



**LAPORAN AKHIR RISET BERSAMA
PEMERINTAH KOTA PEKALONGAN
BADAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN, PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN
TAHUN 2022**



JUDUL PENELITIAN

**MITIGASI DAMPAK BANJIR DAN ROB
TERHADAP LAHAN PERTANIAN DI KOTA
PEKALONGAN**



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena hanya dengan karunia-Nya Laporan Akhir penelitian "Mitigasi Dampak Banjir dan Rob terhadap Lahan Pertanian di Kota Pekalongan" ini dapat selesai dengan baik.

Laporan Akhir ini disusun untuk memenuhi Surat Perjanjian kerja sama Nomor: 070/1691/2022 dan Nomor: UN1/FTP/SET-D/HM/2022 antara Badan Perencanaan Pembangunan, Penelitian Dan Pengembangan Daerah (BAPPEDA) Kota Pekalongan dengan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada.

Dalam Laporan Akhir ini disajikan kemajuan pelaksanaan pekerjaan sampai dengan tanggal 9 Desember 2022 antara lain berisi pendahuluan, metodologi penelitian, gambaran umum, skenario mitigasi bencana, dan rekomendasi upaya mitigasi pertanian terhadap bencana banjir dan rob.

Kami ucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu penyelesaian Laporan Akhir ini. Tanggapan dan saran yang berguna bagi pelaksanaan kegiatan ini sangat kami harapkan.

Yogyakarta, 2022
Fakultas Tekonologi Pertanian
Universitas Gadjah Mada

Dr. Murtiningrum, S.T.P., M.Eng.
Ketua Tim Peneliti

DAFTAR ISI

| | |
|--|----|
| KATA PENGANTAR | i |
| DAFTAR ISI | ii |
| DAFTAR TABEL | iv |
| DAFTAR GAMBAR | v |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Maksud dan Tujuan..... | 2 |
| 1.3 Lokasi Penelitian | 2 |
| 1.4 Ruang Lingkup | 2 |
| 1.5 Kerangka/Alur Pikir..... | 3 |
| BAB II METODOLOGI PENELITIAN..... | 5 |
| 2.1. Pengumpulan Data | 5 |
| 2.2. Uji Kualitas Data dan Analisis..... | 5 |
| 2.3. Skenario Mitigasi Bencana | 17 |
| 2.4. Output Penelitian..... | 17 |
| BAB III GAMBARAN UMUM..... | 19 |
| 3.1. Gambaran Umum Wilayah Penelitian | 19 |
| 3.1.1 Batas Wilayah..... | 19 |
| 3.1.2 Topografi..... | 19 |
| 3.1.3 Geologi dan Jenis Tanah | 21 |
| 3.1.4 Tata Guna Lahan | 22 |
| 3.1.5 Hidrologi | 23 |
| 3.2. Gambaran Umum Lokasi Kegiatan..... | 28 |
| 3.2.1. Luas Lokasi Kegiatan | 28 |
| 3.2.2. Batas Lokasi Kegiatan..... | 28 |
| 3.2.3. Kondisi Lokasi Kegiatan..... | 28 |
| 3.2.4. Kondisi Sosial Ekonomi Petani | 29 |
| 3.3. Hasil Survey Awal | 30 |
| BAB IV SKENARIO MITIGASI BENCANA..... | 35 |
| 4.1. Daerah Aliran Sungai..... | 35 |
| 4.2. Data Hidrologi dan Pasang Surut di Kota Pekalongan | 35 |
| 4.2.1. Data Curah Hujan..... | 35 |
| 4.2.2. Data Pasang Surut | 36 |
| 4.3. Model CMIP dan Indeks Ektrim untuk Proyeksi Hujan | 37 |
| 4.3.1. Hasil Analisis Konsistensi Hujan | 42 |
| 4.3.2. Hasil Analisis Frekuensi..... | 44 |
| 4.3.3. Model Hidrologi Banjir (Rainfall-runoff inundation)..... | 45 |
| 4.4. Kualitas Air dan Karakteristik Tanah | 51 |
| 4.4.1. Survey Pendahuluan dan Justifikasi Penetapan Lokasi Sampling..... | 51 |
| 4.4.2. Pengambilan Sampel dan Data Primer di Lapangan | 54 |
| 4.5. Pelaksanaan Uji Karakteristik Tanah | 57 |

| | |
|--|-----------|
| 4.5.1. Uji Variabel Pengamatan Karakteristik Tanah | 57 |
| 4.5.2. Hasil Uji Variabel Karakteristik Tanah | 58 |
| 4.6. Pelaksanaan Uji Kualitas Air | 59 |
| 4.6.1. Uji Laboratorium Kualitas Air..... | 59 |
| 4.6.2. Hasil Uji Kualitas Air | 61 |
| 4.7. Analisis Kesesuaian Lahan | 72 |
| 4.8. Analisis Usaha Tani | 73 |
| BAB V REKOMENDASI UPAYA MITIGASI PERTANIAN TERHADAP | |
| BENCANA BANJIR DAN ROB | 76 |
| 5.1 Rekomendasi Upaya Mitigasi..... | 76 |
| 5.2 Desain Demplot Pertanian Tahan Bencana | 83 |
| DAFTAR PUSTAKA | 85 |
| LAMPIRAN | 86 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1. Nilai Statistik Q dan R | 7 |
| Tabel 2.2. Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-Kuadrat..... | 14 |
| Tabel 3.1. Hasil Pemantauan oleh Badan Geologi..... | 21 |
| Tabel 3.2. Analisa Pendapatan Usahatani Padi di Kelurahan Degayu, Gamer, dan Setono..... | 29 |
| Tabel 3.3. Analisa Pendapatan Usahatani Sayur-sayuran di Kelurahan Setono | 30 |
| Tabel 3.4. Hasil Survey Lapangan | 31 |
| Tabel 4.1. Uji Konsistensi pada Stasiun Koperbal Wilayah Kupang Pekalongan..... | 43 |
| Tabel 4.2. Uji Konsistensi pada Stasiun Koperbal Wilayah Kupang Pekalongan..... | 43 |
| Tabel 4.3. Hasil Kala Ulang Debit Maksimum..... | 44 |
| Tabel 4.4. Perbandingan Ketinggian Genangan Eksisting dan Kala Ulang..... | 50 |
| Tabel 4.5. Hasil Uji Variabel Karakteristik Tanah | 58 |
| Tabel 4.6. Parameter Kualitas Air, Baku Mutu, dan Standar Metode Pengujian | 60 |
| Tabel 4.7. Hasil Uji Lab BBTCLPP Sampel Air Kota Pekalongan..... | 63 |
| Tabel 4.8. Hasil Analisis Kesesuaian Lahan Kota Pekalongan | 72 |
| Tabel 4.9. Luas Lahan Pertanian Tahun 2021..... | 73 |
| Tabel 4.10. Data Produksi dan Produktivitas Tanaman Padi Kota Pekalongan Tahun 2017 –2021..... | 74 |
| Tabel 4.11. Analisis Usaha Tani di Lokasi Penelitian | 74 |
| Tabel 4.12. Luas Lahan Pertanian Terdampak Banjir Dan Rob 2021 | 75 |
| Tabel 5.1. Upaya Mitigasi Banjir dan ROB Terhadap Lahan Pertanian..... | 78 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1. 1. Skema Rumusan Permasalahan Bencana Banjir dan Rob terhadap Produktivitas Lahan Pertanian..... | 4 |
| Gambar 2. 1. Peta curah hujan Kota Pekalongan Tahun 2021..... | 6 |
| Gambar 2. 2. Diagram alir analisis Hidrologi-Hidraulika..... | 8 |
| Gambar 2. 3. Polygon Thiessen | 10 |
| Gambar 2. 4. Metode Isohyet..... | 11 |
| Gambar 2. 5. Hyetograph dengan Alternating Block Method (ABM) | 17 |
| Gambar 2.6. Alur Penelitian Mitigasi Bencana Banjir dan Rob Terhadap Lahan Pertanian | 18 |
| Gambar 3.1. Peta Administrasi Kota Pekalongan..... | 19 |
| Gambar 3.2. Peta Topografi Ketinggian dan Kelerengan Kota Pekalongan..... | 20 |
| Gambar 3.3. Peta Jenis Tanah Kota Pekalongan..... | 21 |
| Gambar 3.4. Alat Ukur Penurunan Muka Tanah | 22 |
| Gambar 3.5. Peta Penggunaan Lahan Kota Pekalongan | 23 |
| Gambar 3.6. Peta Sungai Kota Pekalongan | 24 |
| Gambar 3.7. Peta Lokasi Kegiatan..... | 28 |
| Gambar 3.8. Peta Identifikasi Banjir dan Rob | 34 |
| Gambar 4.1. Peta Daerah Aliran Sungai Kota Pekalongan..... | 35 |
| Gambar 4.2. Grafik Curah Hujan Kota Pekalongan Tahun 2010-2021..... | 36 |
| Gambar 4.3. Grafik Data Pasang Surut Pantai Utara Tahun 2018-2022 | 36 |
| Gambar 4.4. Grafik Kenaikan Muka Air Laut Tahun 1990-2100..... | 37 |
| Gambar 4.5. Grafik Kenaikan Permukaan Laut Tahun 1994-2022 dari Data Pengamatan Satelit | 37 |
| Gambar 4.6. CDD Kota Pekalongan Tahun 2010-2030 | 38 |
| Gambar 4.7. Trend CDD Kota Pekalongan 2010-2030 | 39 |
| Gambar 4.8. CWD Kota Pekalongan 2010-2030..... | 40 |
| Gambar 4. 9. Trend CWD Kota Pekalongan 2010-2030 | 40 |
| Gambar 4.10. Proyeksi curah hujan Kota Pekalongan 2010-2030 | 41 |
| Gambar 4.11. Trend curah hujan Kota Pekalongan 2010-2030..... | 41 |
| Gambar 4.12. Peta Hujan R95p Kota Pekalongan | 42 |
| Gambar 4.13 Trend R95p Kota Pekalongan 2010-2030..... | 42 |
| Gambar 4.14. Grafik Hidrograf Banjir Kali Pekalongan Berbagai Kala Ulang | 45 |
| Gambar 4.15. Skema diagram model RRI | 46 |
| Gambar 4.16. Peta Genangan Kondisi Eksisting Kala Ulang 2 Tahun (a) Jam ke-0 (b) Jam ke-4 (c) Jam ke-8 (d) Jam ke-16 (d) Jam ke-24 | 47 |
| Gambar 4.17. Peta Genangan Kondisi Eksisting Kala Ulang 50 Tahun (a) Jam ke-0 (b) Jam ke-4 (c) Jam ke-8 (d) Jam ke-16 (d) Jam ke-24..... | 48 |
| Gambar 4.18. Peta Model Genangan Banjir Kota Pekalongan..... | 49 |
| Gambar 4.19. Peta Model Genangan Banjir dan Rob Kota Pekalongan | 50 |
| Gambar 4.20. Peta Lokasi Enam Titik Pengambilan Sampel (S1 – S6)..... | 52 |
| Gambar 4.21. Pengambilan sampel air / tanah dan data primer di Kelurahan Setono (S1) | 54 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.22. Pengambilan data primer, sampel air di pertemuan aliran Kali Susukan - Kali Gabus, dan sampel tanah lahan bekas sawah di Kelurahan Degayu (S2)..... | 55 |
| Gambar 4.23. Pengambilan data primer, sampel air, dan sampel tanah di lahan pertanian terdampak rob di Kelurahan Gamer (S3). | 55 |
| Gambar 4.24. Pengambilan data primer dan sampel air di sekitar area TPA Degayu dan aliran budidaya tambak setelah proyek pengerjaan saluran (S4). 55 | |
| Gambar 4.25. Pengambilan data primer dan sampel air di muara Kali Banger (S5). 56 | |
| Gambar 4.26. Pengambilan data primer dan sampel air di Bekas Lahan Sawah di Kelurahan Bandengan (S6)..... | 56 |
| Gambar 4.27. Kegiatan Pengujian Sampel Tanah | 56 |
| Gambar 4.28. Perbedaan kandungan beban pencemar pada COD dan BOD | 66 |
| Gambar 4.29. Distribusi nilai BOD, COD, DO, dan Fosfat pada S1 – S6..... | 66 |
| Gambar 4.30. Distribusi kadar nitrat, kadmium, hrom heksavalen, dan tembaga pada S1 – S6..... | 67 |
| Gambar 4.31. Distribusi kadar Pb, salinitas, total coliform, dan pH pada S1 – S6 ... | 69 |
| Gambar 5.1. Peta Upaya Mitigasi Banjir dan Rob terhadap Lahan Pertanian..... | 82 |

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Pekalongan merupakan salah satu Kota di Pantai Utara Jawa Tengah. Kota Pekalongan mempunyai luas wilayah 46,42 km² dan berbatasan dengan Laut Jawa di sebelah Utara, Kabupaten Batang di Timur, serta Kabupaten Pekalongan di sebelah Selatan dan Barat. Secara topografis wilayah Kota Pekalongan terletak di dataran rendah pantai Utara Pulau Jawa dengan ketinggian lahan antara 0-6 meter dpl. Keseluruhan wilayah berada pada kemiringan lereng 0-8%. Kondisi ini dapat menggambarkan bahwa keseluruhan wilayah Kota Pekalongan sangat datar, beda tinggi yang sangat kecil dan bahkan di beberapa tempat tertentu telah teridentifikasi memiliki ketinggian di bawah permukaan air laut seperti di Kawasan Pabean Kelurahan Padukuhan Kraton Kecamatan Pekalongan Utara. Kota Pekalongan merupakan daerah beriklim tropis dengan rata-rata curah hujan berkisar 2700 mm per tahun.

Kota Pekalongan dilewati oleh lima sungai yaitu Sungai Loji, Sungai Banger, Sungai Meduri, Sungai Bremi dan Sungai Gabus. Sungai Loji dan Sungai banger merupakan percabangan dari Sungai Kupang, sedangkan Sungai Bremi dan Sungai Meduri merupakan anak Sungai Sengkarang. Karena mempunyai topografi datar dan berada di hilir sungai dekat dengan pantai, maka Kota Pekalongan menjadi rawan banjir, baik banjir kiriman dari hulu sungai maupun banjir rob karena naiknya muka air laut. Dengan semakin parahnya perubahan iklim, maka kejadian banjir rob menjadi semakin parah. Perubahan iklim memicu peningkatan temperatur yang berakibat pada mencairnya es di kutub dan peningkatan muka air laut sehingga banjir rob lebih sering terjadi. Penurunan kualitas lingkungan di hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) Pekalongan juga turut memperparah kejadian banjir di Kota Pekalongan.

Pemerintah Pusat, Pemerintah Provinsi Jawa Tengah, Pemerintah Kota Pekalongan, Lembaga Swadaya Masyarakat, Akademisi serta *Stakeholder* lain telah melakukan berbagai upaya untuk menangani permasalahan banjir dan rob di Kota Pekalongan. Bappeda Kota Pekalongan telah menyusun Master Plan Drainase Kota Pekalongan pada tahun 2020. Pada Master Plan tersebut diidentifikasi penyebab banjir dan rob Kota Pekalongan yaitu:

- 1) Penanganan banjir dan rob yang telah dilakukan masih bersifat parsial
- 2) *Land subsidence* tiap tahun yang cukup tinggi, sehingga daerah genangan semakin meluas dan lama waktu tergenang semakin lama
- 3) Terdapat banyak titik-titik sumber masuknya air laut ke daratan (pantai, sungai, drainase)
- 4) Keberadaan kapal-kapal yang masuk dan bersandar di sepanjang Sungai Loji
- 5) Kanan-kiri sungai Loji adalah pemukiman padat penduduk

Selanjutnya direncanakan upaya penanganan banjir dan rob secara komprehensif dan menyeluruh hulu-hilir serta segera agar tidak menimbulkan kerugian yang berkepanjangan dengan mempertimbangkan faktor teknis dan non-teknis. Konsep penanganan banjir dan rob yang ditawarkan adalah sistem polder yaitu suatu sistem yang mengisolasi suatu daerah beserta sistem drainasenya terhadap masuknya air dari luar sistem. Komponen polder yang direncanakan antara lain pembangunan tanggul laut, bendung gerak, bangunan pengendali debit, peningkatan tanggul sungai, kolam retensi dan pompa, serta perbaikan sistem drainase.

Salah satu sektor yang terdampak kejadian banjir dan rob adalah pertanian. Kegiatan pertanian sangat tergantung pada alam, terutama lahan dan air. Kejadian banjir dan rob dapat mengurangi kualitas lahan dan air serta mengurangi luas lahan yang dapat digunakan untuk budidaya. Menilik penggunaan lahannya, Kota Pekalongan mempunyai 886 ha (19,58%) lahan sawah pada tahun 2021. Jumlah ini sudah menurun dari luas sawah tahun 2017 yaitu 1152 ha (25,46%). Meskipun demikian pemerintah Kota Pekalongan masih memprioritaskan sektor pertanian dan mengharapkan dampak banjir dan rob dapat dikurangi.

Untuk mengetahui efektivitas dari master plan yang saat ini tengah dilaksanakan, perlu dilakukan studi identifikasi banjir dan rob dan dampaknya terhadap lahan pertanian untuk menyiapkan upaya mitigasi peningkatan produktivitas lahan pertanian.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penyusunan laporan ini adalah untuk mengetahui progres terkait studi penanganan banjir dan rob di Kota Pekalongan terhadap lahan pertanian berdasarkan lingkup kegiatan, metodologi pelaksanaan pekerjaan, inventaris data, survei lapangan, analisis data, dan rencana langkah selanjutnya riset Mitigasi Dampak Banjir dan Rob terhadap Lahan Pertanian di Kota Pekalongan.

Tujuan penyusunan laporan ini adalah untuk mengidentifikasi dampak banjir dan rob terhadap lahan pertanian dan memberikan rekomendasi upaya mitigasi dampak banjir dan rob di lahan pertanian di Kota Pekalongan.

1.3 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian Mitigasi Dampak Banjir dan Rob terhadap Lahan Pertanian di Kota Pekalongan terfokuskan pada tiga Kelurahan yang terdampak rob dan banjir yaitu Degayu, Gamer, dan Setono.

1.4 Ruang Lingkup

Lingkup kegiatan Kajian Mitigasi dan Adaptasi Bencana Banjir dan Rob Pada Lahan Pertanian di Kota Pekalongan disusun dengan focus antara lain:

1.4.1 Fokus pada iklim sebagai faktor utama banjir dan rob

1. Identifikasi anomali kondisi iklim dan kejadian ekstrem yang terjadi seperti curah hujan dan suhu udara.

2. Identifikasi bencana banjir dan rob (sebaran spasial, durasi, dan tingkat keparahannya) baik secara tren historis maupun proyeksi kedepan.
3. Identifikasi tren pasang-surut air laut dan penurunan muka tanah.
4. Review aspek mitigasi dampak banjir dan rob terhadap areal pertanian (informasi areal potensial untuk pertanian).

1.4.2 Fokus pada kondisi lahan dan lingkungan sebagai upaya untuk adaptasi

1. Identifikasi dinamika kawasan pesisir terhadap kondisi lahan pertanian terkait sarana dan prasarana pendukung sektor pertanian dan sistem pengendali banjir.
2. Analisis kondisi lahan pertanian terdampak banjir dan rob meliputi topografi, karakteristik tanah, jaringan irigasi, dan tata guna lahan (RTRW, RDTRK).
3. Analisis lingkungan, meliputi kualitas air dan lahan serta ketersediaan air untuk tanaman pertanian.
4. Evaluasi kesesuaian lahan untuk tanaman pertanian berdasarkan kajian kondisi iklim dan lingkungan.

1.5 Kerangka/Alur Pikir

Tahapan penelitian yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan bencana banjir dan rob terhadap produktivitas lahan pertanian dilakukan melalui tahapan identifikasi masalah, rumusan dan batasan masalah, analisis, dan rekomendasi terkait upaya mitigasi. Mitigasi merupakan serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Upaya mitigasi dilakukan untuk memetakan akar permasalahan yang menyebabkan menurunnya produktivitas lahan pertanian di Kota Pekalongan akibat banjir dan rob.

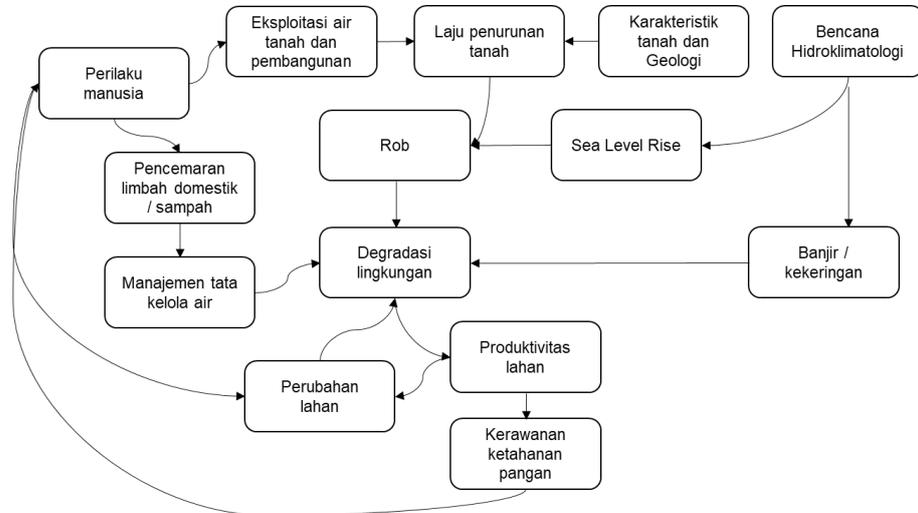
1) Identifikasi Masalah

Dalam penelitian ini banjir dan rob yang sering terjadi di kota Pekalongan banyak menimbulkan kerugian, baik kerugian materil dan kerugian non materil, khususnya di lahan pertanian. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar tingkat kerawanan banjir dan rob di lahan pertanian wilayah Kota Pekalongan melalui pemanfaatan berbagai data baik *ground check* maupun satelit meliputi curah hujan, ketinggian, kelerengan, penggunaan lahan dan sistem lahan.

2) Rumusan Masalah

Permasalahan banjir dan rob di Kota Pekalongan memberikan dampak yang signifikan pada sektor pertanian, lingkungan dan sosial masyarakat. Perilaku manusia seringkali menyebabkan perubahan dinamika lingkungan yang dapat memperparah dampak bencana itu sendiri, selain juga terdapat faktor eksternal yang terjadi seperti fenomena hidroklimatologi. Degradasi lingkungan menyebabkan

turunnya produktivitas lahan yang mengakibatkan tingginya tingkat kerawanan ketahanan pangan. Hal ini berdampak terhadap terjadinya perubahan lahan dan semakin memperburuk kualitas lingkungan. Faktor-faktor hubungan causal bencana banjir dan rob terhadap produktivitas lahan pertanian secara umum dijabarkan sebagai berikut.



Gambar 1. 1. Skema Rumusan Permasalahan Bencana Banjir dan Rob terhadap Produktivitas Lahan Pertanian

3) Analisis

Data-data tersebut akan diolah sebagai bahan untuk mengetahui tingkat kerawanan, tren, anomali, dan distribusi bencana banjir dan rob secara historikal maupun proyeksi masa depan dan dampaknya terhadap daya dukung lingkungan pada wilayah lahan pertanian Kota Pekalongan.

4) Rekomendasi

Rekomendasi dalam upaya mitigasi banjir dan rob terhadap lahan pertanian merupakan hasil dari analisis data, dengan memperhatikan kondisi saat ini, tren proyeksi masa depan, dan potensi permasalahan yang mungkin akan muncul. Tingkat penerimaan masyarakat terhadap upaya-upaya mitigasi perlu diperhatikan dalam meningkatkan ketahanan bencana. Desain demplot lahan pertanian yang tahan bencana merupakan target yang akan dicapai dalam penelitian.

BAB II

METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Pengumpulan Data

Kegiatan pengumpulan data dilakukan dengan mengunjungi badan pemerintahan serta dengan survey ke wilayah terdampak untuk mencari data-data terkait karakteristik kondisi studi, topografi, klimatologi, hingga sosial ekonomi pertanian yang terdapat di wilayah Kota Pekalongan. Data-data yang dikumpulkan dapat digunakan sebagai bahan analisis dalam penyelesaian masalah yang terdapat pada penelitian ini dengan mengkaji hubungan pengaruh rob dan banjir terhadap karakteristik lahan pertanian. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengumpulan data-data terkait di wilayah Kota Pekalongan, Jawa Tengah.

2.2. Uji Kualitas Data dan Analisis

Kegiatan uji kualitas data dan analisis dilakukan setelah data yang dibutuhkan telah lengkap. Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, selanjutnya dianalisis untuk menjadi beberapa model penelitian. Kegiatan analisis data yaitu data curah hujan, data pasang surut, model hidrologi spasial, analisis proyeksi *Sea Level Rise*, analisis aliran sungai, hingga evaluasi kesesuaian lahan di wilayah Kota Pekalongan, Jawa Tengah.

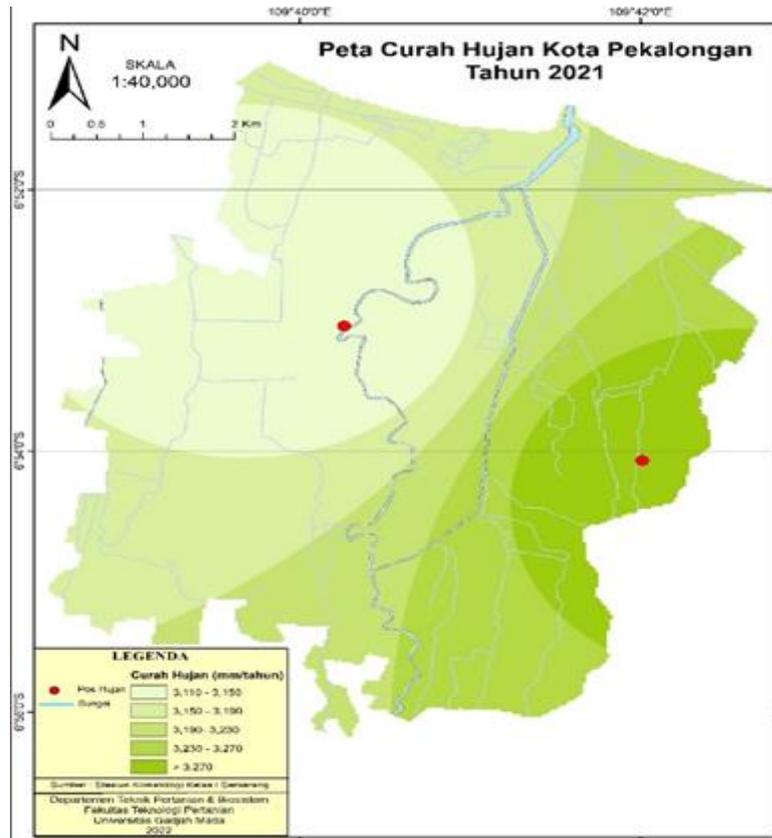
2.2.1 Analisis Curah Hujan

1. Simulasi data dari model CMIP6

Model data curah hujan harian yang digunakan pada studi ini diperoleh dari CMIP6 *model ensembles* yaitu Miroc6 yang dibuat oleh institusi MIROC di Jepang. Pemilihan Miroc6 sebagai model simulasi curah hujan ini didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Fei Ge *et al* 2021 yang menunjukkan Miroc6 bisa dengan baik mensimulasikan distribusi curah hujan rata-rata khususnya di wilayah Asia Tenggara. Proyeksi hujan yang dilakukan juga didasarkan pada *Shared Socioeconomic Pathways (SSP) 2-4.5 (middle-of-the-road)* dengan periode *historical* pada 2010-2022 dan periode masa depan pada 2023-2030.

2. Data observasi dan representasi indeks ekstrem

Data curah hujan harian hasil pengamatan lapangan juga digunakan dalam studi ini, mencakup beberapa variabel seperti curah hujan harian serta suhu minimum dan maksimum harian. Data pengamatan curah hujan harian diperoleh dari Stasiun MPK Gamer (-6.901239, 109.700142) dan Stasiun Koperbal Wil. Kupang Pekalongan (-6.884955, 109.670973).



Gambar 2. 1. Peta curah hujan Kota Pekalongan Tahun 2021

Berdasarkan analisis data yang dilakukan, beberapa parameter dipilih untuk menunjukkan curah hujan ekstrem seperti PRCPTOT (Total presipitasi pada hari basah), CWD/CDD (Hari basah/kering berturut-turut), R95p (Total presipitasi pada hari sangat basah).

3. Uji Konsistensi Hujan

Penggunaan data pengamatan hujan pada penelitian ini perlu dilakukan uji konsistensi terlebih dahulu karena kualitas data akan menentukan tingkat keakuratan pada hasil analisis. Uji Konsistensi hujan ini berfungsi untuk mengetahui tingkat kesalahan ataupun konsistensi pada data hujan yang diperoleh, sehingga data tersebut layak digunakan untuk bahan analisis atau tidak. Dalam penelitian ini, uji konsistensi dilakukan dengan menggunakan metode RAPS (*Rescaled Adjust Partial Sums*), dengan persamaan sebagai berikut :

$$S_0^* = 0$$

$$S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - Y)$$

Dengan

$$K = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{Dy}$$

$$Dy^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (Y_i - Y)^2}{n}$$

Dengan

- Y_i = Data hujan ke-i
- Y = Data hujan rerata-i
- Dy = Simpangan rerata
- N = Jumlah data

Kemudian nilai Q hitung dan R hitung dibandingkan dengan nilai statistik Q dan R pada tabel berikut ini

Tabel 2. 1. Nilai Statistik Q dan R

| n | $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ | | | $\frac{R}{\sqrt{n}}$ | | |
|-----|----------------------|------|------|----------------------|------|------|
| | 90% | 95% | 99% | 90% | 95% | 99% |
| 10 | 1.05 | 1.14 | 1.29 | 1.21 | 1.28 | 1.38 |
| 20 | 1.1 | 1.22 | 1.42 | 1.34 | 1.43 | 1.6 |
| 30 | 1.12 | 1.24 | 1.46 | 1.4 | 1.5 | 1.7 |
| 40 | 1.13 | 1.26 | 1.5 | 1.42 | 1.53 | 1.74 |
| 50 | 1.14 | 1.27 | 1.52 | 1.44 | 1.55 | 1.78 |
| 100 | 1.17 | 1.29 | 1.55 | 1.5 | 1.62 | 1.86 |
| ∞ | 1.22 | 1.36 | 1.63 | 1.62 | 1.75 | 2 |

(Sri Harto, Br, 2009)

2.2.2 Analisis Frekuensi Hujan

Tahap analisis frekuensi dilakukan melalui metode distribusi Log-Pearson Tipe-III. Metode ini digunakan untuk analisis hidrologi maksimum yang akan menunjukkan tingkat banjir dan minimum dalam satuan debit air yang ekstrim. Log-Pearson Tipe-III merupakan bentuk sebaran transformasi dari sebaran Pearson Tipe-III yang mengganti varian menjadi nilai logaritmik. (Soemarno, 1995) dalam (Lubis, 2016) menjelaskan Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses analisis frekuensi adalah :

1. Mengubah data curah hujan sebanyak n buah X₁, X₂, X₃, ..., X_n menjadi log(X₁), log(X₂), log(X₃), ..., log(X_n).
2. Menghitung harga rata-ratanya dengan rumus :

$$\log \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log(X_i)}{n}$$

Keterangan :

Log = Harga rata-rata logaritmik

X_i = nilai curah hujan

N = Jumlah data

3. Menghitung logaritma hujan rencana dengan periode ulang T tahun dengan rumus :

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (\log(X_i) - \log(\bar{x}))^2}{n-1}$$

Keterangan :

S = Standar deviasi

4. Menghitung koefisien skewness (C_s) dengan rumus :

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (\log(X_i) - \log(\bar{x}))^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

Keterangan :

C_s = Koefisien *Skewness*

5. Menghitung logaritma hujan rencana dengan periode ulang T tahun dengan rumus :

$$\log Y = \log \bar{x} + k.S$$

$$X_t = 10^{(\log Y)}$$

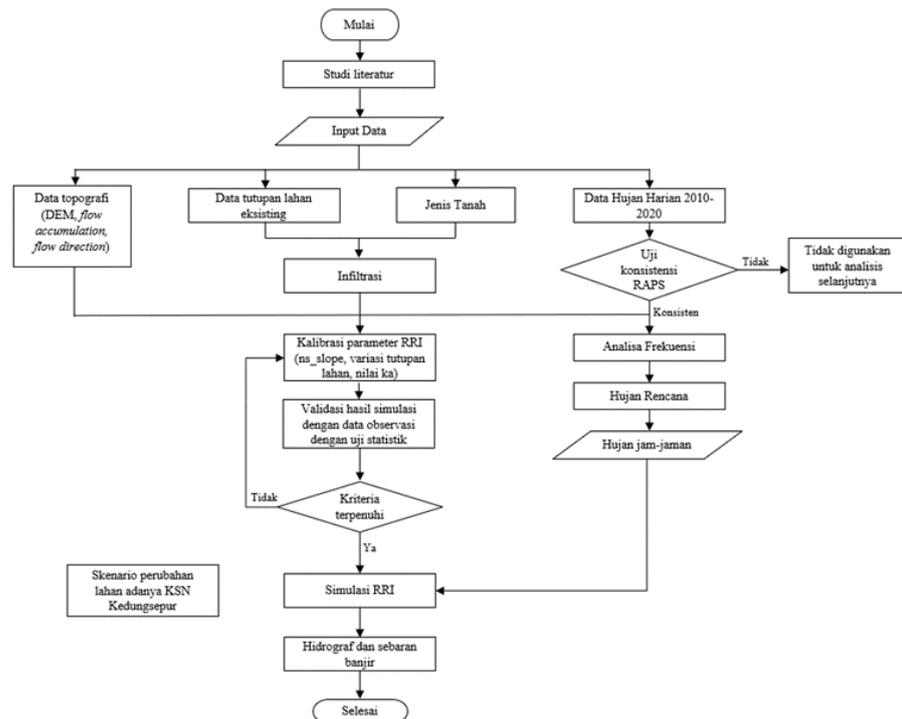
Keterangan :

X_t = Curah hujan rencana periode ulang T tahun

K = Harga yang diperoleh berdasarkan nilai C_s

S = Standar deviasi

Diagram alir tahapan analisis Hidrologi dan Hidraulika tersaji pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Diagram alir analisis Hidrologi-Hidraulika

2.2.3 Curah Hujan Wilayah

Data curah hujan dan debit merupakan data yang sangat penting dalam perencanaan bendungan. Analisis data hujan dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan. Perlunya menghitung curah hujan wilayah adalah untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir (Sosrodarsono & Takeda, 1977).

Curah hujan yang diperlukan untuk suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan bangunan air adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan wilayah dapat diperhitungkan dengan beberapa metode, yaitu:

1. Metode Rata-Rata Aljabar

Tinggi rata-rata curah hujan yang didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) pengukuran hujan di pos penakar-penakar hujan di dalam areal tersebut. Jadi cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakarnya ditempatkan secara merata di areal tersebut, dan hasil penakar masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos di seluruh areal. Persamaan yang digunakan dalam metode ini adalah:

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n}$$

dengan:

\bar{d} = tinggi curah hujan rata-rata

d_1, d_2, d_3 = tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2, ..., n

n = banyaknya pos penakar

2. Metode Polygon Thiessen

Jika titik-titik pengamatan di dalam daerah itu tidak tersebar merata, maka cara perhitungan curah hujan rata-rata itu dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan. Setelah luas pengaruh tiap-tiap stasiun didapat, maka koefisien Thiessen dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$C = \frac{A_i}{A}$$
$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

dengan:

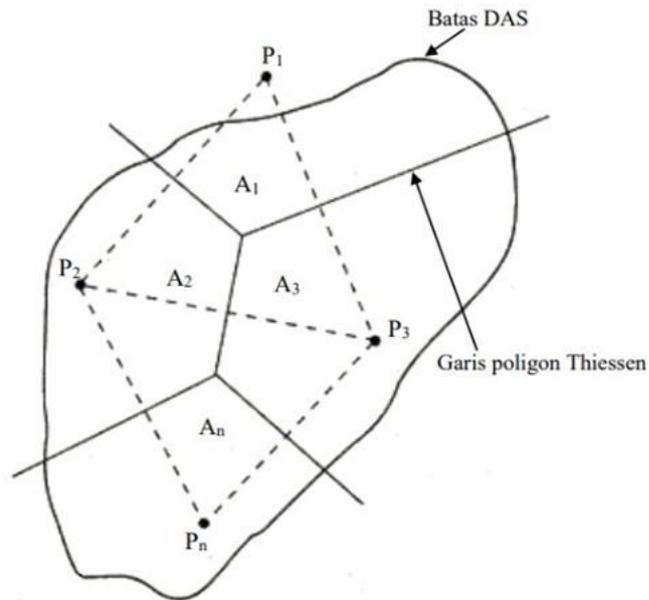
C = koefisien Thiessen

A_i = luas pengaruh dari stasiun pengamatan i

A = luas total dari DAS

\bar{R} = curah hujan rata-rata

R_1, R_2, \dots, R_n = curah hujan pada setiap titik pengukuran (stasiun)



Gambar 2. 3. Polygon Thiessen

Sumber: Triatmodjo, B. (2010). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.

3. Metode Isohyet

Dengan cara ini, kita dapat menggambar dulu kontur tinggi hujan yang sama (isohyet). Kemudian luas bagian di antara isohyet-isohyet yang berdekatan diukur dan nilai rata-rata dihitung sebagai nilai rata-rata timbang nilai kontur sebagai berikut:

$$\bar{d} = \frac{\frac{d_0 + d_1}{2} A_1 + \frac{d_1 + d_2}{2} A_2 + \dots + \frac{d_{n-1} + d_n}{2} A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

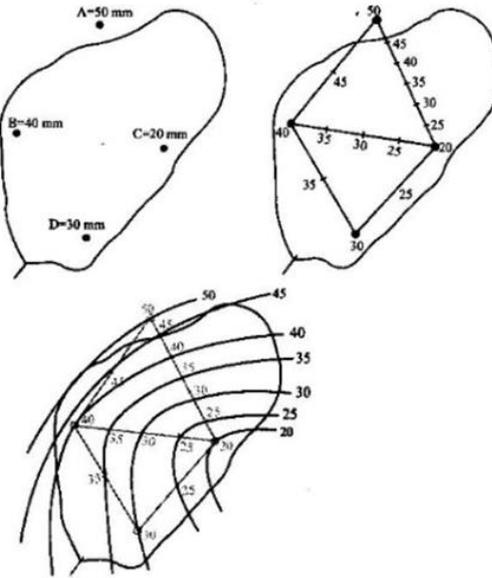
$$= \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d_{i-1} + d_i}{2} A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d_{i-1} + d_i}{2} A_i}{A}$$

dengan:

A = A₁+A₂+...+A_n (luas total area)

\bar{d} = tinggi curah hujan rata-rata area

d₀, d₁, d_n = curah hujan pada isohyet 0, 1, 2, ..., n



Gambar 2. 4. Metode Isohyet

Sumber : Triatmodjo, B. (2010). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset

Pada pekerjaan ini, perhitungan curah hujan menggunakan metode polygon thiessen. Pemilihan metode ini dikarenakan penyebaran stasiun hujan yang tidak merata, dimana dalam metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya.

2.2.4 Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana digunakan untuk meramal besarnya hujan dengan periode ulang tertentu. Berdasarkan curah hujan rencana tersebut kemudian dicari intensitas hujan yang digunakan untuk mencari debit banjir rencana (Sosrodarsono & Takeda, 1977).

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi, yaitu distribusi normal, distribusi Log-Normal, distribusi Log-Person III, dan distribusi Gumbel. Sebelum menghitung curah hujan wilayah dengan distribusi yang akan dilakukan terlebih dahulu pengukuran dispersi untuk mendapatkan parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana (Suripin, 2004).

2.2.5 Distribusi Normal

Distribusi ini mempunyai *probability density function* sebagai berikut.

$$P'(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(x - \mu)^2}{2\sigma^2}}$$

dengan:

σ = varian

μ = rata-rata

2.2.6 Distribusi Log Normal

Rumus yang digunakan dalam perhitungan dengan metode ini adalah sebagai berikut:

$$X_i = X_{rt} + k \cdot s$$

dengan:

X_i = besarnya curah hujan yang mungkin terjadi dengan periode ulang X tahun (mm)

s = standar deviasi data hujan maksimum tahunan

X_{rt} = curah hujan rata-rata (mm)

k = nilai karakteristik dari distribusi Log-Normal, yang nilainya tergantung dari koefisien variasi

2.2.7 Distribusi Gumbel

Rumus-rumus yang digunakan untuk menentukan curah hujan rencana menurut metode gumbel adalah sebagai berikut:

$$X_i = X_{rt} + s \cdot k$$

dengan:

X_i = hujan rencana dengan periode ulang T tahun (mm)

X_{rt} = nilai tengah sampel (mm)

s = standar deviasi sampel

k = factor frekuensi

Faktor-faktor k didapat dengan menggunakan rumus:

$$k = \frac{Y_{tr} - Y_n}{S_n}$$

dengan:

Y_n = harga rata-rata *reduced mean*

S_n = *reduced standard deviation*

Y_n = *reduced variate*

2.2.8 Distribusi Log Person III

Pada situasi tertentu, walaupun data yang diperkirakan mengikuti distribusi sudah dikonversi kedalam bentuk logaritmis, ternyata kedekatan antara data dan teori tidak cukup kuat untuk menyimpulkan pemakaian distribusi Log-Normal (Suripin, 2004). Person telah mengembangkan serangkaian fungsi probabilitas yang dapat dipakai untuk hampir semua distribusi probabilitas empiris. Tidak seperti konsep yang melatar belakangi pemakaian distribusi Log-Normal untuk banjir puncak, maka distribusi probabilitas ini hampir tidak berbasis teori. Distribusi ini masih tetap dipakai karena fleksibilitasnya (Suripin, 2004).

Ada tiga parameter penting dalam Log-Person III, yaitu harga rata-rata, simpangan baku, dan koefisien kemencengan. Yang menarik, jika koefisien kemencengan sama dengan nol, distribusi kembali ke distribusi Log-Normal (Suripin, 2004). Berikut langkah-langkah penggunaan distribusi Log-Person III:

1. Ubah data ke dalam bentuk logaritmis dari X_i menjadi $\text{Log } X_i$
2. Hitung harga rata-rata

$$\log X_{rt} = \sum_{i=1}^n \frac{\log X_i}{n}$$

dengan:

X_i = titik tengah tiap interval kelas (mm)

X_{rt} = rata-rata hitungan (mm)

n = jumlah kelas

3. Hitung harga simpangan baku

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log X_{rt})^2}{n - 1} \right]^{0.5}$$

dengan:

S = standar deviasi

X_i = titik tengah tiap interval kelas (mm)

X_{rt} = rata-rata hitungan (mm)

n = jumlah kelas

4. Hitung koefisien kemencengan (C_s)

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log X_{rt})^3}{(n - 1)(n - 2)S^3}$$

dengan:

C_s = koefisien kemencengan

S = standar deviasi

X_i = titik tengah tiap interval kelas (mm)

X_{rt} = rata-rata hitungan (mm)

n = jumlah kelas

5. Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T dengan rumus

$$\log X_i = \log X_{rt} + k \cdot s$$

dengan:

s = standar deviasi

X_i = titik tengah tiap interval kelas (mm)

X_{rt} = rata-rata hitungan (mm)

k = variable standar (standardized variable), tergantung C_s

2.2.9 Uji Keselarasan Smirnov-Kolmogorov

Uji keselarasan Smirnov-Kolmogorov sering juga disebut uji keselarasan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

Urutkan dari besar ke kecil atau sebaliknya dan tentukan besarnya nilai masing-masing peluang dari hasil penggambaran grafis data (persamaan distribusinya):

$$X_1 \rightarrow P'(X_1)$$

$$X_2 \rightarrow P'(X_2)$$

$$X_m \rightarrow P'(X_m)$$

$$X_n \rightarrow P'(X_n)$$

Periode ulang untuk perhitungan debit minimum tidak menyatakan suatu nilai sama atau lebih dari besaran tertentu, akan tetapi menyatakan suatu nilai sama atau kurang dari besaran tertentu. Oleh karena itu apabila:

Rumus-rumus yang dipakai untuk menghitung D (selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis) adalah sebagai berikut:

$$P(x) = m/(n + 1)$$

$$P(x <) = 1 - P(x)$$

$$P'(x) = m/(n - 1)$$

$$P'(x <) = 1 - P'(x)$$

$$D = \text{maksimum } |P'(x, <) - P(x <)|$$

2.2.10 Uji Keselarasan Chi-Kuadrat

Uji keselarasan chi-kuadrat menggunakan rumus :

$$X^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

dengan:

X^2 = harga chi-kuadrat terhitung

O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-1

E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-1

N = jumlah data

Suatu distribusi dikatakan selaras jika nilai X^2 hitung < dari X^2 kritis. Nilai X^2 kritis dapat dilihat pada Tabel 2-2. Dari hasil pengamatan yang didapat dicari penyimpangannya dengan chi-kuadrat kritis paling kecil. Untuk suatu nilai nyata tertentu (*level of significant*) yang sering diambil adalah 5%. Derajat kebebasan ini secara umum dihitung dengan rumus sebagai berikut:

dengan:

DK = derajat kebebasan

K = jumlah kelas

A = banyaknya keterikatan (banyaknya parameter), untuk uji chi-kuadrat adalah 2

n = jumlah data

E_i = nilai yang diharapkan

Tabel 2. 2. Nilai Kritis untuk Distribusi Chi-Kuadrat

| Df | α Derajat Kepercayaan | | | | | | | |
|----|------------------------------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|--------|
| | 0.995 | 0.99 | 0.975 | 0.95 | 0.05 | 0.025 | 0.01 | 0.005 |
| 1 | 3.9E-0.5 | 0.00016 | 0.00098 | 0.00393 | 3.841 | 5.024 | 6.635 | 7.789 |
| 2 | 0.01 | 0.0201 | 0.0506 | 0.103 | 5.991 | 7.378 | 9.21 | 10.587 |

| Df | α Derajat Kepercayaan | | | | | | | |
|----|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0.995 | 0.99 | 0.975 | 0.95 | 0.05 | 0.025 | 0.01 | 0.005 |
| 3 | 0.0717 | 0.115 | 0.216 | 0.352 | 7.815 | 9.348 | 11.345 | 12.838 |
| 4 | 0.207 | 0.297 | 0.484 | 0.711 | 9.488 | 11.143 | 13.277 | 14.86 |
| 5 | 0.412 | 0.554 | 0.831 | 1.145 | 11.07 | 12.832 | 15.086 | 16.75 |
| 6 | 0.676 | 0.872 | 1.237 | 1.635 | 12.592 | 14.449 | 16.812 | 18.548 |
| 7 | 0.989 | 1.239 | 1.69 | 2.167 | 14.067 | 16.013 | 18.475 | 20.278 |
| 8 | 1.344 | 1.646 | 2.18 | 2.733 | 15.507 | 17.535 | 20.09 | 21.955 |
| 9 | 1.735 | 2.088 | 2.7 | 3.325 | 16.919 | 19.023 | 21.666 | 23.589 |
| 10 | 2.156 | 2.558 | 3.247 | 3.94 | 18.307 | 20.483 | 23.209 | 25.188 |
| 11 | 2.603 | 3.053 | 3.816 | 4.575 | 19.675 | 21.92 | 24.725 | 26.757 |
| 12 | 3.074 | 3.571 | 4.404 | 5.226 | 21.026 | 21.337 | 26.217 | 28.3 |
| 13 | 3.565 | 4.107 | 5.009 | 5.892 | 22.362 | 24.736 | 27.688 | 29.819 |
| 14 | 4.075 | 4.66 | 5.629 | 6.571 | 23.685 | 26.119 | 29.141 | 31.319 |
| 15 | 4.601 | 5.229 | 6.262 | 7.261 | 24.996 | 27.488 | 30.578 | 32.801 |
| 16 | 5.142 | 5.812 | 6.908 | 7.962 | 26.296 | 28.845 | 32 | 34.267 |
| 17 | 5.697 | 6.408 | 7.564 | 8.672 | 27.587 | 30.191 | 33.409 | 35.718 |
| 18 | 6.265 | 7.015 | 8.231 | 9.39 | 28.869 | 31.526 | 34.805 | 37.156 |
| 19 | 6.844 | 7.633 | 8.907 | 10.117 | 30.144 | 32.852 | 36.191 | 38.582 |
| 20 | 7.434 | 8.26 | 9.591 | 10.851 | 31.41 | 34.17 | 37.566 | 39.997 |
| 21 | 8.034 | 8.897 | 10.283 | 11.591 | 32.671 | 35.479 | 38.932 | 41.401 |
| 22 | 8.643 | 9.542 | 10.982 | 12.338 | 33.924 | 36.781 | 40.289 | 42.796 |
| 23 | 9.26 | 10.196 | 11.689 | 13.091 | 36.172 | 38.076 | 41.683 | 44.181 |
| 24 | 9.886 | 10.856 | 12.401 | 13.848 | 36.415 | 39.364 | 42.98 | 45.558 |
| 25 | 10.52 | 11.524 | 13.12 | 14.611 | 37.652 | 40.646 | 44.314 | 46.928 |
| 26 | 11.16 | 12.198 | 13.844 | 15.379 | 38.885 | 41.923 | 45.642 | 48.29 |
| 27 | 11.808 | 12.879 | 14.573 | 16.151 | 40.113 | 43.194 | 45.642 | 49.645 |

| Df | α Derajat Kepercayaan | | | | | | | |
|----|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0.995 | 0.99 | 0.975 | 0.95 | 0.05 | 0.025 | 0.01 | 0.005 |
| 28 | 12.461 | 13.565 | 15.308 | 16.928 | 41.337 | 44.461 | 48.278 | 50.993 |
| 29 | 13.121 | 14.256 | 16.047 | 17.708 | 42.557 | 45.722 | 49.892 | 52.336 |
| 30 | 13.787 | 14.953 | 16.791 | 18.493 | 43.773 | 46.979 | 50.892 | 53.672 |

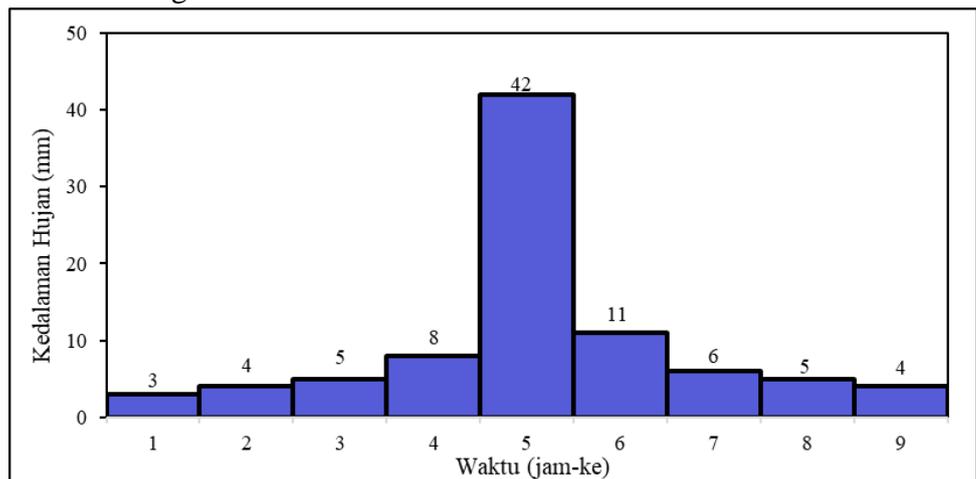
Sumber : Triatmodjo, B. (2010). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset

2.2.11 Intensitas Durasi Frekuensi

Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF) biasanya diberikan dalam bentuk kurva yang memberikan hubungan antara intensitas hujan sebagai ordinat, durasi hujan sebagai absis, dan beberapa grafik yang menunjukkan frekuensi atau periode ulang.

2.2.12 Alternating Block Method (ABM)

Dalam perhitungan banjir rencana, diperlukan masukan berupa hujan rencana yang didistribusikan ke dalam kedalaman hujan jam-jaman (hyetograph). Alternating Block Method (ABM) adalah cara sederhana untuk membuat hyetograph rencana dari kurva IDF (Chow et al., 1988). Hyetograph rencana yang dihasilkan oleh metode ini adalah hujan yang terjadi dalam n rangkaian interval waktu yang berurutan dengan durasi selama waktu. Untuk periode ulang tertentu, intensitas hujan diperoleh dari kurva IDF pada setiap durasi waktu Δt , $2\Delta t$, $3\Delta t$, $n\Delta t$. kedalaman hujan diperoleh dari perkalian antara intensitas hujan dan durasi waktu tersebut. Perbedaan antara nilai kedalaman hujan yang berurutan merupakan penambahan hujan dalam interval waktu Δt . Penambahan hujan tersebut (blok-blok), diurutkan kembali ke dalam rangkaian waktu dengan intensitas hujan maksimum berada pada tengah-tengah durasi hujan T_d dan blok-blok sisanya disusun dalam urutan menurun secara bolak-balik pada kanan dan kiri dari blok tengah.



Gambar 2. 5. Hyetograph dengan Alternating Block Method (ABM)
Sumber : Triatmodjo, B. (2010). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset

2.2.13 Simulasi Model Banjir

Analisis simulasi banjir dilakukan menggunakan model *Rainfall-Runoff-Inundation* (RRI). Tahapan yang dilakukan dalam pembuatan simulasi pemodelan banjir yaitu :

1. Persiapan data topografi

Data topografi berupa DEM SRTM dengan resolusi 30 meter diolah melalui *ARCGIS* menggunakan *Arctoolbox Hydrology*. Dari proses tersebut, digunakan tiga *tool*, yaitu *fill*, *flow direction*, dan *flow accumulation*. Ketiga data yang dihasilkan lalu dikonversi ke dalam format ASCII. Data tersebut kemudian diberi nama file hasil *fill* menjadi (*dem.txt*), hasil arah aliran menjadi (*dir.txt*), dan hasil akumulasi aliran menjadi (*acc.txt*).

2. Persiapan data hujan

Data distribusi hujan kala ulang 2 tahun dan 50 tahun disiapkan dalam format (.txt) dengan menyertakan koordinat stasiun hujan.

3. Thiessen hujan

Data hujan yang telah disiapkan, kemudian dianalisis menggunakan aplikasi *rainThiessen.exe* yang telah tersedia pada *software* RRI-2D model.

4. Simulasi Model RRI

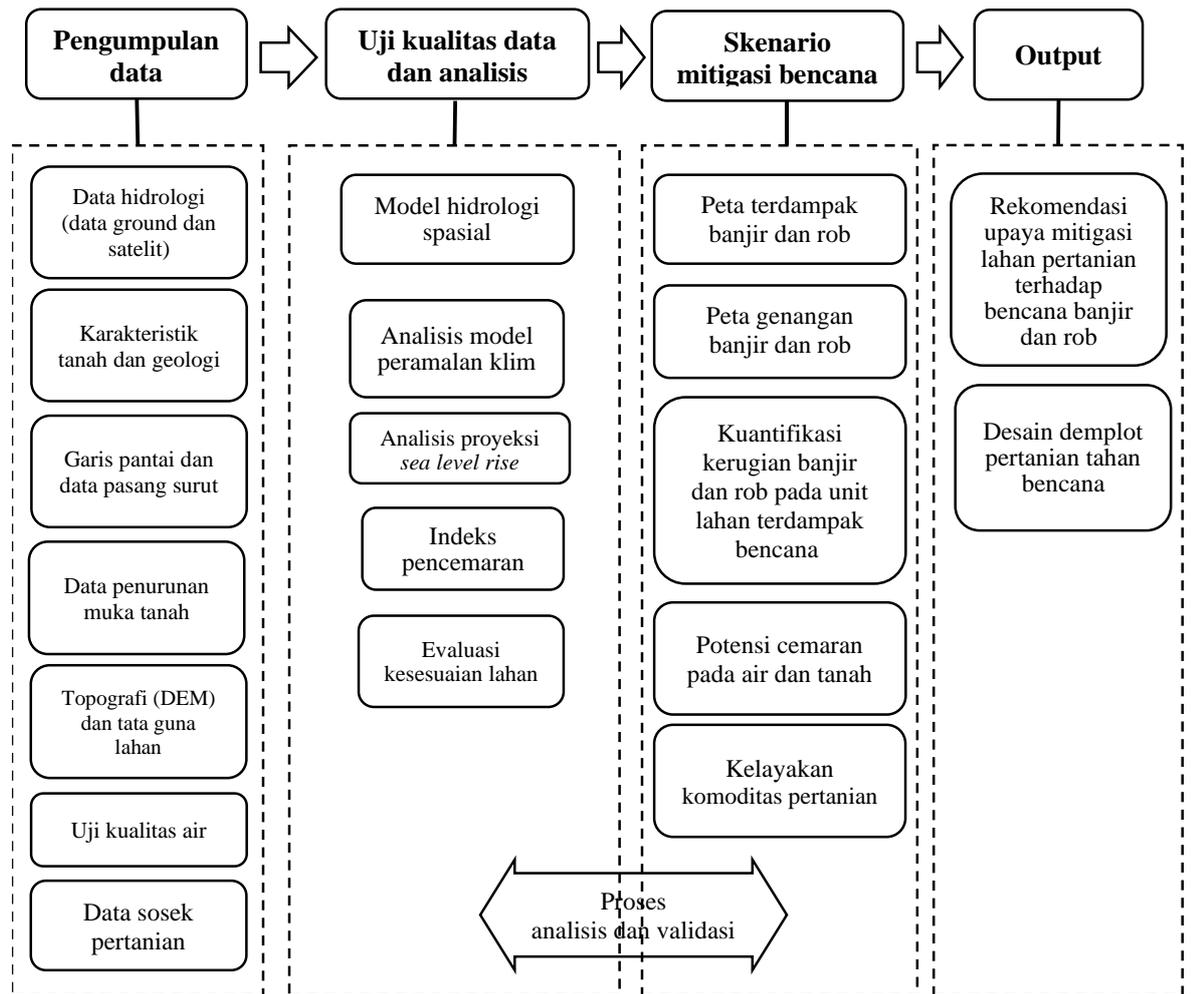
Data yang telah disiapkan lalu *dirunning* melalui RRI dengan menggunakan *coding* khusus untuk menjalankan model.

2.3. Skenario Mitigasi Bencana

Skenario mitigasi bencana dilakukan dengan menampilkan data-data spasial seperti peta untuk memetakan wilayah yang dapat dilakukan mitigasi dari yang terdampak bencana rob dan banjir. Skenario tersebut dapat dilakukan dengan melihat dan mempertimbangkan dari peta terdampak rob dan banjir, peta genangan rob dan banjir, kuantifikasi kerugian bencana pada unit lahan terdampak, dan potensi cemaran air pada lahan.

2.4. Output Penelitian

Output dari penelitian ini yaitu adanya rekomendasi upaya mitigasi pada lahan pertanian terhadap bencana banjir dan rob kemudian adanya desain demplot pertanian tanah bencana. Dengan demikian diharapkan dapat digunakan sebagai arahan untuk Kota Pekalongan yang lebih aman dan kembali produksi lebih baik pada bidang pertanian.



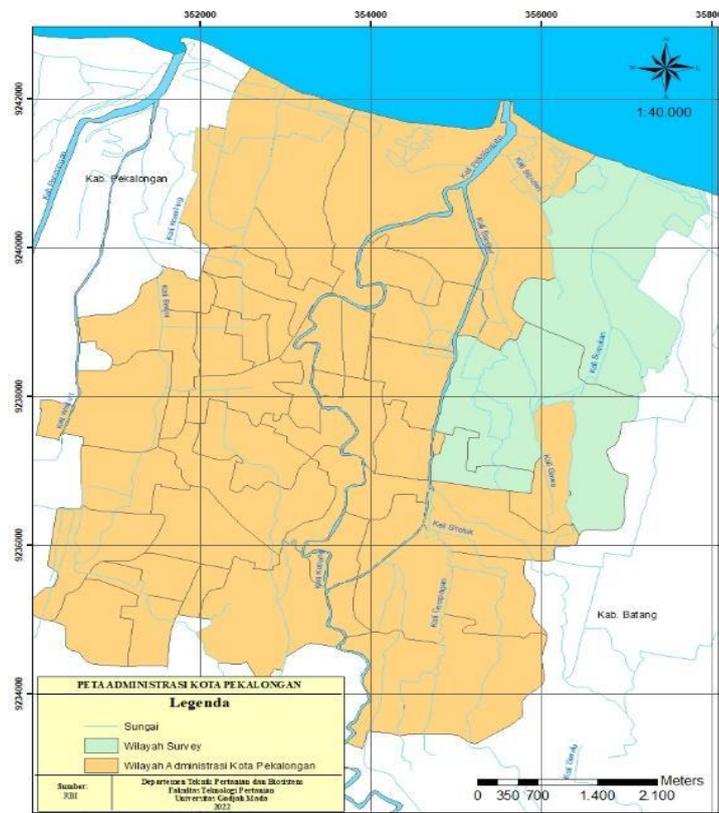
Gambar 2.6. Alur Penelitian Mitigasi Bencana Banjir dan Rob Terhadap Lahan Pertanian

BAB III GAMBARAN UMUM

3.1. Gambaran Umum Wilayah Penelitian

3.1.1 Batas Wilayah

Kota Pekalongan merupakan salah satu kota yang berada di provinsi Jawa Tengah yang terletak di antara $60^{\circ}50'42''$ - $60^{\circ}55'44''$ Lintang Selatan dan $109^{\circ}37'55''$ - $109^{\circ}42'19''$ Bujur Timur dengan luas wilayah sebesar 4525 Ha atau $45,25 \text{ km}^2$ (Tim Komunikasi Publik Kota Pekalongan, 2018). Terdapat 27 kalurahan yang terkelompok dalam 4 kecamatan yakni Pekalongan Barat, Pekalongan Selatan, Pekalongan Timur, dan Pekalongan Utara. Kota Pekalongan terletak di bagian Jawa utara yang berbatasan langsung dengan Kabupaten Pekalongan di sebelah barat, Kabupaten Pekalongan dan Batang di bagian selatan, Kabupaten Batang di sebelah timur, dan berbatasan dengan laut Jawa di sebelah utara.

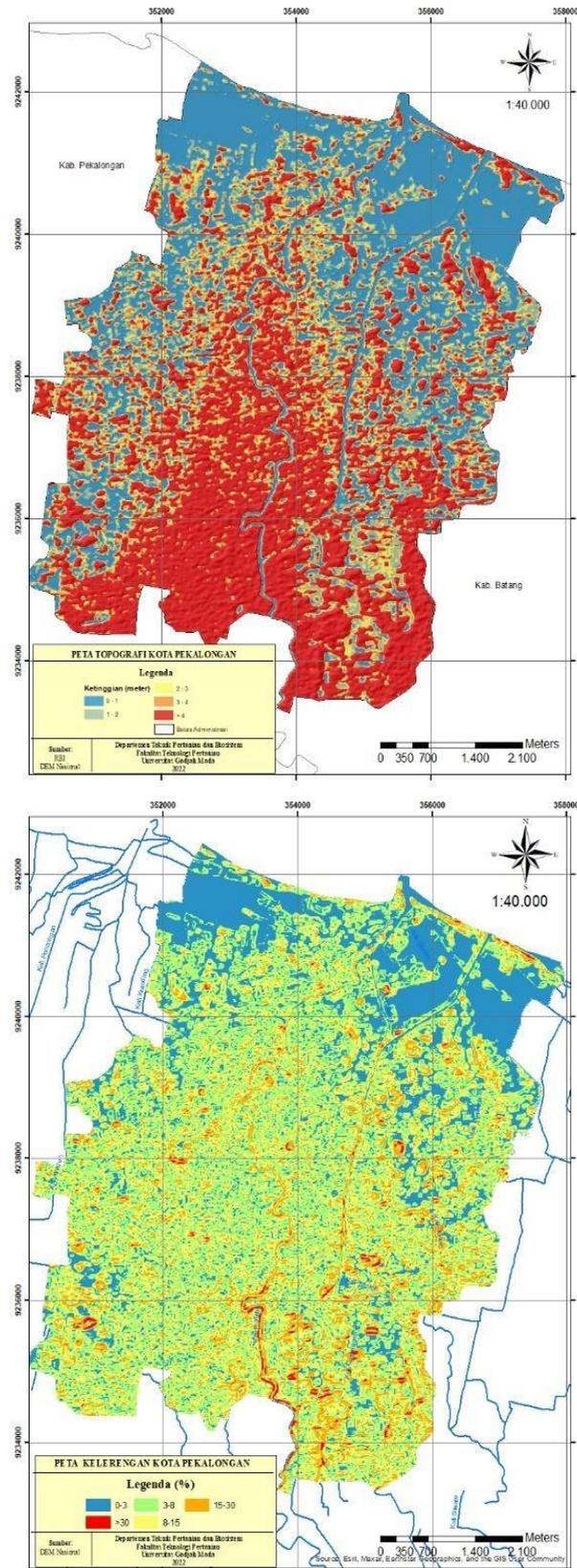


Gambar 3.1. Peta Administrasi Kota Pekalongan

3.1.2 Topografi

Topografi di Kota Pekalongan umumnya merupakan daerah dataran rendah dengan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.2. Dapat diketahui ketinggian lahan berada di antara sekitar 0-6 meter di atas permukaan laut dengan rerata kemiringan lereng sebesar 0-8%. Hal ini dapat menunjukkan Kota Pekalongan memiliki kondisi permukaan yang

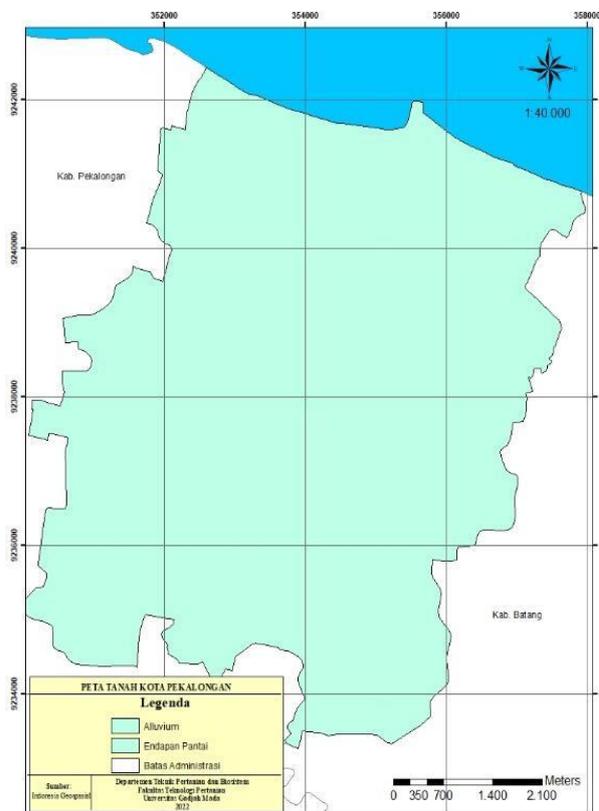
relatif sangat datar dan didapatkan di beberapa wilayah tertentu memiliki ketinggian di bawah permukaan air laut.



Gambar 3.2. Peta Topografi Ketinggian dan Kelerengan Kota Pekalongan

3.1.3 Geologi dan Jenis Tanah

Kondisi geologi yang terdapat di Kota Pekalongan menurut peta geologi dari Indonesia Geospasial yaitu endapan sedimen alluvium. Berdasarkan peta yang dikeluarkan oleh FAO 1974, jenis tanah yang terdapat di Kota Pekalongan yaitu tanah Aluvial eutrik. Jenis tanah ini memiliki tekstur agak halus, reaksi tanah agak masam, drainase sedang, kejenuhan basa sedang, dan memiliki solum dalam (Herjuna Rahman, 2008).



Gambar 3.3. Peta Jenis Tanah Kota Pekalongan

Kota Pekalongan mengalami fenomena alam, yaitu penurunan muka tanah (*land subsidence*). Berdasarkan pemantauan (Badan Geologi, 2022) di 6 titik pengukuran diketahui penurunan paling banyak terjadi di Stadion Hoengeng, yaitu 11,9 cm. Sedangkan penurunan paling sedikit terjadi di Kantor Kelurahan Kandang Panjang, yaitu 1,18 cm. Tabel 3.1. berikut merupakan hasil pemantauan *land subsidence* oleh Badan Geologi.

Tabel 3.1. Hasil Pemantauan oleh Badan Geologi

| No | Letak Patok | Pemasangan | Pemantauan | Penurunan (cm) |
|----|--|-----------------|------------|----------------|
| 1 | Kantor Kel. Tirto, Kec. Pekalongan Barat | 12 Oktober 2021 | 7 Mei 2022 | 1,7 |
| 2 | Kantor Kel. Kandang Panjang, Kec. Pekalongan Utara | 14 Oktober 2021 | 7 Mei 2022 | 1,18 |

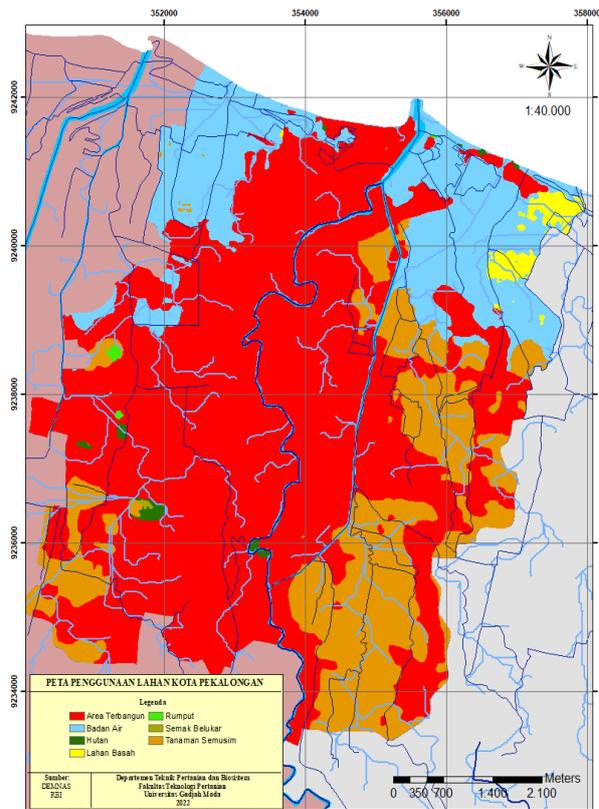
| | | | | |
|---|---|------------------|------------|------|
| 3 | TPA Slamaran, Kel. Degayu, Kec. Pekalongan Utara | 17 Oktober 2021 | 7 Mei 2022 | 1,6 |
| 4 | Kantor Kel. Setono, Kec. Pekalongan Timur | 23 November 2021 | 7 Mei 2022 | 1,1 |
| 5 | Stadion Hoengeng, Kel. Pasirkratonkramat, Kec. Pekalongan Utara | 14 Maret 2020 | 7 Mei 2022 | 11,9 |
| 6 | Kantor Kec. Pekalongan Selatan | 2 Februari 2022 | 7 Mei 2022 | 2 |



Gambar 3.4. Alat Ukur Penurunan Muka Tanah

3.1.4 Tata Guna Lahan

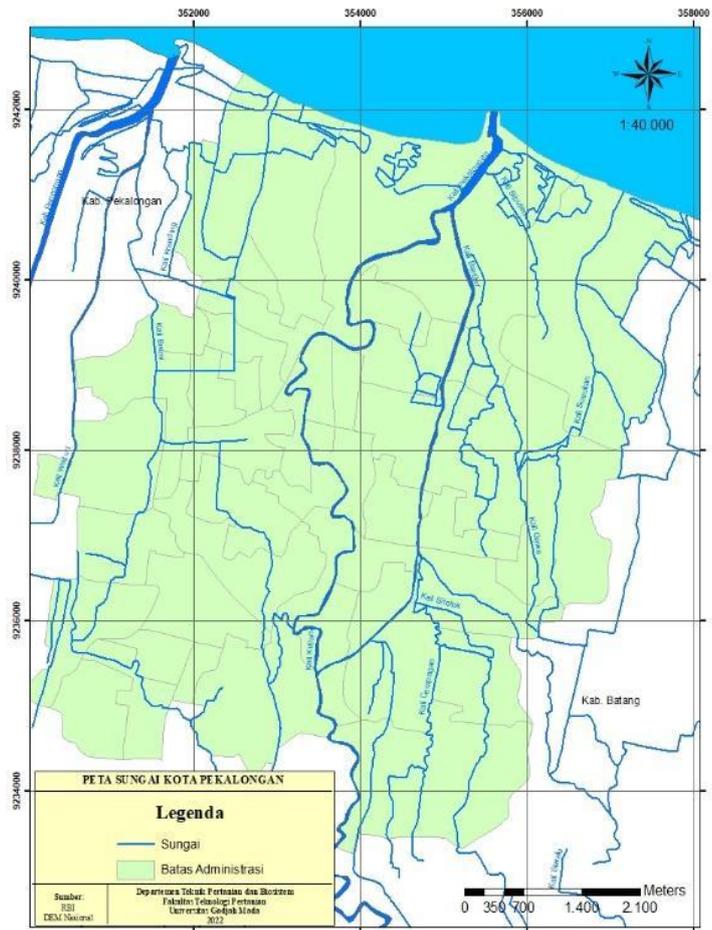
Berdasarkan Gambar 3.5 peta penggunaan lahan di Kota Pekalongan, terdapat beberapa jenis penggunaan lahan yaitu badan air, lahan basah, tanaman semusim, kebun, area terbangun, semak belukar, dan rumput. Dapat diketahui Kota Pekalongan didominasi oleh area terbangun dan badan air. Adanya kebutuhan pengembangan wilayah seperti sarana dan prasarana perkotaan sehingga wilayah Kota Pekalongan penuh bahkan akan bertambah luas akan area terbangun. Sedangkan di bagian utara ditandai dengan badan air yang luas dikarenakan wilayah tersebut saat ini terdampak bencana rob dari pantai utara jawa sehingga lahan tersebut terendam dan menyerupai rawa.



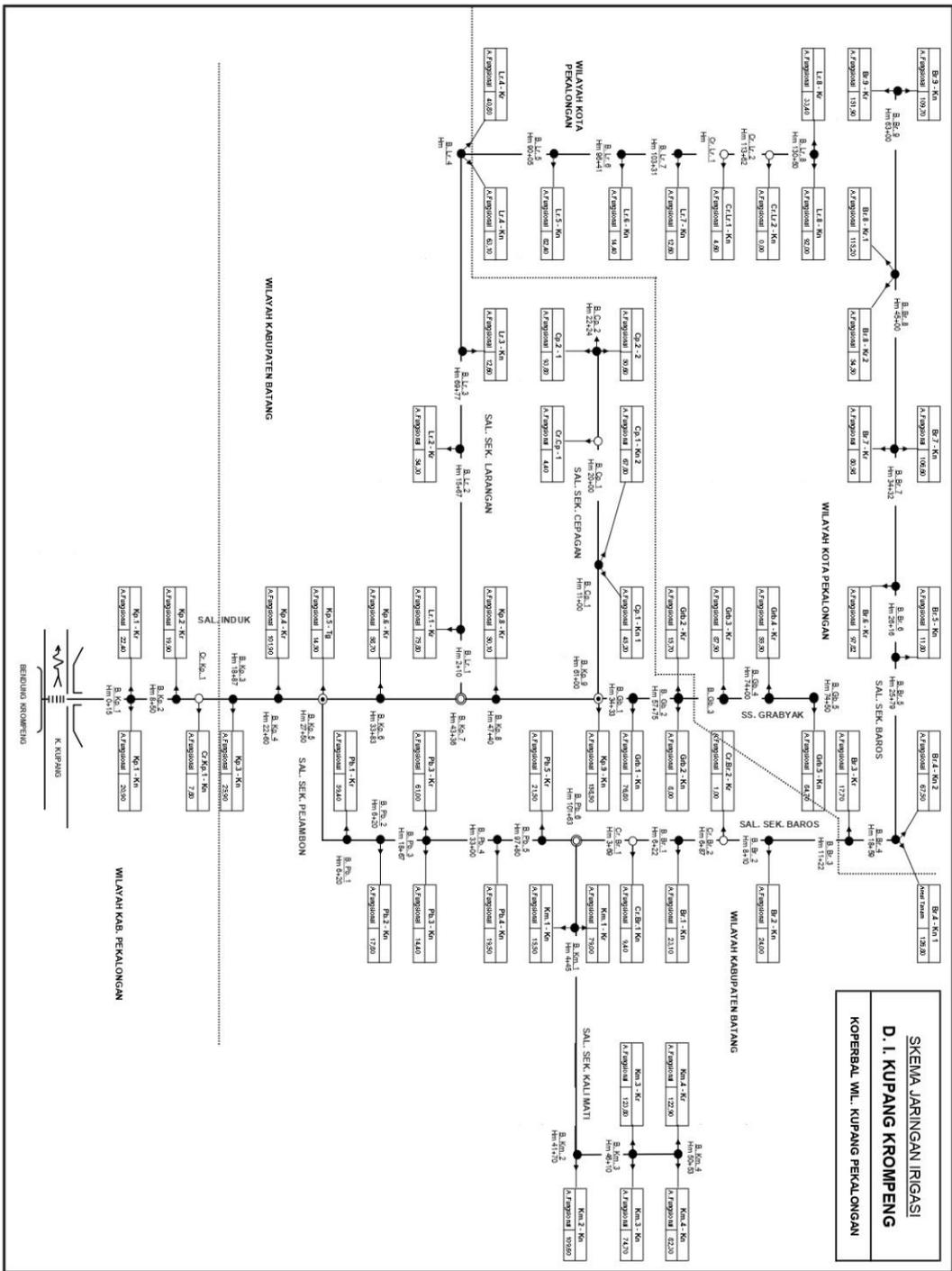
Gambar 3.5. Peta Penggunaan Lahan Kota Pekalongan

3.1.5 Hidrologi

Kondisi hidrologi Kota Pekalongan memiliki beberapa sungai yang melewati wilayah Kota Pekalongan dan bermuara di pantai laut Jawa Utara yaitu Sungai Meduri, Breml, Pekalongan (Kupang dan Lodji), Banger, dan Gabus. Sungai tersebut termasuk ke dalam tiga daerah aliran sungai (DAS) yaitu DAS Sengkarang, DAS Kupang dan DAS Gabus. Lalu terdapat 3 Daerah Irigasi (DI) yang berfungsi mengairi wilayah Kota Pekalongan yaitu DI Kupang Krompeng, DI Pesantren Kletak, dan DI Asem Siketek. DI Kupang Krompeng mengairi wilayah Kota Pekalongan melalui Saluran Sekunder Larangan 4 dengan luas 343,3 hektar, Saluran Sekunder Grabyak 3 dengan luas 227,7 hektar, dan Saluran Sekunder Baros 3 dengan luas 940,5 hektar. DI Pesantren Kletak mengairi wilayah Kota Pekalongan melalui Saluran Sekunder Podo Timur 5 dengan luas 200,98 hektar. Sedangkan DI Asem Siketek mengairi wilayah Kota Pekalongan melalui Bendung Kesetu kemudian masuk ke Saluran Sekunder Asem Binatur dengan luas 375 hektar. Skema Jaringan Irigasi ketiga DI tersebut sebagai berikut.

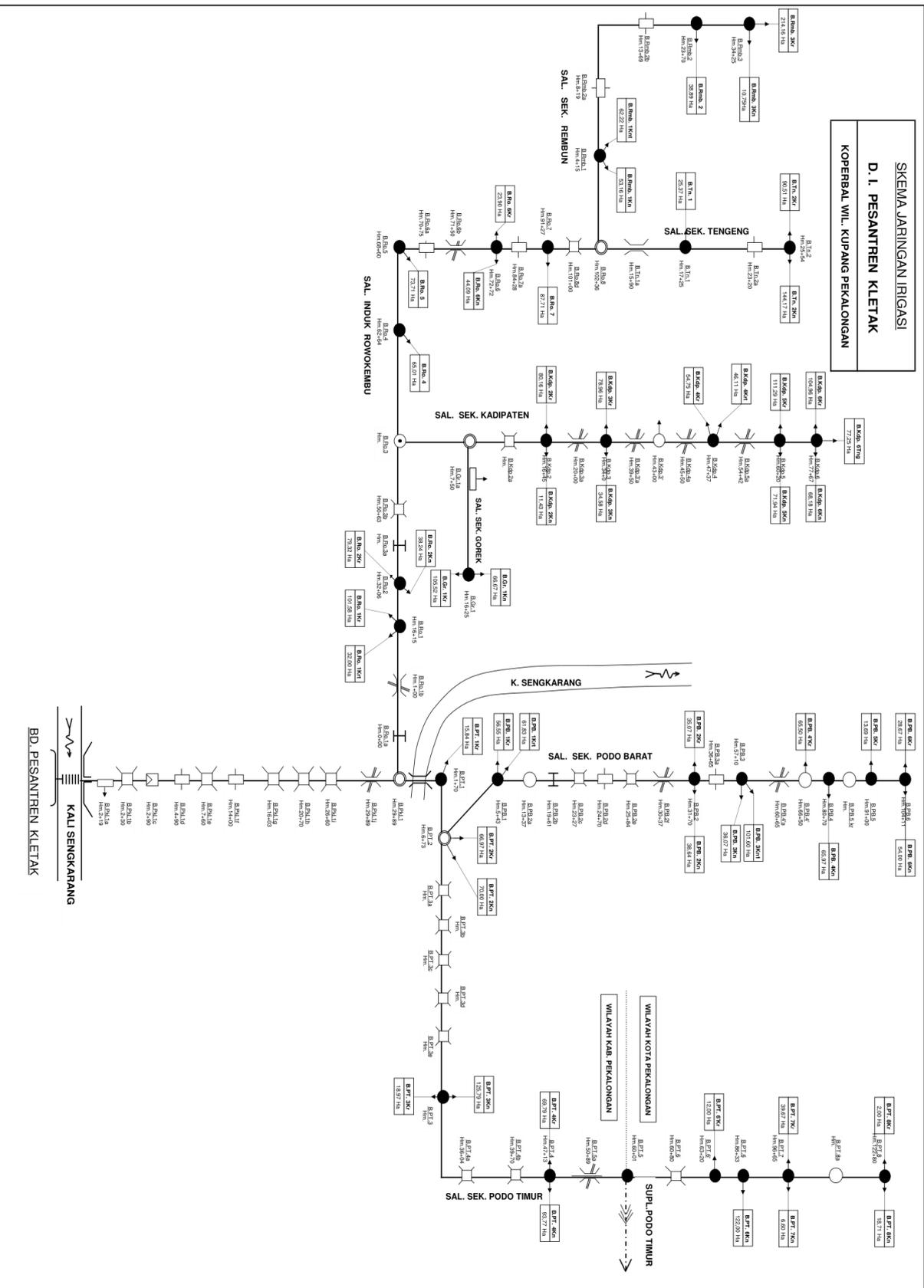


Gambar 3.6. Peta Sungai Kota Pekalongan

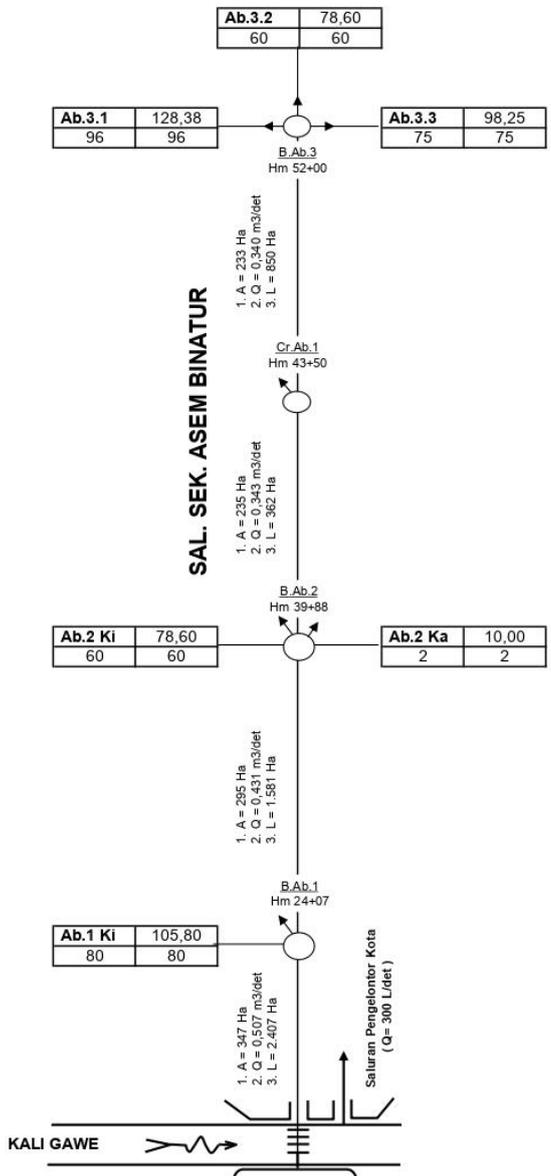
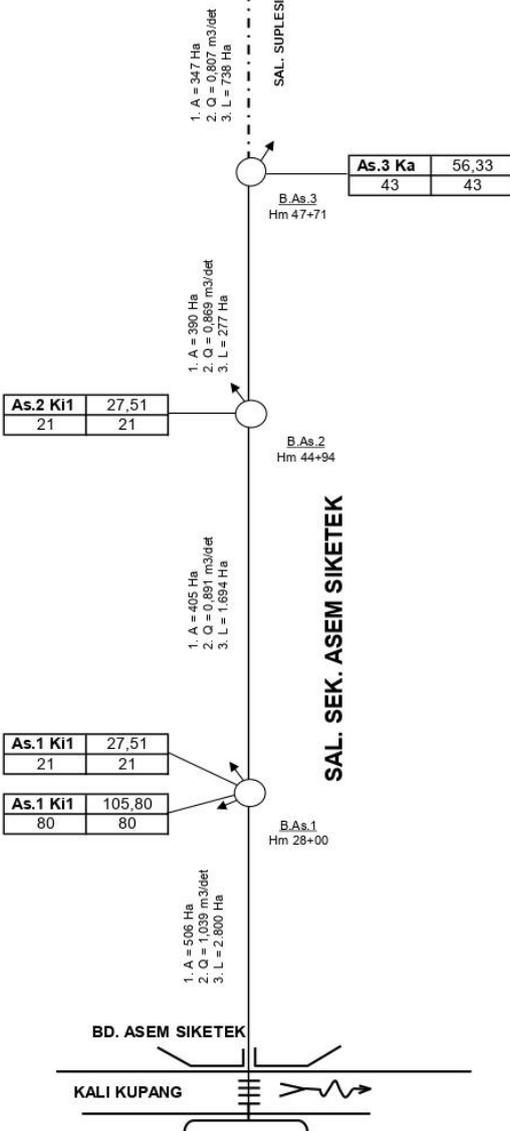
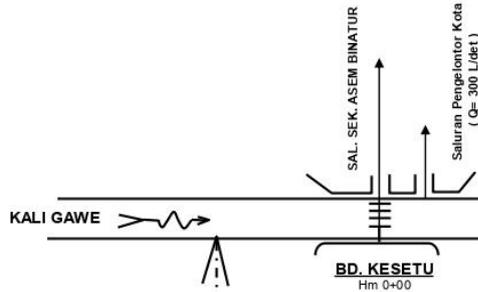


SKEMA JARINGAN IRIGASI
 D. 1. KUPANG KROMPENGG
 KOPERBAL WIL. KUPANG PEKALONGAN

SKEMA JARINGAN IRIGASI
D. 1. PESANTREN KLETAK
KOPERBAL WIL. KUPANG PEKALONGAN



SKEMA JARINGAN IRIGASI
D. I. ASEM SIKETEK
KOPERBAL WIL. KUPANG PEKALONGAN



| | |
|---|---|
| 1 | 2 |
| 3 | 4 |

1. Nama Petak Tersier
 2. Debit Rencana (L/det)
 3. Luas Areal Potensial (Ha)
 4. Luas Areal Fungsional (Ha)

KETERANGAN :

- BENDUNG
- SAL. INDUK
- SAL. SEKUNDER
- SAL. SUPLESI
- BANG. BAGI SADAP
- BANG. SADAP

3.2. Gambaran Umum Lokasi Kegiatan

3.2.1. Luas Lokasi Kegiatan

Lokasi Kegiatan secara administrasi meliputi tiga kelurahan di Kota Pekalongan, yaitu Kelurahan Degayu, Kelurahan Gamer, dan Kelurahan Setono. Lokasi tersebut memiliki total luasan sekitar 787 Ha, dengan rincian Kelurahan Degayu sekitar 405,2 Ha, Kelurahan Setono sekitar 207,5 Ha, dan Kelurahan Gamer sekitar 174,34 Ha.

3.2.2. Batas Lokasi Kegiatan

Adapun lokasi penelitian Mitigasi Dampak Banjir dan Rob terhadap Lahan Pertanian di Kota Pekalongan berbatasan dengan:

- Sebelah Utara : Pantai Jawa Utara
- Sebelah Timur : Kabupaten Batang
- Sebelah Selatan : Kelurahan Kalibaros
- Sebelah Barat : Kelurahan Krapyak, Poncol, dan Klego



Gambar 3.7. Peta Lokasi Kegiatan

3.2.3. Kondisi Lokasi Kegiatan

Kegiatan mitigasi dampak banjir dan rob terhadap lahan pertanian di Kota Pekalongan dilakukan di Kelurahan Degayu, Kelurahan Gamer, dan Kelurahan Setono. Pada daerah sekitar Kelurahan Degayu merupakan daerah yang dulunya pertanian yang cukup luas namun kini telah tergenangi air rob dari pantai Jawa Utara yang semakin waktu ke waktu

kian menuju ke selatan atau ke permukaan. Saat ini hampir keseluruhan wilayah Degayu terendam air baik dari rob maupun banjir hingga ke pemukiman. Sedangkan di wilayah utara telah tergenang menjadi rawa serta dimanfaatkan sebagai area tambak udang vaname.

Daerah Kelurahan Gamer berada di selatan Kelurahan Degayu yang bagian utaranya mulai terkena dampak rob pada pemukiman hingga lahan pertanian sawah serta dari selatan terdampak banjir. Kemudian daerah Kelurahan Setono berada di sebelah barat Kelurahan Gamer yang terkena dampak banjir akibat dari aliran sungai yang melewati Setono tidak bergerak. Hal ini terjadi karena rob yang berada di Degayu menyebabkan aliran tertahan sehingga mengakibatkan banjir di lahan pertanian. Sedangkan pada pemukiman di bagian utara juga sempat terkena dampak rob saat mulai pasang yang masuk melalui saluran pemukiman.

3.2.4. Kondisi Sosial Ekonomi Petani

Budidaya pertanian di Kota Pekalongan, tepatnya di Kelurahan Degayu, Kelurahan Gamer, dan Kelurahan Setono terus dilakukan guna memanfaatkan lahan yang ada. Akan tetapi, di Kelurahan Degayu kegiatan budidaya sudah tidak memungkinkan untuk dilakukan. Hal ini dikarenakan dampak rob yang semakin meluas sehingga lahan pertanian menjadi tergenang. Dari kondisi tersebut, diketahui analisa pendapatan usahatani padi menurut Tabel 3.2. (Dinperpa, 2022) sebagai berikut :

Tabel 3.2. Analisa Pendapatan Usahatani Padi di Kelurahan Degayu, Gamer, dan Setono

| Komponen | Degayu (Sebelum Rob) | Gamer | Setono |
|-----------------------|----------------------|-----------------|-----------------|
| A Pengeluaran | | | |
| Sewa Lahan (Ha) | Rp6.000.000,00 | Rp4.000.000,00 | Rp4.500.000,00 |
| Benih | Rp300.000,00 | Rp300.000,00 | Rp300.000,00 |
| Pupuk | Rp1.050.000,00 | Rp1.260.000,00 | Rp1.260.000,00 |
| Pembelian obat-obatan | Rp160.000,00 | Rp500.000,00 | Rp500.000,00 |
| Biaya Mencangkul | Rp840.000,00 | Rp840.000,00 | Rp840.000,00 |
| Biaya Persemaian | Rp100.000,00 | Rp100.000,00 | Rp100.000,00 |
| Biaya Sewa Traktor | Rp800.000,00 | Rp800.000,00 | Rp800.000,00 |
| Biaya Cabut Bibit | Rp560.000,00 | Rp560.000,00 | Rp560.000,00 |
| Biaya Tanam | Rp1.200.000,00 | Rp1.200.000,00 | Rp1.200.000,00 |
| Biaya Penyiangan | Rp1.500.000,00 | Rp1.500.000,00 | Rp1.500.000,00 |
| Biaya Pemupukan | Rp280.000,00 | Rp280.000,00 | Rp280.000,00 |
| Biaya Penyemprotan | Rp280.000,00 | Rp280.000,00 | Rp280.000,00 |
| Biaya Panen | Rp3.500.000,00 | Rp3.500.000,00 | Rp3.500.000,00 |
| Total | Rp16.570.000,00 | Rp15.120.000,00 | Rp15.620.000,00 |
| B Pendapatan | | | |
| Panen | Rp30.100.000,00 | Rp30.100.000,00 | Rp30.100.000,00 |

Tabel 3.2. merupakan analisa usahatani padi untuk lahan dengan luas 1 ha (hektar). Kegiatan usahatani padi dilakukan sepanjang tahun, sebanyak 2 hingga 3 kali musim tanam. Dari tabel 3.2. diperoleh informasi bahwa biaya yang dikeluarkan untuk usahatani di ketiga kelurahan (Degayu, Gamer, dan Setono) tidak jauh berbeda, yakni berkisar Rp15.120.000 sampai Rp16.570.000. Perbedaan ini disebabkan oleh biaya sewa lahan. Di kelurahan Degayu, biaya sewa lahannya paling tinggi. Penyebab tingginya harga sewa lahan adalah minimnya lahan yang dapat dimanfaatkan. Hal ini sesuai dengan hukum ekonomi dasar yang menyatakan bahwa harga suatu barang akan menjadi tinggi apabila permintaan tinggi disertai ketersediaan barang yang terbatas.

Selain komoditas padi, juga terdapat usahatani berupa sayur-sayuran yang dilakukan di Kelurahan Setono. Budidaya yang dikembangkan adalah sayur kangkung dan bayam. Tabel 3.3. berikut merupakan analisa pendapatan usahatani sayur-sayuran (Dinperpa, 2022) :

Tabel 3.3. Analisa Pendapatan Usahatani Sayur-sayuran di Kelurahan Setono

| Komponen | Jenis Usahatani | |
|----------------------|-----------------|-----------------|
| | Kangkung | Bayam |
| A Pengeluaran | | |
| Benih | Rp2.600.000,00 | Rp2.800.000,00 |
| Pupuk Kandang | Rp525.000,00 | Rp525.000,00 |
| Pupuk Urea | Rp30.000,00 | Rp30.000,00 |
| Obat-obatan | Rp100.000,00 | Rp100.000,00 |
| Tenaga Kerja | Rp3.000.000,00 | Rp3.000.000,00 |
| Total | Rp6.255.000,00 | Rp6.455.000,00 |
| B Pendapatan | | |
| Panen | Rp10.000.000,00 | Rp10.000.000,00 |

Tabel 3.3. merupakan analisa usahatani sayur-sayuran untuk lahan dengan luas 1 ha (hektar). Kegiatan usahatani sayur-sayuran dilakukan sepanjang tahun, sekitar 12 kali musim tanam dalam satu tahun. Waktu yang diperlukan hingga pemanenan tergolong singkat, yaitu dalam rentang 1 bulan. Dari tabel 3.3. diperoleh informasi bahwa biaya yang dikeluarkan untuk usahatani kangkung dan bayam tidak jauh berbeda, yakni berkisar Rp6.255.000 dan Rp6.455.000. Perbedaan ini disebabkan oleh biaya benih bayam yang lebih tinggi.

3.3. Hasil Survey Awal

Kegiatan survey lapangan yang telah dilakukan mencakup beberapa wilayah di kawasan Kecamatan Pekalongan Utara dan Kecamatan Pekalongan Timur. Kegiatan survey difokuskan untuk mengumpulkan data lapangan berupa kondisi banjir, batas genangan rob, kondisi pertanian dan tambak serta informasi mengenai kondisi sosial masyarakat. Informasi lebih rinci terkait hasil survey lapangan disajikan pada tabel 3.4. berikut.

Tabel 3.4. Hasil Survey Lapangan

| No | Dokumentasi | Alamat | Terdampak | Koordinat |
|----|---|-----------------|--|-------------------|
| 1 |  | Degayu RW.08 | Sawah (tidak fungsi) Pemukiman (ketinggian air hingga 0,5 m) Tambak | 355929 9239370 |
| 2 |  | Degayu RW.02 | Pemukiman (ketinggian air hingga 0,4 m) | 356814 9238601 |
| 3 |  | Degayu | Tambak | 356623 9239512 |
| 4 |  | Degayu | TPA | 356979 9240628 |
| 5 |  | Gamer RW.06 | Sawah (sebagian terendam rob) Pemukiman (ketinggian air hingga 0,25 m) | 356000 9238624 |
| 6 |  | Gamer RW.09 | Sawah (mulai terdampak rob) Pemukiman (ketinggian air hingga 0,2 m) | 356185 9238467 |

| No | Dokumentasi | Alamat | Terdampak | Koordinat |
|----|---|------------------------------|---|-------------------|
| 7 |  | Setono, Gg.1 tengah | Pemukiman (ketinggian air hingga 0,2 m) | 355113 9238497 |
| 8 |  | Setono | Sawah (banjir saat musim hujan) | 355891 9236845 |
| 9 |  | Setono, Gg.1 timur | Pemukiman (air meluap tinggi dari selokan) | 355301 9238347 |
| 10 |  | Bantaran Sungai Kupang | | 353898 9236989 |
| 11 |  | Bantaran Sungai Banger | | 355374 9239658 |

| No | Dokumentasi | Alamat | Terdampak | Koordinat |
|----|--|------------------------------|-----------|-------------------|
| 12 |  | Bantaran Sungai Meduri | | 350849 9240055 |
| 13 |  | Bantaran Sungai Bremi | | 351332 9241138 |
| 14 |  | Bantaran Sungai Gabus | | 357132 9237993 |



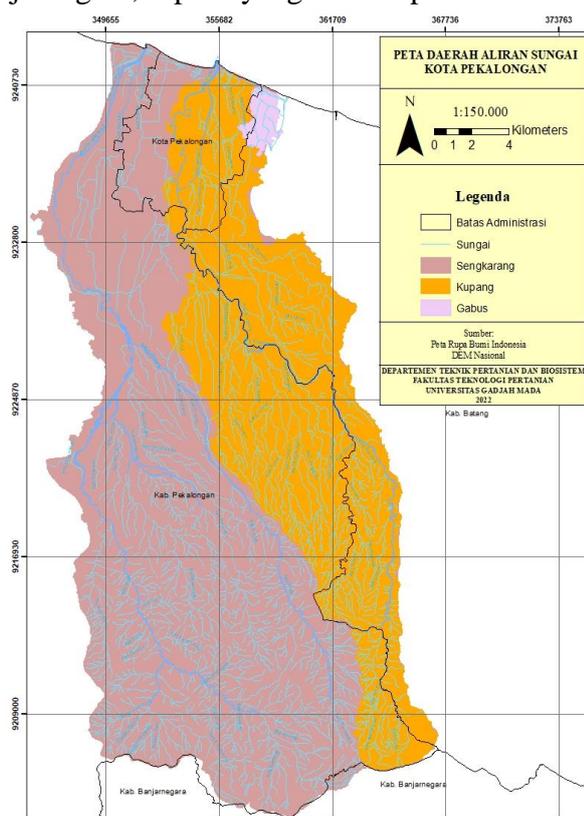
Gambar 3.8. Peta Identifikasi Banjir dan Rob

BAB IV

SKENARIO MITIGASI BENCANA

4.1. Daerah Aliran Sungai

Kota Pekalongan merupakan daerah yang terletak pada daerah hilir yang mana termasuk daerah hilir dari Daerah Aliran Sungai (DAS). DAS yang bermuara di Kota Pekalongan tersebut yaitu DAS Sengkareng, DAS Kupang, dan DAS Gabus. Dari beberapa sungai besar yang terdapat di Kota Pekalongan merupakan sungai induk dari beberapa anak sungai yang terdapat dari hulu yang dapat diketahui hulu dari sungai tersebut mencakup hingga berasal dari utara Kabupaten Banjarnegara, seperti yang terlihat pada Gambar 4.1.

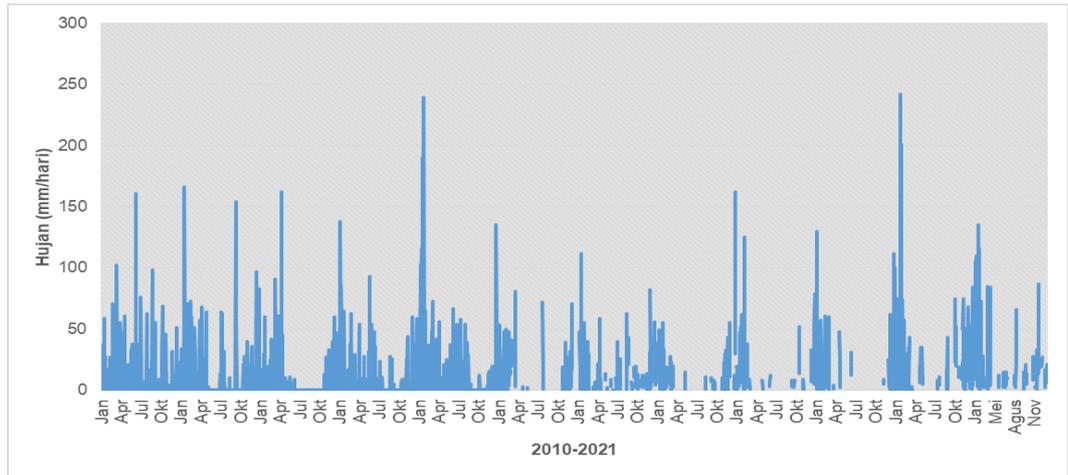


Gambar 4.1. Peta Daerah Aliran Sungai Kota Pekalongan

4.2. Data Hidrologi dan Pasang Surut di Kota Pekalongan

4.2.1. Data Curah Hujan

Bulan Desember-Februari di Kota Pekalongan memiliki tren curah hujan yang tinggi, menandakan bulan basah atau musim hujan. Sedangkan pada Bulan Juli-Oktober tren curah hujan cenderung rendah yang menandakan periode musim kemarau. Tren curah hujan harian di Kota Pekalongan selama kurun waktu 2010 hingga 2021 ditampilkan pada Gambar 4.2. Pada grafik tersebut, dapat diketahui bahwa selama periode tahun 2014 dan 2020 pernah terjadi kondisi sangat basah dimana hujan harian mencapai 240 mm/hari.

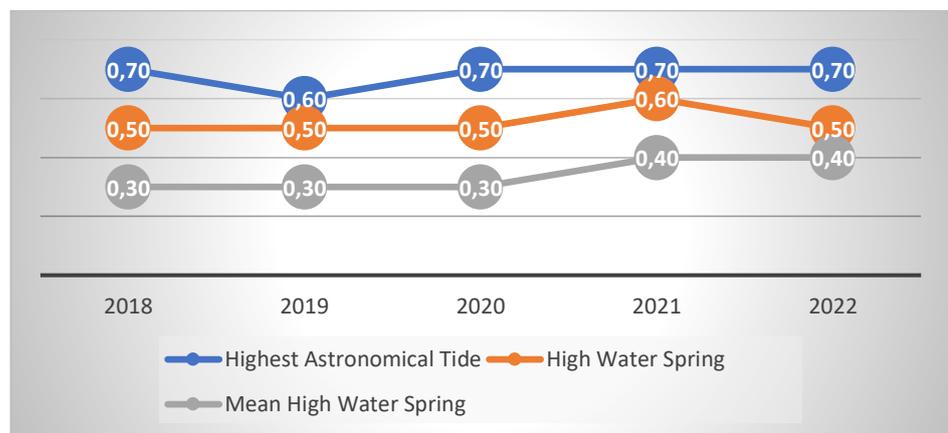


Gambar 4.2. Grafik Curah Hujan Kota Pekalongan Tahun 2010-2021

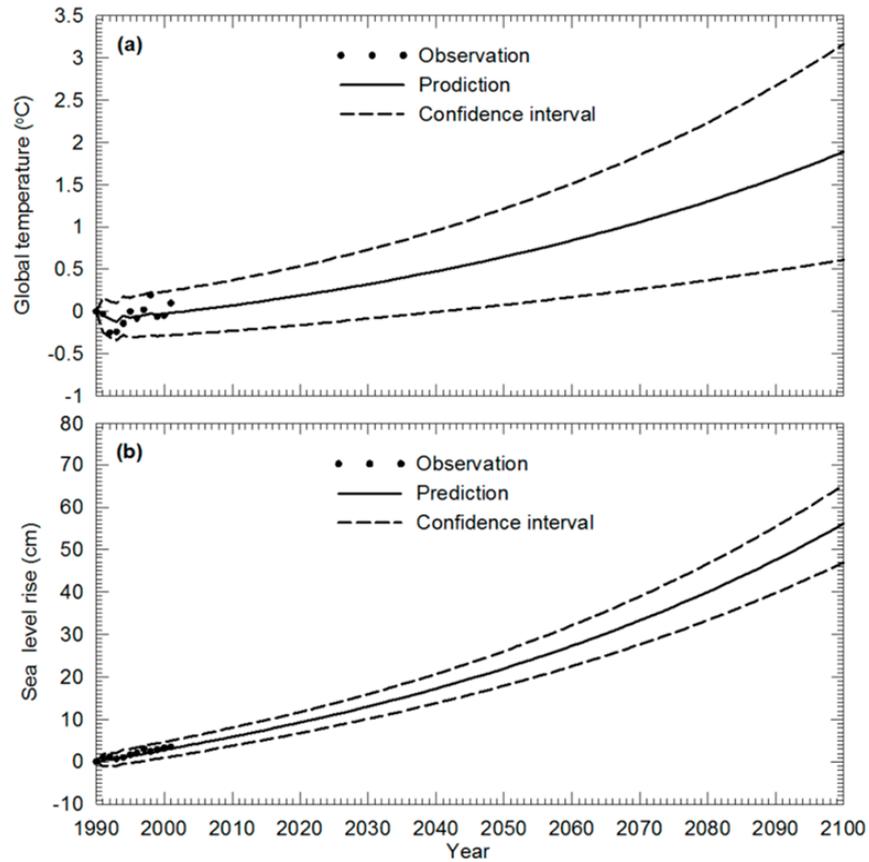
4.2.2. Data Pasang Surut

Berdasarkan data perekaman pasang surut di wilayah perairan utara Kota Pekalongan-Batang dan Semarang, dapat diketahui terjadi fluktuasi kenaikan tinggi muka air pasang sebesar 10 cm. Kejadian ini berlaku pada kondisi *Highest Astronomical Tide*, *High Water Spring*, dan *Mean High Water Spring*.

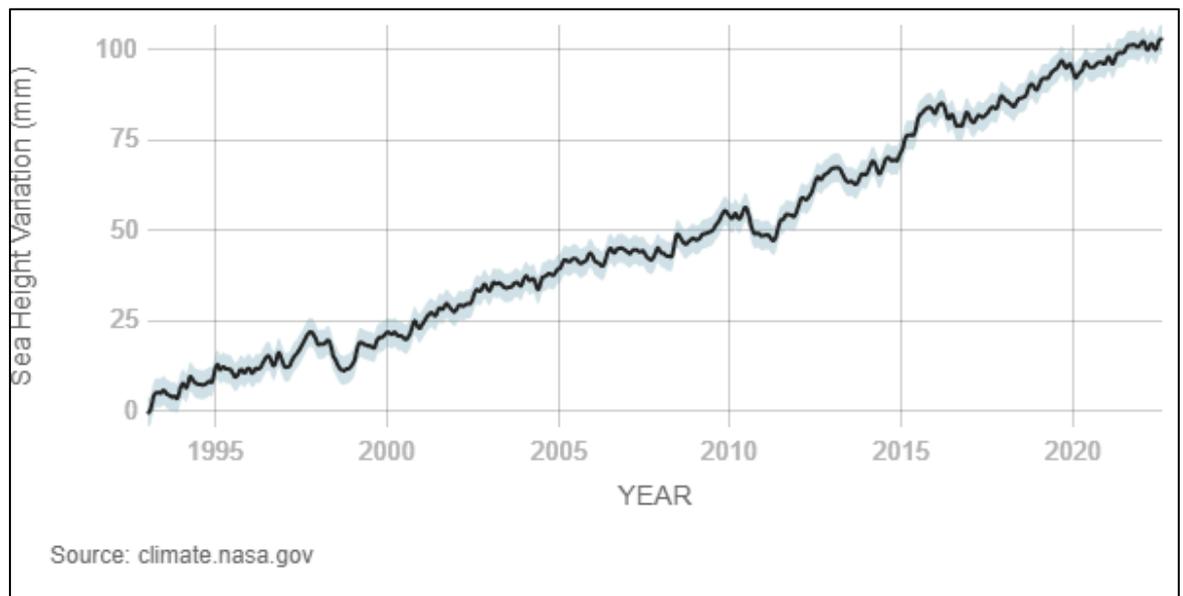
Pada grafik yang ditampilkan pada Gambar 4.3, menunjukkan kondisi bahwa kenaikan muka air pasang dapat mencapai 10 cm sejak periode pengamatan 2018-2021. Kondisi ini sesuai dengan proyeksi global terkait dengan kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim yang menunjukkan bahwa pada rentang tahun 2020-2030 terjadi fluktuasi kenaikan hingga 10 cm.



Gambar 4.3. Grafik Data Pasang Surut Pantai Utara Tahun 2018-2022



Gambar 4.4. Grafik Kenaikan Muka Air Laut Tahun 1990-2100

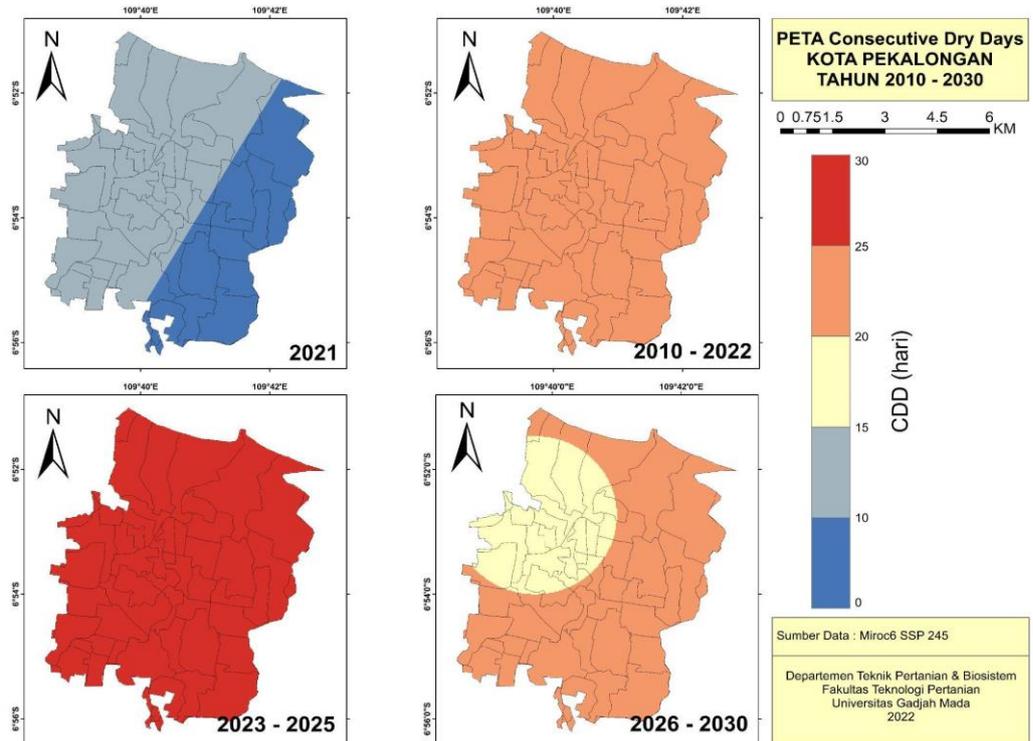


Gambar 4.5. Grafik Kenaikan Permukaan Laut Tahun 1994-2022 dari Data Pengamatan Satelit

4.3. Model CMIP dan Indeks Ektrim untuk Proyeksi Hujan

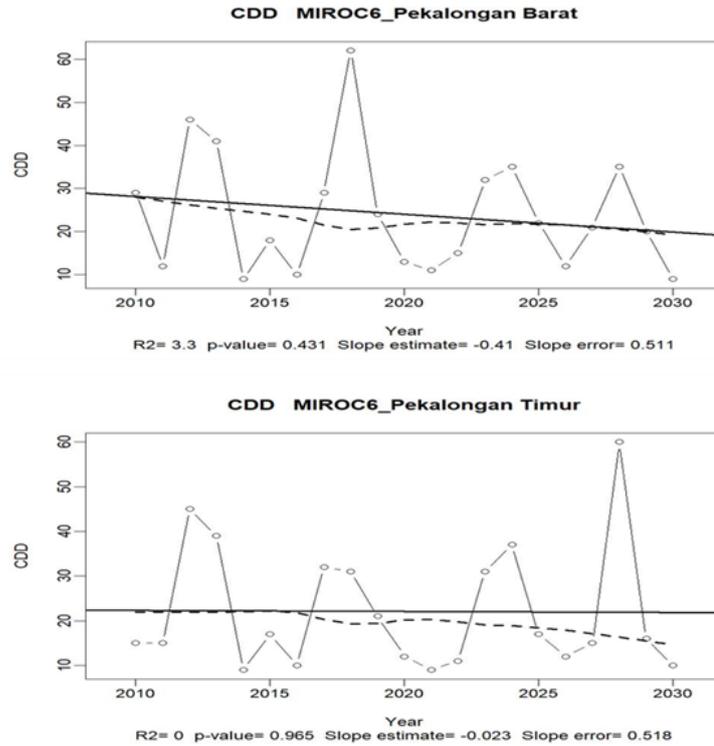
Pada parameter CDD & CWD, nilai rata-rata tahunan CDD terendah terjadi pada periode 2026-2030 di wilayah pekalongan barat sekitar 15-20

hari/tahun, sedangkan CDD tertinggi terjadi pada periode 2023-2025 pada seluruh wilayah kota pekalongan sekitar 25-30 hari/tahun. Distribusi spasial yang ditampilkan menunjukkan bahwa nilai CDD yang lebih rendah berada pada bagian barat dan nilai CDD yang lebih tinggi berada pada bagian timur atau wilayah banjir dan Rob.



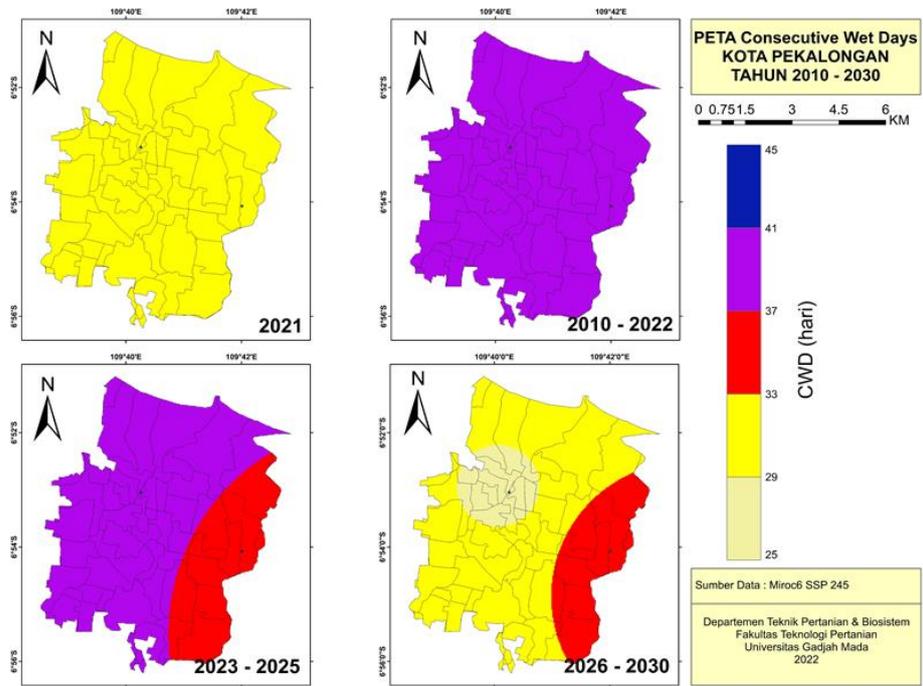
Gambar 4.6. CDD Kota Pekalongan Tahun 2010-2030

Selain itu, tren nilai rata-rata CDD pada periode 2010-2030 pada wilayah pekalongan barat menunjukkan penurunan yang lebih signifikan dibandingkan pekalongan timur.

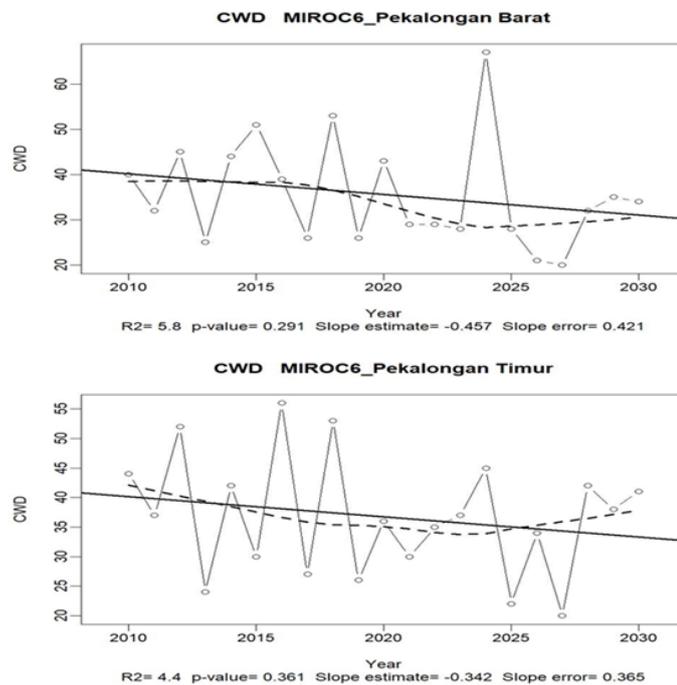


Gambar 4.7. Trend CDD Kota Pekalongan 2010-2030

Kemudian nilai rata-rata tahunan CWD terendah terjadi pada periode 2026-2030 di wilayah pekalongan barat sekitar 25-29 hari/tahun, hal tersebut sama dengan kejadian nilai CDD terendah pada wilayah pekalongan barat. Nilai CWD tertinggi terjadi pada periode tahun 2010-2022 diseluruh wilayah kota pekalongan sekitar 37-41 hari/tahun. Berdasarkan distribusi spasial yang ditampilkan menunjukkan hal yang sama dengan nilai CDD, dimana nilai CWD yang lebih tinggi terjadi pada bagian timur atau wilayah banjir dan Rob. Hal tersebut juga ditunjukkan oleh trend nilai CWD pada bagian barat menunjukkan penurunan yang lebih signifikan dibandingkan pada bagian timur terutama setelah tahun 2016.

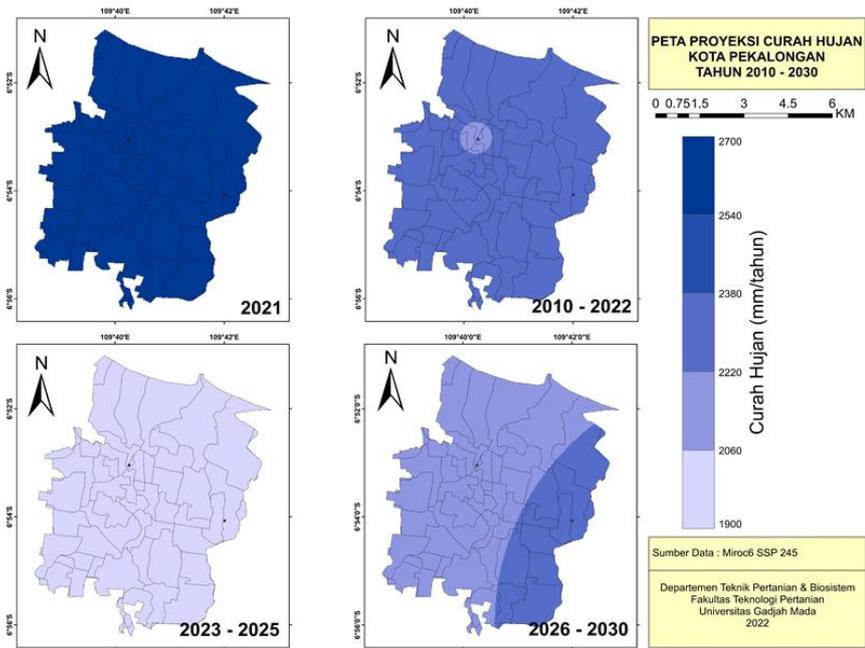


Gambar 4.8. CWD Kota Pekalongan 2010-2030

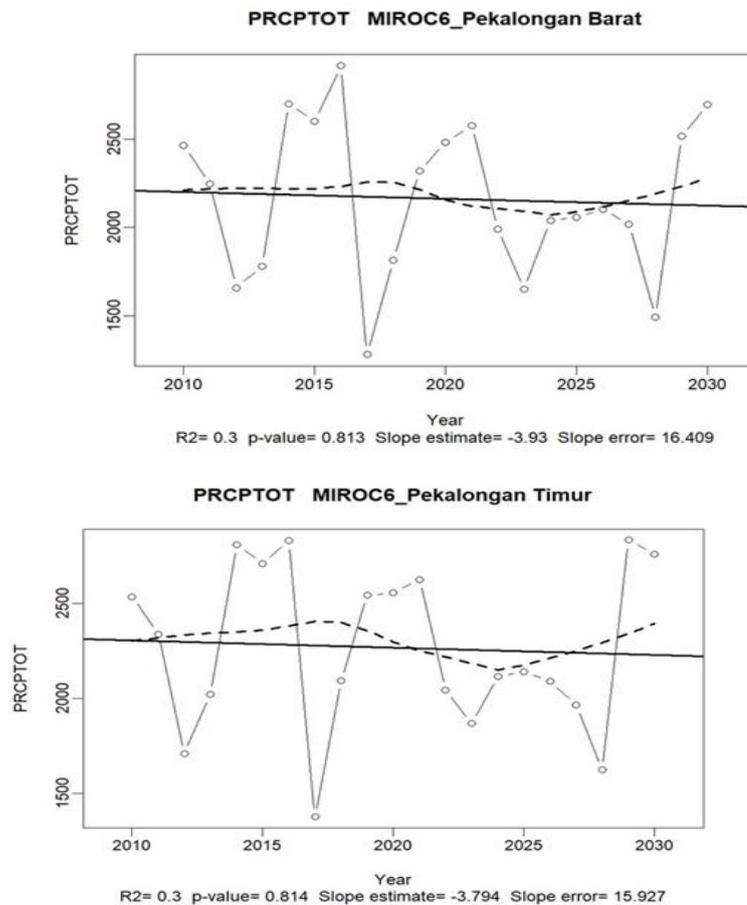


Gambar 4. 9. Trend CWD Kota Pekalongan 2010-2030

Pada proyeksi curah hujan yang dilakukan, distribusi spasial yang ditampilkan menunjukkan adanya penurunan curah hujan di kota pekalongan pada rentang periode 2010-2030, namun dengan curah hujan tertinggi tetap terjadi pada bagian timur atau wilayah banjir dan rob.



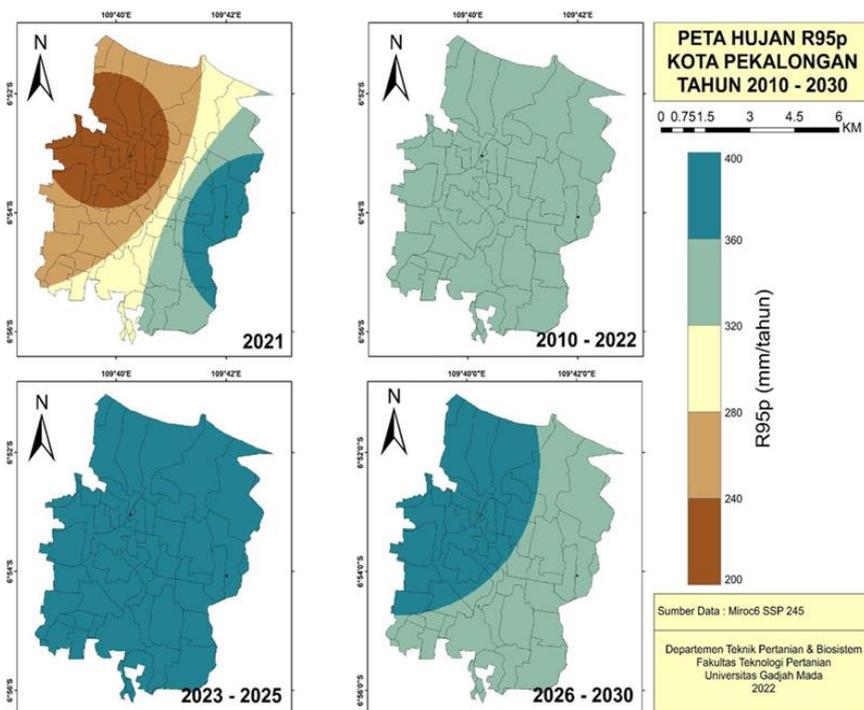
Gambar 4.10. Proyeksi curah hujan Kota Pekalongan 2010-2030



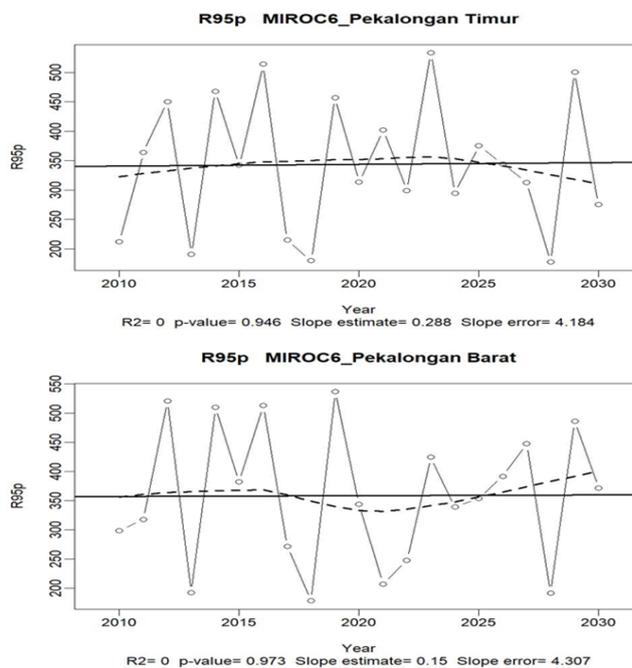
Gambar 4.11. Trend curah hujan Kota Pekalongan 2010-2030

Pada nilai rata-rata parameter R95p (*very wet days*), nilai R95p tertinggi terjadi pada periode 2023-2025 diseluruh wilayah Kota Pekalongan sekitar 360-400 mm/tahun. Kemudian, nilai parameter R95p ini menunjukkan tren positif

dimana mengalami kenaikan selama periode 2010-2030. Nilai R95p tertinggi terjadi pada bagian barat dibandingkan bagian timur terutama setelah tahun 2020.



Gambar 4.12. Peta Hujan R95p Kota Pekalongan



Gambar 4.13 Trend R95p Kota Pekalongan 2010-2030

4.3.1. Hasil Analisis Konsistensi Hujan

Uji konsistensi dilakukan pada stasiun hujan Koperbal Wilayah Kupang Pekalongan & stasiun hujan MPK Gamer.

**Tabel 4.1. Uji Konsistensi pada Stasiun Koperbal Wilayah Kupang
Pekalongan**

| No | Tahun | Yi | SK* | Dy ² | SK** |
|-----------|-------|--------|---------|-----------------|----------|
| 1 | 2010 | 337 | -308.25 | 7918.172 | -1.21542 |
| 2 | 2011 | 632 | -13.25 | 14.63021 | -0.05224 |
| 3 | 2012 | 404 | -241.25 | 4850.13 | -0.95124 |
| 4 | 2013 | 783 | 137.75 | 1581.255 | 0.543144 |
| 5 | 2014 | 910 | 264.75 | 5841.047 | 1.043901 |
| 6 | 2015 | 436 | -209.25 | 3648.797 | -0.82507 |
| 7 | 2016 | 472 | -173.25 | 2501.297 | -0.68312 |
| 8 | 2017 | 530 | -115.25 | 1106.88 | -0.45443 |
| 9 | 2018 | 533 | -112.25 | 1050.005 | -0.4426 |
| 10 | 2019 | 540 | -105.25 | 923.1302 | -0.415 |
| 11 | 2020 | 950 | 304.75 | 7739.38 | 1.20162 |
| 12 | 2021 | 1216 | 570.75 | 27146.3 | 2.25045 |
| Rata-rata | | 645.25 | | | |
| Σ | | 7743 | | 64321.02 | |

$$R_{\text{tabel}} = R\sqrt{n} \text{ (Nilai R, terlampir pada tabel)}$$

$$= 1.43\sqrt{12} = 4.953 \text{ (Derajat kepercayaan 5\%)}$$

$$R_{\text{hitung}} = SK^{**\text{max}} - SK^{**\text{min}}$$

$$= 2.25 - (-1.21) = 3.46$$

$$Q_{\text{tabel}} = Q\sqrt{n} \text{ (Nilai Q, terlampir pada tabel)}$$

$$= 1.22\sqrt{n} = 4.22 \text{ (Derajat kepercayaan 5\%)}$$

$$Q_{\text{hitung}} = SK^{**\text{max}}$$

$$= 2.25$$

**Tabel 4.2. Uji Konsistensi pada Stasiun Koperbal Wilayah Kupang
Pekalongan**

| No | Tahun | Xi | SK* | Dy ² | SK** |
|-----------|-------|------|---------|-----------------|----------|
| 1 | 2015 | 509 | -136.25 | 1547.005 | -0.53723 |
| 2 | 2016 | 457 | -188.25 | 2953.172 | -0.74226 |
| 3 | 2017 | 453 | -192.25 | 3080.005 | -0.75804 |
| 4 | 2021 | 1309 | 663.75 | 36713.67 | 2.617147 |
| Rata-rata | | 539 | | 14364.19 | |

$$\Sigma \quad 2156$$

$$R_{\text{tabel}} = R\sqrt{n} \text{ (Nilai R, terlampir pada tabel)}$$

$$= 1.6\sqrt{12} = 3.2 \text{ (Derajat kepercayaan 1\%)}$$

$$R_{\text{hitung}} = SK^{**}\text{max} - SK^{**}\text{min}$$

$$= 2.61 - (-0.758) = 3.375$$

$$Q_{\text{tabel}} = Q\sqrt{n} \text{ (Nilai Q, terlampir pada tabel)}$$

$$= 1.42\sqrt{12} = 2.84 \text{ (Derajat kepercayaan 1\%)}$$

$$Q_{\text{hitung}} = SK^{**}\text{max}$$

$$= 2.61$$

Dari perhitungan diatas diperoleh, pada stasiun Koperbal Wilayah Kupang Pekalongan bahwa $R_{\text{hitung}} < R_{\text{tabel}}$ dan $Q_{\text{hitung}} < Q_{\text{tabel}}$ maka data curah hujan pada stasiun tersebut dinyatakan konsisten. Namun pada stasiun MPK Gamer meskipun $Q_{\text{hitung}} < Q_{\text{tabel}}$, nilai $R_{\text{hitung}} > R_{\text{tabel}}$ maka data curah hujan pada stasiun tersebut dinyatakan tidak konsisten. Ketidakkonsistenan data hujan stasiun MPK Gamer dalam kasus ini diakibatkan karena tidak lengkapnya data pengamatan curah hujan dari tahun 2010-2021 seperti pada stasiun Koperbal Wilayah Kupang Pekalongan.

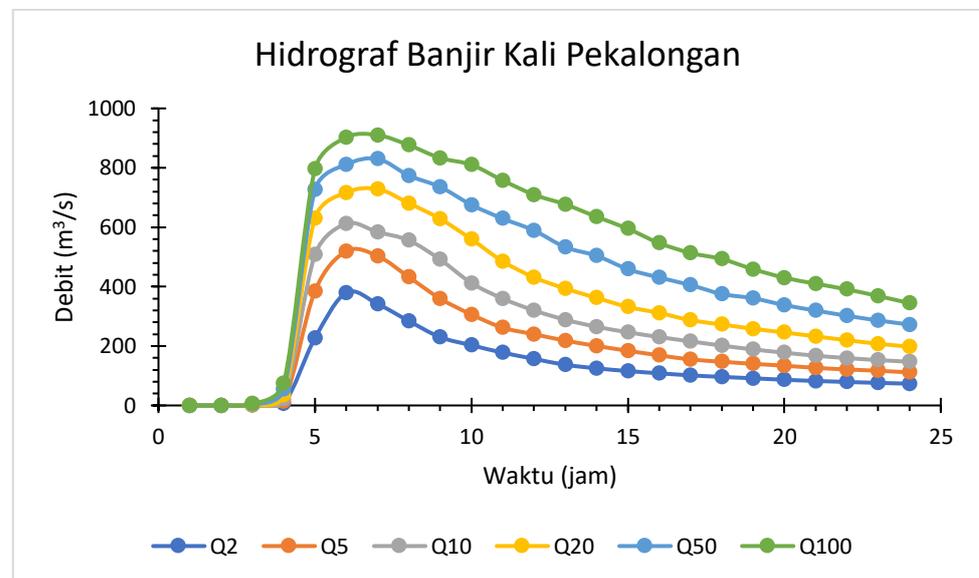
4.3.2. Hasil Analisis Frekuensi

Pada perhitungan analisis frekuensi yang telah dilakukan, diperoleh curah hujan rancangan menurut kala ulang pada tahun tertentu. Berdasarkan Tabel 4.3 diketahui hasil analisis frekuensi yang menunjukkan nilai debit banjir maksimum pada kala ulang 1,11 hingga 1000 tahun. Akan tetapi, kala ulang yang sering digunakan ialah 2 tahun sampai 100 tahun. Tabel 4.3. juga memberikan informasi nilai debit berdasarkan distribusi Normal, Log-Normal, Gumbel, dan Log-Pearson III. Menurut uji Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov, distribusi terbaik adalah Log-Pearson III.

Tabel 4.3. Hasil Kala Ulang Debit Maksimum

| P(x >= Xm) | T | Karakteristik Debit (m ³ /dt) Menurut Probabilitasnya | | | | | | | | |
|------------|------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
| | | Kala-Ulang | NORMAL | | LOG-NORMAL | | GUMBEL | | LOG-PEARSON III | |
| | | | X _T | K _T | X _T | K _T | X _T | K _T | X _T | K _T |
| 0,9 | 1,11 | 104,62 | -1,28 | 113,12 | -1,07 | 112,00 | -1,10 | 117,73 | -1,11 | |
| 0,5 | 2,00 | 156,77 | 0,00 | 152,60 | -0,10 | 150,08 | -0,16 | 146,51 | -0,17 | |
| 0,2 | 5,00 | 191,01 | 0,84 | 185,76 | 0,71 | 186,04 | 0,72 | 181,55 | 0,74 | |

| | | | | | | | | | |
|-------|---------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|
| 0,1 | 10,00 | 208,92 | 1,28 | 205,86 | 1,21 | 209,85 | 1,30 | 208,43 | 1,33 |
| 0,05 | 20,00 | 223,70 | 1,64 | 224,10 | 1,65 | 232,69 | 1,87 | 237,05 | 1,89 |
| 0,02 | 50,00 | 240,34 | 2,05 | 246,56 | 2,21 | 262,25 | 2,59 | 278,65 | 2,58 |
| 0,01 | 100,00 | 251,43 | 2,33 | 262,77 | 2,61 | 284,40 | 3,14 | 313,60 | 3,08 |
| 0,001 | 1000,00 | 282,51 | 3,09 | 314,11 | 3,87 | 357,60 | 4,94 | 457,83 | 4,70 |



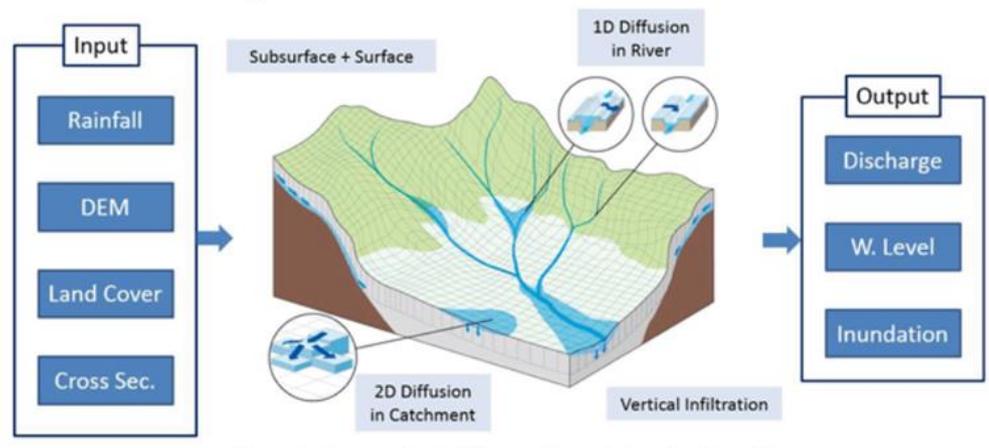
Gambar 4.14. Grafik Hidrograf Banjir Kali Pekalongan Berbagai Kala Ulang

Gambar 4.14. memberikan gambaran hidrograf banjir Kali Pekalongan menurut kala ulang 2 tahun dan 50 tahun. Kala ulang 2 tahun menunjukkan debit puncak terjadi di jam ke-6 sebesar 392,05 m³/s. Sedangkan pada kala ulang 50 tahun debit puncak terjadi di jam ke-7 sebesar 819,24 m³/s. Kala ulang 2 dan 50 tahun pada jam ke-7 dan ke-8 menunjukkan penurunan debit hingga jam ke-24, hal ini menunjukkan bahwa banjir telah surut

4.3.3. Model Hidrologi Banjir (*Rainfall-runoff inundation*)

RRI Model (*Rainfall-Runoff Inundation*) merupakan adalah model dua dimensi yang mampu mensimulasikan limpasan curah hujan dan genangan banjir secara bersamaan. Gambar 4.15. menunjukkan skema diagram model RRI. Model ini menguraikan lereng dan saluran sungai secara terpisah. Jika pada suatu sel *grid* terdapat saluran sungai, maka model mengasumsikan bahwa kemiringan dan sungai diposisikan pada *grid* yang sama tersebut. Saluran ditempatkan pada satu baris sepanjang garis tengah sel *grid* lereng. Aliran pada sel *grid* lereng dihitung dengan model gelombang difusif 2D, sedangkan aliran saluran dihitung dengan gelombang difusif 1D.

Untuk representasi yang lebih baik dari proses hujan-limpasan-genangan, model RRI mensimulasikan juga aliran bawah permukaan lateral, aliran infiltrasi vertikal dan aliran permukaan. Aliran bawah permukaan lateral, yang biasanya lebih penting di daerah pegunungan, dihitung dengan konsep hubungan gradien hidraulik dan debit yang memperhitungkan aliran bawah permukaan jenuh dan aliran permukaan. Di sisi lain, aliran infiltrasi vertikal diestimasi dengan menggunakan model Green-Ampt. Interaksi aliran antara alur sungai dan kemiringan diperkirakan berdasarkan formula luapan yang berbeda, tergantung pada ketinggian air dan kondisi ketinggian tanggul (Sayama, 2015).



Gambar 4.15. Skema diagram model RRI

Model RRI menggunakan perhitungan yang diturunkan dari persamaan kesetimbangan massa (persamaan 4.1) dan persamaan momentum (persamaan 4.2 dan 4.3) sebagai berikut.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = r - f \quad (4.1)$$

$$\frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial uq_x}{\partial x} + \frac{\partial vq_x}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho_w} \quad (4.2)$$

$$\frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial uq_x}{\partial x} + \frac{\partial vq_x}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_y}{\rho_w} \quad (4.3)$$

Keterangan :

- h = ketinggian air dari permukaan setempat,
- q_x = satuan lebar debit dalam arah x
- q_y = satuan lebar debit dalam arah y
- u = kecepatan aliran dalam arah x
- v = kecepatan aliran dalam arah y,
- r = intensitas curah hujan
- f = laju infiltrasi
- H = ketinggian air dari datum
- ρ_w = densitas air

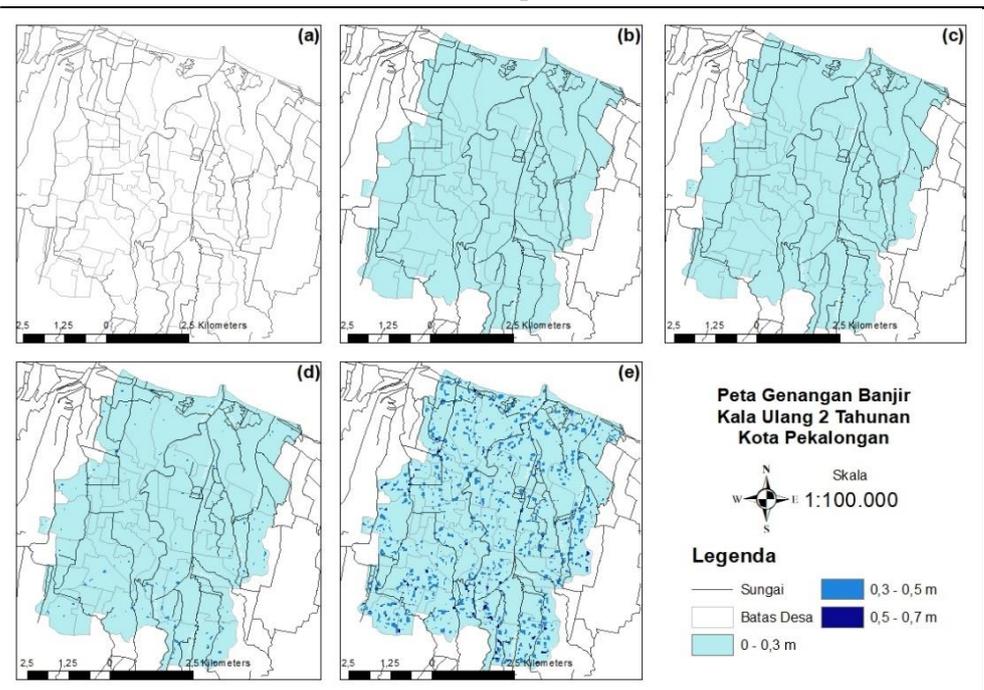
g = percepatan gravitasi

τ_x = tegangan geser di arah x

τ_y = tegangan geser di arah y

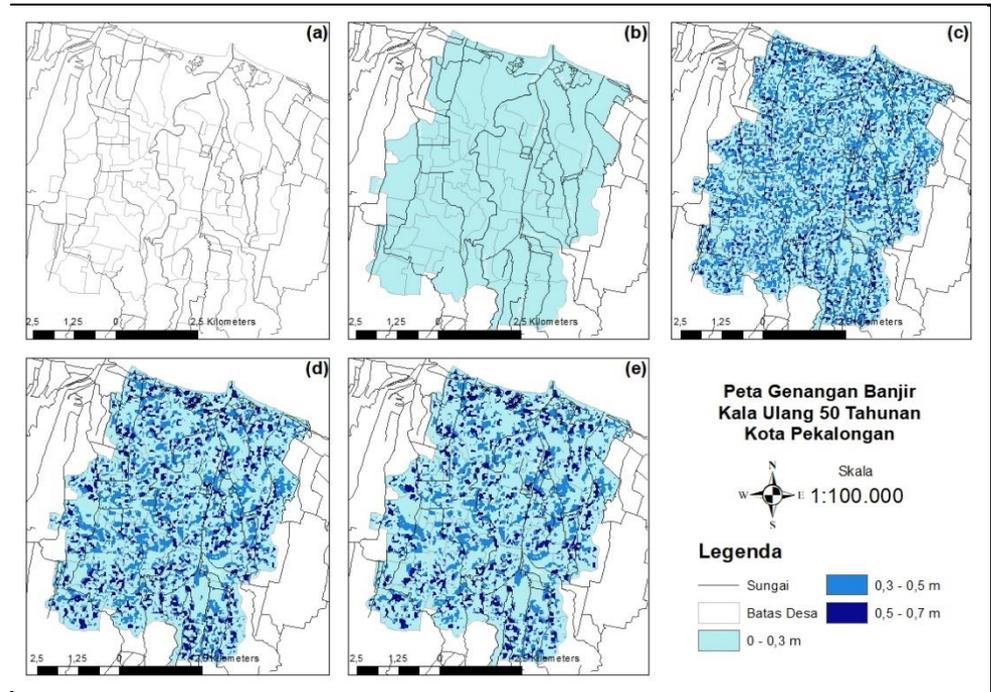
Suku kedua dari ruas kanan (2) dan (3) dihitung dengan persamaan Manning's.

Software RRI menghasilkan informasi yang menunjukkan sebaran genangan banjir. Data distribusi hujan jam-jaman selama 24 jam sebagai *input* data, kemudian diperoleh pola pergerakan air mulai dari jam ke-1 hingga ke-24. Data yang diperoleh menunjukkan tingkat genangan tertinggi terjadi pada jam ke-24. Oleh karena itu, jam ke-24 dipilih karena dapat mempresentasikan wilayah genangan/banjir yang paling rawan. Selain itu, dari gambar, terlihat bahwa sebaran genangan merata di seluruh area. Hal ini dikarenakan topografi Kota Pekalongan yang tergolong dataran rendah berkisar 0-6 meter diatas permukaan laut.



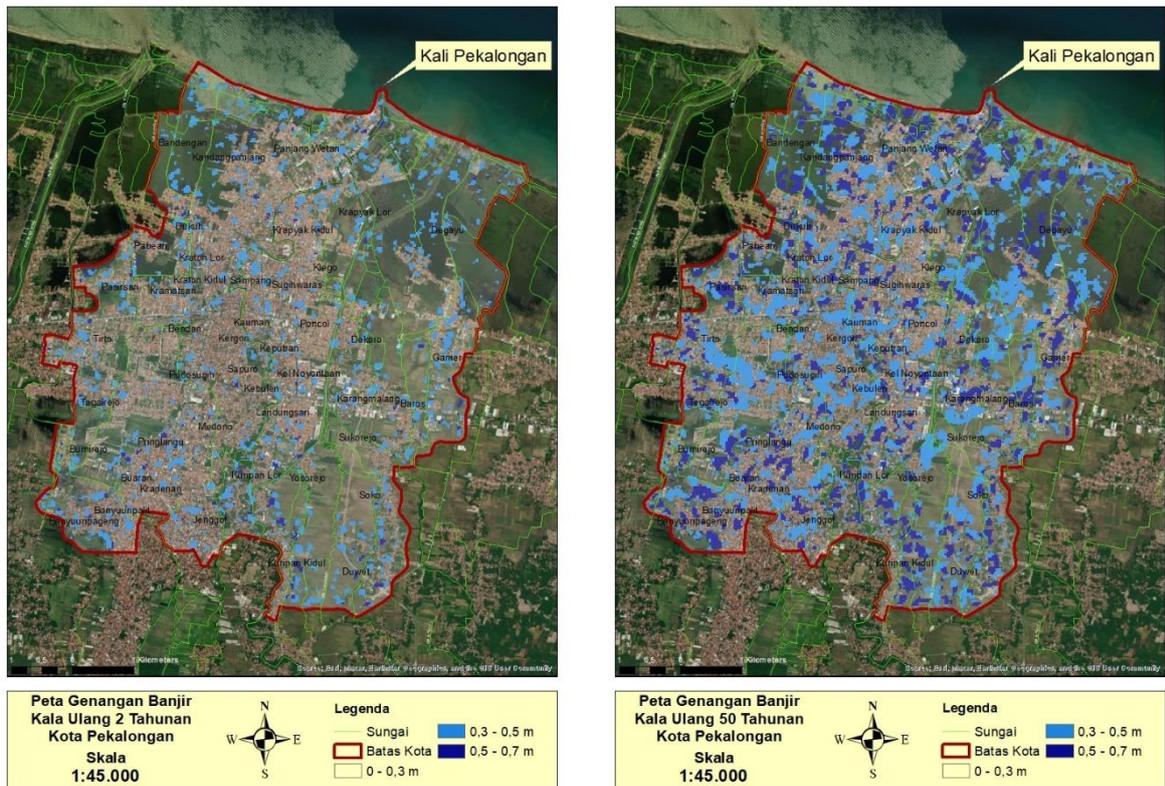
Gambar 4.16. Peta Genangan Kondisi Eksisting Kala Ulang 2 Tahun (a) Jam ke-0 (b) Jam ke-4 (c) Jam ke-8 (d) Jam ke-16 (e) Jam ke-24

Gambar 4.16. menunjukkan sebaran genangan di wilayah Kota Pekalongan menurut kala ulang 2 tahun mulai dari jam ke-0 hingga jam ke-24. Gambar pada peta (c) jam ke-4 terjadi peningkatan genangan yang signifikan. Hal ini dikarenakan hasil perhitungan hujan rancangan yang meningkat hingga 87 mm sehingga timbul genangan merata mencapai ketinggian maksimum 0,61 meter.



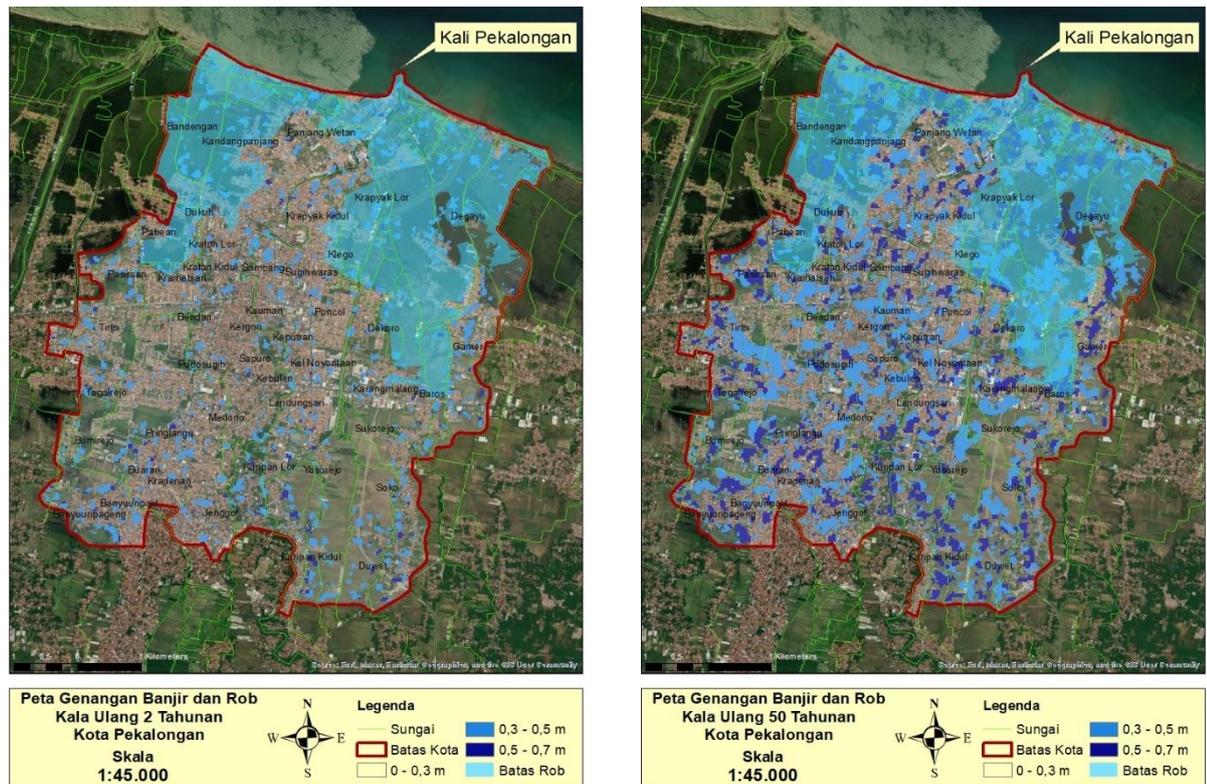
Gambar 4.17. Peta Genangan Kondisi Eksisting Kala Ulang 50 Tahun (a) Jam ke-0 (b) Jam ke-4 (c) Jam ke-8 (d) Jam ke-16 (e) Jam ke-24.

Gambar 4.17. menunjukkan sebaran genangan di wilayah Kota Pekalongan menurut kala ulang 50 tahun mulai dari jam ke-0 hingga jam ke-24. Gambar pada peta (c) jam ke-4 terjadi peningkatan genangan yang signifikan. Hal ini dikarenakan hasil perhitungan hujan rancangan yang meningkat hingga 164 mm. Akibatnya timbul genangan yang tersebar di seluruh wilayah yang mencapai ketinggian maksimum 0,67 meter.



Gambar 4.18. Peta Model Genangan Banjir Kota Pekalongan

Model hidrologi banjir yang dihasilkan RRI juga terdapat informasi debit banjir. Dari pengambilan titik pengukuran debit banjir di Kali Pekalongan yang ditunjukkan oleh Gambar 4.18. diketahui debit banjir maksimum kala ulang 2 tahun mencapai $392,05 \text{ m}^3/\text{s}$. Sedangkan pada kala ulang 50 tahun, debit banjir maksimum Kali Pekalongan mencapai $819,24 \text{ m}^3/\text{s}$.



Gambar 4.19. Peta Model Genangan Banjir dan Rob Kota Pekalongan

Gambar 4.19. menunjukkan sebaran genangan di wilayah Kota Pekalongan kala ulang 2 tahun dan 50 tahun yang di $overlay$ dengan peta deleniasi rob. Hasilnya menunjukkan daerah rawan banjir disertai rob yang berdampak di wilayah timur, utara, dan barat Kota Pekalongan yang terlihat pada Gambar 4.19. Adanya banjir dan rob yang saling bertumbukan, berakibat terhadap peningkatan waktu yang dibutuhkan agar genangan menjadi surut.

Tabel 4.4. Perbandingan Ketinggian Genangan Eksisting dan Kala Ulang

| No | Lokasi | Tinggi Genangan (m) | | |
|----|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| | | Eksisting | Kala Ulang 2 Tahun | Kala Ulang 50 Tahun |
| 1 | RT 06 RW 08 (Degayu) | 0,5 | 0,0005 | 0,002 |
| 2 | RT 05 RW 08 (Degayu) | 0,25 | 0,370 | 0,521 |
| 3 | RT 01 RW 02 (Degayu) | 0,2 | 0,085 | 0,127 |
| 4 | RT 03 RW 02 (Degayu) | 0,2 | 0 | 0 |
| 5 | RT 02 RW 02 (Degayu) | 0,4 | 0,090 | 0,201 |
| 6 | RT 01 RW 02 (Degayu) | 0,2 | 0,006 | 0,014 |

4.4. Kualitas Air dan Karakteristik Tanah

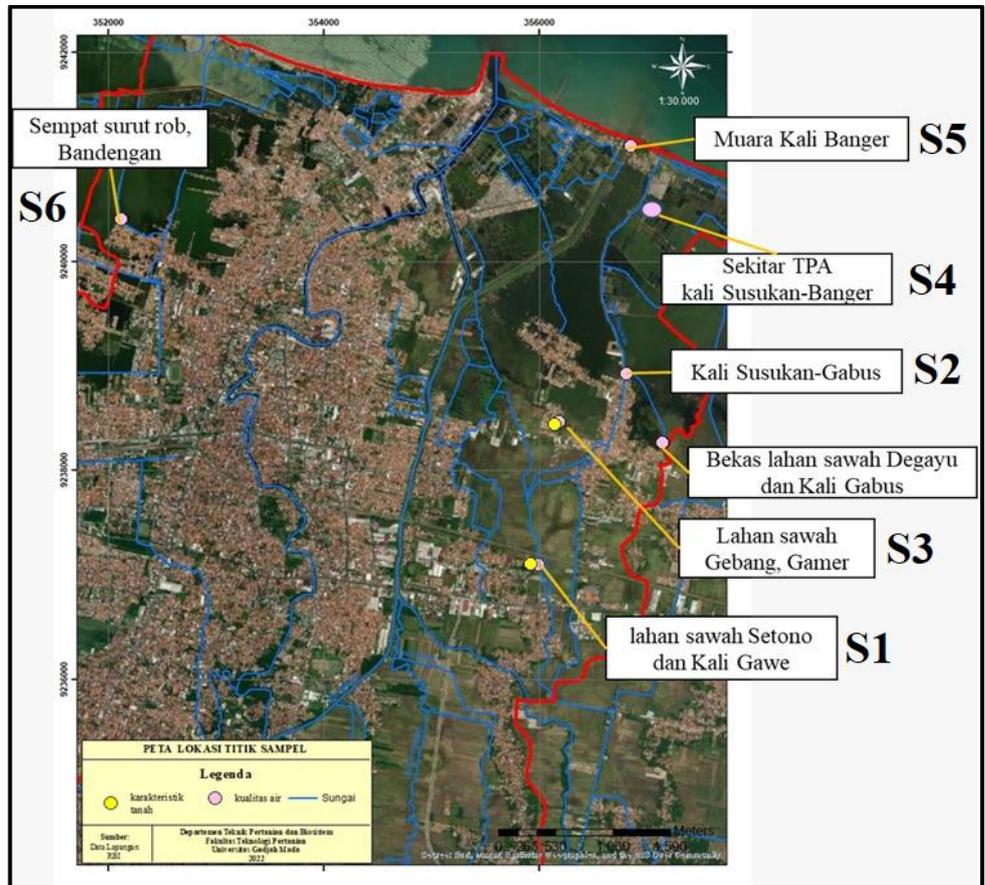
Kajian mengenai kualitas air dan karakteristik tanah pada lokasi studi dengan zona terdampak banjir dan rob di Kota Pekalongan menjadi **dasar analisis** penting terkait mitigasi dampaknya terhadap lahan pertanian. Hal ini berkaitan dengan **pengendalian daya rusak air**. Menurut Undang – Undang Nomor 17 Tahun 2019, daya rusak air adalah segala daya air yang dapat merugikan kehidupan. Pengendalian daya rusak air merupakan upaya yang bertujuan untuk mencegah, menanggulangi, dan memulihkan kerusakan kualitas lingkungan yang disebabkan oleh daya rusak air. Peristiwa banjir dan rob di Kota Pekalongan merupakan salah satu bentuk dari kejadian daya rusak air yang harus segera dimitigasi. Kondisi tersebut telah berdampak secara langsung terhadap menurunnya jumlah luas lahan untuk pertanian. Telah disebutkan bahwa telah terjadi penurunan luas lahan pertanian di Kota Pekalongan sejak tahun 2017 (1152 ha atau 25,46%) hingga menurun drastis pada tahun 2021, (886 ha atau 19,58%). Menurut Hrdinka *et al.* (2012), fenomena banjir dan rob bukan hanya dapat mempengaruhi terhadap **kuantitas SDA**, namun juga berdampak terhadap **perubahan kualitas air** yang secara langsung maupun tidak langsung juga **mempengaruhi kehidupan organisme akuatik**. Fenomena banjir dan rob juga mampu **mempengaruhi karakteristik dan kerusakan tanah** (*soil characteristics and soil deterioration*) (Mungai *et al.*, 2011).

Kajian analisis kualitas air dan karakteristik tanah telah dilakukan melalui **empat tahapan**, yaitu: 1) Survey Pendahuluan, 2) Pengambilan Sampel dan Data Primer di Lapangan, 3) Pengujian Sampel Air / Tanah di Laboratorium, 4) Analisis Data dan Kesesuaiannya untuk Lahan Pertanian. Pengambilan sampel air dan tanah pada daerah-daerah terdampak banjir dan rob di Kota Pekalongan dilakukan pada **enam lokasi sampling**. Enam lokasi tersebut telah dipilih dan ditentukan berdasarkan hasil survey pendahuluan dan kondisi eksisting (**Lampiran 1 – Lampiran 2**). Analisis kualitas air dilakukan berdasarkan kesesuaian Baku Mutu Kelas Air menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Kualitas air dan karakteristik tanah di **enam lokasi sampling** tersebut (lokasi dengan kondisi terdampak banjir dan atau rob) di Kota Pekalongan menjadi fokus uji dan kajian analisis.

4.4.1. Survey Pendahuluan dan Justifikasi Penetapan Lokasi Sampling

Kegiatan survey pendahuluan untuk mengkaji kondisi eksisting lapangan terkait banjir, batas genangan rob, lahan pertanian, tambak, serta sosial masyarakat telah dilaksanakan pada 6 – 9 September 2022. Survey pendahuluan dilakukan untuk menentukan titik lokasi sampling yang tepat dan representatif terkait kajian kualitas air pada lokasi terdampak banjir dan rob. **Enam titik lokasi sampling (S1 – S6)** telah ditetapkan sebagai lokasi sampling yang berada di empat kelurahan, yaitu Kelurahan Setono, Degayu, Gamer, dan Bandengan (**Gambar 4.20**). Hal ini didasarkan pada hasil survey awal dan kondisi eksisting dampak banjir dan rob di empat kelurahan tersebut. Lingkup pekerjaan

ini meliputi pengamatan di lapangan, melakukan pengambilan sampel air dan tanah secara *grab sampling* pada titik yang telah ditentukan di lokasi sampling (Gambar 4.20). untuk dilakukan uji kualitas dan karakteristik tanah yang terdapat di Kota Pekalongan dengan titik lokasi sebagai berikut:



Gambar 4.20. Peta Lokasi Enam Titik Pengambilan Sampel (S1 – S6)

- S1: Lahan Sawah Kelurahan Setono – Kali Gawe**
 Penetapan dan pengambilan sampel air dan tanah di titik S1 di daerah lahan sawah pada Kelurahan Sentono didasarkan pada kondisi bahwa lokasi ini telah terdampak banjir. Lahan sawah di Kelurahan Setono tersebut juga memanfaatkan Kali Gawe sebagai sumber air irigasi (**Gambar 4.21**). Lokasi ini menjadi titik paling selatan dalam studi ini dengan kondisi eksisting **terdampak banjir namun bebas rob** (**Gambar 4.21**).
- S2: Kali Susukan – Kali Gabus, Kelurahan Degayu**
 Penetapan dan pengambilan sampel air dan tanah di titik S2 di pertemuan antara aliran Kali Susukan dan Kali Gabus didasarkan pada kondisi eksisting sebagai daerah yang telah terdampak banjir dan tergenang rob. Kondisi tersebut menjadikan titik S2 sebagai lokasi dengan justifikasi **terdampak banjir dan rob**. Daerah ini juga merupakan **lokasi eks pertanian** di

Kelurahan Degayu yang dialiri oleh dua aliran Kali Susukan dan Kali Gabus. Pertemuan titik aliran antara Kali Susukan dan Kali Gabus menjadi titik pengambilan sampel di S2 (**Gambar 4.22**).

- **S3: Lahan Sawah Kelurahan Gamer**

Penetapan dan pengambilan sampel air dan tanah di titik S3 didasarkan pada kondisi eksisting bahwa lokasi tersebut merupakan daerah persawahan dengan **perbatasan jelas telah tergenang rob dan akan berisiko tergenang rob**. Titik S3 merupakan justifikasi **lahan pertanian terdampak rob dan berisiko perluasan dampak rob**. Sebagian lahan persawahan sudah tergenang rob. Sebagian lahan persawahan lainnya belum tergenang, namun akan berisiko tergenang rob dan mengurangi luas lahan sawah (**Gambar 4.23**).

- **S4: Sekitar TPA Degayu, Kelurahan Degayu**

Penetapan pengambilan sampel air di titik S4 didasarkan pada kondisi eksisting **daerah muara terdampak rob, banjir, adanya keberadaan TPA, beban domestik, serta tambak budidaya** (**Gambar 4.24**). Pada saat survey pendahuluan dan pengambilan sampel dilakukan, daerah di titik S4 sedang dalam proses pembangunan saluran dalam mengatasi bencana rob. Perjalanan menuju daerah di sekitar TPA Degayu (daerah galangan kapal) telah menunjukkan adanya perbedaan muka air laut yang lebih tinggi dibandingkan jalan (ditangani oleh adanya bangunan talud).

- **S5: Muara Kali Banger, Kelurahan Degayu**

Penetapan pengambilan sampel air di titik S5 didasarkan pada kondisi eksisting sebagai **daerah muara** (**Gambar 4.25**) Hal ini dapat menjadikan titik S5 **sebagai titik komparasi nilai salinitas air** di daerah muara terhadap dugaan intrusi dan persebaran daerah terkena rob (dapat dijustifikasi dengan gradasi nilai salinitas pada kualitas air di daerah masing-masing). Justifikasi titik S5 adalah **daerah muara, terdampak rob, dan titik komparasi salinitas**.

- **S6: Bekas Lahan Sawah Terdampak Rob di Kelurahan Bandengan**

Penetapan pengambilan sampel air di titik S6 didasarkan pada kondisi eksisting sebagai ex lahan sawah yang terdampak rob di Kelurahan Bandengan (**Gambar 4.26**). Pada tahun 2021, lokasi ini merupakan lahan ex persawahan terdampak rob dan sempat mengering. Namun, saat ini lokasi di S6 telah tergenang dan terdampak kembali oleh rob sehingga tidak bisa lagi digunakan sebagai lahan persawahan.

4.4.2. Pengambilan Sampel dan Data Primer di Lapangan

Pengambilan sampel air / tanah dan data primer di lapangan telah dilakukan pada 13 Oktober 2022. Pengambilan sampel air dan tanah dilakukan secara *grab sampling* pada titik yang telah ditentukan di lokasi sampling (**Gambar 4.20**). Pengambilan sampel air diambil di enam titik sampling (S1 – S6). Pengambilan sampel tanah dilakukan di tiga titik sampling (S1 – S3).

Lokasi Pengambilan Sampel Air : Lahan Sawah Kelurahan Setono – Kali Gawe (S1), Pertemuan antara Kali Susukan dan Kali Gabus (S2), Lahan Sawah Kelurahan Gamer (S3), TPA Degayu (S4), Muara Kali Banger (S5), Bekas Lahan Sawah di Kelurahan Bandengan (S6).

Lokasi Pengambilan Sampel Tanah : Bagian selatan Lahan Sawah Kelurahan Setono – Kali Gawe (S1), Lahan Sawah Pedukuhan Gebang, Kelurahan Gamer (S2), dan Lahan Sawah Kelurahan Degayu dekat SMP 17 Pekalongan (S3).

Sampel air yang diambil berkisar 1,8 – 3 L per titik sampling dengan jumlah minimum 1,8 L untuk kebutuhan pengujian **22 parameter uji** di laboratorium. Pengambilan sampel air dilakukan dengan *grab bottle sampler* menggunakan jerigen 1 L. Pengambilan sampel tanah untuk uji karakteristik dilakukan di tiga titik sampling (S1 – S3). Sampel tanah diambil menggunakan *auger soil sampler* dengan minimum berat 1 kg. Seluruh sampel air dan tanah diawetkan dengan pendinginan pada *cooler box*. Dokumentasi pengambilan sampel di lapangan dapat dilihat pada **Gambar 4.21 – Gambar 4.26**.



Gambar 4.21. Pengambilan sampel air / tanah dan data primer di Kelurahan Setono (S1)



Gambar 4.22. Pengambilan data primer, sampel air di pertemuan aliran Kali Susukan - Kali Gabus, dan sampel tanah dari lahan bekas sawah di Kelurahan Degayu (S2)



Gambar 4.23. Pengambilan data primer, sampel air, dan sampel tanah di lahan pertanian terdampak rob di Kelurahan Gamer (S3).



Gambar 4.24. Pengambilan data primer dan sampel air di sekitar area TPA Degayu dan aliran budidaya tambak setelah proyek pengerjaan saluran (S4)



Gambar 4.25. Pengambilan data primer dan sampel air di muara Kali Banger (S5)



Gambar 4.26. Pengambilan data primer dan sampel air di Bekas Lahan Sawah di Kelurahan Bandengan (S6)

Pekerjaan di laboratorium meliputi pengujian-pengujian untuk mendapatkan kualitas air dan karakteristik tanah dari sampel yang diperoleh dari lokasi. Pengujian sampel air dilakukan di Laboratorium Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan Dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Yogyakarta. Sedangkan pengujian sampel tanah dilakukan di Laboratorium Teknologi Sumberdaya Lahan dan Air (TSLA) FTP UGM.



Gambar 4.27. Kegiatan Pengujian Sampel Tanah

4.5. Pelaksanaan Uji Karakteristik Tanah

4.5.1. Uji Variabel Pengamatan Karakteristik Tanah

Adapun variabel pengamatan penelitian tersebut antara lain:

- a. Kadar lengas menggunakan gravimetric.

Pengukuran kadar lengas secara metode gravimetri dilakukan dengan mengambil sampel tanah lalu dipanaskan pada suhu 105°C selama 12-24 jam untuk menghilangkan air. Kadar air dari contoh diketahui dari perbedaan bobot contoh sebelum dan setelah dikeringkan. Faktor koreksi kelembapan dihitung dari kadar air contoh. Adapun cara kerja dan perhitungannya sebagai berikut:

- 1) Menimbang 5 gr contoh tanah kering udara dalam piringan aluminium yang telah diketahui bobotnya.
- 2) Melakukan pengeringan dalam oven pada suhu 105°C selama 12-24 jam. Mengangkat piringan dengan penjepit dan masukkan ke dalam eksikator. Setelah contoh dingin kemudian melakukan penimbangan. Bobot yang hilang adalah bobot air.
- 3) Perhitungan

$$\text{Kadar air (\%)} = (\text{kehilangan bobot} / \text{bobot contoh}) \times 100$$

- b. Derajat Keasaman (pH) Tanah

Nilai pH menunjukkan konsentrasi ion H⁺ dalam larutan tanah, yang dinyatakan sebagai $-\log[\text{H}^+]$. Peningkatan konsentrasi H⁺ menaikkan potensial larutan yang diukur oleh alat dan dikonversi dalam skala pH. Elektrode gelas merupakan elektrode selektif khusus H⁺, hingga memungkinkan untuk hanya mengukur potensial yang disebabkan kenaikan konsentrasi H⁺. Potensial yang timbul diukur berdasarkan potensial elektrode pembanding (kalomel atau AgCl). Biasanya digunakan satu elektrode yang sudah terdiri atas elektrode pembanding dan elektrode gelas (elektrode kombinasi).

Konsentrasi H⁺ yang diekstrak dengan air menyatakan kemasaman aktif (aktual) sedangkan pengestrak KCl 1 M menyatakan kemasaman cadangan (potensial). Adapun cara kerja, pengukuran, dan perhitungan sebagai berikut:

- 1) Menimbang 10 gr contoh tanah sebanyak dua kali, masing-masing dimasukkan ke dalam botol kocok
- 2) Menambahkan 50 ml air bebas ion ke botol yang satu (pH H₂O) dan 50 ml KCl 1 M ke dalam botol lainnya (pH KCl). Kocok dengan mesin pengocok selama 30 menit.

Suspensi tanah diukur dengan pH meter yang telah dikalibrasi menggunakan larutan sangga pH 7,0 dan pH 4,0. Laporkan nilai pH dalam satu desimal.

c. Salinitas Tanah

Pengukuran salinitas dilakukan dengan metode DHL. Metode daya hantar listrik merupakan metode untuk mengukur jumlah total garam terlarut. Penentuan nilai DHL dengan menempatkan dua elektroda ke dalam sampel, dan mengukur perbedaan potensial listriknya. Jika konsentrasi garam meningkat, maka kemampuan larutan menghantarkan listrik akan meningkat. Hasil pengukuran merupakan konversi tahanan listrik menjadi konduktansi listrik.

d. Unsur Hara N, P, K Tanah

Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai kandungan unsur hara Nitrogen (N), Fosfat (P), dan Kalium (K) dari sampel tanah yang diambil lahan sawah dari Kelurahan Setono, Degayu, Gamer. Analisis unsur hara tanah dilakukan di Laboratorium Teknik Sumber Daya Tanah dan Air, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada pada Oktober – November 2022. Pengujian unsur hara tanah dilakukan dengan menggunakan *soil nutrient analyzer* dengan kebutuhan larutan dari masing-masing sampel tanah. Hasil pengujian berupa informasi nilai ketersediaan unsur hara (N, P, dan K).

4.5.2. Hasil Uji Variabel Karakteristik Tanah

Hasil analisis tanah yang diperoleh dari pengukuran daya hantar listrik menghasilkan nilai yang bervariasi sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 4.5. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa nilai salinitas terendah yaitu 0,010,05; dan 0,08 % dari Setono, Gamer, dan Degayu. Selain itu, analisis tanah yang juga dilakukan yaitu pH Tanah dengan nilai pH 4 (untuk wilayah Degayu) dan pH 6 (untuk wilayah Setono dan Gamer). Analisis laboratorium yang dilakukan yaitu Lengan tanah dan ketersediaan hara tanah seperti Nitrogen, Fosfor, dan Kalium. Secara umum untuk lengan tanah semua lokasi masih bagus dalam *field capacity*, namun untuk pH dan salinitasnya untuk wilayah Degayu diperlukan perbaikan agar sesuai dengan kondisi pertumbuhan tanaman padi. Sedangkan untuk karakteristik unsur hara (N, P, K) tanahnya dapat berubah-ubah sesuai kondisi perlakuan pengolahan lahan seperti pemupukan.

Tabel 4.5. Hasil Uji Variabel Karakteristik Tanah

| Variabel karakteristik tanah | Lokasi Sampel | | |
|--|---------------|------------|-------------|
| | Degayu (S3) | Gamer (S2) | Setono (S1) |
| Salinitas (%) | 0,08 | 0,05 | 0,01 |
| Lengan tanah (cm ³ /cm ³) | 0,53 | 0,56 | 0,39 |

| Variabel karakteristik tanah | Lokasi Sampel | | |
|------------------------------|---------------|------------|-------------|
| | Degayu (S3) | Gamer (S2) | Setono (S1) |
| N (PPM) | 47,23 | 86,92 | 85,52 |
| P (PPM) | 10,04 | 4,32 | 6,32 |
| K (PPM) | 69,93 | 42,32 | 61,76 |
| pH | 4 | 6 | 6 |

Hasil uji analisis tanah diatas digunakan sebagai data awal dalam pembangunan demplot yang akan dilakukan baik dengan metode teknis bangunan, penambahan bahan organik tanah, penggunaan varietas tanaman, sistem pengairan dan juga sistem tanam. Berdasarkan data-data diatas akan dijadikan panduan untuk perbaikan tanah yang prioritas untuk dilakukan.

4.6. Pelaksanaan Uji Kualitas Air

Pengambilan sampel air pada enam titik lokasi sampling telah dilakukan pada 13 Oktober 2022. Setiap sampel air yang telah diambil secara langsung disimpan dalam jerigen putih berukuran 1 L. Sampel air yang dibutuhkan per lokasi berkisar 1,8 – 3 L dengan minimum jumlah sampel 1,8 – 2,5 L. Hal ini sesuai dengan kebutuhan volume pengujian kualitas air untuk 22 parameter (Tabel 4.6). Sampel langsung dilakukan pengawetan dengan pendinginan menggunakan ice gel dalam cool box selama transportasi hingga pengujian. Pengujian kualitas air dilakukan di Laboratorium Balai besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Yogyakarta, Direktorat Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

4.6.1. Uji Laboratorium Kualitas Air

Pada pengujian kualitas air di BBTKLPP yang telah diserahkan pada 14 Oktober 2022 dengan hasil analisis telah diterima pada 4 November 2022. Pengujian sampel air untuk mengkaji dan menganalisis kualitas air di enam lokasi sampling di Kota Pekalongan dengan kode S1 hingga S6. Sampel air yang diambil dari saluran irigasi terdampak banjir Kelurahan Setono dengan kode **S1**. Lingkungan sekitar tempat pengambilan sampel **S1** merupakan daerah sawah yang sering tergenang banjir. Sampel air yang diambil dari pertemuan Kali Gabus dan Kali Susukan Kelurahan Degayu dengan kode **S2**. Lingkungan sekitar tempat pengambilan sampel **S2** merupakan daerah tergenang rob. Sampel air yang diambil dari sawah Kelurahan Gamer dengan kode **S3**. Lingkungan sekitar tempat pengambilan sampel **S3** merupakan area sawah yang terdampak rob. Sampel air yang diambil dari area terdampak limbah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dan

tergenang rob Kelurahan Degayu dengan kode **S4**. Lingkungan sekitar tempat pengambilan sampel **S4** merupakan daerah budidaya tambak. Ketika pengambilan sampel, lokasi tersebut sedang digunakan untuk proyek pembangunan saluran dalam mengatasi bencana rob. Sampel air yang diambil dari muara Kali Banger Kelurahan Degayu dengan kode **S5**. Lokasi sekitar pengambilan sampel **S5** merupakan kawasan yang berbatasan dengan Laut Jawa. Sampel air yang diambil dari bekas sawah tergenang rob Kelurahan Bandengan dengan kode **S6**. Pada tahun 2021 lokasi tersebut sempat kering, namun saat ini kembali tergenang.

Pengujian tersebut dilakukan dengan mengacu pada PP No. 22 Tahun 2021 dengan **Baku Mutu Air Kelas III sesuai peruntukan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, dan irigasi untuk pertanian**. Hasil uji kualitas dari sampel air kemudian dibandingkan terhadap kesesuaian (**memenuhi/melampaui**) baku mutu.

Tabel 4.6. Parameter Kualitas Air, Baku Mutu, dan Standar Metode Pengujian

| No. | Parameter | Baku Mutu | | Metode Uji |
|-----|---|----------------|--------|--|
| | | Jumlah | Satuan | |
| 1 | Total Padatan Terlarut (TDS) | 1000 | mg/L | <i>In House Method</i> |
| 2 | Total Padatan Tersuspensi (TSS) | 400 | mg/L | <i>In House Method</i> |
| 3 | pH | 6 – 9 | mg/L | SNI 06-6989.11-2019 |
| 4 | <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD) | 6 | mg/L | SNI 6989.72-2009 |
| 5 | <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) | 40 | mg/L | SNI 6989.2-2019 |
| 6 | <i>Dissolved Oxygen /</i> Oksigen Terlarut (DO) | 3 (minimal) | mg/L | APHA 2017 section 4500-OG |
| 7 | Fosfat (PO ₄) | 1 | mg/L | APHA 2017 section 4500 P-D |
| 8 | Nitrat | 20 | mg/L | APHA 2017 section 4500-NO ₃ B |
| 9 | Kobal (Co) | 0,2 | mg/L | SNI 6989.65-2009 |
| 10 | Boron | 1 | mg/L | APHA 2017 section 3120 B |
| 11 | Kadmium (Cd) | 0,01 | mg/L | SNI 06-6989.38-2005 |
| 12 | Krom Heksavalen (Cr ⁶⁺) | 0,05 | mg/L | APHA 2017 section 3120 B |

| No. | Parameter | Baku Mutu | | Metode Uji |
|-----|---------------------------|-----------|------------------------------|-------------------------------------|
| | | Jumlah | Satuan | |
| 13 | Tembaga (Cu) | 0,02 | mg/L | SNI 6989.84-2009 |
| 14 | Timbal (Pb) | 0,03 | mg/L | SNI 06-6989.46-2005 |
| 15 | Seng (Zn) | 0,05 | mg/L | SNI 6989.84-2019 |
| 16 | Fluorida (F) | 1,5 | mg/L | SNI 06-6989.29-2005 |
| 17 | Nitrit | 0,06 | mg/L | SNI 06-6989.9-2004 |
| 18 | Klorin (Cl ₂) | 0,03 | mg/L | IK/BBTKLPP/3-K/Pj.C-44 |
| 19 | Sulfida (S) | 0,03 | mg/L | SNI 6989.70-2009 |
| 20 | Fenol | 0,01 | mg/L | SNI 06-6989.21-2004 |
| 21 | Salinitas | - | ⁰ / ₀₀ | <i>In House Method</i> |
| | | - | ppt | |
| 22 | Total Coliform (MPN) | 10000 | MPN/100 mL | APHA 2017 <i>section</i> 9221- B |

Keterangan:

In House Method : Metode yang berasal dari intisari standar metode lain yang telah publikasikan,

kemudian dikembangkan oleh internal laboratorium dan validasi.

SNI : Standar Nasional Indonesia

APHA : *American Public Health Association*

4.6.2. Hasil Uji Kualitas Air

Hasil analisis kualitas air berdasarkan 22 parameter pada enam lokasi sampling (S1 – S6) dapat dilihat pada Tabel 4.7. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sampel air diketahui **telah tercemar dan tidak memenuhi/melampaui baku mutu air kelas III**. Hal ini didasarkan pada **11 parameter (TDS, pH, BOD, COD, DO, Boron, Nitrit, Klorin, Sulfida, Fenol, Total Coliform) tidak memenuhi baku mutu** (Tabel 4.7).

Tabel 4.7. Hasil Uji Lab BBTCLPP Sampel Air Kota Pekalongan

| No | Parameter | Satuan | Baku Mutu Kelas 3 | Hasil Uji | | | | | | Metode Uji |
|----|--------------------------------------|--------|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|---------------|---|
| | | | | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 | |
| 1 | Zat Padat Terlarut (TDS) | mg/L | 1000 | 131 | 691 | 3,09 | 18850 | 2330 | 6540 | In House Methode |
| 2 | Residu Tersuspensi (TSS) | mg/L | 400 | 54 | 91 | 119 | 6 | 7 | 6 | In House Methode |
| 3 | pH* | - | 6-9 | 7,5 | 7,3 | 7,1 | 7,8 | 7,8 | 7,3 | SNI 06-6989.11-2019 |
| | | | | 6,16 | 6,02 | 6,95 | 6,88 | 5,95 | 6,68 | Pengujian Langsung |
| 4 | BOD* | mg/L | 6 | 5,5 | 12,5 | 27,6 | 3,8 | 2,6 | 7,6 | SNI 6989.72-2009 |
| 5 | COD* | mg/L | 40 | 53,7 | 32,1 | 88,7 | 36,3 | 27,5 | 46 | SNI 6989.2-2019 |
| 6 | Oksigen Terlarut (DO)* | mg/L | 3 | 5 | 0,8 | 0,6 | 3,3 | 6,6 | 5,3 | APHA 2017, section 4500-OG |
| | | | | 6,9 | 2,7 | 7,5 | 1,4 | 2 | 4,6 | Pengujian Langsung |
| 7 | Fosfat (PO ₄) | mg/L | 1 | 0,253 | 0,201 | 0,283 | 0,053 | 0,064 | 0,108 | APHA 2017, section 4500 P-D |
| 8 | Nitrat | mg/L | 20 | 6,01 | 1,62 | 1,38 | 1,96 | 2,42 | 1,65 | APHA 2017, section 4500-NO ₃ B |
| 9 | Kobal (Co)* | mg/L | 0,2 | <0,0070 | <0,0070 | <0,0070 | <0,0070 | <0,0070 | <0,0070 | SNI 6989.68-2009 |
| 10 | Boron (B)* | mg/L | 1 | 0,1838 | 0,3551 | 2,4436 | 9,7571 | 1,4833 | 2,9658 | APHA 2017, section 3120 B |
| 11 | Kadmium (Cd)* | mg/L | 0,01 | <0,0066 | <0,0066 | <0,0066 | <0,0009 | <0,0066 | <0,0066 | SNI 06.6989. 38-2005 |
| 12 | Krom Heksavalen (Cr ⁶⁺)* | mg/L | 0,05 | <0,0066 | <0,0066 | <0,0066 | <0,0066 | <0,0066 | <0,0066 | APHA 2017, section 3500 B Cr B |
| 13 | Tembaga (Cu)* | mg/L | 0,02 | <0,0060 | <0,0060 | <0,0060 | <0,0060 | <0,0060 | <0,0060 | SNI 6989.84-2019 |
| 14 | Timbal (Pb)* | mg/L | 0,03 | <0,0058 | 0,018 | 0,0074 | <0,0058 | <0,0058 | 0,0147 | SNI 06.6989.46-2005 |
| 15 | Seng (Zn)* | mg/L | 0,05 | <0,0159 | <0,0159 | <0,0159 | <0,0159 | <0,0159 | 0,0255 | SNI 6989.84-2019 |
| 16 | Fluorida (F ⁻) | mg/L | 1,5 | <0,0110 | 0,1609 | 0,4139 | 1,3201 | 0,3026 | 0,7945 | SNI 06-6989.29-2005 |
| 17 | Nitrit* | mg/L | 0,06 | 0,0776 | <0,0314 | <0,0314 | 0,1409 | 0,0335 | <0,0314 | SNI 06-6989.9-2004 |
| 18 | Klorin (Cl ₂) | mg/L | 0,03 | 0,4 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | 0,05 | 0,1 | IK/BBTKLPP/3-K/Pj C-44 |
| 19 | Sulfida (S) | mg/L | 0,03 | <0,0043 | <0,0043 | 0,0914 | <0,0043 | <0,0043 | <0,0043 | SNI 6989.70-2009 |
| 20 | Fenol | mg/L | 0,01 | 0,024 | 0,0508 | 0,0354 | 0,0383 | <0,0215 | - | SNI 06-6989.21-2004 |

| No | Parameter | Satuan | Baku Mutu Kelas 3 | Hasil Uji | | | | | | Metode Uji |
|----|-----------------|------------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | | | | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 | |
| 21 | Suhu | C | Dev 3 | 32,8 | 34,1 | 34,1 | 31,8 | 33,6 | 36 | Pengujian Langsung |
| 22 | Salinitas | ⁰ / ₀₀ | | 0,13 | 0,69 | 3,09 | 23,85 | 2,54 | 7,6 | In House Methode |
| | | ppt | | 0,2 | 0,19 | 0,2 | 0,21 | 0,2 | 0,18 | Pengujian Langsung |
| 23 | Total Coliform* | MPN/100 ml | 10000 | 240.10² | 240.10⁶ | 1600.10⁵ | 49,00 | 240.10² | 540.10² | APHA 2017 section 9221-B |

Keterangan:

Tulisan *bold* dan berwarna merah: tidak memenuhi/melampaui BM dapat dikategorikan **telah tercemar**. Pada beberapa parameter, sebagian hasil kualitas air di beberapa tempat masih memenuhi BM, sementara di beberapa tempat lainnya telah tercemar. Kondisi ini dapat dikategorikan untuk parameter tersebut sudah tidak memenuhi BM.

*Parameter salinitas memang tidak tercantum pada Standar Baku Mutu Kualitas Air Kelas III. Parameter salinitas diujikan pada kualitas air untuk mengkaji dampak rob dan gradasi persebarannya.

#Dalam konfirmasi ulang ke laboratorium

a) **Parameter TDS, TSS, pH**

Parameter TDS menunjukkan nilai total kandungan padatan terlarut (*dissolved*) dalam air. Kandungan padat terlarut tersebut dapat berupa mineral, garam, logam, kation, ataupun anion, dan koloid. Partikel TDS berukuran kurang dari 10^{-6} mm dan koloid ($10^{-6} - 10^{-3}$ mm). Partikel – partikel padatan yang lebih besar dari ukuran tersebut dapat dikategorikan sebagai total kandungan padatan tersuspensi (*suspended*). Padatan TDS jelas lebih kecil dibandingkan TSS dikarenakan TDS umumnya disebabkan oleh bahan organik berupa ion-ion.

Berdasarkan hasil analisis kualitas air (Tabel 4.7), **nilai TSS dan pH memenuhi baku mutu kelas air III**. Namun, **nilai TDS pada S3 – S6 tidak memenuhi baku mutu**. Hal ini dapat terjadi karena meskipun nilai TSS masih sesuai baku mutu, kandungan TDS, seperti mineral, ion-ion, dan koloid masih dapat terlarut di air. Hal ini dikhawatirkan dapat mempengaruhi **ketidaksesuaian kualitas air** kelas III sesuai peruntukannya. Kondisi terlampauinya baku mutu nilai TDS pada titik S4 dan S5 (Muara Banger dan TPA Degayu) dimungkinkan tidak akan berdampak jika untuk irigasi, namun akan berpengaruh untuk budidaya tambak. Nilai kesesuaian TDS harus diperhatikan, terutama pada titik S6 yang merupakan bekas lahan sawah dan dipertimbangkan untuk masih dapat dikembalikan/tidak.

- Tingginya nilai TDS dapat mempengaruhi peningkatan pH dan salinitas, serta menurunkan oksigen terlarut.
- Tingginya nilai pH dan salinitas akibat TDS menyebabkan kualitas air tidak dapat digunakan sesuai peruntukannya (irigasi dan atau budidaya tambak)
- Tingginya TDS dapat mempengaruhi turunnya nilai DO, sehingga kualitas air dapat dikategorikan semakin memburuk.

b) **Parameter BOD, COD, DO, dan Fosfat**

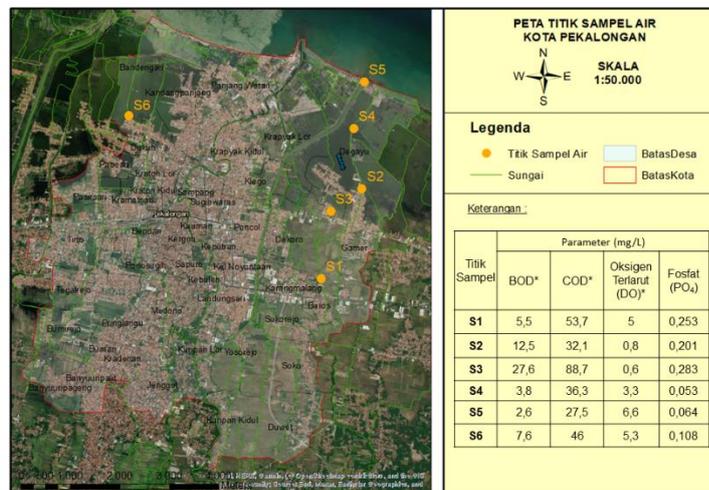
Parameter BOD, COD, DO, dan fosfat merupakan indikator penting dan utama dalam menentukan beban pencemaran dan kualitas air, apakah termasuk sebagai kualitas air terkategori baik atau buruk. Nilai BOD dan COD berkaitan dengan banyak kandungan bahan organik sebagai beban pencemar dalam air (Gambar 4.28). Nilai BOD menyatakan jumlah oksigen (mg O_2) yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan hampir semua zat organik terlarut dan tersuspensi dalam air. Zat organik dapat berasal dari minyak, lemak, protein, asam, dll. **Semakin tinggi nilai BOD, maka semakin buruk kualitas air**. Hal ini juga selaras dengan COD.

Semakin tinggi nilai COD, maka semakin buruk kualitas air. Nilai COD umumnya akan selalu lebih besar dibandingkan dengan BOD.

| COD | BOD |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • <u>Zat organik yang biodegradable</u> • <u>Selulosa</u> • <u>N organik yang biodegradable</u> • <u>N organik yang non-biodegradable</u> • <u>Hidrokarbon aromatik dan rantai</u> | <ul style="list-style-type: none"> • <u>Zat organik yang biodegradable</u> • <u>N organik yang biodegradable</u> • <u>NH₄ bebas</u> |

Gambar 4.28. Perbedaan kandungan beban pencemar pada COD dan BOD

Secara umum, nilai BOD dan COD pada empat lokasi (S1, S2, S3, S6) dari enam lokasi sampling **tidak memenuhi baku mutu** (Tabel 4.7, Gambar 4.29). Nilai BOD pada S1, S3, dan S6 masing-masing sebesar 12,5; 27,6; 7,6 mg/L. Nilai COD pada S2, S3, S6 masing-masing sebesar 53,7; 88,7; 46 mg/L.



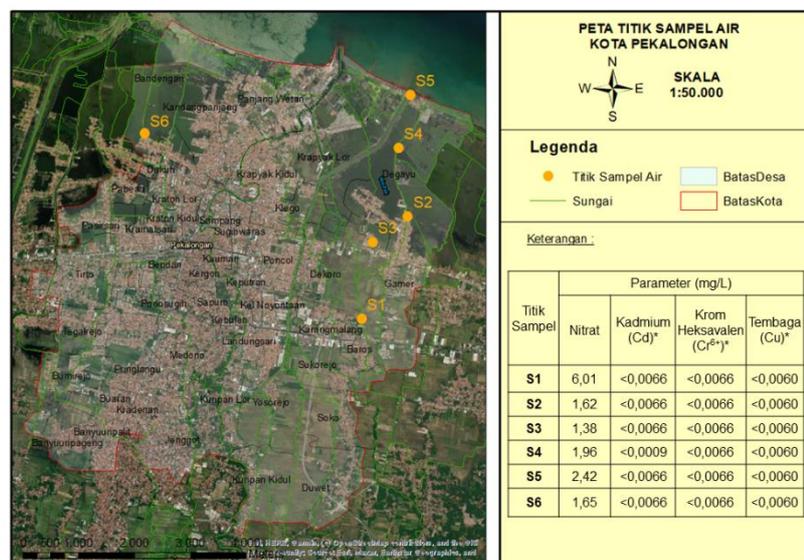
Gambar 4.29. Distribusi nilai BOD, COD, DO, dan Fosfat pada S1 – S6

Kualitas air dapat secara langsung dilihat dari nilai DO, oksigen terlarut (*dissolved oxygen*). **Semakin tinggi nilai DO, maka semakin baik kualitas air.** Berdasarkan standar baku mutu, DO minimal untuk kualitas air kelas III adalah 3 mg/L. Nilai DO pada titik S1, S4, S5, dan S6 masing-masing sebesar 5; 3,3; 6,6; dan 5,3 mg/L dan memenuhi baku mutu. Namun, nilai DO pada S2 dan S3 sangat rendah masing-masing sebesar 0,8 dan 0,6 mg/L. Hal ini selaras dengan tingginya nilai BOD dan COD pada titik S2 dan S3. Di sisi lain, keberadaan total fosfat sebagai salah satu bahan organik masih memenuhi baku mutu (Tabel 4.7).

- Tingginya nilai BOD dan COD tersebut menunjukkan kualitas air yang tidak baik dan tidak dianjurkan untuk digunakan sesuai peruntukan kelas airnya.
- Nilai DO semakin tinggi maka kualitas air semakin baik
- Nilai BOD dan COD akan selalu berbanding terbalik dengan nilai DO. Hal ini terlihat pada hasil analisis kualitas air di titik S2, S3, dan S4.
- Nilai DO pada S1, S4, S5, dan S6 memenuhi baku mutu
- Nilai Total Fosfat pada semua titik memenuhi baku mutu
- Semakin tinggi kandungan bahan organik sebagai beban pencemar dapat menurunkan kadar oksigen terlarut

c) **Nitrat dan Nitrit**

Keberadaan nitrat sebagai salah satu senyawa organik yang mudah terlarut dalam air harus diperhatikan kadarnya. Dalam aspek mendukung pertanian, kandungan nitrat dapat berperan penting untuk mendukung pertumbuhan tanaman karena sebagai nutrisi. Namun, kandungan nitrat yang tinggi dalam perairan dapat memicu pertumbuhan tanaman air yang berlebih atau eutrofikasi, dimana akan mempengaruhi turunnya kadar oksigen terlarut. **Hasil uji kualitas air pada S1 – S6 menunjukkan nilai nitrat yang terbilang cukup rendah dan masih memenuhi baku mutu (Tabel 4.7).** Di sisi lain, **kadar nitrit diketahui tidak memenuhi baku mutu pada S1 dan S4.** Sebagai bagian dari siklus nitrogen, keberadaan nitrit dan nitrat yang terlarut dalam air dapat menjadi nutrisi penting bagi pertumbuhan tanaman. Namun, kadar nitrit dan nitrat yang berlebihan dapat menjadi beracun pada ikan.

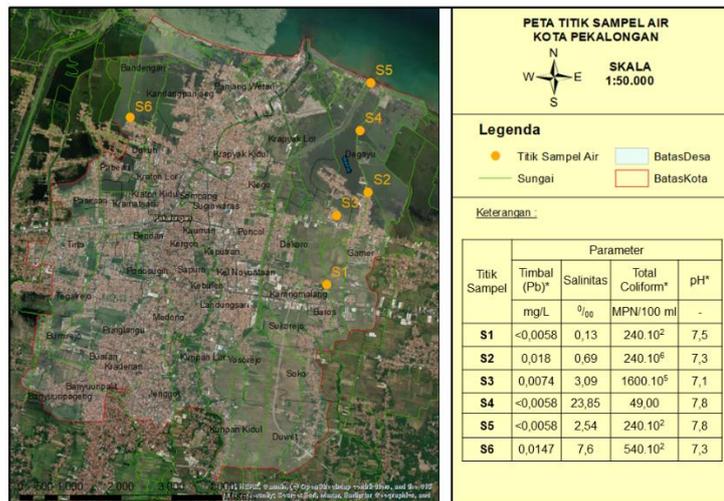


Gambar 4.30. Distribusi kadar nitrat, kadmium, hrom heksavalen, dan tembaga pada S1 – S6

d) **Logam Berat (Kadmium, Krom, Tembaga, Kobal, Timbal, Seng)**

Keberadaan logam berat menjadi parameter penting untuk kualitas air, terutama untuk keperluan penggunaan bagi irigasi, budidaya tambak, dan lain-lain. Konsentrasi logam berat dalam jumlah atau kadar rendah pun dapat bersifat beracun / *toxic* bagi tanaman ataupun makhluk hidup. Hal ini dikarenakan beberapa tanaman ataupun makhluk hidup mempunyai daya toleransi yang berbeda terhadap logam berat. Pada studi ini, tujuh parameter logam berat telah diujikan dari sampel air di lokasi studi Kota Pekalongan. Hasil pengujian kadar logam Kadmium (Cd), Krom Heksavalen (Cr^{6+}), dan Tembaga (Cu) pada S1 – S6 didapatkan berkisar $< 0,0009 - < 0,0066$ mg/L. Hasil pengujian kadar kobal (Co) pada S1 – S6 terukur sebesar $< 0,0070$ mg/L (Tabel 4.7). **Hasil tersebut menunjukkan bahwa kadar kadmium, krom, tembaga, dan kobal masih memenuhi baku mutu dan dapat dikategorikan relatif aman.**

Hasil pengujian kadar timbal (Pb) dan seng (Zn) pada S1 – S6 masing-masing didapatkan berkisar $< 0,0058 - 0,018$ dan $< 0,0159 - 0,0255$ mg/L (Tabel 4.7, Gambar 4.31). Hasil tersebut menunjukkan bahwa kadar Pb dan Zn masih dibawah baku mutu (memenuhi) dan dikategorikan aman. Namun, **telah terdeteksinya keberadaan logam berat pada aliran air permukaan hingga di muara di Kota Pekalongan harus mendapatkan perhatian serius.** Sumber-sumber pencemaran logam berat di air permukaan atau sungai dapat bersumber secara *non point sources* dan bersifat kompleks. Apabila tidak dilakukan monitoring lingkungan secara berkala dan prosedural ketat, kondisi ini dikhawatirkan akan memicu terjadinya pencemaran logam berat di masa yang akan datang.



Gambar 4.31. Distribusi kadar Pb, salinitas, total coliform, dan pH pada S1 – S6

e) Parameter Non Logam (Boron, Fluorida, Klorin, Sulfida, Fenol)

Hasil uji kualitas air berdasarkan kadar Boron diketahui telah melampaui baku mutu. Kadar Boron pada titik S1 – S6 didapatkan berkisar 0,1838 – 9,7571 mg/L (Tabel 4.7). **Hasil kadar Boron, terutama pada titik S3 – S6, ini tidak memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan oleh peraturan sebesar maksimum 1 mg/L. Kadar Boron diketahui masih memenuhi baku mutu hanya pada titik S1 dan S2.** Keberadaan Boron yang melampaui baku mutu dikhawatirkan dapat berdampak terhadap lingkungan, biota akuatik, hingga terhadap manusia. Boron termasuk sebagai metaloid karena memiliki kombinasi antara sifat unsur logam dan non-logam. **Boron dapat terlarut pada air dan menyebabkan dampak toxic kepada organisme akuatik, terutama ikan. Kadar Boron yang melampaui ketentuan dapat menyebabkan terjadinya paparan yang bersifat kronis (Hardi et al., 2019).**

Di sisi lain, kadar Fluorida (F⁻) pada S1 – S6 didapatkan berkisar 0,03 – 0,4 mg/L (Tabel 4.7). **Kadar F⁻ pada S1, S5, dan S6 didapatkan tidak memenuhi baku mutu (0,03 mg/L), dengan nilai masing-masing 0,04; 0,05; dan 1 mg/L.** Menurut Cahyani dan Irawanto (2022), kadar F⁻ yang melebihi baku mutu dapat menjadi racun bagi biota akuatik. Secara alamiah, air dapat mengandung F⁻ ketika melewati bebatuan. Namun, kadar F⁻

dapat meningkat seiring adanya kegiatan industri, fluoridasi pada air, dan buangan air limbah.

Kadar Klorin (Cl_2) atau klorin bebas dapat diperkirakan berasal dari residu klorin sebagai desinfektan (Cahyani dan Irawanto, 2022). **Hasil uji kualitas air menunjukkan kadar klorin yang tidak memenuhi baku mutu pada titik S1, S5, dan S6.** Kondisi ini juga bertentangan anjuran batas maksimum klorin dari WHO pada maksimum 0,02 mg/L.

Hasil uji kadar Sulfida (S_2) pada S1, S2, S4, S5, dan S6 diketahui memenuhi baku mutu. Namun, kadar S_2 yang didapatkan pada titik S3 sebesar 0,0914 mg/L tidak memenuhi baku. Kadar tersebut hampir tiga kali lipat melampaui baku mutu. Keberadaan S_2 pada air merupakan salah satu parameter yang harus dihilangkan. **Sulfida dapat mempengaruhi terjadinya kehilangan atau penurunan oksigen terlarut** (Cahyani dan Irawanto, 2022). Kondisi ini dapat dilihat dari **nilai DO terendah didapatkan di S3 karena dipengaruhi oleh tinggi kandungan S_2 .** Hal ini secara langsung mempengaruhi terjadinya penurunan kualitas air untuk mendukung kesesuaian peruntukannya.

Kadar fenol pada seluruh titik sampling didapatkan tidak memenuhi baku mutu (Tabel 4.7). Kadar fenol pada S1 – S6 didapatkan berkisar <0,0215 – 0,0508 mg/L. Menurut Koirewoa dan Raunsay (2016), kadar fenol dapat bersifat racun menjadi bagi jaringan hewan. Fenol sebagai senyawa asam lemah juga sulit untuk didegradasi oleh dekomposer sehingga dikhawatirkan mampu menyebabkan bioakumulasi hingga ke manusia.

f) **Parameter Salinitas**

Pengukuran salinitas pada seluruh lokasi sampling (S1 – S6) bertujuan untuk memverifikasi dan menjustifikasi daerah terdampak rob, daerah terdampak banjir saja, daerah terdampak rob dan banjir. Pengukuran salinitas pada daerah paling utara di lokasi studi (S6), yaitu Muara Kali Banger, merupakan titik komparasi nilai salinitas terhadap aliran sungai atau air permukaan di perkotaan. Hasil pengukuran nilai salinitas pada titik S1, S2, S3, S4, S5, dan S6 didapatkan masing-masing sebesar 0,013; 0,69; 3,09; 23,85; 2,54; dan 7,6 ‰ (Tabel 4.7). Hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa aliran air permukaan di lokasi studi Kota Pekalongan dimungkinkan telah mengandung salinitas (kadar garam tinggi)

terdampak oleh rob, adanya kadar garam pada air tercantum dalam bentuk parameter salinitas, ataupun adanya tambahan beban pencemaran garam-garam dari *non-point sources*. Penyebab salinitas juga dapat dipengaruhi oleh terjadinya pasang surut, intrusi air laut, air irigasi yang mengandung garam atau tingginya penguapan dengan curah hujan rendah (Anugrah *et al.*, 2022).

Meskipun tidak tercantum dalam standar baku mutu air kelas III, **keberadaan salinitas harus dipertimbangkan secara penting terkait kaitannya untuk penggunaan terhadap lahan pertanian, terutama padi sawah, serta budidaya ikan.** Menurut Anugrah *et al* (2022), adanya salinitas dapat menekan dan memberikan efek terhambatnya proses pertumbuhan tanaman. Hal ini dikarenakan tanaman, terutama padi, memiliki daya tahan terhadap salinitas yang bervariasi pada masing-masing jenisnya. **Air dengan salinitas tinggi, dapat mempengaruhi salinitas tanah tercantum sebagai daya hantar listrik,** dimana mempengaruhi kondisi optimal pertumbuhan tanaman. Nilai DHL sebesar 2 mmhos/cm dianggap optimal, tetapi jika mencapai 4 - 6 mmhos/cm tergolong marginal. Jika nilai DHL > 6 mmhos/cm, maka pertumbuhan tanaman padi terhambat. Penurunan hasil bisa mencapai 50 % jika nilai DHL sekitar 7,2 mmhos/cm.

g) **Parameter Total Coliform**

Total Coliform merupakan parameter wajib dari aspek mikrobiologi yang harus diujikan untuk menentukan kualitas air (Akili *et al.*, 2018). Total coliform menunjukkan keberadaan bakteri coliform, baik coliform fecal dan atau coliform non fecal. Coliform fecal adalah bakteri coliform yang berasal dari tinja manusia atau hewan berdarah panas lainnya. Coliform non fecal adalah bakteri coliform yang ditemukan pada hewan atau tanaman-tanaman yang telah mati.

Hasil uji total coliform pada sampel air di lokasi studi S1 – S6 menunjukkan bahwa seluruh sampel air telah terindikasi tercemar oleh bakteri coliform. Nilai total coliform pada titik S1, S2, S3, S4, S5, dan S6 masing-masing didapatkan sebesar $240 \cdot 10^2$; $240 \cdot 10^6$; $1600 \cdot 10^5$, 49 (dalam konfirmasi ulang ke laboratorium), $240 \cdot 10^2$; $540 \cdot 10^2$ MPN/100 mL (Tabel 4.7). **Hasil uji tersebut menunjukkan bahwa kualitas air di lokasi studi tidak memenuhi baku mutu parameter total coliform.** Hasil

tersebut menunjukkan bahwa aliran air yang berada lokasi studi telah tercemar oleh bakteri coliform (*in total*). **Keberadaan bakteri coliform dalam air dapat mengindikasikan bahwa air telah terkontaminasi dengan feses manusia dan atau hewan berdarah panas yang mengandung bakteri atau virus patogen.** Kondisi ini dikhawatirkan dapat menyebabkan wabah penyakit jika sampai dikonsumsi tanpa pengolahan oleh manusia. Wabah penyakit yang berpotensi muncul akibat bakteri coliform adalah demam tifus, shigellosis, salmonellosis, kolera, disentri, diare. Wabah penyakit yang berpotensi muncul akibat virus coliform adalah infeksi hepatitis, virus polio, dan disentri.

4.7. Analisis Kesesuaian Lahan

Analisis kesesuaian lahan merupakan proses pendugaan tingkat kesesuaian lahan untuk berbagai alternatif penggunaan, kali ini pada bidang pertanian. Hasil analisis merupakan dasar penggunaan lahan secara lebih produktif dan lestari sesuai dengan potensinya sehingga dapat ditentukan jenis-jenis tanaman yang sesuai untuk dikembangkan di lahan tersebut yang disesuaikan dengan faktor pembatas yang dihadapi.

Analisis kesesuaian lahan yang digunakan kali ini ditujukan pada lokasi Kelurahan Gamer dan Setono yang masih terdapat potensi pertanian yang produktif dengan indikator (parameter) yang tersedia. Metode yang digunakan yaitu metode skoring dengan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 4.8. Komoditas yang memiliki skor paling tinggi pada tiap masa tanam dapat digunakan sebagai alternatif budidaya yang memiliki potensi produktifitas yang tinggi. Berdasarkan hasil yang didapatkan, komoditas yang dapat dibudidayakan di Gamer dan Setono pada MT (masa tanam) I yaitu padi dan ketela pohon, kemudian di MT II komoditas padi memiliki skor paling tinggi, sedangkan MT III semua komoditas memiliki nilai sama besarnya sehingga dapat digunakan sebagai alternatif.

Tabel 4.8. Hasil Analisis Kesesuaian Lahan Kota Pekalongan

| Masa Tanam | Indikator | Nilai Exist. | Padi | Ketela pohon | Jagung | Kacang hijau | Kedelai |
|---------------------------|------------------|--------------|------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| I (Desember- Maret) | Temperatur (°C) | 29,19 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| | Kelembaban (%) | 86,5 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 |
| | Curah Hujan (mm) | 1333 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 |
| | Tekstur tanah | agak halus | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | Salinitas | < 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | Kedalaman tanah | >100 cm | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | Rerata | | | 2,83 | 2,83 | 2,67 | 2,17 |
| II (Mei- Agustus) | Temperatur (°C) | 28,9 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| | Kelembaban (%) | 79,5 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| | Curah Hujan (mm) | 131,0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Tekstur tanah | agak halus | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | Salinitas | < 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |

| Masa Tanam | Indikator | Nilai Exist. | Padi | Ketela pohon | Jagung | Kacang hijau | Kedelai | |
|------------------------------|------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| III (September -November) | Kedalaman tanah | >100 cm | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| | Rerata | | 2,67 | 2,50 | 2,50 | 2,17 | 2,33 | |
| | Temperatur (°C) | 30,3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | |
| | Kelembaban (%) | 82,5 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | |
| | Curah Hujan (mm) | 403 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | |
| | Tekstur tanah | agak halus | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| | Salinitas | < 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| | Kedalaman tanah | >100 cm | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| | Rerata | | | 2,50 | 2,50 | 2,50 | 2,50 | 2,50 |

Analisis kuantitatif: S1/sangat sesuai (skor: 3), S2/sesuai (skor: 2), S1/sesuai marginal (1), N/tidak sesuai (0)

4.8. Analisis Usaha Tani

Kota Pekalongan memiliki lahan pertanian yang tersebar di seluruh kelurahan. Pada penelitian ini, wilayah kajian mencakup tiga kelurahan, yaitu Degayu, Gamer, dan Setono. Lahan pertanian terdiri atas lahan sawah dan bukan sawah. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kota Pekalongan tahun 2022, diketahui luas lahan pertanian yang disajikan dalam tabel 4.9. berikut.

Tabel 4.9. Luas Lahan Pertanian Tahun 2021

| Kelurahan | Luas Lahan Pertanian (ha) | |
|-----------|---------------------------|-------------|
| | Sawah | Bukan Sawah |
| Degayu | 20 | 15 |
| Gamer | 90 | 0 |
| Setono | 89 | 0 |

Sumber : BPS Kota Pekalongan, 2022

Tabel 4.9. merupakan luas area lahan pertanian sawah dan bukan sawah di Kelurahan Degayu, Gamer, dan Setono pada tahun 2021. Lahan pertanian sawah adalah lahan pertanian yang berpetak-petak dan dibatasi oleh pematang (galengan), saluran untuk menahan/menyalurkan air, yang biasanya ditanami padi sawah tanpa memandang dari mana diperoleh status lahan tersebut. Macam lahan sawah antara lain : sawah pengairan, sawah tadah hujan, sawah pasang surut, dan sawah rawa lebak. Sedangkan lahan pertanian bukan sawah adalah semua lahan pertanian selain lahan sawah. Lahan pertanian bukan sawah terdiri dari tegal/kebun, ladang/huma, perkebunan, lahan yang ditanami pohon/hutan rakyat, padang penggembalaan, padang rumput, lahan yang sementara tidak diusahakan dan lahan pertanian bukan sawah lainnya (tambak, kolam, empang).

Lahan pertanian sawah dari tiga kelurahan tersebut turut menyumbang produksi dan produktivitas komoditas padi di Kota Pekalongan. Data produksi dan produktivitas tanaman padi dari tahun 2017 hingga 2021. Berdasarkan informasi dari Dinperpa Kota Pekalongan, diketahui data produksi dan produktivitas tanaman padi yang disajikan dalam tabel 4.10. berikut.

Tabel 4.10. Data Produksi dan Produktivitas Tanaman Padi Kota Pekalongan Tahun 2017 –2021

| No. | Uraian | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|-----|-------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | Luas Panen (ha) | 2194 | 1650,35 | 1619,74 | 1628,49 | 1423 |
| 2 | Produksi (Ton/ha) | 12425 | 8856,04 | 8968,93 | 8336,29 | 7332,35 |
| 3 | Produktivitas (Kw/ha) | 56,60 | 47,16 | 53,4 | 51,19 | 51,53 |

Sumber : Dinperpa Kota Pekalongan, 2022

Tabel 4.10. menunjukkan bahwa luas panen padi dari tahun 2017 hingga 2021 mengalami penurunan, yakni dari 2194 ha menjadi 1423 ha. Menurunnya luas panen berdampak terhadap jumlah produksi yang semakin menurun, yakni dari 12425 ton/ha pada tahun 2017 menjadi 7332,35 ha pada tahun 2022. Penyebab terjadinya penurunan produksi adalah meluasnya bencana banjir dan rob di Kota Pekalongan. Akibatnya lahan pertanian yang terdampak bencana rob dan banjir tidak sesuai untuk budidaya tanaman pertanian.

Analisis usaha tani yang terdapat di lokasi penelitian yakni Degayu, Gamer, dan Setono dapat dilakukan dengan mengetahui beberapa parameter seperti yang tersaji pada Tabel 4.11. Diketahui bahwa komoditas yang dikembangkan adalah padi, sayuran kangkung dan bayam. Komoditas tersebut dibudidayakan sepanjang tahun pada lahan yang sama. Suatu usaha tani dapat dinyatakan layak dilaksanakan secara ekonomi apabila perbandingan rasio antara penerimaan yang didapat dengan biaya yang dikeluarkan (rasio R/C) adalah lebih dari 1. Analisis budidaya sayuran kangkung dan bayam di kelurahan Setono menunjukkan nilai R/C sebesar 1,598 dan 1,549. Sedangkan padi di kelurahan Gamer dan Setono menunjukkan nilai R/C yang lebih tinggi, yaitu sebesar 1,990 dan 1,927. Sementara, budidaya padi di kelurahan Degayu ketika belum terdampak rob tahun 2021 menunjukkan nilai R/C sebesar 1,816. Dengan demikian, diketahui secara keseluruhan bahwa nilai R/C usaha tani lebih dari 1. Hal ini berarti usaha tani layak dijalankan karena menghasilkan keuntungan.

Tabel 4.11. Analisis Usaha Tani di Lokasi Penelitian

| No | Responden | Luas Lahan (Ha) | Komoditas | Penerimaan | Pengeluaran | Pendapatan | R/C |
|----|----------------------|-----------------|-----------|--------------|--------------|--------------|-------|
| 1 | Degayu (Sebelum Rob) | 1 | Padi | Rp30.100.000 | Rp16.570.000 | Rp13.530.000 | 1,816 |
| 2 | Gamer | 1 | Padi | Rp30.100.000 | Rp15.120.000 | Rp14.980.000 | 1,990 |
| 3 | Setono | 1 | Padi | Rp30.100.000 | Rp15.620.000 | Rp14.480.000 | 1,927 |
| 4 | Setono | 1 | Kangkung | Rp10.000.000 | Rp6.255.000 | Rp3.745.000 | 1,598 |
| 5 | Setono | 1 | Bayam | Rp10.000.000 | Rp6.455.000 | Rp3.545.000 | 1,549 |

Sumber : Dinperpa Kota Pekalongan 2022

Berdasarkan tabel 4.9 dapat diketahui bahwa pendapatan yang diperoleh berdasarkan kegiatan usaha tani budidaya tanaman padi untuk area pertanian seluas 1 ha di kawasan Degayu, Gamer, dan Sentono berkisar antara 13 - 14.5 juta rupiah dalam satu musim tanam atau sekitar 6 bulan. Namun demikian, akibat banjir dan rob yang terjadi di wilayah tersebut memberikan dampak hilangnya potensi pendapatan petani. Kerugian akibat banjir dan rob berdasarkan luas lahan pertanian terdampak dan musim tanam atau 6 bulan untuk kawasan Degayu diperkirakan sebesar Rp1.934.790.000, kawasan Gamer sebesar Rp134.820.000, dan kawasan Sentono sebesar Rp87.180.000. Untuk mengembalikan kembali kegiatan usaha tani yang ada di wilayah terdampak banjir dan rob, diperlukan upaya reklamasi lahan serta perhitungan kembali analisis usaha tani. Analisis usaha tani untuk kondisi setelah upaya reklamasi lahan perlu dilakukan untuk mengetahui apakah nilai rasio R/C masih ideal untuk mendukung kegiatan pertanian di lokasi penelitian. Jika nilai rasio R/C yang diperoleh lebih dari 1 maka layak untuk dijalankan karena akan mendapatkan keuntungan, namun jika diperoleh nilai kurang dari 1 maka dapat di artikan bahwa upaya untuk mengembalikan produktivitas lahan seperti kondisi sebelum terdampak banjir dan rob terlalu mahal, sehingga tidak layak.

Tabel 4.12. Luas Lahan Pertanian Terdampak Banjir Dan Rob 2021

| Kelurahan | Luas (ha) |
|-----------|-----------|
| Degayu | 143 |
| Gamer | 9 |
| Setono | 3 |

Sumber : Dinperpa Kota Pekalongan 2022

BAB V

REKOMENDASI UPAYA MITIGASI PERTANIAN TERHADAP BENCANA BANJIR DAN ROB

5.1 Rekomendasi Upaya Mitigasi

Upaya mitigasi guna meningkatkan ketahanan bencana meliputi upaya pendekatan secara fisik dan non-fisik. Berdasarkan identifikasi permasalahan yang ditemukan, seperti area pertanian yang terdampak banjir dan rob. Hal ini membawa dampak kerugian bagi petani dimana akibat meluasnya genangan banjir dan rob banyak lahan-lahan produktif yang tidak dapat dibudidayakan. Upaya mitigasi dalam mengatasi permasalahan banjir dan rob pada lahan pertanian salah satunya adalah dengan manajemen tata kelola air yang baik. Pengaturan air dengan konsep mini polder dapat dilakukan dengan mengintegrasikan pembangunan tanggul pelindung banjir dan penggunaan pompa tangan untuk mengatur tinggi genangan pada unit lahan. Dalam hal ini, genangan akibat banjir maupun rob tetap diijinkan dengan volume air yang sesuai dibutuhkan untuk penggenangan lahan, seperti pada saat persiapan lahan. Selanjutnya pemasangan pintu klep dapat dilakukan pada saluran-saluran irigasi yang terkena pengaruh air pasang. Dalam hal ini, pemasangan pintu klep pada lahan harus meminimalkan biaya operasi. Langkah ketiga untuk mitigasi banjir dan rob melalui upaya fisik adalah dengan melakukan reklamasi lahan pertanian yang terdampak. Upaya reklamasi lahan ini dapat dilakukan dengan penimbunan atau peninggian elevasi lahan sawah agar berada di atas elevasi genangan rob tertinggi. Upaya fisik tersebut harus diperhitungkan kelayakan secara ekonomi untuk dapat diterapkan pada lahan sawah yang terdampak banjir dan rob.

Identifikasi permasalahan yang ada selanjutnya yaitu pencemaran air irigasi yang berasal dari buangan limbah domestik rumah tangga. Banyak ditemukan saluran sanitasi limbah rumah tangga yang masuk atau menjadi satu dengan saluran irigasi. Hal ini tentu saja memerlukan upaya pengaturan yang tegas dan jelas dari pemerintah daerah untuk pembuatan saluran sanitasi limbah domestik rumah tangga yang terpisah dengan saluran irigasi agar limbah rumah tangga tidak mencemari air irigasi. Demikian juga halnya dengan potensi pencemaran air dan lahan pertanian yang berasal dari limbah TPS di muara yang berpotensi membawa zat cemar akibat pengaruh pasang surut air laut. Jika tidak dilakukan upaya pencegahan, maka dengan kondisi penurunan tanah dan rob yang semakin parah dapat menyebabkan limbah cemar dari TPS akan terbawa masuk ke darat dan mencemari lahan maupun air tanah. Upaya yang bisa dilakukan adalah seperti pembuatan purifier pond untuk mencegah air tercemar limbah masuk terlalu dalam ke lahan pertanian atau limbah air sampah yang ter-infiltrasi masuk mencemari air tanah.

Pengaruh air pasang (rob) yang meningkatkan kadar salinitas pada sumber-sumber air irigasi dan lahan pertanian menyebabkan produktivitas pertanian turun. Kondisi salinitas yang tinggi dapat membuat tanaman rusak pada akar dan batangnya. Selain itu, nilai pH tanah yang asam mencapai 4 menyebabkan tanaman kurang baik dalam pertumbuhannya. Dari permasalahan tersebut dapat dilakukan upaya mitigasi dengan pembuatan purifier pond pada area demplot, sehingga dapat diketahui seberapa besar air

laut dari rob yang masuk ke lahan dan juga dapat diketahui nilai salinitas yang akan mempengaruhi lahan dari rob tersebut. Namun jika tidak digunakan purifier pond, dapat diusahakan demplot bebas dengan syarat demplot terlindungi dari rob. Penyesuaian pola tanam dan komoditas pertanian dengan varietas yang tahan terhadap kondisi salin dapat juga dilakukan sebagai upaya adaptasi dan mitigasi terhadap bencana banjir dan rob. Sedangkan, pengaruh residu penggunaan pupuk untuk pertanian dapat dikurangi dengan penggunaan pupuk organik.

Dampak banjir dan rob yang berlangsung lama dapat menurunkan kualitas tanah, sehingga tidak dapat lagi dimanfaatkan untuk pertanian. Dalam rangka pemulihan lahan yang saat ini terdampak rob dapat dilakukan perbaikan lahan dengan mengurangi salinitas dan menaikkan pH dengan menggunakan amelioran, organic amendements, dan varietas yang tahan terhadap kondisi salin sehingga diharapkan dapat meningkatkan kesuburan tanah. Selain itu perlu juga memanfaatkan teknologi monitoring yang lebih maju dengan pemasangan sensor tanah dan air untuk memberikan informasi secara akurat dan real-time. Penggunaan teknologi monitoring kadar salinitas melalui pengukuran Electric Conductivity dan kondisi pH serta pemantauan kadar lengas terhadap pengaruh hujan dan pengairan diupayakan untuk mengembalikan/meningkatkan produktivitas pertanian.

Selain upaya-upaya fisik, perlu juga adanya upaya non-fisik yang dilakukan untuk meningkatkan ketahanan terhadap ancaman bencana banjir dan rob di sektor pertanian. Upaya yang dapat dilakukan seperti sosialisasi kesadaran bencana banjir dan rob kepada petani serta bimbingan teknis tentang adaptasi dan mitigasi budidaya pertanian terhadap kawasan terdampak banjir dan rob kepada PPL Dinperpa. Petani dan petugas penyuluh lapangan harus diberikan edukasi yang memadai dalam mengelola pertanian di lahan yang rentan terhadap banjir dan rob.

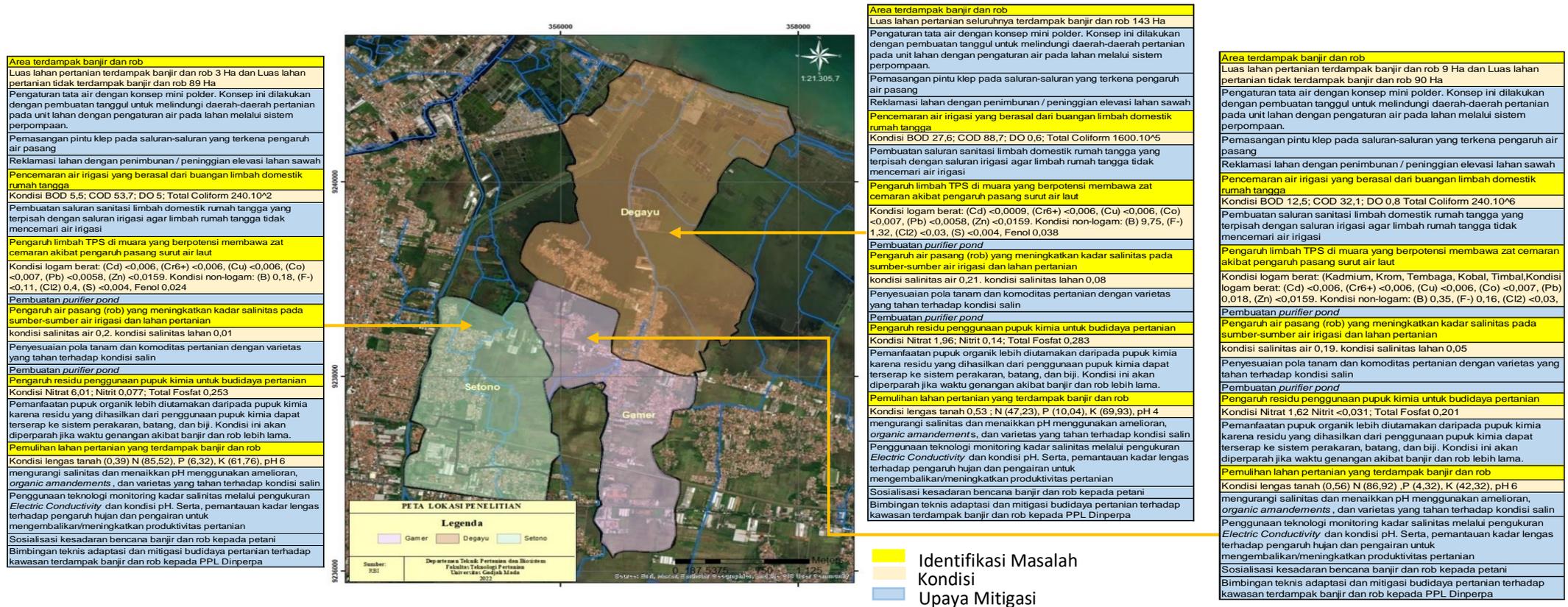
Tabel 5.1. Upaya Mitigasi Banjir dan ROB Terhadap Lahan Pertanian

| Lokasi | Identifikasi masalah | Kondisi | Upaya Mitigasi |
|--------|--|---|--|
| Degayu | Area terdampak banjir dan rob | Luas lahan pertanian seluruhnya terdampak banjir dan rob 143 Ha | <ul style="list-style-type: none"> • Pengaturan tata air dengan konsep mini polder. Konsep ini dilakukan dengan pembuatan tanggul untuk melindungi daerah-daerah pertanian pada unit lahan dengan pengaturan air pada lahan melalui sistem perpompaan. • Pemasangan pintu klep pada saluran-saluran yang terkena pengaruh air pasang • Reklamasi lahan dengan penimbunan / peninggian elevasi lahan sawah |
| | Pencemaran air irigasi yang berasal dari buangan limbah domestik rumah tangga | Kondisi BOD 27,6; COD 88,7; DO 0,6; Total Coliform 1600.10 ⁵ | Pembuatan saluran sanitasi limbah domestik rumah tangga yang terpisah dengan saluran irigasi agar limbah rumah tangga tidak mencemari air irigasi |
| | Pengaruh limbah TPS di muara yang berpotensi membawa zat cemaran akibat pengaruh pasang surut air laut | Kondisi logam berat: (Cd) <0,0009, (Cr ⁶⁺) <0,006, (Cu) <0,006, (Co) <0,007, (Pb) <0,0058, (Zn) <0,0159. Kondisi non-logam: (B) 9,75, (F ⁻) 1,32, (Cl ₂) <0,03, (S) <0,004, Fenol 0,038 | Pembuatan purifier pond |
| | Pengaruh air pasang (rob) yang meningkatkan kadar salinitas pada sumber-sumber air irigasi dan lahan pertanian | kondisi salinitas air 0,21 kondisi salinitas lahan 0,08 | Penyesuaian pola tanam dan komoditas pertanian dengan varietas yang tahan terhadap kondisi salin Pembuatan purifier pond |
| | Pengaruh residu penggunaan pupuk kimia untuk budidaya pertanian | Kondisi Nitrat 1,96; Nitrit 0,14; Total Fosfat 0,283 | Pemanfaatan pupuk organik lebih diutamakan daripada pupuk kimia karena residu yang dihasilkan dari penggunaan pupuk kimia dapat terserap ke sistem perakaran, batang, dan biji. Kondisi ini akan diperparah jika waktu genangan akibat banjir dan rob lebih lama. |

| | | | |
|-------|--|--|---|
| | Pemulihan lahan pertanian yang terdampak banjir dan rob | Kondisi lengas tanah 0,53 ; N (47,23), P (10,04), K (69,93), pH 4 | <ul style="list-style-type: none"> • mengurangi salinitas dan menaikkan pH menggunakan amelioran, organic amandements, dan varietas yang tahan terhadap kondisi salin • Penggunaan teknologi monitoring kadar salinitas melalui pengukuran Electric Conductivity dan kondisi pH. Serta, pemantauan kadar lengas terhadap pengaruh hujan dan pengairan untuk mengembalikan/meningkatkan produktivitas pertanian • Sosialisasi kesadaran bencana banjir dan rob kepada petani • Bimbingan teknis adaptasi dan mitigasi budidaya pertanian terhadap kawasan terdampak banjir dan rob kepada PPL Dinperpa |
| Gamer | Area terdampak banjir dan rob | Luas lahan pertanian terdampak banjir dan rob 9 Ha dan Luas lahan pertanian tidak terdampak banjir dan rob 90 Ha | <ul style="list-style-type: none"> • Pengaturan tata air dengan konsep mini polder. Konsep ini dilakukan dengan pembuatan tanggul untuk melindungi daerah-daerah pertanian pada unit lahan dengan pengaturan air pada lahan melalui sistem perpompaan. • Pemasangan pintu klep pada saluran-saluran yang terkena pengaruh air pasang • Reklamasi lahan dengan penimbunan / peninggian elevasi lahan sawah |
| | Pencemaran air irigasi yang berasal dari buangan limbah domestik rumah tangga | Kondisi BOD 12,5; COD 32,1; DO 0,8 Total Coliform 240.10 ⁶ | Pembuatan saluran sanitasi limbah domestik rumah tangga yang terpisah dengan saluran irigasi agar limbah rumah tangga tidak mencemari air irigasi |
| | Pengaruh limbah TPS di muara yang berpotensi membawa zat cemar akibat pengaruh pasang surut air laut | Kondisi logam berat: (Cd) <0,006, (Cr ⁶⁺) <0,006, (Cu) <0,006, (Co) <0,007, (Pb) 0,018, (Zn) <0,0159. Kondisi non-logam: (B) 0,35, (F ⁻) 0,16, (Cl ₂) <0,03, (S) <0,004, Fenol 0,05 | Pembuatan purifier pond |

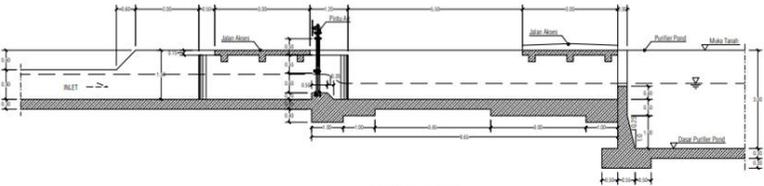
| | | | |
|--------|--|---|---|
| | Pengaruh air pasang (rob) yang meningkatkan kadar salinitas pada sumber-sumber air irigasi dan lahan pertanian | kondisi salinitas air 0,19. kondisi salinitas lahan 0,05 | <ul style="list-style-type: none"> • Penyesuaian pola tanam dan komoditas pertanian dengan varietas yang tahan terhadap kondisi salin • Pembuatan purifier pond |
| | Pengaruh residu penggunaan pupuk kimia untuk budidaya pertanian | Kondisi Nitrat 1,62 Nitrit <0,031; Total Fosfat 0,201 | Pemanfaatan pupuk organik lebih diutamakan daripada pupuk kimia karena residu yang dihasilkan dari penggunaan pupuk kimia dapat terserap ke sistem perakaran, batang, dan biji. Kondisi ini akan diperparah jika waktu genangan akibat banjir dan rob lebih lama. |
| | Pemulihan lahan pertanian yang terdampak banjir dan rob | Kondisi lengas tanah (0,56) N (86,92), P (4,32), K (42,32), pH 6 | <ul style="list-style-type: none"> • mengurangi salinitas dan menaikkan pH menggunakan amelioran, organic amandements, dan varietas yang tahan terhadap kondisi salin • Penggunaan teknologi monitoring kadar salinitas melalui pengukuran Electric Conductivity dan kondisi pH. Serta, pemantauan kadar lengas terhadap pengaruh hujan dan pengairan untuk mengembalikan/meningkatkan produktivitas pertanian • Sosialisasi kesadaran bencana banjir dan rob kepada petani • Bimbingan teknis adaptasi dan mitigasi budidaya pertanian terhadap kawasan terdampak banjir dan rob kepada PPL Dinperpa |
| Setono | Area terdampak banjir dan rob | Luas lahan pertanian terdampak banjir dan ro 3 Ha dan Luas lahan pertanian tidak terdampak banjir dan rob 89 Ha | <ul style="list-style-type: none"> • Pengaturan tata air dengan konsep mini polder. Konsep ini dilakukan dengan pembuatan tanggul untuk melindungi daerah-daerah pertanian pada unit lahan dengan pengaturan air pada lahan melalui sistem perpompaan. • Pemasangan pintu klep pada saluran-saluran yang terkena pengaruh air pasang • Reklamasi lahan dengan penimbunan / peninggian elevasi lahan sawah |

| | | |
|--|--|---|
| Pencemaran air irigasi yang berasal dari buangan limbah domestik rumah tangga | Kondisi BOD 5,5; COD 53,7; DO 5; Total Coliform 240.10^2 | Pembuatan saluran sanitasi limbah domestik rumah tangga yang terpisah dengan saluran irigasi agar limbah rumah tangga tidak mencemari air irigasi |
| Pengaruh limbah TPS di muara yang berpotensi membawa zat cemar akibat pengaruh pasang surut air laut | Kondisi logam berat: (Cd) <0,006, (Cr ⁶⁺) <0,006, (Cu) <0,006, (Co) <0,007, (Pb) <0,0058, (Zn) <0,0159. Kondisi non-logam: (B) 0,18, (F ⁻) <0,11, (Cl ₂) 0,4, (S) <0,004, Fenol 0,024 | Pembuatan purifier pond |
| Pengaruh air pasang (rob) yang meningkatkan kadar salinitas pada sumber-sumber air irigasi dan lahan pertanian | kondisi salinitas air 0,2. kondisi salinitas lahan 0,01 | <ul style="list-style-type: none"> • Penyesuaian pola tanam dan komoditas pertanian dengan varietas yang tahan terhadap kondisi salin • Pembuatan purifier pond |
| Pengaruh residu penggunaan pupuk kimia untuk budidaya pertanian | Kondisi Nitrat 6,01; Nitrit 0,077; Total Fosfat 0,253 | Pemanfaatan pupuk organik lebih diutamakan daripada pupuk kimia karena residu yang dihasilkan dari penggunaan pupuk kimia dapat terserap ke sistem perakaran, batang, dan biji. Kondisi ini akan diperparah jika waktu genangan akibat banjir dan rob lebih lama. |
| Pemulihan lahan pertanian yang terdampak banjir dan rob | Kondisi lengas tanah (0,39) N (85,52), P (6,32), K (61,76), pH 6 | <ul style="list-style-type: none"> • mengurangi salinitas dan menaikkan pH menggunakan amelioran, organic amandements, dan varietas yang tahan terhadap kondisi salin • Penggunaan teknologi monitoring kadar salinitas melalui pengukuran Electric Conductivity dan kondisi pH. Serta, pemantauan kadar lengas terhadap pengaruh hujan dan pengairan untuk mengembalikan/meningkatkan produktivitas pertanian • Sosialisasi kesadaran bencana banjir dan rob kepada petani • Bimbingan teknis adaptasi dan mitigasi budidaya pertanian terhadap kawasan terdampak banjir dan rob kepada PPL Dinperpa |

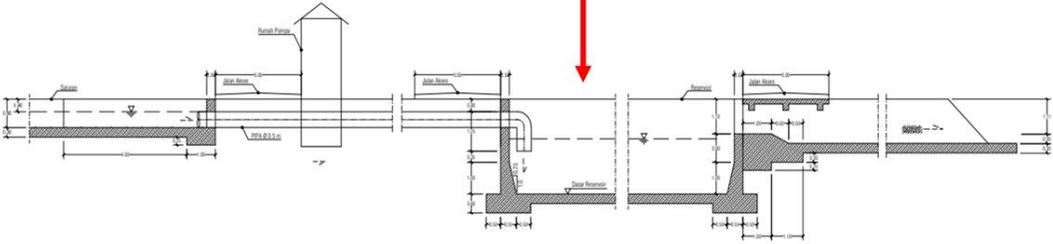


Gambar 5.1. Peta Upaya Mitigasi Banjir dan Rob terhadap Lahan Pertanian

5.2 Desain Demplot Pertanian Tahan Bencana



POTONGAN A-A



POTONGAN B-B



DAFTAR PUSTAKA

- Akili, R.H., Asrifuddin, A., Punuh, M.I. 2018. Analisis kandungan bakteri total coliform dalam air bersih dan *Escherechia coli* dalam air minum pada depot air minum isi ulang di wilayah kerja Puskesmas Tuminting Kota Manado. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi* Vol. 7 No. 1
- Anugrah, D.E., Setiawan, T.P., Sasmita, R., Aulia, W., Aminingsih, R., Sari, V.N., Hajjah, S.W., Kencana, Y.D., Nugraha, E.D.S., Safitri, I. K., Pratama, J.S.A., Suharjo, U.K.J., Fahrurrozi. 2022. Penggunaan indikator fisiologis untuk menentukan tingkat cekaman salinitas pada tanaman padi (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Agroqua*, Vol. 20 No.1.
- Cahyani, N.W. dan Irawanto, R. 2022. Pemantauan kualitas air dan keanekaragaman vegetasi di bagian hulu Sungai Brantas – Jawa Timur. *Artikel Pemakalah Paralel dalam Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek ke VII Tahun 2022*.
- Hardi, M., Siregar, Y.I., Anita, S., Ilza, M. 2019. Determination of heavy metals concentration in produced water of oil field exploration in Siak Regency. *IOP Conference Series: Journal of Physics Conf. Series 1156 012009*.
- Hrdinka, T., Novicky, O., Hanslik, E., Rieder, M. 2012. Possible impacts of flood and droughts on water quality. *Journal of Hydro-environment Research* Vol. 6 No. 2.
- Koirewoa, D.C. dan Raunsay, E. 2016. Status pencemaran senyawa fenol pada beberapa sumber air di Distrik Jayapura Selatan Kota Jayapura.
- Mungai, N.W., Njue, A.M., Samuel, A.G., Said, V.A., John, I.D. 2011. Periodic flooding and land use effects on soil properties in Lake Victoria Basin. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 6 No. 19.
- Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Undang – Undang Nomor 17 Tahun 2019 Tentang Sumber Daya Air

LAMPIRAN

1. Audiensi ke kantor pemerintahan di Kota Pekalongan



Kantor Kelurahan Setono



Kantor Kelurahan Gamer



Kantor Kelurahan Degayu



Kantor PUPR PSDA



Kantor Bappeda



Kantor DLH



Kantor Dinas Pertanian

2. Audiensi dengan warga masyarakat



Penunjukan lokasi dengan warga Setono



Wawancara dengan warga Degayu RW.08



Wawancara dengan Ketua RW.06 Gamer



Wawancara dengan Ketua RW.02 Degayu

3. Pengambilan sampel tanah dan air di lapangan



Saluran air Kali Gawe dan lahan sawah, Setono



Bekas lahan sawah Degayu dan saluran air primer Kali Gabus



Saluran air Gabus-Susukan, Degayu



Lahan Sawah Gebang, Gamer



Sekitar TPA Degayu



Muara Kali Banger



Terdampak rob Bandengan



Pengukuran lengas tanah metode gravimetri



Pengukuran salinitas dan bahan organik menggunakan alat *Soil Nutrient Analyzer*