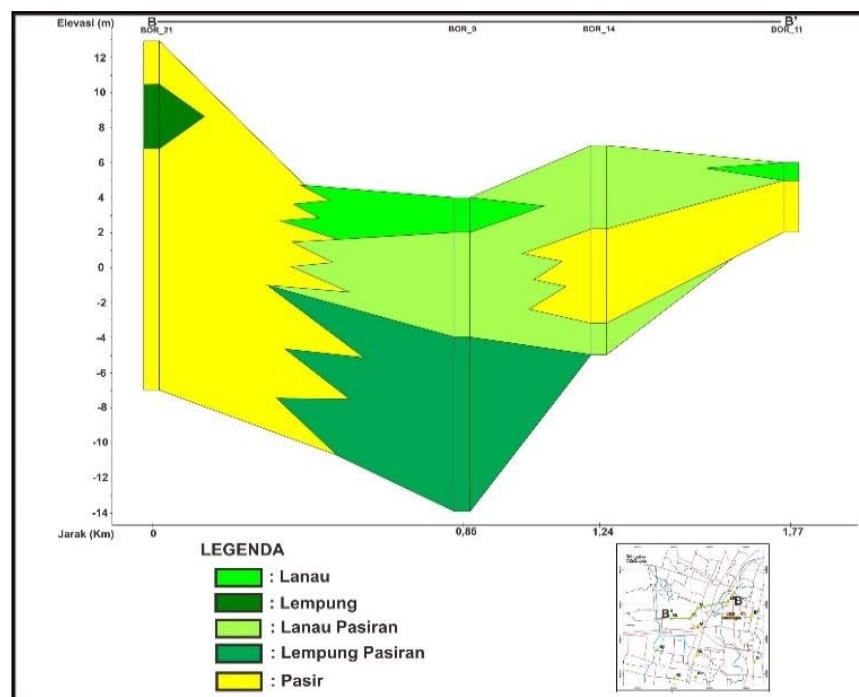
Hasil pengeboran di lapangan dapat dikorelasikan untuk mengetahui gambaran persebaran litologi yang ada di daerah penelitian. Korelasi pada tiap titik dilakukan dengan memperhatikan jenis litologi pada tiap titik bor (Gambar 4.3). Terkait dengan data hasil pengeboran yaitu penampang litostratigrafi melalui sayatan bawah permukaan, dapat ditinjau pada bagian berikut ini:

- a. Sayatan A-A' yang berarah timur laut – barat daya melewati titik 10, 5, 1, dan 21 yang berada pada Kecamatan Pekalongan Timur dan Pekalongan Utara (Gambar 4.4). Sayatan ini secara keseluruhan melintasi Formasi Aluvium. Sayatan A-A' terdiri atas lanau, lempung, lanau pasir, lempung pasir, dan pasir. Lapisan pasir yang tebal dan menerus ditemukan dari titik 21 hingga menipis ke titik 5. Lapisan pasir ditemukan setempat di titik 19 dan titik 2. Lapisan lanau ditemukan menerus dari titik 19 hingga titik, dan tidak menerus ke titik 21. Lapisan lempung ditemukan di titik 21 dan menipis ke titik 1. Sementara itu lapisan lanau pasir ditemukan setempat di titik 10.



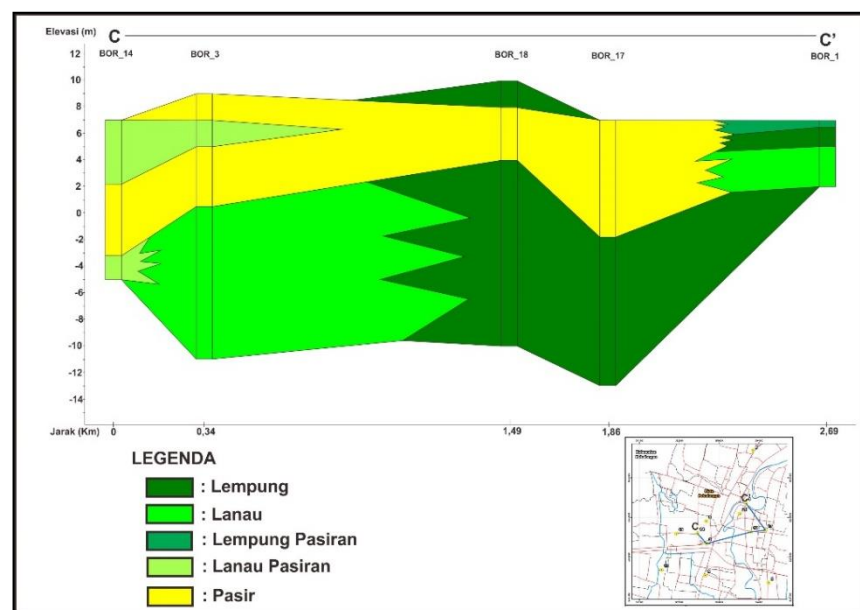
Gambar 4. 4 Profil Korelasi Titik A – A’

- b. Sayatan B-B’ yang berarah timur-barat melewati titik 21, 9,14, dan 11 yang berada pada Kecamatan Pekalongan Timur dan Pekalongan Barat (Gambar 4.5). Apabila dikaitkan dengan peta geologi, sayatan ini secara keseluruhan melintasi Formasi Aluvium. Sayatan B-B’ terdiri atas lanau, lempung, lanau pasiran, lempung pasiran, dan pasir. Lapisan lempung ditemukan setempat pada titik 21 dengan ketebalan 3,7 m. Lanau ditemukan setempat di titik 9 dan 11 dengan ketebalan 2 m dan 0,75 m. Pasir ditemukan di titik 21 dengan ketebalan 17,3 m dan titik 11 dengan ketebalan 3,25 m. Lanau pasiran ditemukan di titik 9 menerus ke titik 14. Lempung pasiran hanya ditemukan di titik 9 dengan ketebalan ± 10 m.



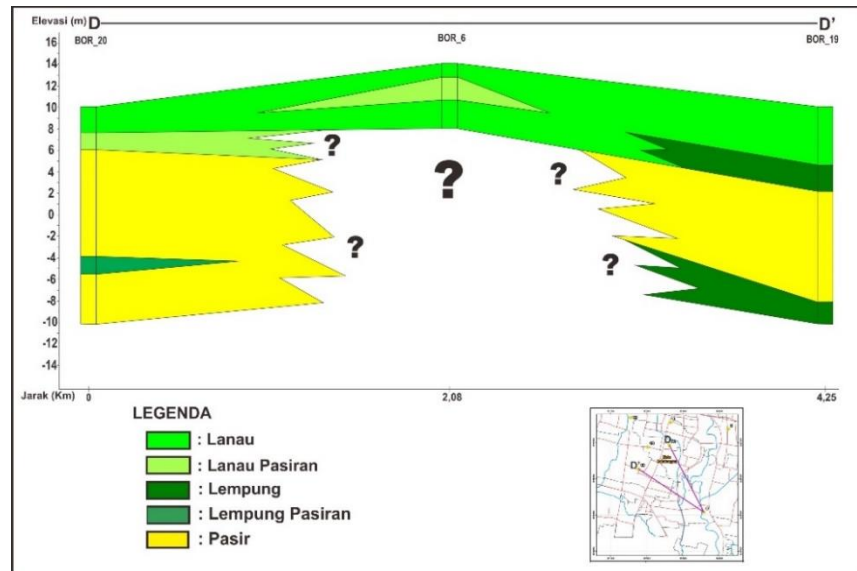
Gambar 4. 5 Profil Korelasi Titik B – B’

- c. Sayatan C-C' melewati titik 14, 3, 18, 17, dan 1, yang berada pada Kecamatan Pekalongan Timur, Barat, dan Utara (Gambar 4.6). Apabila dikaitkan dengan peta geologi, sayatan ini secara keseluruhan melintasi Formasi Aluvium. Sayatan C-C' terdiri atas lempung, lanau, lempung pasir, lanau pasir, dan pasir. Lapisan lempung tebal ditemukan pada titik 18, titik 17, dan titik 1. Pasir ditemukan pada titik 14 menerus ke titik 3, 18, dan 17 dengan ketebalan 4,8 m, 6 m, 4 m, 9,3 m. Lempung pasir ditemukan setempat di titik 1 dengan ketebalan 0,5 m. Lanau ditemukan di titik 3 dan 1 dengan ketebalan 28 m dan 3 m. Lanau pasir ditemukan di titik 14 dan 3.



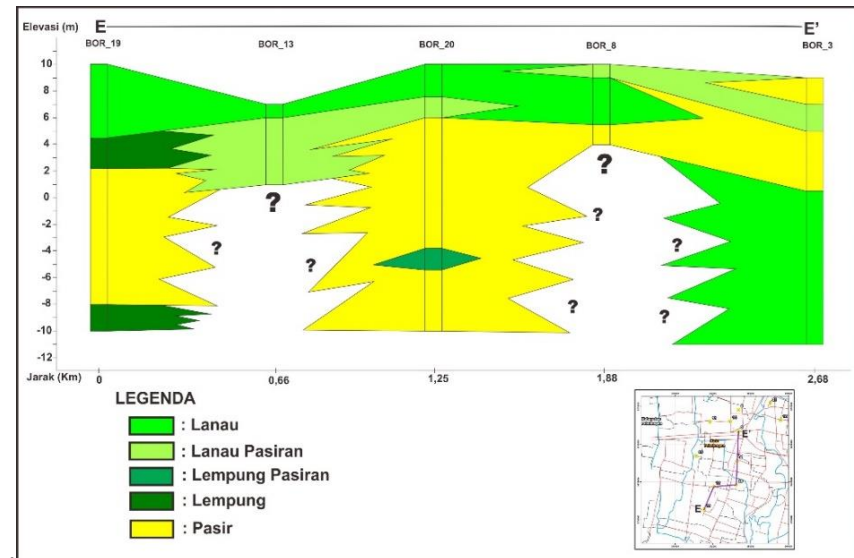
Gambar 4. 6 Profil Korelasi Titik C-C'

- d. Sayatan D-D' melewati titik 20, 6, dan 19, yang berada pada Kecamatan Pekalongan Barat dan Selatan (Gambar 4.7). Apabila dikaitkan dengan peta geologi, sayatan ini secara keseluruhan melintasi Formasi Aluvium. Sayatan D-D' terdiri atas lanau, lanau pasir, lempung, lempung pasir, dan pasir. Lapisan lanau ditemukan pada ketiga titik. Lapisan lanau pasir ditemukan setempat di titik 20 dan 6 dengan ketebalan 2,4 m dan 2,1 m. Lapisan pasir ditemukan di titik 20 dan 19 dengan ketebalan 12,2 m dan 10,2 m. Lempung hanya ditemukan di titik 19 dengan ketebalan total 4,6 m. Lempung pasir hanya ditemukan di titik 20 dengan tebal 1,6 m.



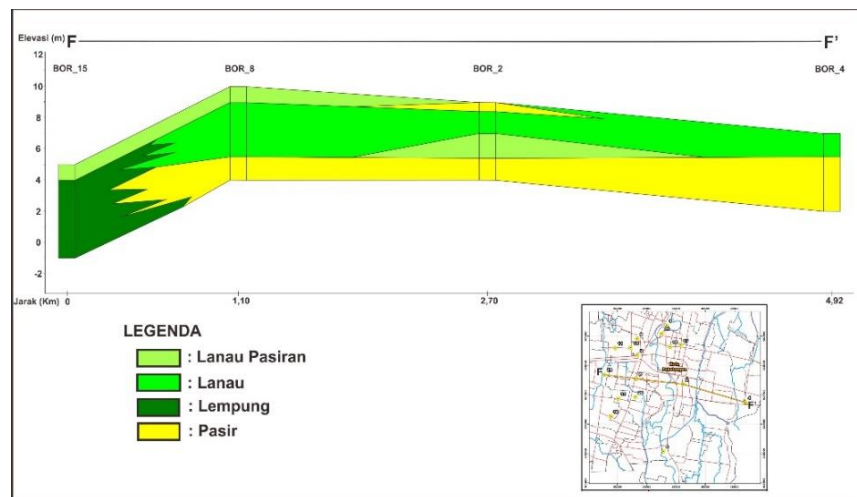
Gambar 4. 7 Profil Korelasi Titik D-D'

- e. Sayatan E-E' berarah selatan - utara melewati titik 19, 13, 20, 8, dan 3 yang berada pada Kecamatan Pekalongan Barat (Gambar 4.8). Apabila dikaitkan dengan peta geologi, sayatan ini secara keseluruhan melintasi Formasi Aluvium. Sayatan E-E' terdiri atas lanau, lanau pasir, lempung pasir, lempung, dan pasir. Lapisan lempung ditemukan setempat pada titik 19 di kedalaman 5,2 m dengan total ketebalan 4,6 m. Lapisan lanau ditemukan di titik 19, 13, 20, dan 8. Lapisan pasir ditemukan di titik 19, 20, 8, dan 3 dengan ketebalan 10, 2 m, 12 m, 1,3 m, dan 6 m. lapisan lanau pasir ditemukan di titik 13, 20, 8, dan 3. Lapisan lanau ditemukan menerus dari titik 19, 13, 20, dan 8, tetapi pada titik 13 lapisan lanau ditemukan di elevasi lebih rendah dari titik 19 hal ini dikarenakan erosi lebih intensif di titik 13. Pada titik 3 ditemukan lapisan lanau pada kedalaman 9 m.



Gambar 4. 8 Profil korelasi titik E-E'

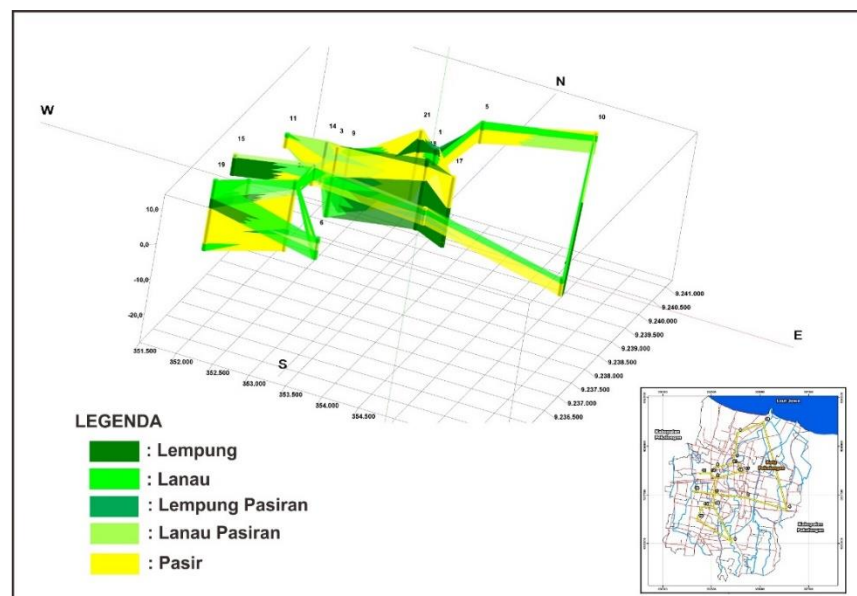
- f. Sayatan F-F' berarah barat-timur melewati titik 15, 8, 2, dan 4, yang berada pada Kecamatan Pekalongan Barat dan Timur (Gambar 4.9). Apabila dikaitkan dengan peta geologi, sayatan ini secara keseluruhan melintasi Formasi Aluvium.



Gambar 4. 9 Profil Korelasi Titik F-F'

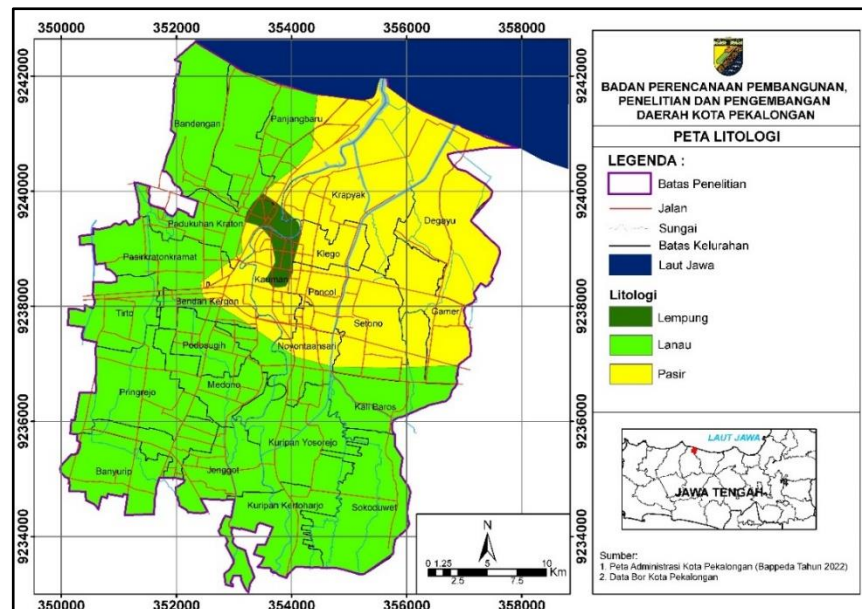
Sayatan F-F' terdiri atas lanau pasiran, lanau, lempung dan pasir. Lapisan lempung ditemukan setempat pada titik 15 dengan ketebalan 5 m. Lapisan lanau pasiran ditemukan di titik 15 menerus ke titik 8, lapisan ini dekat dengan permukaan. Pada titik 2 ditemukan lanau pasiran dikedalaman 2 m. Lapisan lanau ditemukan di titik 8, 2, dan 4. Lapisan pasir ditemukan di titik 8, 2, dan 4 dengan ketebalan bervariasi 1,3 m, 1,4 m, dan 4,15 m.

- g. Korelasi diagram pagar berarah selatan – utara dari titik 6 melewati seluruh titik 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, dan 21, yang berada pada Kecamatan Pekalongan Selatan, Pekalongan Barat, Pekalongan Timur, dan Pekalongan Utara (Gambar 4.10). Apabila dikaitkan dengan peta geologi, sayatan ini melintasi Formasi Aluvium. Dari data bor tersebut ditemukan lapisan pasir yang sangat tebal pada titik 19 dan 20 menipis ke arah titik 8. Lapisan pasir juga di temukan di titik 5 dan menerus ke titik 17, 18, 3, 4, 11, dan 8. Lapisan pasir bertindak sebagai akuifer. Lapisan lempung tebal ditemukan di 17 dan menerus ke titik 18. Lempung ditemukan setempat di titik 19 dan 15, 21, 8. Lapisan lempung bertindak sebagai akuiklud. Lapisan lanau pasir ditemukan setempat di titik 10, 20, 2, 6 dan titik 14 yang menerus ke titik 3, 8, dan 15. Lapisan lanau ditemukan di titik 19 menerus ke titik 6, 13, 20, 8, 2, 4, 10, 5, dan 1. Lanau ditemukan setempat di titik 9 dan 11. Lapisan lempung pasir ditemukan setempat di titik 1, 9, dan 20.



Gambar 4. 10 Korelasi Diagram Pagar

Dari titik bor tersebut didapatkan peta jenis litologi berdasarkan penutup akuifer yaitu terdiri dari pasir, lanau, dan lempung. Persebarannya dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut ini.



Gambar 4. 11 Peta Litologi

D. Titik Minatan Hidrogeologi

Dalam penelitian terkait kerentanan yang dilakukan, fokus utama dari kajian adalah kondisi dari akuifer tidak tertekan, atau akuifer bebas yang berhubungan dengan kondisi permukaan. Mengacu pada kondisi ini, penggunaan data muka air tanah dangkal yang dijadikan acuan adalah yang berasal dari akuisisi data sumur gali.

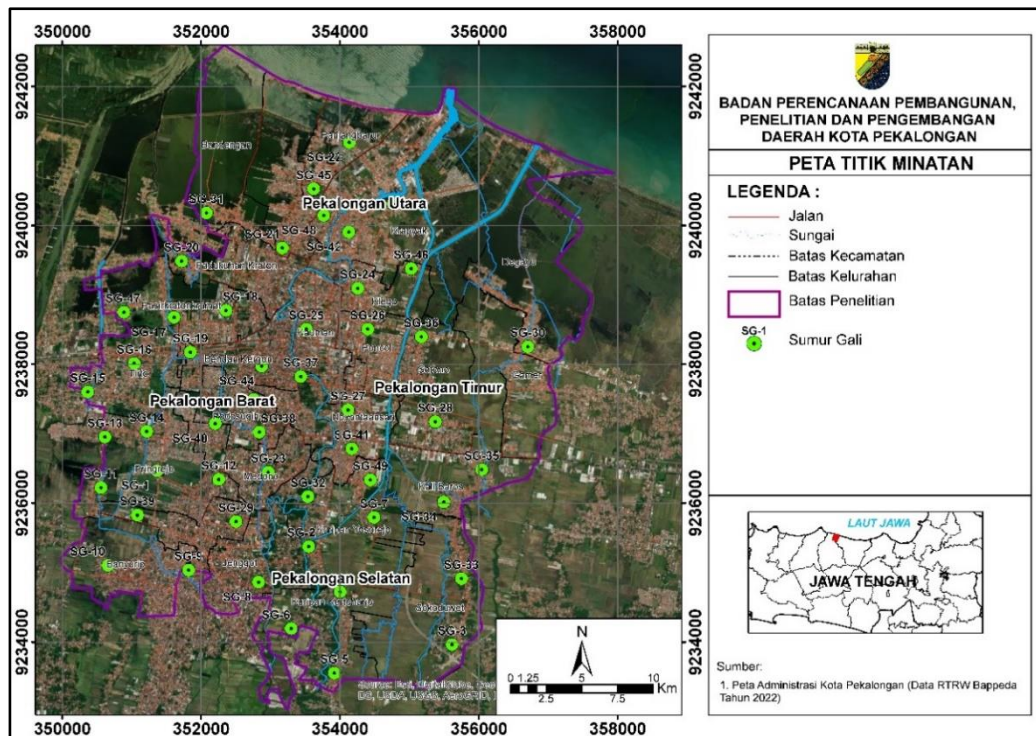


(a)

(b)

Gambar 4. 12 (a) Pengukuran Kedalaman Muka Air Tanah. (b) Pengambilan Data Titik Minatan Sumur Gali Pada Daerah Penelitian

Pengambilan data titik sumur gali yang dilakukan secara langsung (Gambar 4.12) meliputi data nama daerah wilayah sumur gali, titik koordinat sumur gali, pengukuran elevasi sumur gali, pengukuran muka air tanah sumur gali, pengukuran kedalaman sumur yang dilakukan sebanyak 50 titik sumur gali, dengan rincian: di Kecamatan Pekalongan Selatan 14 titik, Pekalongan Barat 17 titik, Pekalongan Utara 8 titik, dan Pekalongan Timur 11 titik (Tabel 5.7). Persebaran titik lokasi sumur gali di daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.13.

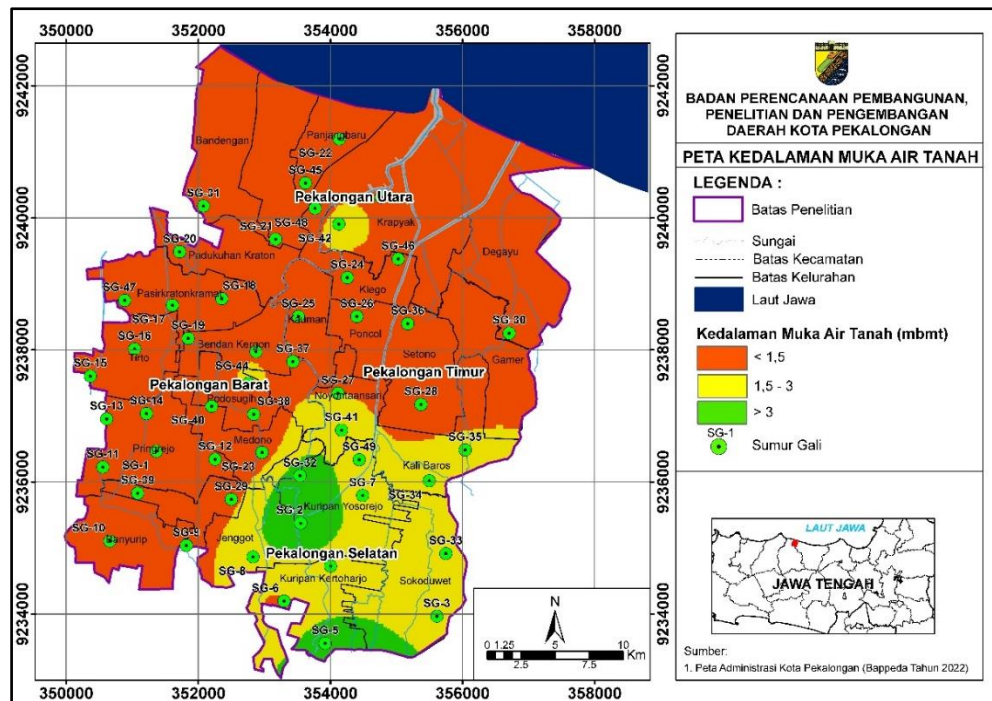


Gambar 4. 13 Peta Titik Minatan Sumur Gali Daerah Penelitian

1. Kedalaman Muka Air Tanah

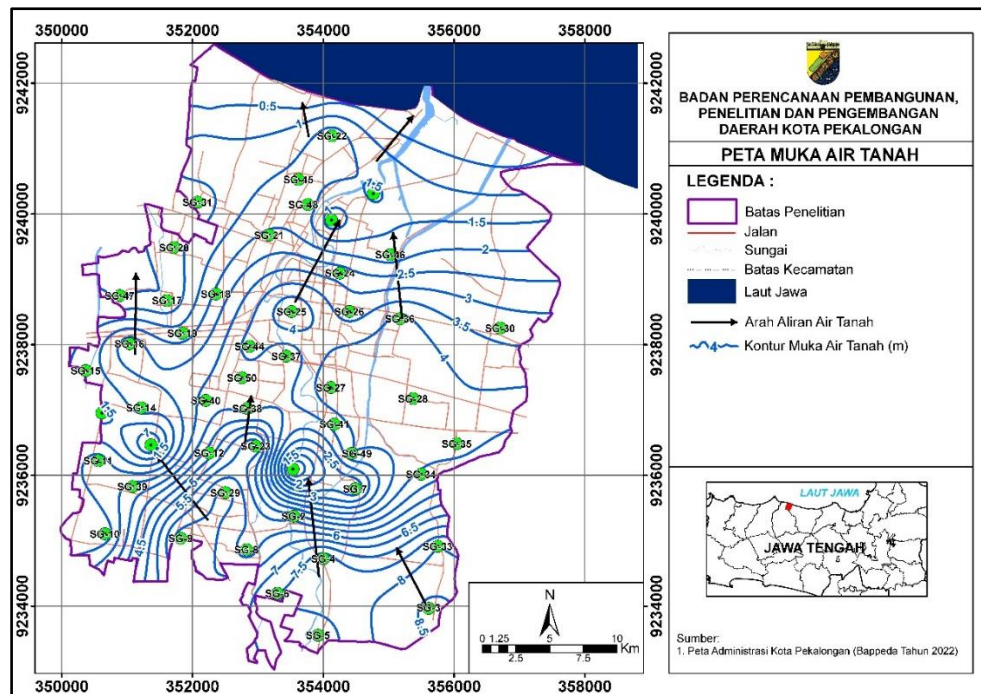
Kedalaman muka air tanah dari hasil pengukuran berkisar antara 0,1 – 3,8 mbmt, kemudian kedalaman muka air tanah Kota Pekalongan diklasifikasikan dalam 3 (tiga) level yaitu 0 – 1,5 mbmtr; 1,5 – 3 mbmt; dan diatas 3 mbmt. Wilayah pekalongan bagian utara, timur dan barat memiliki kedalaman air tanah tidak lebih dari 1,5 mbmt dan 1,5 – 3 mbmt (Gambar 4.14).

Wilayah Kecamatan Pekalongan Selatan memiliki 3 level muka air tanah tersebut, di mana di wilayah ini juga memiliki muka tanah yang lebih tinggi juga dibanding wilayah lain di Kota Pekalongan. Data tersebut merupakan data primer hasil survei lapangan. Arah aliran air tanah cenderung dari Selatan ke Utara.



Gambar 4. 14 Peta Kedalaman Muka Air Tanah Kota Pekalongan

Muka air tanah pada sistem akuifer tidak tertekan berada pada kedudukan untuk titik terdangkal yaitu 0,2 mdpl di Kelurahan Kuripan Yosorejo, Kecamatan Pekalongan Selatan, sedangkan titik terdalam yaitu 8,6 mdpl di Kelurahan Sokoduwet, Kecamatan Pekalongan Selatan. Hasil pengukuran kedalaman muka air tanah tidak tertekan tersebut kemudian dilakukan interpolasi untuk menghasilkan peta kontur muka air tanah akuifer tidak tertekan daerah penelitian (Gambar 4.15). Batas yang memisahkan daerah dengan pori-pori/rongga yang jenuh air dengan daerah yang tidak jenuh disebut Muka Air Tanah (MAT). Zona erosi (aeration) adalah zona yang dibatasi MAT dan permukaan tanah, sedangkan zona di bawah MAT yang jenuh air disebut zona jenuh (saturation).

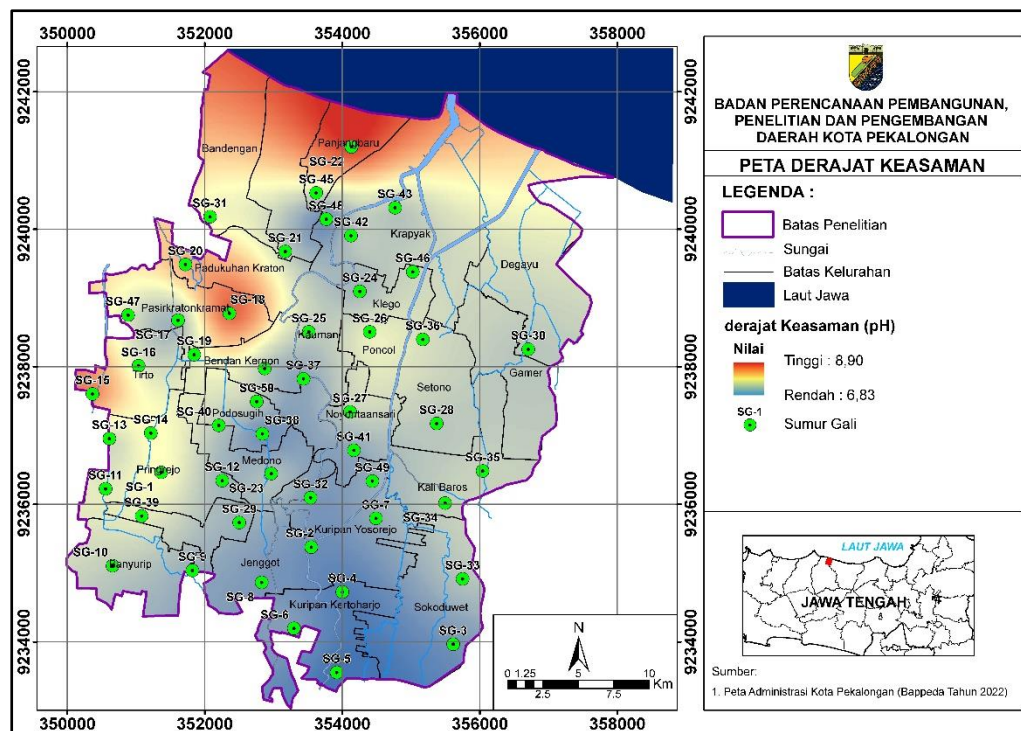


**Gambar 4. 15 Peta Kontur Muka Air Tanah dan Arah Aliran Air Tanah
Akuifer Tidak Tertekan**

2. Kualitas Air Tanah

a. pH

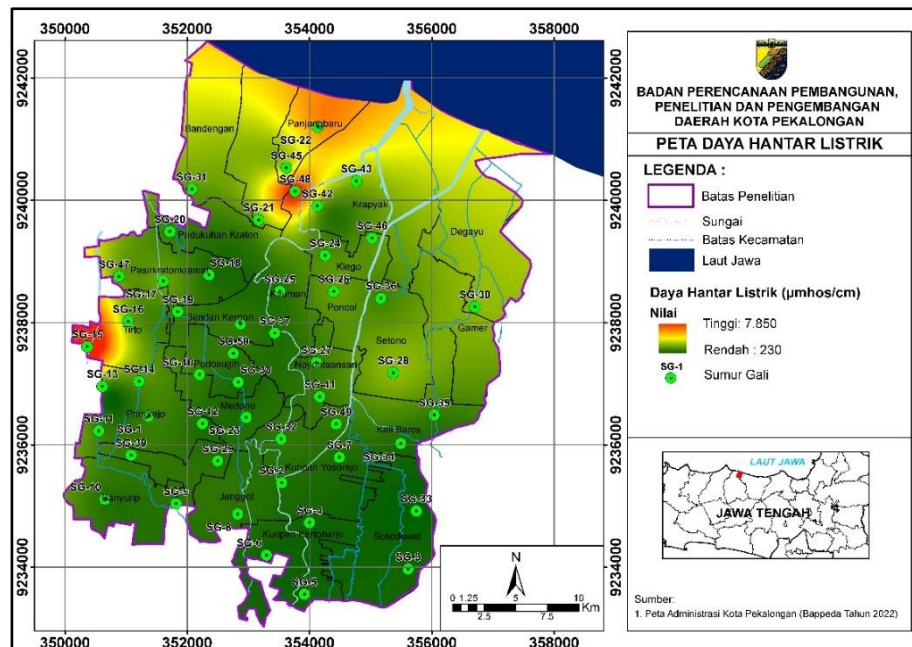
Derajat keasaman digunakan untuk membandingkan hasil sampel dengan baku mutu air untuk air bersih PERMENKES NO. 32 Tahun 2017. Baku mutu nilai pH untuk air minum yang disarankan adalah 6,5-8,5. Nilai pH diperoleh dari 50 sampel yang diuji, hasilnya berkisar antara 6,9-8,8 dengan rata-rata 7,5. Dari hasil pengujian pH sampel air tanah, terdapat dua sampel yang melebihi ambang batas yaitu sampel SG-18 berada di Kelurahan Pasirkratonkramat, Kecamatan Pekalongan Barat dengan nilai pH 8,6 dan sampel SG-22 berada di Kelurahan Panjangbaru, Kecamatan Pekalongan Utara dengan nilai pH 8,8. Hasil sebaran kontur nilai pH di wilayah studi disajikan pada Gambar 4.16.



Gambar 4. 16 Peta derajat Keasaman (pH)

b. Daya Hantar Listrik

Analisis kontur nilai DHL dilakukan dari hasil pengujian 50 sampel air tanah akuifer bebas (Gambar 4.17). Nilai DHL daerah penelitian berkisar antara 230-7.850 $\mu\text{mhos/cm}$ dengan rata-rata sebesar 1.211 $\mu\text{mhos/cm}$. Berdasarkan hasil analisis nilai DHL, diketahui persebaran nilai DHL daerah penyelidikan menggambarkan nilai DHL tinggi berada di daerah utara dan di bagian barat wilayah studi. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan 17 sampel yang memiliki nilai DHL $>1.000 \mu\text{mhos/cm}$, yaitu SG-14 di Kelurahan Pringrejo, Pekalongan Barat, SG-15 di Kelurahan Tirto, Pekalongan Barat, SG-16 di Kelurahan Tirto, Pekalongan Barat, SG-17 di Kelurahan Pasirkratonkramat, Pekalongan Barat, SG-21 di Kelurahan Kandang Panjang, Pekalongan Utara, SG-22 di Kelurahan Panjang Baru, Pekalongan Utara, SG-24 di Kelurahan Klego, Pekalongan Timur, SG-26 di Kelurahan Poncol, Pekalongan Timur, SG-28 di Kelurahan Setono, Pekalongan Timur, SG-30 di Kelurahan Gamer, Pekalongan Timur, SG-31 di Kelurahan Bandengan, Pekalongan Utara, SG-42 dan SG-43 di Kelurahan Krapyak, Pekalongan Utara, SG-45 di Kelurahan Panjang Baru, Pekalongan Utara, SG-46 di Kelurahan Krapyak, Pekalongan Utara, SG-47 di Kelurahan Pasirkratonkramat, Pekalongan Barat, dan SG-48 di Kelurahan Panjang Wetan, Pekalongan Utara.



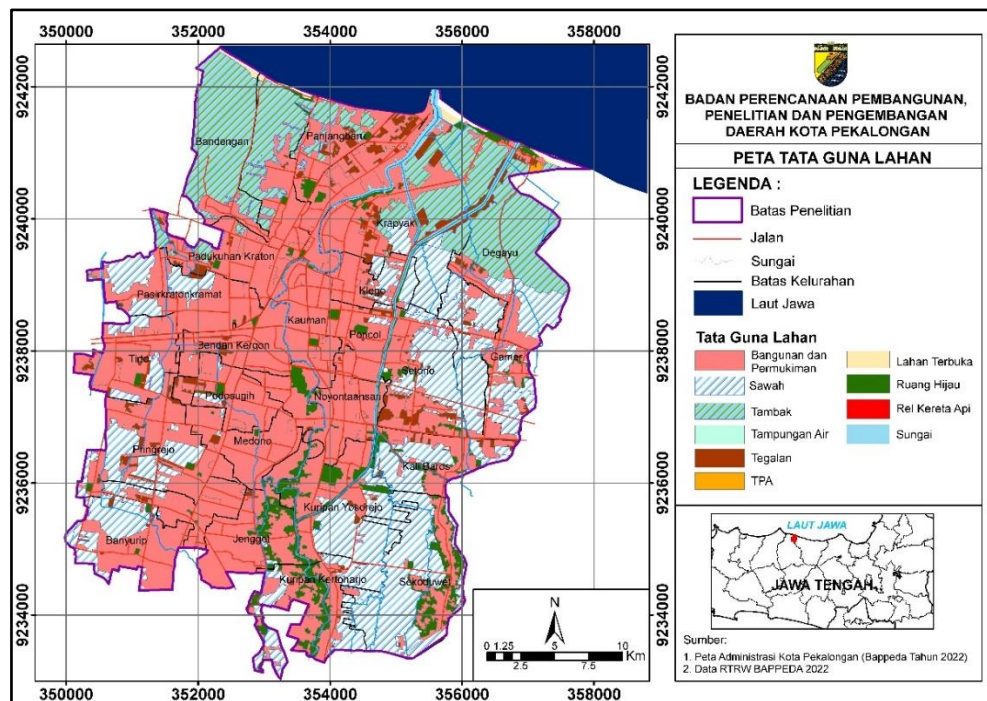
Gambar 4. 17 Peta Daya Hantar Listrik

E. Tata Guna Lahan

Perubahan penggunaan lahan meliputi pergeseran penggunaan lahan menuju penggunaan lahan yang berbeda atau penambahan pada penggunaan lahan yang sudah ada. Dalam perkembangannya, perubahan pemanfaatan lahan menjadi suatu hal yang alamiah dalam suatu perkembangan kota. Perubahan suatu penggunaan lahan akan berpengaruh pada perubahan jenis penggunaan lahan yang lainnya. Sifat luasan lahan di suatu wilayah adalah tetap, ketika ada suatu perubahan penggunaan lahan akan menyebabkan berkurangnya atau bertambahnya luasan penggunaan lahan yang lainnya. Setiap perubahan dari suatu penggunaan lahan akan membawa dampak secara langsung maupun tidak langsung terhadap kehidupan masyarakat di sekitarnya. Dampak yang timbul bisa dampak positif maupun dampak negatif (Wijaya and Susetyo, 2017).

Penggunaan tanah di Kota Pekalongan dibedakan menjadi tanah sawah dengan luas 11,08 km², dengan penyebaran 24,04%. Tambak memiliki luas 6,61 km², dengan penyebaran 14,33%. Tampungan air memiliki luas 3.762 m², dengan penyebaran 0,01%. Tegalan memiliki luas 1,48 km², dengan penyebaran 3,12%. TPA memiliki luas 2,28 ha, dengan penyebaran 0,05%. Bangunan dan pemukiman memiliki luas sekitar 23,46 km², dengan penyebaran 50,9%. Sungai memiliki luas 0,89 km², dengan persentase 1,92%. Ruang hijau memiliki luas sekitar 2,37 km², dengan persentase sebesar 5,05%. Luas lahan terbuka sekitar 0,15 km², dengan persentase 0,34%. Rel kereta api dan jaringan jalan.

Tanah sawah luasnya setiap tahun berkurang, sebaliknya tanah kering mengalami peningkatan perluasan. Di Kota Pekalongan terdapat banyak penggunaan lahan sebagai lahan budidaya perikanan darat dan pertanian. Untuk budidaya perikanan darat meliputi tambak (payau) dan kolam ikan (tawar). Untuk keberadaan perikanan darat di Kota Pekalongan setiap tahunnya mengalami penambahan, khusus untuk tambak yang terdapat di Kecamatan Pekalongan Utara dan setiap tahunnya selalu mengalami penambahan luas. Tata guna lahan Kota Pekalongan dapat dilihat pada Gambar 4,18 berikut.



Gambar 4. 18 Peta Tata Guna Lahan Kota Pekalongan

F. Rencana Tata Ruang Wilayah

Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Pekalongan (Gambar 4.19), terdiri atas:

1. Kawasan Lindung: kawasan perlindungan setempat meliputi sepanjang pantai dan sungai, kawasan cagar budaya, ruang terbuka hijau meliputi tempat pemakaman umum dan taman kota, kawasan rawan bencana meliputi bencana abrasi dan bencana banjir dan rob.
2. Kawasan Budidaya: kawasan perkantoran pemerintah, kawasan perkantoran swasta, kawasan industri, kawasan, pariwisata, kawasan perdagangan dan jasa, kawasan, perikanan tangkap, kawasan perikanan budidaya, kawasan pertanian tanaman pangan, kawasan perumahan kepadatan rendah, kawasan perumahan kepadatan tinggi, kawasan perumahan kepadatan sedang, kawasan ruang terbuka non hijau.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemetaan kerentanan air tanah terhadap pencemaran menggunakan metode *GOD* (*Groundwater Occurance, Overlying Strata and Depth to Groundwater Table*) yang dilakukan pada daerah penelitian Kota Pekalongan. Data yang digunakan untuk penelitian primer dan sekunder. Membuat peta kerentanan air tanah terhadap pencemaran dengan metode *GOD*, dan hasil tersebut dioverlay ke peta RTRW Kota Pekalongan untuk menghasilkan risiko kerentanan.

A. Parameter Kerentanan Air Tanah Terhadap Pencemaran

Metode *GOD* menurut Foster (1987) dalam Vrba dan Zaporosec (1994) mempunyai tiga parameter yang digunakan untuk menentukan tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran, yaitu jenis akuifer tidak tertekan, jenis litologi penutup akuifer dan kedalaman muka air tanah.

1. Metode *GOD*

a. Jenis Akuifer (*Groundwater Occurance*)

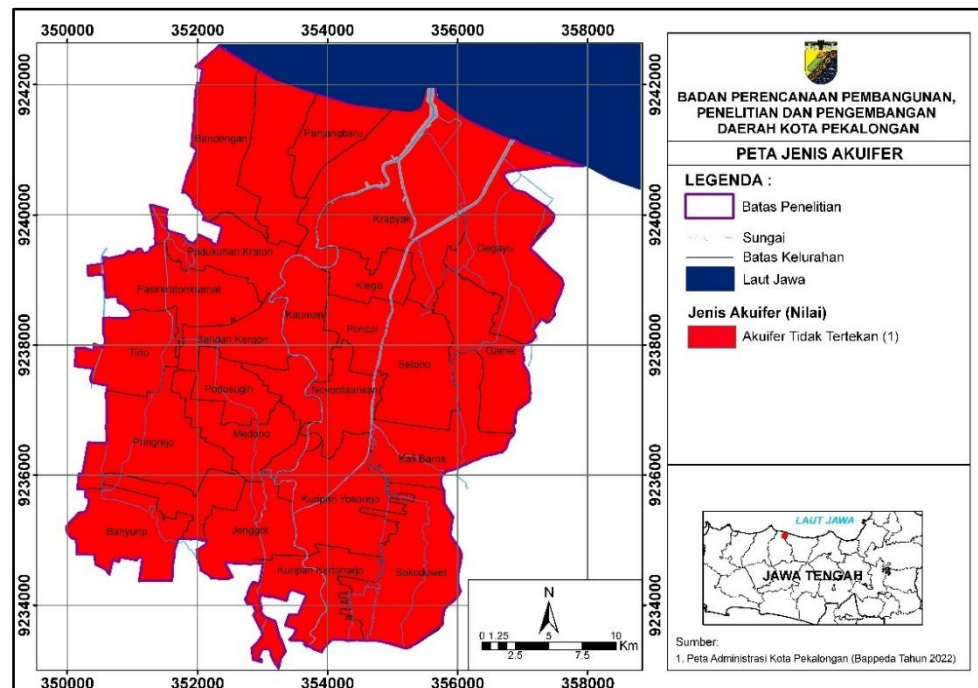
Jenis akuifer tidak tertekan yang ada di daerah penelitian didapatkan dari pemetaan sumur gali di daerah penelitian. Keterdapatan sumur gali dicocokkan dengan penampang litostatigrafi yang didapat dari data log bor. Penampang tersebut dilakukan analisis sehingga dapat menentukan jenis akuifer yang ada di daerah penelitian. Jenis akuifer yang ada di daerah penelitian yaitu akuifer tidak tertekan (*unconfined aquifer*). Jenis akuifer tersebut akan diberikan pembobotan dengan nilai 1, berdasarkan dari metode *GOD* dan didapatkan hasil seperti pada Tabel 7. Pembobotan tersebut berdasarkan jenis akuifer di daerah penelitian, di mana apabila nilai dari pembobotan tersebut semakin besar akan semakin rawan untuk terjadi pencemaran. Penjelasan lebih lanjut diterangkan dalam Gambar 31.

Tabel 5. 1 Pembobotan Jenis Akuifer

Jenis Akuifer	Nilai
Akuifer tidak tertekan	1

Bedasarkan peta tersebut, pada wilayah penelitian terdapat akuifer tidak tertekan (warna merah). Untuk daerah yang mencakup dominasi penggunaan akuifer tidak tertekan, meliputi: Kecamatan Pekalongan Barat, Timur, Utara, Selatan, Kota Pekalongan. Penggolongan untuk parameter ini

didasarkan pada dominasi penggunaan sumur gali, sebagai penciri akuifer dangkal yang umum berkembang.



Gambar 5. 1 Peta Jenis Akuifer Daerah Penelitian

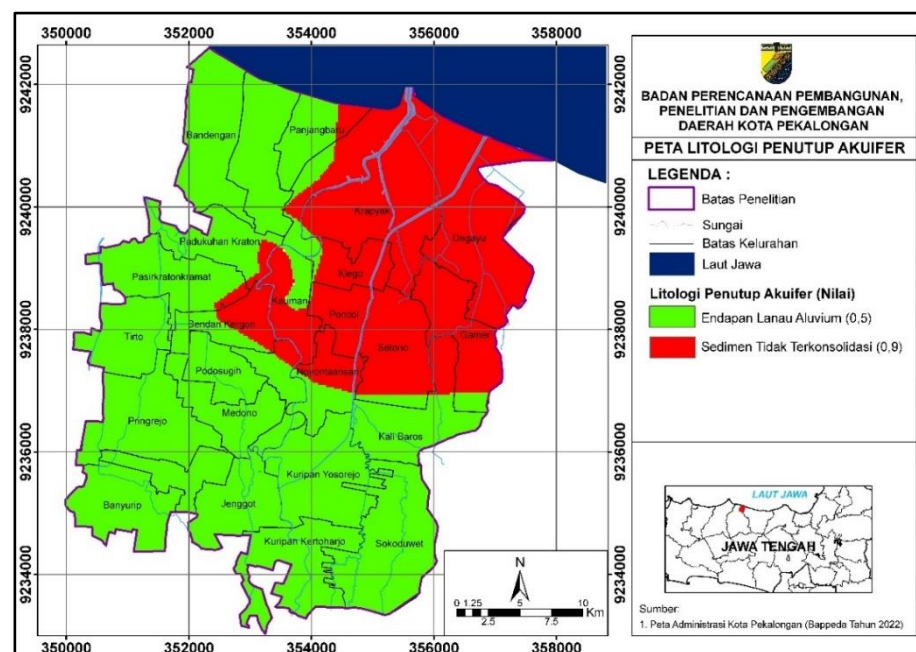
b. Litologi Penutup Lapisan Akuifer (*Overlying Strata*)

Litologi yang mempunyai nilai pembobotan yang tinggi, dapat diartikan bahwa litologi tersebut mempunyai nilai permeabilitas yang baik, namun litologi dengan nilai pembobotan yang tinggi mengindikasikan bahwa tingkat kerentanan terhadap pencemaran semakin tinggi pula. Berlaku juga untuk kebalikannya, semakin rendah nilai pembobotannya maka semakin rendah tingkat kerentanan terhadap pencemaran. Penentuan lapisan penutup akuifer berdasarkan hasil korelasi litostratigrafi pada daerah penelitian dan mengacu data geologi regional. Pada hasil korelasi litostratigrafi diketahui lapisan akuifer tertutup oleh lapisan lain sebagai penutup, lapisan penutup akuifer tersebut yang digunakan sebagai salah satu parameter pada metode *GOD*. Lapisan penutup akuifer yang terdapat di daerah penelitian berupa endapan lanau dan lempung yang digolongkan ke dalam endapan lanau aluvium, dan pasir alluvial yang dimasukkan ke dalam sedimen tidak terkonsolidasi. Penentuan dari masing-masing penutup akuifer tersebut didasarkan pada data penampang bawah permukaan hasil bor, serta disinkronisasi dengan data geologi regional daerah penelitian. Untuk detail parameter dan persebarannya dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan Gambar 5.2.

Tabel 5. 2 Pembobotan Jenis Litologi Penutup Akuifer

Jenis Akuifer	Nilai
Endapan lanau aluvial	0,5
Sedimen Tidak Terkonsolidasi	0,9

Untuk jenis penutup akuifer pertama berupa endapan lanau aluvial, yang tersebar hampir di seluruh wilayah penelitian. Jenis ini memiliki nilai sebesar 0,5. Untuk jenis penutup akuifer berupa sedimen tidak terkonsolidasi, yang tersebar di sebagian Utara Kota Pekalongan dan sebagian kecil Kecamatan Pekalongan Timur. Jenis ini memiliki nilai sebesar 0,9.



Gambar 5. 2 Peta Litologi Penutup Akuifer Daerah Penelitian

c. Kedalaman Muka Air Tanah Dangkal (*Depth to Groundwater Table*)

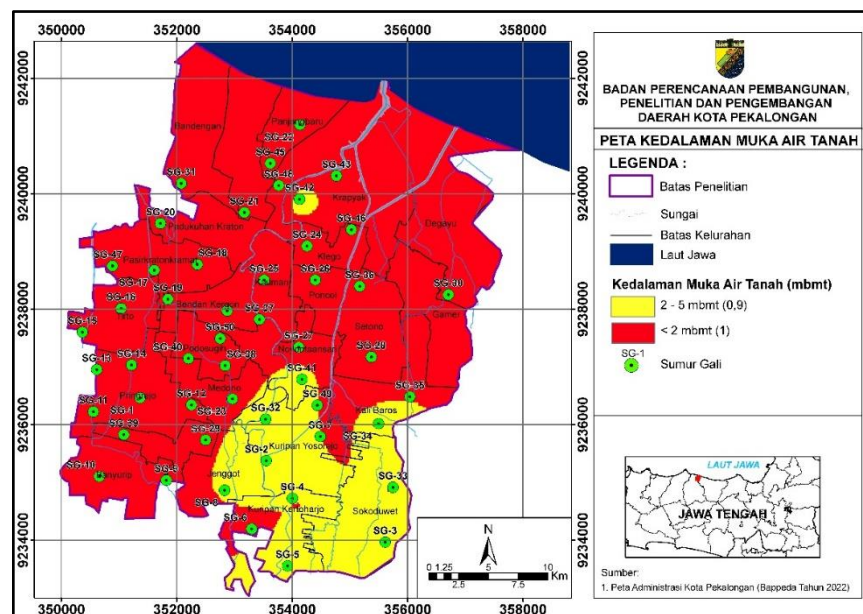
Kedalaman muka air tanah ditentukan berdasarkan pengukuran kedalaman sumur gali yang dihitung dari permukaan tanah hingga muka air tanah di dalam sumur. Pengambilan data kedalaman sumur dilakukan pada 50 sumur gali. Hasil data kedalaman sumur diinterpolasi menggunakan *software Surfer 11* lalu diklasifikasikan sesuai dengan parameter D dalam GOD, hasilnya terbagi menjadi dua (2) kelas.

Nilai pertama yaitu muka air tanah yang memiliki kedalaman kurang dari 2 mbmt yang ditandai dengan warna merah memiliki nilai bobot 1 tersebar hampir di seluruh wilayah penelitian meliputi Kecamatan Pekalongan, Barat, Utara, sebagian Kecamatan Pekalongan Timur, dan Selatan. Wilayah barat daerah penelitian memiliki elevasi yang rendah serta

memiliki morfologi sungai dan rawa. Nilai kedua yaitu muka air tanah yang memiliki kedalaman 2 – 5 mbmt ditandai dengan warna kuning memiliki nilai bobot 0,9 tersebar di selatan daerah penelitian dimana wilayah termasuk daerah perkotaan cukup padat penduduk dengan elevasi 10-15 mbmt. Klasifikasi kedalaman muka air tanah dijelaskan dalam Tabel 5.3 dan Gambar 5.3.

Tabel 5. 3 Pembobotan Nilai Kedalaman Muka Air Tanah

Kedalaman muka air tanah (m)	Nilai bobot
<2	1
2,1-5	0,9



Gambar 5. 3 Peta Kedalaman Muka Air Tanah Daerah Penelitian

B. Kerentanan Air Tanah terhadap Pencemaran

1. Kerentanan Air Tanah berdasarkan Metode GOD

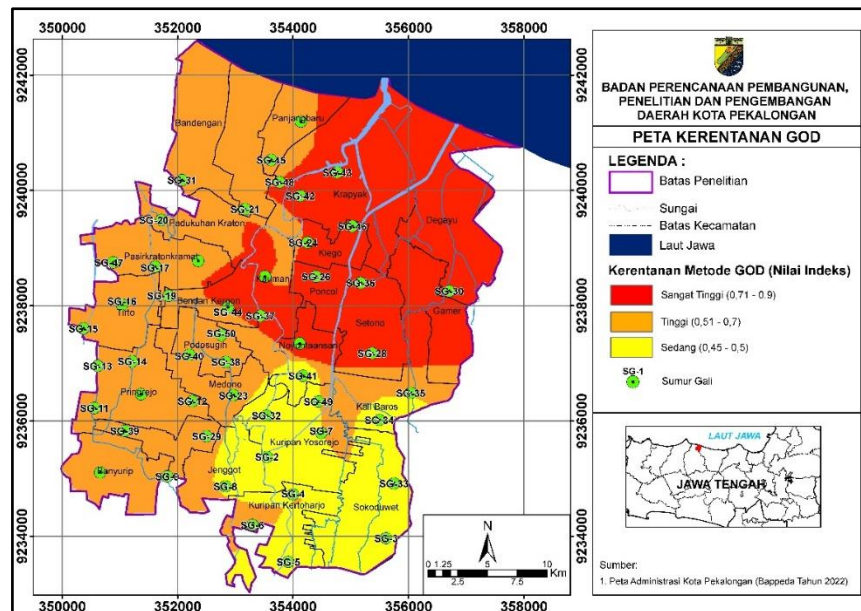
Berdasarkan ketiga parameter yang telah dibahas (*Groundwater occurrence, Overlying strata dan Depth to Groundwater Table*) di *overlay* yang menghasilkan sebuah peta kerentanan air tanah terhadap pencemaran yang ada di daerah penelitian dan persebarannya (Gambar 5.4 dan Tabel 5.4).

Tabel 5. 4 Tingkat Kerentanan Air Tanah Terhadap Pencemaran dan Persebarannya (Metode GOD)

Nilai	Tingkat kerentanan	Sifat	Persebaran
0,45 - 0,5	Sedang	Dapat tercemar oleh sebagian polutan yang dibuang secara menerus.	1. Jenggot (Pekalongan Selatan) 2. Kuripan Yosorejo (Pekalongan Selatan) 3. Kalibaros (Pekalongan Timur) 4. Sokoduwet (Pekalongan Selatan) 5. Kuripan Keroharjo (Pekalongan Selatan) 6. Noyotansari (Pekalongan Timur) 7. Medono (Pekalongan Barat)

Nilai	Tingkat kerentanan	Sifat	Persebaran
0,51-0,7	Tinggi	Dapat tercemar oleh semua polutan, kecuali yang memerlukan daya serap tinggi dan mudah berubah, dalam waktu berbagai skenario.	1. Jenggot (Pekalongan Selatan) 2. Kuripan Yosorejo (Pekalongan Selatan) 3. Kalibaros (Pekalongan Timur) 4. Kuripan Keroharjo (Pekalongan Selatan) 5. Noyotansari (Pekalongan Timur) 6. Banyuurip (Selatan) 7. Pringrejo (Barat) 8. Medono (Barat) 9. Podosugih (Barat) 10. Tirta (Barat) 11. Pasirkratonkramat (Barat) 12. Bendan Kergon (Barat) 13. Setono (Timur) 14. Gamer (Timur) 15. Padukuhan Kraton (Utara) 16. Bandengan (Utara) 17. Panjangbaru (Utara) 18. Kauman (Timur) 19. Klego (Timur) 20. Krapyak (Utara) 21. Sapuro Kebulen (Barat) 22. Kandang Panjang (Utara) 23. Panjang Wetan (Utara) 24. Buaran Keradenan (Selatan)
0,71-0,9	Sangat Tinggi	Dapat tercemar oleh semua polutan dalam waktu relatif singkat	1. Bendan Kregon (Barat) 2. Kauman (Timur) 3. Pasirkratonkramat (barat) 4. Padukuhan Kraton (Utara) 5. Krapyak (Utara) 6. Degayu (Utara) 7. Klego (Timur) 8. Poncol (Timur) 9. Setono (Timur) 10. Gamer (Timur) 11. Noyotansari (Timur) 12. Sapuro Kebulen (Barat) 13. Panjang Wetan (Utara)

Berdasarkan analisis kerentanan air tanah terhadap pencemaran dengan menggunakan metode *GOD* diketahui bahwa pada daerah penelitian terdapat 3 zona tingkat kerentanan air tanah yaitu zona kerentanan sedang, zona kerentanan tinggi, dan zona kerentanan sangat tinggi. Kelima zona tersebut memiliki perbedaan nilai parameter yang berbeda-beda. Perbedaan nilai parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.5.



Gambar 5. 4 Peta Kerentanan Air Tanah Berdasarkan Metode GOD

Tabel 5. 5 Matriks Hasil Analisis GOD dan Zona Kerentanannya

Parameter \ Zona Kerentanan	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
Jenis akuifer	akuifer bebas	akuifer bebas	akuifer bebas
Jenis penutup akuifer	lanau	lanau	pasir, lanau
Kedalaman MAT (mbmt)	2–5	2–5, <2	<2, 2-5
Luasan (km ²)	8,39	21,54	16,21
Luasan (%)	18,19	46,67	35,14

Zona kerentanan terhadap pencemaran sedang, ditandai dengan warna kuning pada peta. Zona kerentanan sedang memiliki luas 8,39 km². Zona ini memiliki tipe akuifer yang berupa akuifer bebas, dimana akuifer berbatasan langsung dengan lapisan permeabel yang dekat dengan permukaan bumi sehingga lebih rentan mengalami pencemaran. Jenis penutup akuifer yang ada pada zona ini berupa endapan lanau. Pada zona ini kedalaman muka air tanah 2-5 m. penyebaran zona ini sebesar 18,19%.

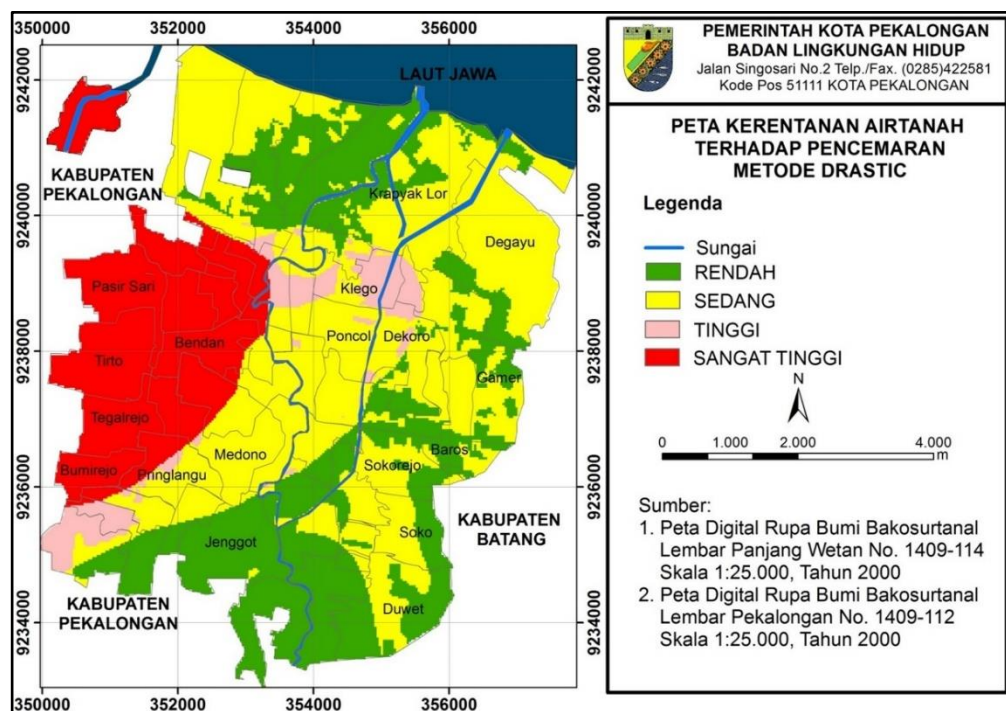
Zona kerentanan air tanah terhadap pencemaran tinggi, ditandai dengan warna jingga pada peta. Zona kerentanan tinggi memiliki luas 21,54 km². Zona ini memiliki tipe akuifer yang berupa akuifer bebas, dimana akuifer berbatasan langsung dengan lapisan permeabel yang dekat dengan permukaan bumi sehingga lebih rentan mengalami pencemaran. Jenis penutup akuifer yang ada pada zona ini berupa endapan lanau. Pada zona ini kedalaman muka air tanah bervariasi mulai dari 2-5 m dan <2 m. Penyebaran zona ini sebesar 46,67%, mendominasi di wilayah penelitian.

Zona kerentanan air tanah terhadap pencemaran sangat tinggi, ditandai dengan warna merah pada peta. Zona kerentanan sedang memiliki luas 16,21 km². Zona ini memiliki tipe akuifer yang berupa akuifer bebas, dimana akuifer berbatasan langsung dengan lapisan permeabel yang dekat dengan permukaan bumi sehingga lebih rentan mengalami pencemaran. Jenis penutup akuifer yang ada pada zona ini berupa pasir dan lanau yang mana rentan terhadap input polutan sebagai agen pencemar. Pada zona ini kedalaman muka air tanah sebesar <2 m dan 2 – 5 m. Penyebaran zona ini sebesar 35,14%.

2. Komparasi Analisis Kerentanan Metode *GOD* dan *DRASTIC* di Kota Pekalongan

Terdapat kajian penelitian kerentanan air tanah yang diaplikasikan di wilayah Kota Pekalongan pada Tahun 2014, dengan menggunakan metode *DRASTIC*. Acuan yang menjadi komparasi utama adalah distribusi dari zona kerentanan sedang, kerentanan tinggi dan sangat tinggi dari masing-masing metode.

Untuk hasil kajian kerentanan air tanah menggunakan metode *DRASTIC* pada wilayah penelitian ini oleh Badan Lingkungan Hidup (2014), dapat dilihat pada Gambar 5.5 di bawah ini.



Gambar 5. 5 Peta Kerentanan Air Tanah Metode *DRASTIC* (BLH, 2014)

Dari gambar tersebut, pembagian zona kerentanan yang dihasilkan dari metode ini mencakup 4 tipe: kerentanan rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Perbandingan dari metode *DRASTIC* dan *GOD*, memiliki perbedaan yang signifikan, dimana distribusi zona dengan kerentanan sedang sebagai acuan pertimbangan dari hasil analisis metode ini lebih luas dan mendominasi daerah penelitian. Distribusi zona dengan kerentanan tinggi sebagai acuan pertimbangan dari hasil analisis metode ini lebih kecil dari hasil analisis metode *GOD*. Distribusi zona dengan kerentanan sangat tinggi sebagai acuan utama pertimbangan dari hasil analisis metode ini lebih kecil dari hasil analisis metode *GOD* dan persebarannya di Kecamatan Pekalongan Barat dan sedikit Pekaongan Utara. Untuk lebih detilnya dapat di lihat pada Tabel 5.6 di bawah ini..

Tabel 5. 6 Matriks Kerentanan Air Tanah Metode *DRASTIC*

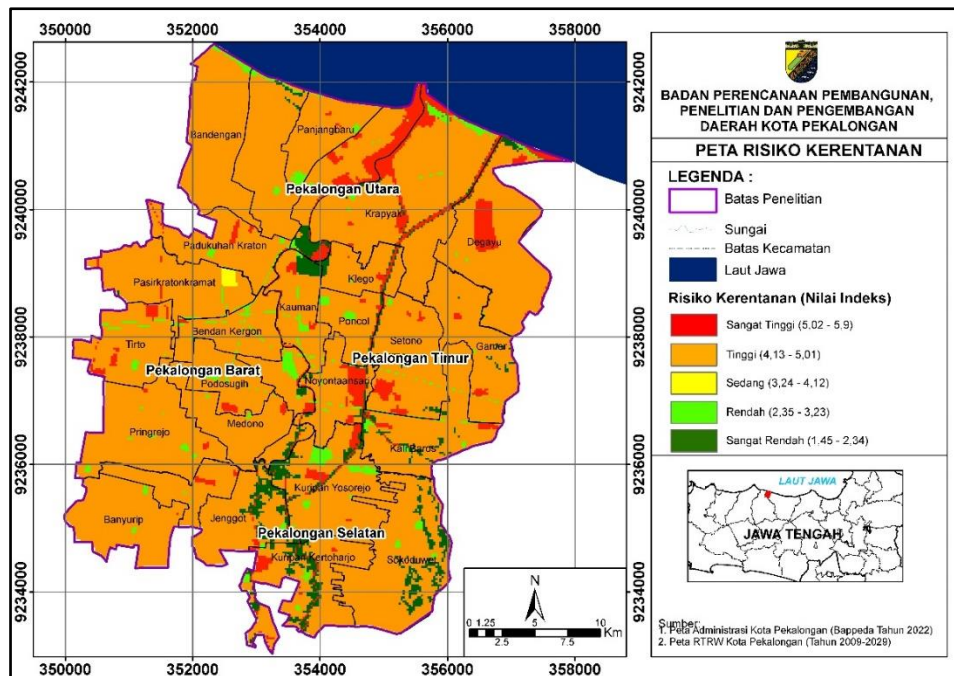
Kerentanan	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
Parameter				
Kedalaman (D)	0-1,5 m, 1,5-3 m, 3-9 m	1,5-3 m	1,5-3 m	1,5-3 m
Jumlah recharge (R)	52-102 mm/tahun, 103-178 mm/tahun	52-102 mm/tahun, 103-178 mm/tahun	52-102 mm/tahun, 103-178 mm/tahun	52-102 mm/tahun, 103-178 mm/tahun
Jenis akuifer (A)	Pasir	Pasir	Pasir	Pasir
Tanah (S)	Lempung	Lempung, Lanau	pasir	Pasir
Topografi (T)	0-2 %	0-2 %	0-2 %	0-2 %
Pengaruh zona tak jenuh air (I)	Lempung	Lempung, Lanau	Lempung	pasir
Konduktivitas hidrolik (C)	8,31 m/hari	8,31 m/hari	8,31 m/hari	8,31 m/hari
Penyebaran	Panjang Wetan, Jenggot, Kuripan Yosorejo, Kandang Panjang, Kuripan Kertoharjo, Kali Baros, Noyotaansari	Degayu, Gamer, Krapyak, Poncol, Medono, Pringrejo, Bandengan, Noyontaansari, Kauman, Sapuro Kebulen, Setono	Klego, Podosugih Kauman, Krapyak, Banyurip	Pasirkratonkramat, Tirta, Pringrejo, Bendan Kergon, Padukuhan Kraton, Podosugih

Sumber: Studi Kerentanan Air Tanah Kota Pekalongan (2014).

Mengacu dari hasil dari metode *DRASTIC*, serta mengacu hasil pengolahan dalam penelitian ini (Gambar 5.4), dapat digambarkan bahwa analisis dari tiap-tiap jenis metode yang digunakan memiliki kecenderungan distribusi hasil yang berbeda. Hal ini dipengaruhi dari jenis parameter yang digunakan, serta pembobotan nilai dari tiap analisis. Memahami kondisi daerah penelitian, serta mengumpulkan data yang sesuai, dapat membantu dalam menentukan penggunaan metode yang cocok untuk kajian di suatu wilayah lain.

C. Risiko Kerentanan Air Tanah terhadap Pencemaran

Berdasarkan analisis risiko kerentanan air tanah terhadap pencemaran dengan menggabungkan data tata guna lahan dan kerentanan air tanah dengan metode *GOD* diperoleh hasil analisis seperti ditampilkan pada Gambar 5.6 dan Tabel 5.7.



Gambar 5. 6 Peta Risiko Kerentanan Air Tanah Berdasarkan Metode GOD

Tabel 5. 7 Risiko Kerentanan Air Tanah terhadap Pencemaran dan Persebarannya

Nilai	Tingkat Kerentanan	Sifat	Persebaran
1,45-2,34	Sangat Rendah	Hanya dapat tercemar oleh polutan tertentu yang dibuang secara terus dalam jangka waktu yang relatif lama.	1. Jenggot (Selatan) 2. Kalibaros (Timur) 3. Gamer (Timur) 4. Sokoduwet (Selatan) 5. Kuripan Yosorejo (Selatan) 6. Krapyak (Utara) 7. Klego (Timur) 8. Degayu (Utara) 9. Kauman (Timur) 10. Poncol (Timur) 11. Noyotansari (Timur) 12. Setono (Timur) 13. Kuripan Kertoharjo (Selatan) 14. Panjang Wetan (Utara) 15. Kandang Panjang (Utara) 16. Sapuro Kebulen (Barat)
2,35-3,23	Rendah	Hanya dapat tercemar oleh polutan tertentu yang dibuang secara terus dalam jangka waktu yang relatif lama	1. Jenggot (Selatan) 2. Banyuurip (Selatan) 3. Kuripan Kertoharjo (Selatan) 4. Sokoduwet (Selatan) 5. Kuripan Yosorejo (Selatan) 6. Gamer (Timur) 7. Klego (Timur) 8. Setono (Timur) 9. Kauman (Timur) 10. Poncol (Timur) 11. Noyotansari (Timur) 12. Kalibaros (Timur) 13. Krapyak (Utara) 14. Panjang Wetan (Utara) 15. Degayu (Utara) 16. Panjang Baru (Utara) 17. Bandengan (Utara) 18. Padukuhan Kraton (Utara) 19. Pringrejo (Barat)

Nilai	Tingkat Kerentanan	Sifat	Persebaran
			20. Medono (Barat) 21. Podosugih (Barat) 22. Tirto (Barat) 23. Bendan Kergon (Barat) 24. Pasirkratonkeramat (Barat) 25. Kandang Panjang (Utara) 26. Sapuro Kebulen (Barat) 27. Bualan Keradenan (Selatan)
3,24-4,12	Sedang	Dapat tercemar oleh polutan tertentu yang dibuang secara menerus.	1. Pasirkraton keramat (Barat)
4,13-5,01	Tinggi	Dapat tercemar oleh polutan yang dibuang secara menerus	1. Jenggot (Selatan) 2. Banyuurip (Selatan) 3. Kuripan Kertoharjo (Selatan) 4. Sokoduwet (Selatan) 5. Kuripan Yosorejo (Selatan) 6. Gamer (Timur) 7. Klego (Timur) 8. Setono (Timur) 9. Kauman (Timur) 10. Poncol (Timur) 11. Noyotansari (Timur) 12. Kalibaros (Timur) 13. Krapyak (Utara) 14. Panjang Wetan (Utara) 15. Degayu (Utara) 16. Panjang Baru (Utara) 17. Bandengan (Utara) 18. Padukuhan Kraton (Utara) 19. Pringrejo (Barat) 20. Medono (Barat) 21. Podosugih (Barat) 22. Tirto (Barat) 23. Bendan Kergon (Barat) 24. Pasirkraton Keramat (Barat) 25. Kandang Panjang (Utara) 26. Bualan Keradenan (Selatan) 27. Sapuro Kebulen (Barat)
5,02-5,9	Sangat Tinggi	Dapat tercemar oleh polutan yang dibuang secara menerus	1. Jenggot (Selatan) 2. Banyuurip (Selatan) 3. Kuripan Kertoharjo (Selatan) 4. Kuripan Yosorejo (Selatan) 5. Gamer (Timur) 6. Klego (Timur) 7. Setono (Timur) 8. Kauman (Timur) 9. Poncol (Timur) 10. Noyotansari (Timur) 11. Kalibaros (Timur) 12. Krapyak (Utara) 13. Panjang Wetan (Utara) 14. Degayu (Utara) 15. Panjangbaru (Utara) 16. Padukuhan Kraton (Utara) 17. Pringrejo (Barat) 18. Medono (Barat) 19. Podosugih (Barat) 20. Tirto (Barat) 21. Bendan Kergon (Barat) 22. Pasirkratonkeramat (Barat) 23. Sapuro Kebulen (Barat) 24. Bualan Keradenan (Selatan)

Berdasarkan analisis risiko kerentanan air tanah terhadap pencemaran dengan menggunakan metode *GOD* diketahui bahwa pada daerah penelitian terdapat 5 zona risiko kerentanan air tanah yaitu zona risiko kerentanan sangat rendah, zona risiko kerentanan rendah, zona risiko kerentanan sedang, risiko kerentanan tinggi, dan risiko kerentanan sangat tinggi. Hubungan tingkat risiko dengan parameter analisis dapat dilihat pada Tabel 5.8 di bawah.

Zona risiko kerentanan sangat rendah ditandai dengan warna hijau tua pada peta, zona ini memiliki luas 1,73 km² atau 3,77% dari keseluruhan wilayah. Zona ini dipengaruhi oleh tingkat kerentanan air tanah sedang-sangat tinggi dan umumnya memiliki tata guna lahan yang berupa pemukiman kepadatan rendah, kebun, cagar budaya, semak belukar, dan hutan pinus. Zona risiko kerentanan rendah ditandai dengan warna hijau pada peta memiliki luas 1,04 km² atau 2,27% dari keseluruhan luas wilayah. Zona ini dipengaruhi oleh tingkat kerentanan sedang-sangat tinggi, namun umumnya berada pada tata guna lahan ruang terbuka hijau dan padang rumput. Zona risiko kerentanan sedang ditandai dengan warna kuning pada peta memiliki luas 0,06 km² atau 0,14% dari keseluruhan wilayah, umumnya berada pada tata guna lahan yang berupa pemukiman. Zona risiko kerentanan tinggi ditandai dengan warna jingga pada peta dengan luas 40,76 km² atau 88,66% dari keseluruhan wilayah. Zona ini dipengaruhi oleh tingkat kerentanan sedang-sangat tinggi, umumnya berada pada tata guna lahan yang berupa bangunan industri, pemukiman kepadatan sedang-tinggi, ladang, sawah, tambak, stasiun, terminal dan tegalan. Zona risiko kerentanan sangat tinggi ditandai dengan warna merah pada peta dengan luas 2,36 km² atau 5,16% dari keseluruhan wilayah. Zona ini dipengaruhi oleh tingkat kerentanan sedang-sangat tinggi, umumnya berada pada tata guna lahan yang berupa pemukiman kepadatan sedang-tinggi, daerah ROB, rawa, sawah, sungai, tempat pembuangan sampah dan industri.

Tabel 5. 8 Hubungan Tingkat Risiko Kerentanan dengan Parameter

Tingkat Parameter	Risiko Sangat Rendah	Risiko Rendah	Risiko Sedang	Risiko Tinggi	Risiko Sangat Tinggi
Kerentanan Air Tanah	Sedang-Sangat Tinggi	Sedang-Sangat Tinggi	Tinggi	Sedang-Sangat Tinggi	Sedang-Sangat Tinggi
Tata Guna Lahan	Pemukiman kepadatan rendah, Kebun, semak belukar, hutan pinus, cagar budaya	padang rumput, ruang terbuka hijau	Pemukiman	Bangunan (pemukiman dan industri), rawa, tegalan, tambak, sawah	Pemukiman kepadatan sedang-tinggi dan industri, rawa, TPA, sawah, sungai, daerah ROB

BAB VI

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

A. Kesimpulan

Kesimpulan dari studi penyusunan zona risiko kerentanan air tanah terhadap pencemaran menggunakan metode *Groundwater Occurance, Overlaying Lithology, Depth Of Groundwater (GOD)* sebagai upaya peningkatan kualitas lingkungan hidup di Kota Pekalongan sebagai berikut:

1. Kondisi akuifer tidak tertekan di wilayah penelitian tersusun atas litologi lapisan akuifer berupa pasir serta lapisan penutup berupa tanah penutup/*soil*.
2. Kedalaman muka air tanah di lokasi penelitian berkisar antara 0,2 – 3,8 mbmt. Kedalaman muka air tanah di bagi menjadi 3 bagian yaitu: <1,5 mbmt, 1,5-3 mbmt, >3 mbmt.
3. Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan metode *GOD* dihasilkan zona kerentanan sebagai berikut: zona kerentanan air tanah sedang, tinggi, dan sangat tinggi.
4. Berdasarkan hasil analisis risiko kerentanan menggunakan kerentanan *GOD* menghasilkan zona risiko kerentanan sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi.

B. Rekomendasi

Berdasarkan hasil penelitian diberikan rekomendasi sebagai berikut:

1. Pemerintah membuat peraturan dan sosialisasi tentang pembatasan pembuangan polutan ke dalam tanah berdasarkan informasi tingkat kerentanan air tanah agar pada daerah-daerah rentan tidak terjadi pencemaran oleh aktivitas masyarakat.
2. Masyarakat memberikan dukungan menjaga kondisi air tanah berdasarkan informasi tingkat kerentanan air tanah dengan tidak membuang sampah industri atau rumah tangga secara langsung ke tanah pada kawasan-kawasan yang memiliki kerentanan tinggi-sangat tinggi.

Berdasarkan hasil analisis zona risiko kerentanan air tanah terhadap pencemaran di daerah penelitian, maka diberikan rekomendasi yaitu:

1. Pada zona risiko kerentanan sangat rendah dan zona risiko kerentanan rendah, dilakukan pengecekan kualitas air tanah secara berkala dengan pengambilan sampel air dan pemantauan muka air tanah.
2. Pada zona risiko kerentanan sedang, dilakukan pengecekan kualitas air tanah secara berkala dengan pengambilan sampel air dan pemantauan muka air tanah. Serta perlu adanya pengawasan pembuangan limbah secara langsung dari pihak industri, sosialisasi mengenai prosedur pengolahan limbah yang baik pada pihak industri maupun masyarakat.
3. Pada zona risiko kerentanan tinggi dan zona risiko kerentanan sangat tinggi, dilakukan pengecekan kualitas air tanah secara berkala dengan pengambilan sampel air dan pemantauan muka air tanah. Serta adanya pengawasan pengolahan dan pembuangan limbah pada pihak industri, sosialisasi mengenai prosedur pengolahan limbah yang baik pada pihak industri maupun masyarakat, pemberian sanksi pada pihak yang membuang limbah tanpa pengolahan. Alih fungsi lahan ke ruang terbuka hijau secara perlahan.

DAFTAR PUSTAKA

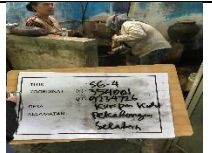
- Aller, L., Bennet, T., Lehr, J.H., dan Petty, R.J (1985) DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeological Settings. EPA.
- Badan Pusat Statistik Kota Pekalongan (2021) Kota Pekalongan Dalam Angka 2019. 33750.1902. Pekalongan: BPS Kota Pekalongan.
- Boelee, E. et al. (2019) 'Water and health: From environmental pressures to integrated responses', *Acta Tropica*. Elsevier, 193(March), pp. 217–226..
- Broto, S. dan Afifah (2008) Pengolahan Data Geolistrik Dengan Metode Schlumberger. *Undip Teknik Vol 29 no 2* ISSN 0852-1697.
- Civita, M. V (2010) The combined approach when assessing and mapping groundwater vulnerability to contamination. *Journal Water Resource and Protection*, 2, 14-28. 2016-2021. Pekalongan.
- Danaryanto, H., Djaendi, Hadipuwo, S., Tirtomihajo, H., Setiadi, H., Wirakusumah, A.D., dan Siagian, Y.O.P. 2005. Air tanah di Indonesia dan Pengelolaaannya. Dit Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan. Ditjen Geologi Dan Sumber Daya Mineral
- du Plessis, A. (2017) 'Global Water Availability, Distribution and Use', pp. 3–11. doi: 10.1007/978-3-319-49502-6_1.
- Foster, S., and Hirata, R (1988) Groundwater Pollution Risk Assessment; A Methodology Using Available Data. PAN American Center for Sanitary Engineering and Environmental Sciences (CEPIS), Lima, Peru
- Fraga, C.M., Fernandes, L.F.S.F., Pacheco, F.A.L., Reis, C., Moura, J.P (2013) Exploratory assesment of groundwater vulnerability to pollution in the Sardo River Basin, Northeast of Portugal, REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 66(1), 49-58.
- Gedam, K. and Dagalo, S. (2020) 'Journal of Hydrology : Regional Studies Identification of Groundwater Potential Zones Using Proxy Data : Case study of Megech Watershed , Ethiopia', *Journal of Hydrology: Regional Studies*. Elsevier, 28(January), p. 100676. doi:
- Hatori, C.A (2008) Studi Kerentanan Air Laut di Kota Semarang (Tesis). Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, tidak dipublikasikan
- Heath, R. C (2004) Basic Ground-water Hydrology, U. S. Geological Survey Water-supply Paper 2220
- Hendrayana, H (2011) Pengantar Hidrogeologi. UGM: Yogyakarta.
- Jia, X. et al. (2019) 'Groundwater depletion and contamination: Spatial distribution of groundwater resources sustainability in China', *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V., 672, pp. 551–562.
- Karanth, K.R (1987) Groundwater Assesment, Tata McGraw-Hill Book Publishing Co., New Delhi

- Kodoatie, R.J (1996) Pengantar Hidrogeologi. Andi Offset: Yogyakarta.
- Lobo-Ferreira, J.P., Chachadi, A.G., Diamantino, C., dan Henriques, M.J (2007) Assessing aquifer vulnerability to seawater intrusion using the GALDIT method: part 1, application to the Portuguese Monte Gord aquifer. In: Lobo-Ferreira JP, Ferreira VJMP (eds) Proceedings water in Celtic countries: quantity, quality and climate variability, IAHS Publication 310. International Association of Hydrological Sciences, Wallingford, pp 161–171
- Milašinović, M. et al. (2019) ‘Coupled groundwater hydrodynamic and pollution transport modelling using Cellular Automata approach’, Journal of Hydrology, 576(June), pp. 652–666.
- Pamungkas, D. W. (2017) Penyusunan Zona Risiko Kerentanan Air Tanah Menggunakan Metode GOD dan AVI di Kota Semarang: <http://eprints.undip.ac.id/52965/> (Diakses 29 Maret 2022).
- Pemerintah Kota Pekalongan (2011) Peraturan Daerah Kota Pekalongan Nomor 30 Tahun 2011 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Pekalongan Tahun 2009 – 2029. Pekalongan.
- Pemerintah Kota Pekalongan. 2018. Peraturan Daerah Kota Pekalongan Nomor 9 Tahun 2018 Tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Kota Pekalongan Nomor 4 Tahun 2016 Tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Kota Pekalongan Tahun 2016-2021. Pekalongan.
- Pemerintah Kota Pekalongan (2018) Peraturan Daerah Kota Pekalongan Nomor 9 Tahun 2018 Tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Kota Pekalongan Nomor 4 Tahun 2016 Tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Kota Pekalongan Tahun 2016-2021. Pekalongan.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.32 Tahun 2017. Standar Baku Mutu Kesehatan lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum.
- Pujomiarso, D.W (2014) Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger Untuk Mengidentifikasi Lapisan Akuifer Di Desa Slamparejo Kecamatan Jabung Kabupaten Malang: jurnal-online.um.ac.id (diakses pada 20 Januari 2020).
- Badan Lingkungan Hidup. 2014. Laporan Akhir Studi Kerentanan Air Tanah Kota pekalongan.
- Stempvoort, D.V., Ewert, L., dan Wassenaar, L (1993) Aquifer Vulnerability Index; A Gis-Compatible Metod for Groundwater Vulnerability Mapping, Canadian Water Resources Journal, 18.1, 25-37.
- Susanto, Budi (2019) Tercemarnya sungai kota pekalongan akibat limbah batik terekam citra satelit seperti kuah sotong. Tribunjateng (Diakses pada tanggal 28 Maret 2022).
- Todd, D.K dan Mays, L.W (2005) Groundwater Hydrology 3rd Edition. Newyork: John Wiley & Sons.
- Vrba, J. dan Zaporozec, A (1994) Aquifer Vulnerability Index; A Gis-Compatible Metod for Groundwater Vulnerability Mapping, Canadian Water Resources Journal, 18.1, 25-37.

- Wang, Y. Q., Wang, Z. F. and Cheng, W. C (2019) 'A review on land subsidence caused by groundwater withdrawal in Xi'an, China', *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 78(4), pp. 2851–2863.
- Yulianto, F. et al. (2019) 'Analysis of the dynamics of coastal landform change based on the integration of remote sensing and gis techniques: Implications for tidal flooding impact in pekalongan, central Java, Indonesia', *Quaestiones Geographicae*, 38(3), pp. 17– 29.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Data Titik Minatan Survey Sumur Gali Di Kota Pekalongan Tahun 2022

NO.	KOORDINAT		KELURAHAN	KECAMATAN	ELEVASI (mdpl)	KEDALAMAN (mbmt)	MUKA AIR TANAH (mdpl)	pH	DHL (μ mhos/cm)	TATA GUNA LAHAN	FOTO
	X	Y									
1	351364	9236466	Gamer	Pekalongan Timur	1	0,7	0,3	7,83	843	Pemukiman	
2	353548	9235378	Sokoduwet	Pekalongan Selatan	10	4,7	5,3	7,09	497	Pemukiman	
3	355613	9233966	Sokoduwet	Pekalongan Selatan	11	2,4	8,6	7,12	337	Pemukiman	
4	354001	9234726	Kuripan Kertoharjo	Pekalongan Selatan	10	2,1	7,9	6,95	321	Pemukiman	
5	353919	9233556	Kuripan Kertoharjo	Pekalongan Selatan	11	3,9	7,1	6,85	319	Pemukiman	
6	353297	9234196	Kuripan Kertoharjo	Pekalongan Selatan	9	1,5	7,5	7,18	286	Pemukiman	

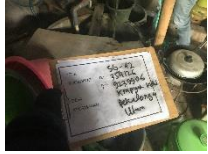
NO.	KOORDINAT		KELURAHAN	KECAMATAN	ELEVASI (mdpl)	KEDALAMAN (mbmt)	MUKA AIR TANAH (mdpl)	pH	DHL (μ mhos/cm)	TATA GUNA LAHAN	FOTO
	X	Y									
7	354489	9235796	Kuripan Yosorejo	Pekalongan Selatan	4	2	2	7,28	483	Pemukiman	
8	352827	9234866	Jenggot	Pekalongan Selatan	8	2,3	5,7	7,14	621	Pemukiman	
9	351819	9235039	Buaran Kradenan	Pekalongan Selatan	8	1,1	6,9	7,3	628	Pemukiman	
10	350658	9235107	Banyuurip	Pekalongan Selatan	3	0,9	2.1	7.52	561	Pemukiman	
11	350555	9236226	Banyuurip	Pekalongan Selatan	4	1,2	2.8	7.71	848	Pemukiman	
12	352253	9236345	Pringrejo	Pekalongan Barat	5	0,8	4.2	7.35	443	Pemukiman	

NO.	KOORDINAT		KELURAHAN	KECAMATAN	ELEVASI (mdpl)	KEDALAMAN (mbmt)	MUKA AIR TANAH (mdpl)	pH	DHL (μ mhos/cm)	TATA GUNA LAHAN	FOTO
	X	Y									
13	350612	9236956	Pringrejo	Pekalongan Barat	2	0,7	1.3	7.64	872	Pemukiman	
14	351214	9237036	Pringrejo	Pekalongan Barat	3	0,7	2.3	7.85	1.143	Pemukiman	
15	350365	9237606	Tirto	Pekalongan Barat	2	0,3	1,7	8,38	7.850	Pemukiman	
16	351036	9238016	Pringrejo	Pekalongan Barat	3	0,1	2,9	7,71	1.713	Pemukiman	
17	351609	9238676	Tirto	Pekalongan Barat	1	0,5	0,5	7,43	1.451	Pemukiman	
18	352356	9238776	Tirto	Pekalongan Barat	3	0,9	2,1	8,55	482	Pemukiman	

NO.	KOORDINAT		KELURAHAN	KECAMATAN	ELEVASI (mdpl)	KEDALAMAN (mbmt)	MUKA AIR TANAH (mdpl)	pH	DHL (μ mhos/cm)	TATA GUNA LAHAN	FOTO
	X	Y									
19	351845	9238176	Sokoduwet	Pekalongan Timur	2	0,3	1,7	7,72	813	Pemukiman	
20	351717	9239486	Kuripan Kertoharjo	Pekalongan Selatan	2	1,1	0,9	8,2	799	Pemukiman	
21	353170	9239676	Pasir Kraton Kramat	Pekalongan Barat	3	0,9	2,1	7,53	1.632	Pemukiman	
22	354133	9241196	Pasir Kraton Kramat	Pekalongan Barat	2	0,1	1,9	8,75	4.510	Pemukiman	
23	352966	9236448	Kramat Sari	Pekalongan Barat	7	0,9	6,1	7,42	496	Pemukiman	
24	354255	9239096	Pasir Kraton Kramat	Pekalongan Barat	3	0,2	2,8	7,4	1.105	Pemukiman	

NO.	KOORDINAT		KELURAHAN	KECAMATAN	ELEVASI (mdpl)	KEDALAMAN (mbmt)	MUKA AIR TANAH (mdpl)	pH	DHL (μ mhos/cm)	TATA GUNA LAHAN	FOTO
	X	Y									
25	353513	9238506	Bendan Kergon	Pekalongan Barat	5	0,4	4,6	7,52	520	Pemukiman	
26	354399	9238506	Padukuhan Kraton	Pekalongan Utara	4	0,8	3,2	7,72	1.376	Pemukiman	
27	354114	9237346	Kandang Panjang	Pekalongan Utara	6	1,5	4,5	7,55	749	Pemukiman	
28	355371	9237176	Panjang Baru	Pekalongan Utara	5	0,7	4,3	7,49	1.864	Pemukiman	
29	352500	9235736	Medono	Pekalongan Barat	8	1,2	6,8	7,33	585	Pemukiman	
30	356705	9238256	Medono	Pekalongan Barat	4	0,7	3,3	7,48	1.846	Pemukiman	

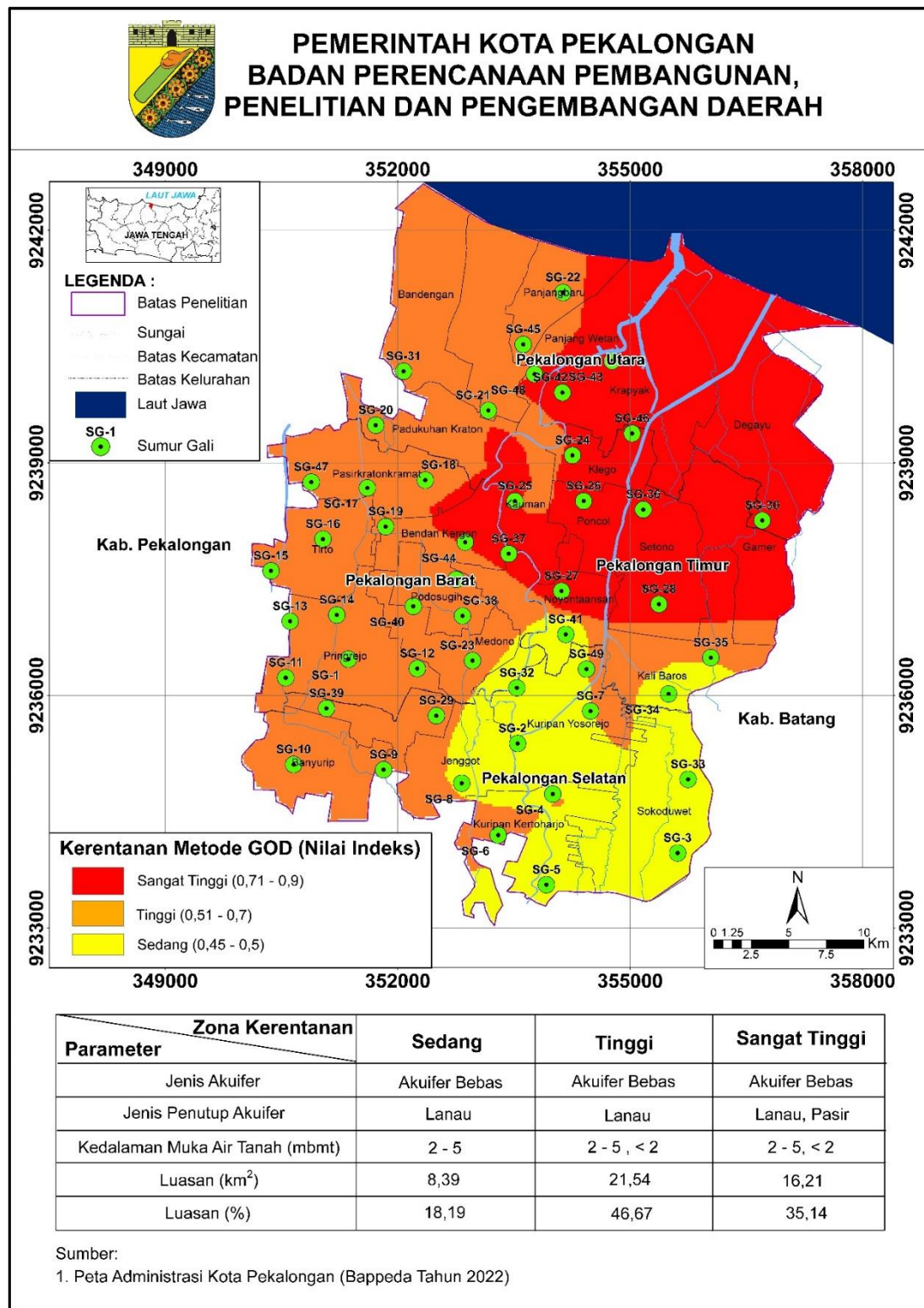
NO.	KOORDINAT		KELURAHAN	KECAMATAN	ELEVASI (mdpl)	KEDALAMAN (mbmt)	MUKA AIR TANAH (mdpl)	pH	DHL (μ mhos/cm)	TATA GUNA LAHAN	FOTO
	X	Y									
31	352076	9240180	Kandang Panjang	Pekalongan Utara	1	0,4	0,6	7,81	1.329	Pemukiman	
32	353538	9236096	Klego	Pekalongan Timur	4	3,8	0,2	7,17	676	Pemukiman	
33	355748	9234916	Padukuhan Kraton	Pekalongan Utara	10	2	8	7,46	230	Pemukiman	
34	355495	9236018	Kauman	Pekalongan Timur	7	2,4	4,6	7,54	460	Pemukiman	
35	356040	9236486	Poncol	Pekalongan Timur	6	1,9	4,1	7,55	749	Pemukiman	
36	355170	9238396	Sapuro Kebulen	Pekalongan Barat	5	0,8	4,2	7,64	935	Pemukiman	

NO.	KOORDINAT		KELURAHAN	KECAMATAN	ELEVASI (mdpl)	KEDALAMAN (mbmt)	MUKA AIR TANAH (mdpl)	pH	DHL (μ mhos/cm)	TATA GUNA LAHAN	FOTO
	X	Y									
37	353433	9237826	Noyontaan Sari	Pekalongan Timur	4	1	3	7,26	483	Pemukiman	
38	352837	9237025	Setono	Pekalongan Timur	4	0,8	3,2	7,11	414	Pemukiman	
39	351081	9235831	Kuripan Yosorejo	Pekalongan Selatan	4	0,8	3,2	7,72	762	Pemukiman	
40	352202	9237149	Buaran Kradenan	Pekalongan Selatan	4	0,8	3,2	7,48	743	Pemukiman	
41	354169	9236786	Gamer	Pekalongan Timur	6	2,3	3,7	7,26	766	Pemukiman	
42	354126	9239906	Bandengan	Pekalongan Utara	3	2,4	0,6	7,45	1.777	Pemukiman	

NO.	KOORDINAT		KELURAHAN	KECAMATAN	ELEVASI (mdpl)	KEDALAMAN (mbmt)	MUKA AIR TANAH (mdpl)	pH	DHL (μ mhos/cm)	TATA GUNA LAHAN	FOTO
	X	Y									
43	354766	9240312	Kuripan Yosorejo	Pekalongan Selatan	2	0,4	1,6	7,5	1.782	Pemukiman	
44	352871	9237976	Kuripan Yosorejo	Pekalongan Selatan	5	1,3	3,7	7,47	692	Pemukiman	
45	353620	9240527	Sokoduwet	Pekalongan Selatan	2	0,4	1,6	7,64	2.630	Pemukiman	
46	355025	9239379	Kalibaros	Pekalongan Timur	2	0,3	1,7	7,57	1.291	Pemukiman	
47	350885	9238751	Setono	Pekalongan Timur	1	0,6	0,4	7,68	1.452	Pemukiman	
48	353766	9240144	Kalibaros	Pekalongan Timur	2	0,2	1,8	7,12	6.040	Pemukiman	

NO.	KOORDINAT		KELURAHAN	KECAMATAN	ELEVASI (mdpl)	KEDALAMAN (mbmt)	MUKA AIR TANAH (mdpl)	pH	DHL (μ mhos/cm)	TATA GUNA LAHAN	FOTO
	X	Y									
49	354436	9236338	Sokoduwet	Pekalongan Timur	6	2	4	7,3	704	Pemukiman	
50	352754	9237495	Setono	Pekalongan Selatan	5	1,6	3,4	7,49	691	Pemukiman	

Lampiran 2 Gambar Peta Nilai Indeks Kerentanan Metode GOD



Lampiran 3 Gambar Peta Risiko Kerentanan

