

Evaluasi dan Rencana Pengembangan Sistem Drainase di Kecamatan Tegal Barat, Kota Tegal

Evaluation and Development Plan of Drainage System in West Tegal District, Tegal City

Ifhan Maulidin^{1*}, Yulia Feriska², Muhammad Taufiq³, Abdul Khamid⁴, Wahidin⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhadi Setiabudi, Brebes, Indonesia

E-mail: ¹ifhanmaulidin@gmail.com, ²yuliaferiska1@gmail.com, ³muhhammadtaufiq905@gmail.com,
⁴abdulkhamid.mt@gmail.com, ⁵wahidinnaures@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History:

Received: March, 13, 2023

Revised: March, 17, 2023

Accepted: March, 20, 2023

Keywords:

Development Plan,
Drainage System, Flood

ABSTRACT

Flood is a condition of natural disaster phenomena that have a relationship with the amount of damage in terms of life and material. Floods start from population increases, climate change and land-use changes. Small drainage capacity and large amount of sediment in the drainage cause inundation/flooding. Other problems also arise from household wastewater. Dense urban areas cannot treat wastewater individually, so wastewater will be drained into urban drainage systems. In this study, rain played an important role in urban drainage evaluation and planning. The data needed is in the form of rainfall data, land use data and topographic data. The rainfall data used is the maximum daily rainfall data of the pahoman station with the comparison of other stations. Rainfall data were analyzed with Log Person III and Gumbel methods and then tested with Chi Square to select the statistical distribution received. Rainfall data is then applied in the intensity of rain hours with the mononobe method. The intensity of rain is useful for calculating peak discharge by rational methods. Based on data, flooding in several channels in West Tegal such as on Pineapple road, Rambutan road, Dolphin Dolphin road, Cinde road and Bawal. The evaluation carried out was in the form of analysis of the discharge of each drainage channel throughout the West Tegal region. After the evaluation, there are several drainage channels that need re-planning such as channels on Pineapple and Rambutan roads, cinde and Dolphin channels, and some drainage channels that need normalization such as the Bawal channel.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Corresponding Author:

Ifhan Maulidin

E-mail: ifhanmaulidin@gmail.com



Abstrak

Banjir adalah suatu kondisi fenomena bencana alam yang memiliki hubungan dengan jumlah kerusakan dari sisi kehidupan dan material. Banjir berawal dari peningkatan jumlah penduduk, perubahan iklim dan perubahan tata guna lahan. Kapasitas drainase yang kecil dan banyaknya sedimen dalam drainase menyebabkan genangan/banjir. Permasalahan lain juga muncul dari air buangan rumah tangga. Wilayah perkotaan yang padat tidak bisa mengolah air buangan secara individu, sehingga, air buangan akan dialirkan pada sistem drainase perkotaan. Dalam penelitian ini, hujan berperan penting dalam evaluasi dan perencanaan drainase perkotaan. Data yang diperlukan berupa data curah hujan, data tata guna lahan dan data topografi. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum stasiun pahoman dengan perbandingan stasiun lainnya. Data curah hujan dianalisis dengan metode Log Person III dan Gumbel kemudian diuji dengan Chi Square untuk memilih distribusi statistik yang diterima. Data curah hujan kemudian diterapkan dalam intensitas hujan jam-jaman dengan metode mononobe. Intensitas hujan berguna untuk menghitung debit puncak dengan metode rasional. Berdasarkan data, banjir di beberapa saluran di Tegal Barat seperti di jalan Nanas, jalan Rambutan, jalan Lumba Lumba, jalan Cinde dan Bawal. Evaluasi yang dilakukan berupa analisis debit tiap-tiap saluran drainase di seluruh wilayah Tegal Barat. Setelah dilakukan evaluasi ada beberapa saluran drainase yang perlu perencanaan ulang seperti saluran di jalan Nanas dan Rambutan, saluran cinde dan Lumba-Lumba, dan beberapa saluran drainase perlu normalisasi seperti saluran Bawal.

Kata kunci: Rencana Pengembangan, Sistem Drainase, Banjir

Informasi Artikel:

Submitted: March 2023, **Accepted:** March 2023, **Published:** March 2023

1. PENDAHULUAN

Infrastruktur air perkotaan meliputi tiga sistem yaitu sistem air bersih (*urban water supply*), sistem sanitasi (*waste water*) dan sistem drainase air hujan (*storm water system*) [1], [2]. Ketiga sistem tersebut saling terkait, sehingga idealnya dikelola secara integrasi. Hal ini sangat penting untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumberdaya dan fasilitas, menghindari ketumpang-tindihan tugas dan tanggung jawab, serta keberlanjutan pemanfaatan sumberdaya air [3], [4].

Sistem air bersih meliputi pengadaan (*acquisition*), pengolahan (*treatment*), dan pengiriman/pendistribusian (*delivery*) air bersih ke pelanggan baik domestik, komersil, industri, maupun sosial. Sistem sanitasi dimulai dari titik keluarnya sistem air bersih. Sistem pengumpul mengambil air buangan domestik, komersil, industri dan kebutuhan umum. Ada dua istilah yang banyak dipakai untuk mendiskripsikan sistem air buangan (*wastewater system*) yaitu, "*wastewater*" dan "*sewage*". Air buangan digunakan untuk menunjukkan perpipaan, stasiun pompa, dan fasilitas yang menangani air buangan (*wastewater*), sedangkan "*sanitary sewage*" merupakan peristilahan umum yang biasanya untuk permukiman [5], [6].

Sistem Drainase

Secara umum sistem drainase dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal [7]. Dilihat dari hulunya, bangunan sistem drainase terdiri dari saluran penerima (*interceptor drain*), saluran pengumpul (*collector drain*), saluran pembawa (*conveyor drain*), saluran induk (*main drain*) dan badan air penerima (*receiving waters*) [8]. Di sepanjang sistem sering dijumpai bangunan lainnya, seperti gorong-gorong, siphon, jembatan air (*aqueduct*), pelimpah, pintu-pintu air, bangunan terjun, kolam tando dan stasiun pompa. Pada sistem yang lengkap, sebelum masuk ke badan air penerima, air diolah dahulu di instalasi pengolahan air limbah (IPAL), khususnya untuk sistem tercampur. Hanya air yang telah memenuhi baku mutu tertentu yang dimasukkan ke badan air penerima, sehingga tidak merusak lingkungan [9].

Drainase sering diabaikan oleh ahli hidraulik dan seringkali direncanakan seolah-olah bukan pekerjaan penting, atau paling tidak dianggap kecil dibandingkan dengan pekerjaan-pekerjaan pengendalian banjir [10]. Padahal pekerjaan drainase merupakan pekerjaan yang rumit dan kompleks, bisa jadi memerlukan biaya, tenaga dan waktu yang lebih besar dibandingkan dengan pekerjaan pengendalian banjir. Secara fungsional, sulit memisahkan secara jelas sistem drainase dan pengendalian banjir. Namun, secara praktis kita dapat mengatakan bahwa drainase menangani kelebihan air sebelum masuk ke alur-alur besar atau Sungai [11], [12].

Konsep dasar pengembangan sistem drainase yang berkelanjutan adalah meningkatkan daya guna air, meminimalkan kerugian, serta memperbaiki dan konservasi lingkungan. Untuk itu diperlukan usaha-usaha yang komprehensif dan integratif yang meliputi seluruh proses, baik yang bersifat struktural maupun non struktural, untuk mencapai tujuan tersebut [13]. Konsep sistem drainase yang berkelanjutan prioritas utama kegiatan harus ditujukan untuk mengelola limpasan permukaan dengan cara mengembangkan fasilitas untuk menahan air hujan [14].

Permasalahan Drainase

Banjir merupakan kata yang sangat populer di Indonesia. Khususnya pada musim hujan, mengingat hampir semua kota di Indonesia mengalami bencana banjir. Banjir adalah suatu kondisi fenomena bencana alam yang memiliki hubungan dengan jumlah kerusakan dari sisi kehidupan dan material [15]. Banyak faktor yang menyebabkan terjadinya banjir. Secara umum penyebab terjadinya banjir di berbagai belahan dunia adalah :

- a. Pertambahan penduduk yang sangat cepat, di atas rata-rata pertumbuhan nasional, akibat urbanisasi baik migrasi musiman maupun permanen. Pertambahan penduduk yang tidak diimbangi dengan penyediaan prasarana dan sarana perkotaan yang memadai mengakibatkan pemanfaatan lahan perkotaan menjadi tidak teratur [16].
- b. Keadaan iklim; seperti masa turun hujan yang terlalu lama, dan mengakibatkan banjir sungai. Banjir di daerah muara pantai umumnya disebabkan karena kombinasi dari kenaikan pasang surut, tinggi muka air laut dan besarnya ombak yang di asosiasikan dengan terjadinya gelombang

badai yang hebat.

- c. Perubahan tata guna lahan dan kenaikan populasi; perubahan tata guna lahan dari pedesaan menjadi perkotaan sangat berpotensi menyebabkan banjir. Banyak lokasi yang menjadi subjek dari banjir terutama daerah muara [17]. Perencanaan penanggulangan banjir merupakan usaha untuk menanggulangi banjir pada lokasi-lokasi industri, komersial dan pemukiman. Proses urbanisasi, kepadatan bangunan, kepadatan populasi memiliki efek pada kemampuan kapasitas drainase suatu daerah dan kemampuan tanah menyerap air, dan akhirnya menyebabkan naiknya volume limpasan permukaan. Meskipun luas area perkotaan lebih kecil dari 3 % dari permukaan bumi, tapi sebaliknya efek dari urbanisasi pada proses terjadinya banjir sangat besar.
- d. *Land subsidence*; adalah proses penurunan level tanah dari elevasi sebelumnya. Ketika gelombang pasang datang dari laut melebihi aliran permukaan sungai, area *land subsidence* akan tergenangi [18].

Dasar-dasar dan Kriteria Perencanaan Drainase

Tujuan perencanaan ini adalah untuk mengalirkan genangan air sesaat yang terjadi pada musim hujan serta dapat mengalirkan air kotor hasil buangan dari rumah tangga [19]. Kelebihan air atau genangan air sesaat terjadi karena keseimbangan air pada daerah tertentu terganggu. Disebabkan oleh air yang masuk dalam daerah tertentu lebih besar dari air keluar. Pada daerah perkotaan, kelebihan air terjadi oleh air hujan [20]. Kapasitas infiltrasi pada daerah perkotaan sangat kecil sehingga terjadi limpasan air sesaat setelah hujan turun. Dalam perancangan saluran drainase akan digunakan dasar-dasar perancangan saluran tahan erosi yaitu saluran yang mampu menahan erosi dengan memuaskan dengan cara mengatur kecepatan maupun menggunakan dinding dan dasar diberi lapisan yang berguna menahan erosi maupun mengontrol kehilangan rembesan. Kriteria dalam perencanaan dan perancangan drainase perkotaan yang umum [21], yaitu :

- a. perencanaan drainase haruslah sedemikian rupa sehingga fungsi fasilitas drainase sebagai penampung, pembagi dan pembuang air dapat sepenuhnya berdaya guna dan berhasil guna.
- b. Pemilihan dimensi dari fasilitas drainase haruslah mempertimbangkan faktor ekonomis dan faktor keamanan.
- c. Perencanaan drainase haruslah mempertimbangkan pula segi kemudahan dan nilai ekonomis dari pemeliharaan sistem drainase.

Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi adalah kumpulan keterangan atau faktamengenai fenomena hidrologi [22]. Fenomena hidrologi sebagai mana telah dijelaskan di bagian sebelumnya adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi [23]. Fenomena hidrologi seperti besarnya curah hujan, temperature, penguapan, lama penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi muka air, akan selalu berubah menurut waktu. Untuk suatu tujuan tertentu data- data hidrologi dapat dikumpulkan, dihitung, disajikan, dan ditafsirkan dengan menggunakan prosedur tertentu [24].

Hujan merupakan komponen yang amat penting dalam analisis hidrologi pada perancangan debit untuk menentukan dimensi saluran drainase [25]. Mengingat hujan sangat bervariasi terhadap tempat (*space*), maka untuk kawasan sangat luas tidak bisa diwakili satu titik pos pengukuran. Dalam hal ini diperlukan hujan kawasan yang diperoleh dari harga rata-rata curah hujan beberapa pos pengukuran hujan yang ada disekitar kawasan tersebut [26]. Ada 3 macam cara yang umum dipakai dalam menghitung hujan rata-rata kawasan: rata-rata aljabar, poligon thiessen dan isohyet [27].

Curah hujan diperlukan untuk menentukan besarnya intensitas yang digunakan sebagai prediksi timbulnya aliran permukaan wilayah [28]. Curah hujan yang digunakan dalam analisis adalah curah hujan harian maksimum rata-rata dalam satu tahun yang telah dihitung. Perhitungan data hujan maksimum harian rata-rata harus dilakukan secara benar untuk analisis frekuensi data hujan.

Sistem hidrologi kadang-kadang dipengaruhi oleh peristiwa-peristiwa yang luar biasa (ekstrim), seperti hujan lebat, banjir dan kekeringan. Besarnya peristiwa berbanding terbalik dengan frekuensi kejadiannya, peristiwa yang luar biasa ekstrim kejadiannya sangat langka [29]. Tujuan

analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Data hidrologi yang dianalisis diasumsikan tidak bergantung (*independent*) dan terdistribusi secara acak serta bersifat stokastik [30]. Analisis frekuensi diperlukan seri data hujan yang diperoleh dari pos pengukuran hujan, baik manual maupun otomatis. Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa yang akan datang. Dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu.

Ada dua macam seri data yang dipergunakan dalam analisis frekuensi, yaitu :

a. Data maksimum tahunan

Data tiap tahun diambil hanya satu besaran maksimum yang dianggap berpengaruh pada analisis selanjutnya. Seri data seperti ini dikenal dengan seri data maksimum (*maximum annual series*). Jumlah data dalam seri akan sama dengan panjang data yang tersedia. Dalam cara ini, besaran data maksimum kedua dalam suatu tahun yang mungkin lebih besar dari besaran data maksimum dalam tahun yang lain tidak diperhitungkan pengaruhnya dalam analisis [31].

b. Seri parsial

Data dalam seri dapat ditetapkan suatu besaran tertentu sebagai batas bawah, selanjutnya semua besaran data yang lebih besar dari batas bawah tersebut diambil dan dijadikan bagian seri data untuk kemudian dianalisis seperti biasa. Pengambilan batas bawah dapat dilakukan dengan sistem peringkat, di mana semua besaran data yang cukup besar diambil, kemudian diurutkan dari besar ke kecil. Data yang diambil untuk analisis selanjutnya adalah sesuai dengan panjang data dan diambil dari besaran data yang paling besar. Dalam hal ini dimungkinkan dalam satu tahun data yang diambil lebih dari satu data, sementara tahun yang lain tidak ada data yang diambil. Dalam analisis frekuensi, hasil yang diperoleh tergantung pada kualitas dan panjang data. Makin pendek data yang tersedia, makin besar penyimpangan yang terjadi. Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan empat jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi adalah distribusi normal, distribusi log normal, distribusi log-person iii, dan distribusi gumbel.

Dalam statistik dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisis data yang meliputi rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi, dan *koefisien skewness* (kecondongan atau kemencengan). Diperlukan pengujian parameter untuk menguji kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi. Pengujian parameter yang sering dipakai adalah chi-kuadrat

Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya [32]. Hubungan antara intensitas, lama hujan dan frekuensi hujan biasanya dinyatakan dalam lengkung Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF=IntensityDuration-Frequency Curve). Diperlukan data hujan jangka pendek, misalnya 5 menit, 10 menit, 30 menit, 60 menit dan jam-jaman untuk membentuk lengkung IDF. Data hujan jenis ini hanya dapat diperoleh dari pos penakar hujan otomatis. Selanjutnya, berdasarkan data hujan jangka pendek tersebut lengkung IDF dapat dibuat dengan salah satu dari persamaan berikut :

a. Rumus Talbot

Rumus ini banyak digunakan karena mudah diterapkan dan tetapan.

Tetapan a dan b ditentukan dengan harga-harga yang terukur.

$$I = \frac{a}{t + b}$$

Di mana

I = intensitas hujan (mm/jam)t = lamanya hujan (jam)

a & b = konstanta yang tergantung pada lamanya hujan yang terjadi

b. Rumus Sherman

Rumus ini mungkin cocok untuk jangka waktu curah hujan yang lamanyalebih dari 2 jam.

$$I = \frac{a}{Tn}$$

Di mana

I = intensitas hujan (mm/jam)t = lamanya hujan (jam)

n = konstanta

c. Rumus Ishiguro

$$I = \frac{a}{\sqrt{t + b}}$$

Di mana

I = intensitas hujan (mm/jam)t = lamanya hujan (mm)

a & b = konstanta

d. Rumus Manonobe

Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung.

$$= \frac{R24}{24} + \left(\frac{24}{t}\right) + \dots$$

Di mana

I = intensitas hujan (mm/jam)t = lamanya hujan (jam)

R24 = curah hujan maksimum harian selama 24 jam (mm)

Debit

Debit Rencana

Menentukan debit saluran drainase dapat menggunakan rumus persamaan kontinuitas dan rumus Manning. Rumus ini mempunyai bentuk sederhana tetapi memberikan hasil yang baik. [33]

$$Q = A \cdot V = A \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} S^{1/2}$$

Dimana :

Q = debit saluran (m³/detik) V = kecepatan aliran (m/detik)n = angka kekasaran saluran

R = jari-jari hidrolis saluran (m)S = kemiringan dasar saluran

A = luas penampang saluran (m²)

Debit Limpasan (Run Off)

Air hujan yang turun dari atmosfer jika tidak ditangkap vegetasi atau oleh permukaan-permukaan buatan seperti atap bangunan atau lapisan kedap air lainnya, maka akan jatuh permukaan bumi dan sebagian akan menguap, berfiltrasi atau tersimpan dalam cekungan-cekungan. Bila kehilangan seperti cara-cara tersebut telah terpenuhi, maka sisa air hujan akan mengalir langsung di atas permukaan tanah menuju alur aliran terdekat. Dalam perencanaan drainase, bagian air hujan yang menjadi perhatian adalah aliran permukaan (surface runoff), sedangkan untuk pengendalian banjir tidak hanya aliran permukaan, tetapi limpasan (runoff). Limpasan merupakan gabungan antara aliran permukaan, aliran-aliran yang tertunda pada cekungan-cekungan dan aliran bawah permukaan (*subsurface flow*) [34].

Ketepatan dan menetapkan besarnya debit air yang harus dialirkan melalui saluran drainase pada daerah tertentu, sangatlah penting dalam penentuan dimensi saluran [35]. Dimensi saluran yang terlalu besar tidak ekonomis, namun bila terlalu kecil akan mempunyai tingkat ketidakberhasilan yang tinggi. Perhitungan debit puncak untuk drainase di daerah perkotaan dapat dilakukan dengan menggunakan rumus rasional atau hidrograf satuan. Perhitungan debit rencana berdasar periode ulang hujan tahunan, 2 tahunan, 5 tahunan dan 10 tahunan. Data yang diperlukan meliputi data batas dan pembagian daerah tangkapan air, tataguna lahan dan data hujan. Dalam perencanaan saluran drainase dapat dipakai standar yang telah ditetapkan baik debit rencana (periode ulang) dan cara analisis yang dipakai, tinggi jagaan, struktur saluran dll. tabel berikut menyajikan standar desain saluran drainase

(Ahmad Galuh Saputra, Wahudin Diantoro, Muhammad Taufiq, Abdul Khamid, Wahidin)

Pengendalian Biaya dan Waktu pada Proyek Pembangunan Factory 2 PT Hoga Rekza Garmen di Wilayah Garut
(Studi Kasus pada Lantai 1 dan Mezanine)

Tabel 1. Standar Desain Saluran Drainase

Luas DAS (ha)	Periode Ulang (Tahun)	Metode Perhitungan Debit Banjir
< 10	2	Rasional
10 - 100	2 - 5	Rasional
101 - 500	5 - 20	Rasional
>500	10 - 25	Hidrograf Satuan

Sumber : Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, 2004.

Menghitung besarnya debit rancangan drainase perkotaan umumnya dilakukan dengan metode rasional [36]. Hal ini karena daerah aliran tidak terlalu luas, kehilangan air sedikit dan waktu genangan relatif pendek. Metode rasional ini sangat simpel dan mudah digunakan namun terbatas pada DAS dengan ukuran kecil tidak lebih dari 500 ha. Model ini tidak dapat menerangkan hubungan curah hujan dan aliran permukaan dalam bentuk hidrograf. Hidrograf satuan adalah hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan oleh hujan efektif yang terjadi merata di seluruh DAS dan intensitas tetap selama satuan waktu yang ditetapkan, yang disebut hujan satuan. Kapasitas pengaliran dapat dihitung dengan metode rasional.

$$Q_p = 0,002778 C I A$$

Dimana :

Q_p = debit puncak (m³/detik)

C = koefisien aliran permukaan ($0 \leq C \leq 1$) I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas DAS (ha atau m²)

Sistem Pengaliran Air

a. Jenis Pengaliran

1) Saluran Terbuka

Aliran saluran terbuka mempunyai permukaan bebas (*free surface flow*) atau aliran saluran terbuka (*open channel flow*). Permukaan bebas mempunyai tekanan sama dengan tekanan atmosfer. Saluran ini berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan atau air hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan cukup, ataupun drainase air non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan / mengganggu lingkungan. Contoh saluran terbuka antara lain : Sungai, saluran irigasi, selokan, talud dan estuari. Persamaan Bernoulli untuk aliran terbuka dalam saluran yaitu :

$$h_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = h_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + \dots$$

Dimana :

h = ketinggian (m)

P = tekanan hidrostatis (N/m²) ρ = rapat massa air (kg/m³)

V = kecepatan aliran (m/detik) g = gaya gravitasi (m/detik²)

2) Saluran Tertutup

Aliran saluran tertutup memungkinkan adanya permukaan bebas dan aliran dalam pipa (*pipe flow*) atau aliran tertekan (*pressurized flow*). Saluran tertutup kemungkinan dapat terjadi aliran bebas maupun aliran tertekan pada saat yang berbeda. Saluran ini bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah (pipa-pipa). Hal ini dikarenakan tuntutan artistik atau tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran di permukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang dan lain-lain. Saluran ini umumnya sering dipakai untuk aliran air kotor (air yang mengganggu kesehatan/lingkungan) atau untuk saluran yang terletak di tengah kota. Contoh saluran tertutup antara lain : terowongan, pipa, aquaduct, gorong-gorong dan siphon [37]. Persamaan Bernoulli untuk aliran tertutup dalam saluran yaitu :

$$h_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = h_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + \dots$$

Dimana :

(Ahmad Galuh Saputra, Wahudin Diantoro, Muhammad Taufiq, Abdul Khamid, Wahidin)

Pengendalian Biaya dan Waktu pada Proyek Pembangunan Factory 2 PT Hoga Rekza Garmen di Wilayah Garut
(Studi Kasus pada Lantai 1 dan Mezanine)

h = ketinggian (m)

V = kecepatan aliran (m/detik) g = gaya grafitasi (m/detik²)

Dalam aliran fluida pipa akan terjadi gesekan antara air dengan pipa. Besarnya gesekan ini tergantung pada viskositas dari kecepatan aliran. Untuk mengatasi gesekan didalam mekanika fluida diterapkan kehilangan energi (h_f). Hubungan kehilangan energi (h_f) dengan kecepatan aliran dan gaya kekentalan (viskositas) diberikan rumus Darcy-Weisbach sebagai berikut.

$$H_f = \frac{fLv}{2gd}$$

Dimana :

f = koefisien gesekan l = panjang pipa (m)

v = kecepatan aliran (m/detik) d = diameter

pipa (m)

g = gaya grafitasi (m/detik)

Koefisien gesekan sangat bergantung pada viskositas cairan. Halini ditunjukkan f sebagai fungsi bilangan reynold (N_{re}). Rumus Darcy-Weisbach berlaku untuk aliran laminar maupun turbulen.

b. Bentuk Saluran

Saluran untuk drainase tidak terlampau jauh berbeda dengan saluran air lainnya pada umumnya [38]. Dalam perancangan dimensi saluran harus diusahakan dapat memperoleh dimensi tampang yang ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu besar berarti tidak ekonomis, sebaliknya dimensi saluran yang terlalu kecil tingkat kerugian akan besar. Efektifitas penggunaan dari berbagai bentuk tampang saluran drainase yang dikaitkan dengan fungsi saluran adalah sebagai berikut :

1) Bentuk Trapesium

Saluran drainase bentuk trapesium pada umumnya saluran dari tanah, Tapi dimungkinkan juga bentuk dari pasangan. Saluran ini membutuhkan ruang yang cukup dan berfungsi untuk pengaliran air hujan, air rumah tangga maupun air irigasi. Luas penampang basah trapesium:

$$A = (B + zh)h$$

$$\text{Keliling basah trapesium } P = B + 2h\sqrt{2} + Z$$

Jari-jari hidrolis trapesium

$$R = \frac{(B + 2h)h}{B + 2h\sqrt{2} + z}$$

2) Bentuk Persegi Panjang

Saluran drainase berbentuk empat persegi panjang tidak banyak membutuhkan ruang, Sebagai konsekuensi dari saluran bentuk ini, saluran harus dari pasangan atau beton. Bentuk ini juga berfungsi sebagai saluran air hujan, air rumah tangga maupun air irigasi. Luas penampang basah persegi panjang

$$A = Bh$$

Keliling basah persegi panjang

$$P = B + 2h$$

Jari-jari hidrolis persegi panjang

$$R = \frac{Bh}{B + 2h}$$

3) Bentuk Lingkaran

Saluran drainase bentuk ini berupa saluran dari pasangan atau kombinasi pasangan dan pipa beton. Dengan bentuk dasar saluran yang bulat memudahkan pengangkutan bahan endapan/limbah. Bentuk saluran demikian berfungsi sebagai saluran air hujan, air rumah tangga maupun air irigasi.

Luas penampang basah lingkaran

(Ahmad Galuh Saputra, Wahudin Diantoro, Muhammad Taufiq, Abdul Khamid, Wahidin)

Pengendalian Biaya dan Waktu pada Proyek Pembangunan Factory 2 PT Hoga Reksa Garmen di Wilayah Garut
(Studi Kasus pada Lantai 1 dan Mezanine)

$$A = \frac{1}{2}(\theta - \sin\theta)d^2$$

Keliling basah lingkaran

$$P = \frac{1}{2} \theta d^2$$

Jari-jari hidrolis lingkaran

$$R = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{\sin\phi}{\phi}\right) d$$

4) Bentuk Parabola

Saluran drainase bentuk ini berupa saluran dari pasangan atau kombinasi pasangan atau beton. Dengan bentuk dasar saluran yang bulat memudahkan pengangkutan bahan endapan/limbah. Bentuk saluran demikian berfungsi sebagai saluran air hujan, air rumah tangga maupun air irigasi. Luas penampang basah parabola

$$A = \frac{1}{2}Th$$

Keliling basah parabola

$$P = T + \frac{8h}{3T}$$

Jari-jari hidrolis parabola

$$R = \frac{2Th}{3T + 8h}$$

5) Bentuk Segitiga

Saluran drainase bentuk segitiga tidak banyak membutuhkan ruang, Sebagai konsekuensi dari saluran bentuk ini, saluran harus dari pasangan [38]. Bentuk ini juga berfungsi sebagai saluran air hujan, air rumah tangga maupun air irigasi.

Keliling basah segitiga

$$P = zh \sqrt{1 + Z}$$

Jari-jari hidrolis segitiga

$$R = \frac{2h}{2\sqrt{1 + z}}$$

c. Klasifikasi Aliran

Aliran permukaan bebas dapat diklasifikasikan menjadi berbagai tipe tergantung kriteria yang digunakan. Berdasarkan perubahan kedalaman dan/atau kecepatan mengikuti fungsi waktu, maka aliran dibedakan menjadi aliran permanen (*steady*) dan tidak permanen (*unsteady*) sedangkan berdasarkan sifat aliran dibedakan menjadi aliran laminar dan turbulen [39], [40].

1) Aliran permanen dan tidak permanen

Jika kecepatan aliran pada suatu titik tidak berubah terhadap waktu, maka alirannya disebut aliran permanen atau tunak (*steady flow*), jika kecepatan pada suatu lokasi tertentu berubah terhadap waktu, maka alirannya disebut aliran tidak permanen atau tidak tunak (*unsteady flow*). Dalam hal-hal tertentu dimungkinkan mentransformasikan aliran tidak permanen menjadi aliran permanen dengan mengacu pada koordinat referensi yang bergerak. Penyederhanaan ini menawarkan beberapa keuntungan, seperti kemudahan visualisasi, kemudahan penulisan persamaan yang terkait dan sebagainya. Penyederhanaan ini hanya mungkin jika bentuk gelombang tidak berubah dalam perambatannya. Misalnya, bentuk gelombang kejut (*surge*) tidak berubah ketika merambat pada saluran halus dan konsekuensinya perambatan gelombang kejut yang tidak permanen dapat dikonversi menjadi aliran permanen dengan koordinat referensi yang bergerak dengan kecepatan absolut gelombang kejut.

2) Aliran laminar dan turbulen

Jika partikel zat cair bergerak mengikuti alur tertentu dan alirannya tampak seperti gerakan serat-serat atau lapisan-lapisan tipis paralel, maka alirannya disebut aliran laminar. Sebaliknya, jika zat cair bergerak mengikuti alur yang tidak beraturan, baik ditinjau terhadap ruang maupun waktu, maka alirannya disebut aliran turbulen. Saluran terbuka dan tertutup

(Ahmad Galuh Saputra, Wahudin Diantoro, Muhammad Taufiq, Abdul Khamid, Wahidin)

Pengendalian Biaya dan Waktu pada Proyek Pembangunan Factory 2 PT Hoga Rekza Garmen di Wilayah Garut
(Studi Kasus pada Lantai 1 dan Mezanine)

mempunyai bilangan *reynold* yang berbeda. Saluran terbuka bilangan *reynold* (N_{re}) untuk aliran laminer kurang dari sama dengan 500, sedangkan bilangan *reynold* untuk aliran turbulen lebih dari sama dengan 1000. Saluran tertutup bilangan *reynold* (N_{re}) untuk aliran laminer kurang dari sama dengan 2000, sedangkan bilangan *reynold* untuk aliran turbulen lebih dari sama dengan 4000. Faktor yang menentukan keadaan aliran adalah pengaruh relatif antara gaya kekentalan (viskositas) dan gaya inersia. Jika gaya viskositas yang dominan maka alirannya laminer, sedangkan jika gaya inersia yang dominan maka alirannya turbulen.

3) Aliran sub-kritis, kritis dan super-kritis

Aliran dikatakan kritis apabila kecepatan aliran sama dengan kecepatan gelombang gravitasi dengan amplitudo kecil. Gelombang gravitasi dapat dibangkitkan dengan merubah kedalaman. Jika kecepatan aliran lebih kecil dari kecepatan kritis maka aliran disebut sub-kritis, dan jika kecepatan aliran lebih besar dari kecepatan kritis maka aliran disebut super-kritis. Parameter Yang menentukan ketiga jenis aliran adalah perbandingan gaya-gaya inersia dan gravitasi yang dikenal sebagai bilangan Froude :

$$F = \frac{v}{\sqrt{g l}}$$

$l = h$ untuk saluran terbuka $l = D$ untuk saluran tertutup. Aliran dikatakan kritis jika :

$F = 1,0$ disebut aliran kritis

$F < 1,0$ disebut aliran sub-kritis (aliran tenang)

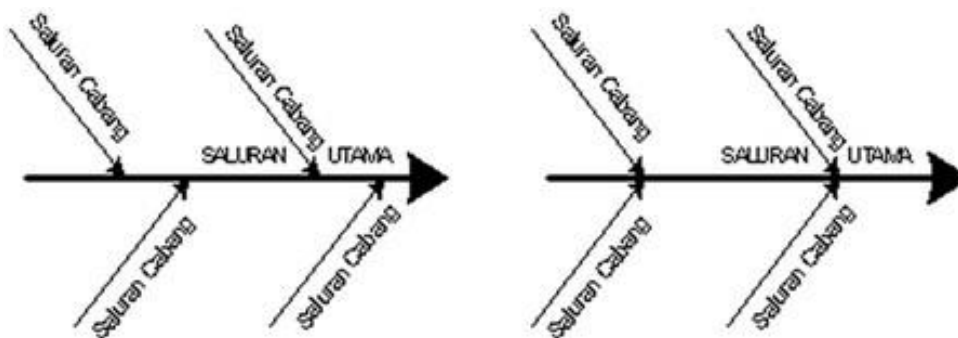
$F > 1,0$ disebut aliran super kritis (aliran cepat)

Tata Letak Jalur Saluran

Beberapa contoh model tata letak jalur saluran yang dapat diterapkan dalam perencanaan drainase sebagai berikut.

a. Pola Alamiah

Letak *conveyor* drain ada di bagian terendah (lembah) dari suatu daerah (alam) yang efektif berfungsi sebagai pengumpul dari anak cabang saluran yang ada (*collector drain*).



Gambar Pola Jaringan Drainase Alamiah

b. Pola Siku

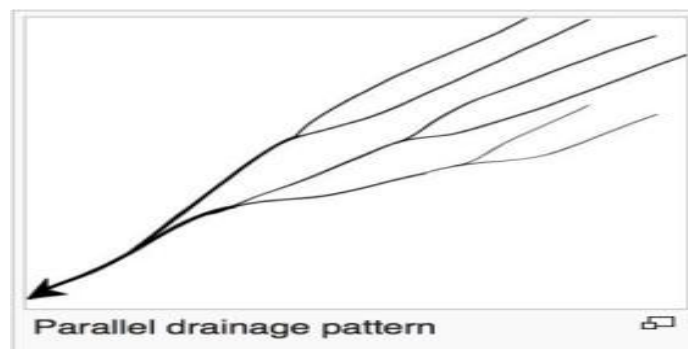
Conveyor drain terletak di bagian terendah (lembah), sedangkan *collector drain* dibuat tegak lurus *conveyor drain*.



Gambar 2. Pola Siku

c. Pola Pararel

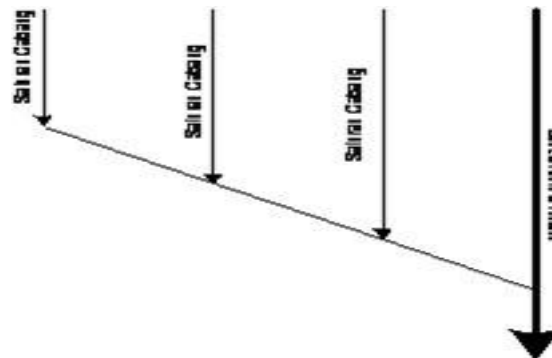
Collector drain menampung debit air yang lebih kecil. Collector drain dibuat sejajar satu sama lain dan kemudian debit air yang lebih kecil masuk ke conveyor drain.



Gambar 3. Pola Pararel Sumber :

d. Pola Grid Iron

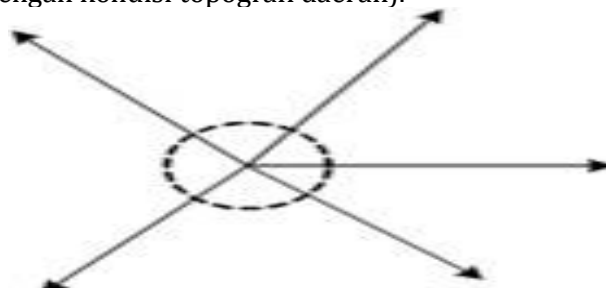
Beberapa interceptor drain dibuat sejajar satu sama lain, kemudian ditampung di collector drain untuk selanjutnya masuk ke dalam conveyor drain.



Gambar 4. Pola Grid Iron

e. Pola Radial

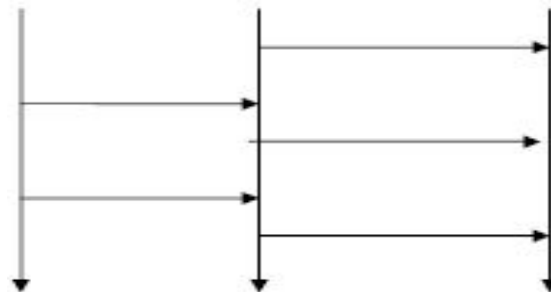
Satu daerah genangan dikeringkan melalui beberapa collector drain dari satu titik menyebar ke segala arah (sesuai dengan kondisi topografi daerah).



Gambar 5. Pola Radial

f. Pola Jaring-jaring

Untuk mencegah terjadinya pembebanan aliran di suatu daerah terhadap daerah lainnya, maka dapat dibuat beberapa interceptor drain yang kemudian ditampung ke dalam saluran collector drain dan selanjutnya dialirkan menuju saluran conveyer drain.

**Gambar 6. Pola Jaring-jaring****2. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Tegal Barat, Kota Tegal Jawa Tengah. Penelitian di mulai dari survei kondisi daerah penelitian, pengumpulan data-data, analisis hidrologi, analisis sistem pengaliran, evaluasi sistem drainase yang ada, rencana pengembangan sistem drainase untuk kondisi sistem drainase yang tidak memenuhi kriteria standar. Pelaksanakan penelitian pada tanggal 1 Juni – 30 November 2018. Jenis penelitian yang dilakukan adalah studi kasus di Kecamatan Tegal Barat, Kota Tegal. Metode yang dipakai adalah deskriptif, yaitu metode yang menjelaskan kondisi obyektif (sebenarnya) pada suatu keadaan yang menjadi objek studi.

Kota Tegal merupakan salah satu wilayah otonom di Provinsi Jawa Tengah. Kota Tegal memiliki luas wilayah sebesar 39,68 km². Secara administratif Kota Tegal berbatasan langsung dengan Laut Jawa di sebelah utara, Kabupaten Tegal di sebelah timur, Kabupaten Tegal di sebelah selatan, dan Kabupaten Brebes di sebelah Barat. Kota Tegal merupakan salah satu dari 35 kabupaten/kota yang berada di Provinsi Jawa Tengah. Secara geografis, Kota Tegal terletak di bagian barat Provinsi Jawa Tengah dan berada di pesisir utara pulau Jawa. Secara astronomis, wilayah administrasi Kota Tegal terbentang pada posisi 6^o 50' - 6^o 53' Lintang Selatan dan 109^o 08' - 109^o 10" Bujur Timur dengan luas wilayah seluruhnya 39.467 km² atau seluas 3,968 hektar. Kota Tegal terdiri dari empat kecamatan dengan wilayah kecamatan terluas yaitu Kecamatan Tegal barat yakni seluas 15,13 km², disusul Kecamatan Margadana dengan luas 11,76 km², berikutnya yaitu Kecamatan Tegal Selatan dengan luas 6,43 km², dan yang terakhir yaitu Kecamatan Tegal Timur seluas 6,36 km². Kota Tegal adalah salah satu wilayah otonom di provinsi Jawa Tengah. Kota ini pernah menjadi cikal-bakal berdirinya Korps Marinir seperti tercatat dalam Pangkalan IV ALRI Tegal dengannama Corps Mariniers, pada 15 November 1945. Kota Tegal berbatasan dengan Kabupaten Brebes di sebelah barat, Laut Jawa di sebelah utara, serta Kabupaten Tegal di sebelah selatan dan timur. Hari jadi Kota Tegal adalah 12 April 1580.

Tahapan Penelitian**Ide Penelitian**

Banjir merupakan suatu permasalahan yang sering terjadi di wilayah perkotaan. Karena pertambahan penduduk yang tidak diimbangi dengan sarana dan prasarana perkotaan yang memadai. Hal ini yang mendorong penulis untuk mencari solusi dalam mengatasi banjir di wilayah perkotaan.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data-data yang mendukung dalam penelitian ini, yaitu :

a. Survei Lapangan

Peninjauan langsung ke lapangan dengan tujuan mengetahui kondisi terkini dari daerah penelitian.

(Ahmad Galuh Saputra, Wahudin Diantoro, Muhammad Taufiq, Abdul Khamid, Wahidin)

Pengendalian Biaya dan Waktu pada Proyek Pembangunan Factory 2 PT Hoga Rekza Garmen di Wilayah Garut
(Studi Kasus pada Lantai 1 dan Mezanine)

b. Pengumpulan Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung di lapangan, data tersebut antara lain adalah: melakukan pendataan langsung lokasi koordinat stasiun curah hujan yang berpengaruh pada daerah penelitian, mengetahui kondisi sistem drainase yang telah ada di daerah penelitian, mengetahui kondisi badan air penerima baik sungai, danau maupun laut.

c. Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder diperoleh dari instansi setempat dan jaringan internet yang berkenaan langsung dengan tugas akhir seperti :

- 1) Data iklim dan hidrologi dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika atau Dinas Pengairan.
- 2) Peta Kemampuan Tanah, Peta Jaringan Drainase dan Irigasi, Peta Geologi.
- 3) Citra satelit yang memvisualisasikan daerah penelitian.
- 4) Data genangan banjir yang pernah terjadi di daerah penelitian.
- 5) Data penunjang lainnya seperti jaringan jalan dari dinas PU setempat.

Evaluasi Kondisi Sistem Drainase Eksisting

Evaluasi dilakukan pada daerah penelitian dengan maksud mengetahui kondisi sistem drainase eksisting dan mengevaluasi sistem drainase mana yang memenuhi kriteria desain standar atau tidak memenuhi kriteria desain standar. Apabila kondisi sistem drainase eksisting tidak memenuhi kriteria desain standar maka perlu rencana pengembangan sistem drainase sehingga dapat mengatasi banjir. Tahapan evaluasi kondisi sistem drainase di Kecamatan Tegal Barat Kota Tegal, yaitu: survei langsung kondisi sistem drainase eksisting, pengevaluasian daerah pengaliran atau daerah tangkapan hujan, pengevaluasian kapasitas drainase dan air limpasan, pengevaluasian kondisi kelayakan saluran drainase, survei kondisi badan air penerima baik sungai, danau maupun laut.

Rencana Pengembangan Sistem Drainase

Perencanaan sistem drainase suatu daerah, terlebih dahulu harus ditentukan dasar-dasar atau kriteria-kriteria perencanaan. Hal ini berguna sebagai bahan pemikiran bagi penetapan alternatif saluran dan perencanaan drainase modern. Dasar-dasar perencanaan yang diterapkan merupakan rumus-rumus dan ketentuan-ketentuan yang umumnya dipakai dalam merencanakan sistem penyaluran air hujan. Pemakaian rumus-rumus serta ketentuan-ketentuan tersebut disesuaikan dengan kondisi lokal, berupa kondisi topografi, geologi, klimatologi, dan tata guna lahan. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor pembatas di atas, dikembangkan beberapa alternatif sistem yang meliputi segi teknis dan ekonomis. Alternatif terpilih merupakan hasil paling optimum dari berbagai kriteria yang ditetapkan, dengan sedikit mungkin menghindari akibat sosial yang timbul.

Hasil yang diharapkan dari alternatif terpilih adalah tercapainya perencanaan sistem drainase yang berdasarkan sistem drainase modern, yaitu sistem drainase yang berwawasan lingkungan, sehingga selain masyarakat terhindar dari bahaya banjir, ataupun genangan air yang merugikan masyarakat, juga turut serta dalam konservasi sumber daya air. Tahapan rencana pengembangan sistem drainase di Kecamatan Tegal Barat, Kota Tegal, yaitu : menentukan debit rencana saluran drainase, menentukan bentuk saluran drainase, mengembangkan jalur saluran drainase, dan mengembangkan profil memanjang saluran drainase.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN**Kondisi Daerah Penelitian**

Kecamatan Tegal berada di pusat kota bagian atas. Kecamatan ini mempunyai 7 kelurahan dengan luas daerah 15.13 Ha atau 1,5 km² dan merupakan kawasan landai/datar dengan jumlah penduduk 68,354 jiwa (Kantor Kecamatan TKP, 2012). Kecamatan Tegal Barat merupakan pusat perdagangan, jasa, dan pemukiman di Kota Tegal. Hal ini mengakibatkan area tertutup di kecamatan Tegal Barat sebesar 78,35 %, sehingga mempengaruhi daya resap air yaitu 8,4 % dari keseluruhan air hujan

Debit banjir saat musim hujan cenderung meningkat sehinggasingai-sungai yang berada di Kecamatan Tegal Barat meluap. Daya tampung sungai semakin terbatas karena penyempitan DAS. Pembangunan yang tidak memperhatikan garis sempadan sungai menjadi salah satu penyebab air sungai meluap. Pembangunan juga mempengaruhi debit limpasan karena air hujan tidak bisa meresap ke dalam tanah sehingga menambah debit limpasan dan menimbulkan genangan (banjir) karena kapasitas drainase kecil.

Tabel 2. Jumlah Penduduk Kecamatan Tegal Barat

No	Kelurahan	Luas Daerah (Km ²)	Jumlah Penduduk
1	Pesurungan Kidul	0.72	5,550
2	Debong Lor	0.56	4,044
3	Kemandungan	0.56	3,847
4	Pekauman	0.96	8,201
5	Kraton	1.23	15,569
6	TegalSari	2.19	24,028
7	MuaraReja	8.19	7,115

Sumber : Kecamatan Tegal Barat

Kondisi Topografi

Kondisi kelerengan di Kecamatan Tegal Barat di dominasi kawasan yang datar/landai dan sebagian kecil perbukitan. Berikut tabel kondisi kelerengan di Kecamatan Tegal Barat.

Tabel 4. Kondisi Kelerengan di Kecamatan Tegal Barat

No	Kemiringan	Luas
1	0 – 2	12,62
2	2 – 20	4,40
3	20 – 40	650,98

Sumber : RTRW Kota Tegal

Jenis Tanah

Kondisi tanah di Kota Kota Tegal terdiri dari endapan bekas pantai dan endapan bekas rawa dan sungai terdiri yang meliputi tanah lempung lembek, tanah lempung bercampur pasir, semakin ke barat daya semakin tebal, seperti di sekitar Pelabuhan Tegal dan Jongor. Semakin ke barat laut kedalaman lapisan pasir semakin mendominasi.

Air Tanah

Dilihat dari akuifer yang dimilikinya serta berdasarkan *pourus* dan *permaabilitas* air tanah di Kecamatan Tegal Barat berupa akuifer dengan produktifitas sedang dan penyebaran luas. Kecamatan Tegal Barat termasuk area penyangga dalam peresapan air. Di Kota Tegal dan sekitarnya kedalaman muka air tanah sangat dangkal sekitar 1,5 meter dan ke arah utara semakin dalam dari 5 meter sampai > 10 meter (RTRW Kota Tegal)

Kondisi Eksisting Drainase

Apabila dilihat dari keadaan topografi kota Tegal yang dataran rendah, idealnya kondisi ini sangat menguntungkan bagi Kota Tegal karena aliran air dapat mengalir secara alami mengikuti grafitasi dari saluran- saluran ke saluran primer. Pada kondisi ideal alami ini, kota Tegal akan terhindar dari banjir atau genangan. Namun, seiring dengan perkembangan kota yang otomatis mempengaruhi perubahan penggunaan lahan secara langsung, serta bertambahnya jumlah penduduk, masalah banjir dengenangan merupakan konsekuensi logis yang harus dihadapi kota Tegal

Kecamatan Tegal Barat Pusat menjadi salah satu kawasan padat penduduk. Hal ini mempengaruhi penggunaan lahan dan berpengaruh terhadap daya resap air ke dalam tanah semakin menurun serta menimbulkan banjir atau genangan. Banjir atau genangan yang terjadi di Kecamatan Tegal Barat Pusat dikarenakan kapasitas saluran drainase yang terlalu kecil, kurangnya *drain inlet* untuk masuknya limpasan air ke saluran drainase dan pendangkalan saluran.

Masalah banjir atau genangan yang terjadi di KecamatanTegal Barat pada lokasi berikut.

- Jalan Nanas : luas genangan 2 ha, tinggi genangan 0,5 meterdan lama genangan 1 jam.

(Ahmad Galuh Saputra, Wahudin Diantoro, Muhammad Taufiq, Abdul Khamid, Wahidin)

Pengendalian Biaya dan Waktu pada Proyek Pembangunan Factory 2 PT Hoga Rekza Garmen di Wilayah Garut
(Studi Kasus pada Lantai 1 dan Mezanine)

- b. Jalan Rambutan (depan Jalan Nanas) : luas genangan 1,31 ha, tinggi genangan 0,4 meter dan lama genangan 2 jam.
- c. Jalan Rambutan (depan Jalan Sipelem) : luas genangan 0,28 ha, tinggi genangan 0,5 meter dan lama genangan 2 jam.
- d. Jalan Lumba – Lumba : luas genangan 1,1 ha, tinggi genangan 0,6 meter dan lama genangan 5 jam.
- e. Jalan Cinde : luas genangan 0,24 ha, tinggi genangan 0,3 meter dan lama genangan 1,5 jam.
- f. Jalan Bawal : luas genangan 1 ha, tinggi genangan 1 meter dan lama genangan 3 jam.

Evaluasi Kondisi Drainase

Saluran drainase di kecamatan Tegal Barat umumnya berupa saluran terbuka dikarenakan mudah dalam pengoperasian dan pemeliharaan. Namun pada saluran tertentu menjadi saluran tertutup dikarenakan alasan komersil, keindahan dan pelebaran jalan. Saluran primer di Kecamatan Tegal Barat di sepanjang jalan arteri dan sungai. Saluran sekunder di sepanjang jalan kolektor dan saluran tersier selain jalan arteri dan kolektor (Pasal 36 dalam Perda No. 10 Tahun 2011 tentang RTRW Kota Tegal).

Pengaliran pada saluran drainase pada dasarnya secara alamiah mengikuti kondisi topografi yang ada, yaitu mengikuti kontur alami dari tanah. Pengaliran secara gravitasi tersebut dinilai sangat menguntungkan karena tidak adanya upaya penambahan lahan urugan atau pemotongan pada jalur tanah (*cut and fill*). Adapun beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam prinsip pengaliran saluran drainase adalah sebagai berikut:

- a. Arah pengaliran sebisa mungkin mengikuti garis ketinggian permukaan tanah sehingga pengaliran yang terjadi adalah secara alami menuju pada badan air penerima terdekat.
- b. Dasar permukaan saluran yang mempunyai kemiringan (*slope*) sangat kecil diperlukan penanganan dengan mempertimbangkan kecepatan minimum yang diijinkan. Diusahakan kemiringan dasar saluran tetap mengikuti kemiringan permukaan tanah sejauh kemiringan tanah tidak memberikan aliran balik menuju awal dimulai saluran.
- c. Agar tidak terjadi penggerusan terhadap dinding saluran drainase maka perlu memperhatikan kecepatan saluran agar tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu rendah sehingga tidak terjadi pendangkalan pada dasar saluran sehingga penampang efektif saluran untuk mengalirkan air hujan semakin kecil dan kemungkinan besar akan meluap.

Tabel 4. Saluran Drainase di Kecamatan Tegal Barat

No. Saluran	Panjang (m)	Slope Dasar	Luas Komunal (m ²)	Permasalahan
1 – 4	300	0,005	60000	
2 – 3	600	0,005	120000	
3 – 4	150	0,005	22500	
3 – 5	150	0,005	22500	
4 – 6	160	0,005	32000	Banjir/genangan
5 – 6	150	0,005	22500	
6 – 7	20	0,005	4000	Banjir/genangan
8 – 7	130	0,005	26000	
9 – 8	400	0,005	80000	
8 – 10	230	0,005	46000	
12 – 11	50	0,005	10000	
11 – 10	100	0,005	20000	
13 – 10	500	0,005	100000	
10 – 14	300	0,005	60000	
14 – 15	100	0,005	20000	
15 – 16	70	0,005	14000	
14 – 17	160	0,005	32000	
15 – 18	190	0,005	38000	
16 – 19	220	0,005	44000	
17 – 18	110	0,005	22000	
18 – 19	110	0,005	22000	

11 - 21	420	0,005	84000	Banjir/genangan
21 - 20	220	0,005	44000	
17 - 20	30	0,005	6000	
20 - 23	20	0,005	4000	
23 - 24	220	0,005	44000	
19 - 24	20	0,005	4000	
24 - 25	280	0,005	56000	
26 - 25	480	0,005	96000	
25 - 27	160	0,005	32000	
23 - 28	30	0,005	6000	
24 - 30	30	0,005	6000	
28 - 29	120	0,005	24000	
29 - 30	110	0,005	22000	
28 - 31	150	0,005	30000	

Sumber: Data yang diolah

Contoh perhitungan debit saluran 4 - 6 dan akumulasi debit tiap-tiap saluran dapat dicari menggunakan metode berikut.

- a. Waktu konsentrasi air hujan mengalir dari hulu ke hilir dapat dihitung dengan metode Kirpich 1940 (Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, 2004) adalah:

$$t_c = \frac{0,87 \times 1,2}{1000 \times S} + \frac{0,87 \times 160}{1000 \times S} + \dots$$

Intensitas hujan rencana saluran eksisting untuk luas komunal kurang dari 10 ha menggunakan periode ulang hujan 2 tahunan sebesar 92mm/hari adalah: 56,027 mm/jam.

- b. Debit puncak banjir dapat dihitung menggunakan rumus rasional sebagai berikut.

$$Q = 0,002778 \cdot C \cdot I \cdot A$$

$$Q = 0,002778 \times 0,50 \times 56,027 \text{ mm/jam} \times 3,2 \text{ Ha}$$

$$Q = 0,249 \text{ m}^3/\text{detik} = 21516,02 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- c. Debit domestik saluran 4 - 6 dapat dicari dengan cara menghitung kebutuhan air bersih dan jumlah pemukiman di saluran tersebut. Tiap bangunan membutuhkan luas lahan 0,02 ha sehingga jumlah rumah di saluran 4 - 6 adalah 160 rumah.

$$Q \text{ air bersih} = 150 \text{ liter/orang/hari} \times 5 \text{ orang} \times 160 \text{ rumah} = 120000 \text{ liter/hari}$$

$$Q \text{ domestik} = 0,7 \times 120000 \text{ liter/hari}$$

$$Q \text{ domestik} = 84000 \text{ liter/hari} = 84 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q \text{ Total} = Q \text{ hujan} + Q \text{ Domestik}$$

$$Q \text{ Total} = 21516,02 \text{ m}^3/\text{hari} + 84 \text{ m}^3/\text{hari} = 21600,02 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q \text{ Saluran} = (Q \text{ Saluran 1 - 4}) + (Q \text{ Saluran 3 - 4}) + (Q \text{ Saluran 4 - 6})$$

$$Q \text{ Saluran} = 29373,58 \text{ m}^3/\text{hari} + 15697,12 \text{ m}^3/\text{hari} + 21600,02 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q \text{ Saluran} = 93081,69 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,08 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tinggi saluran dan lebar saluran drainase rencana dapat di hitung menggunakan rumus berikut.

$$Q = A \cdot V$$

Saluran berbentuk persegi panjang sehingga:

$$A = 2h^2 \text{ (untuk saluran persegi panjang)}$$

$$b = 2h \text{ (untuk saluran persegi panjang)}$$

$$n = 0,035 \text{ (koefisien kekasaran maning untuk saluran buatan lurus beraturan)}$$

$$R = h/2 \text{ (untuk saluran persegi panjang)}$$

$$S = 0,005 \text{ (Drainase Perkotaan, 1997)}$$

$$Q = A \cdot 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$1,08 = 2h^2 \times 1/0,035 \cdot (h/2)^{2/3} \cdot 0,005^{1/2}$$

$$\text{Tinggi dinding saluran } h = 0,56 \text{ m}$$

$$\text{Saluran terdiri dua jalur sepanjang jalan raya sehingga } k_i = 0,28 \text{ m dan } k_a = 0,28 \text{ m}$$

$$\text{Lebar dasar saluran } b = 2h = 0,56 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi jagaan } 1/3 h = 0,09 \text{ jadi tinggi total } 0,37 \text{ m}$$

$$\text{Penampang saluran 4 - 6 adalah } 0,21 \text{ m}^2.$$

(Ahmad Galuh Saputra, Wahudin Diantoro, Muhammad Taufiq, Abdul Khamid, Wahidin)

Pengendalian Biaya dan Waktu pada Proyek Pembangunan Factory 2 PT Hoga Rekza Garmen di Wilayah Garut

(Studi Kasus pada Lantai 1 dan Mezanine)



Gambar 7. Peta Jaringan Drainase Kecamatan Tegal Barat

Pengembangan Drainase

Jalan Nanas

Jalan Nanas merupakan kawasan permukiman. Genangan/banjir yang terjadi di Jalan Nanas dikarenakan kapasitas saluran drainase terlalu kecil dari debit banjir yang terjadi. Luas genangan 2000 m², tinggi genangan 0,5 meter dan lama genangan 1 jam. Genangan terjadi sebab akumulasi debit dari saluran lainnya. Untuk mengatasi genangan yang terjadi diperlukan penanganan saluran drainase agar genangan cepat mengalir di saluran drainase.

Perhitungan :

Luas wilayah genangan di jalan Nanas yaitu 2000 m² Volume genangan/banjir yang

terjadi sebesar $v = 2000 \text{ m}^2 \times 0,5 \text{ m} = 1000 \text{ m}^3$

Debit banjir di jalan Nanas $Q = 1000/3600 = 0,277 \text{ m}^3/\text{s}$

Luas penampang banjir pada saluran dapat dicari dengan cara berikut.

$A = 2h^2$ (untuk saluran persegi panjang)

$n = 0,035$ (koefisien kekasaran maning untuk saluran buatan lurus beraturan)

$R = h/2$ (untuk saluran persegi panjang)

$S = 0,005$ (Drainase Perkotaan, 1997) $Q = A \cdot V$

$Q = A \cdot \frac{1}{n} \cdot S^{1/3} \cdot S^{1/2}$

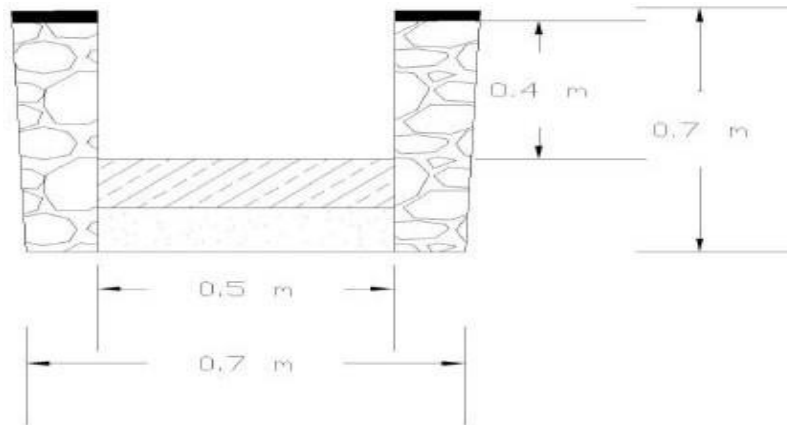
$0,277 = 2h^2 \times \frac{1}{0,035} \cdot (h/2)^{2/3} \cdot 0,005^{1/2}$

$h = 0,34 = 0,3 \text{ m}$

$b = 2h = 0,67 = 0,7 \text{ m}$

$A = bh = 0,3 \cdot 0,7 = 0,21 \text{ m}^2$

Saluran eksisting jalan Nanas tinggi 0,4 m dan lebar 0,5 m. Luas penampang saluran jalan Nanas $0,20 \text{ m}^2$. Kecepatan aliran maksimum yang diizinkan untuk pasangan batu adalah 1,5 m/s. Kapasitas saluran drainase eksisting di jalan Nanas adalah $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Saluran Nanas (51 - 50) penampang rencana sesuai dengan penampang eksisting. Genangan terjadi karena sedimen. Solusi yang dilakukan normalisasi saluran drainase.



Gambar 8. Drainase Eksisting Nanas

Jalan Rambutan

Jalan Rambutan merupakan kawasan perdagangan/jasa Genangan/banjir di Jalan Rambutan terjadi di dua titik yaitu di depan (Jalan Nanas) dan depan (Jalan Sipelem). Depan (Jalan Nanas) luas genangan 3100 m^2 , tinggi genangan 0,4 meter dan lama genangan 2 jam dikarenakan limpasan air dari saluran drainase dan kurangnya drain inlet ke saluran drainase. (Jalan Sipelem). Luas= genangan 2800 m^2 , tinggi genangan 0,5 meter dan lama genangan 2 jam dikarenakan kapasitas saluran lebih kecil dari debit banjir dan limpasan air dari saluran drainase.

Untuk mengatasi genangan yang terjadi diperlukan penanganan saluran drainase agar genangan cepat mengalir di saluran drainase. Untuk mengatasi genangan yang terjadi diperlukan penanganan saluran drainase agar genangan cepat mengalir di saluran drainase.

Perhitungan :

Luas wilayah genangan/banjir di Jalan Rambutan (Depan Jalan Nanas) yaitu $3100 \text{ m}^2 \times 0,4 \text{ m} = 1240 \text{ m}^3$

Volume genangan/banjir yang terjadi sebesar Debit banjir di jalan Rambutan (depan Jalan Sipelem)

$$Q = 1240/7200 = 0,172 \text{ m}^3/\text{s}$$

Luas penampang banjir pada saluran dapat dicari dengan cara berikut.

$$A = 2h^2 \text{ (untuk saluran persegi panjang)}$$

$$n = 0,035 \text{ (koefisien kekasaran maning untuk saluran buatan lurus beraturan)}$$

$$R = h/2 \text{ (untuk saluran persegi panjang)} S = 0,005 \text{ (Drainase Perkotaan, 1997)} Q = A.V$$

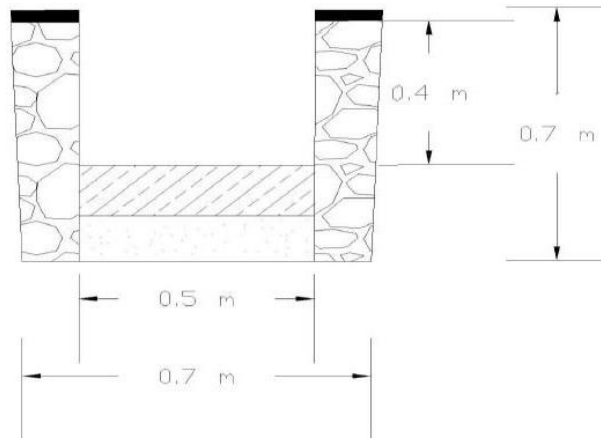
$$Q = A \cdot 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$0,172 = 2h^2 \times 1/0,035 \cdot (h/2)^{2/3} \cdot 0,005^{1/5} \quad h = 0,28 = 0,3 \text{ m}$$

$$b = 2h = 0,56 = 0,6 \text{ m}$$

$$A = bh = 0,3 \cdot 0,6 = 0,18 \text{ m}^2$$

Saluran eksisting jalan Nanas tinggi 0,4 m dan lebar 0,5 m. Luas Penampang jalan Nanas $0,20 \text{ m}^2$. Kecepatan aliran yang diizinkan untuk pasangan batu adalah 1,5 m/s. Debit Saluran jalan Rambutan (depan Jalan Sipelem) adalah $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Saluran Nanas (57 - 54) penampang rencana tidak sesuai dengan penampang eksisting. Genangan terjadi karena akumulasi debit, pendangkalan saluran drainase dan kurangnya drain inlet untuk masuk air limpasan. Solusi yang dilakukan adalah perencanaan ulang saluran drainase.



Gambar 9. Drainase Eksisting Jalan Rambutan Depan Jalan Sipelem

Perhitungan drainase berdasarkan hujan rencana untuk pengembangan saluran drainase di jalan Rambutan (depan Jalan Sipelem)

Perhitungan :

Tinggi saluran dan lebar saluran drainase rencana dapat dihitung menggunakan rumus berikut. $Q = A \cdot V$

Saluran berbentuk persegi panjang sehingga :

$A = 2h^2$ (untuk saluran persegi panjang)

$n = 0,035$ (koefisien kekasaran maning untuk saluran buatan lurus beraturan)

$R = h/2$ (untuk saluran persegi panjang)

$Q = A \cdot V$

$Q = A \cdot 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S$

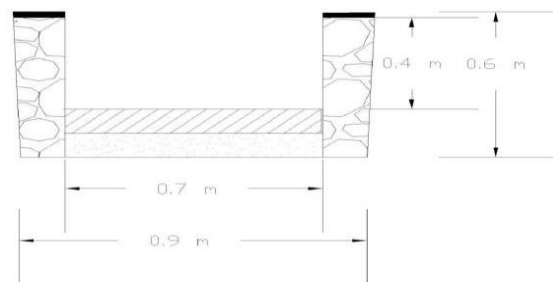
$1,73 = 2h^2 \cdot (1/0,035 \cdot (h/2)^{2/3} \cdot 0,005^{1/2})$

Tinggi dinding saluran $h = 0,67$ m

Saluran terdiri dua jalur sepanjang jalan raya sehingga $k_i = 0,33$ m dan $h_{ka} = 0,33$ m

Lebar dasar saluran $b = 2h = 0,67$ m dibulatkan menjadi 0,70 m

Tinggi jagaan $1/3 h = 0,11$, jadi tinggi total 0,44 m dibulatkan 0,40 m



Gambar 10. Drainase Rencana Jalan Rambutan Depan Jalan Sipelem

Luas wilayah genangan/banjir di jalan Rambutan (depan Jalan Nanas) yaitu 2800 m^2

Volume genangan/banjir yang terjadi sebesar $v = 2800 \text{ m}^2 \times 0,5 \text{ m} = 1400 \text{ m}^3$

Debit banjir di jalan Rambutan (depan Jalan Nanas) $Q = 1400/7200 = 0,194 \text{ m}^3/\text{s}$

Luas penampang banjir pada saluran dapat dicari dengan cara berikut.

$A = 2h^2$ (untuk saluran persegi panjang)

$n = 0,035$ (koefisien kekasaran maning untuk saluran buatan lurus beraturan)

$R = h/2$ (untuk saluran persegi panjang)

$S = 0,005$ (Drainase Perkotaan, 1997)

$Q = A \cdot V$

$Q = A \cdot 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$

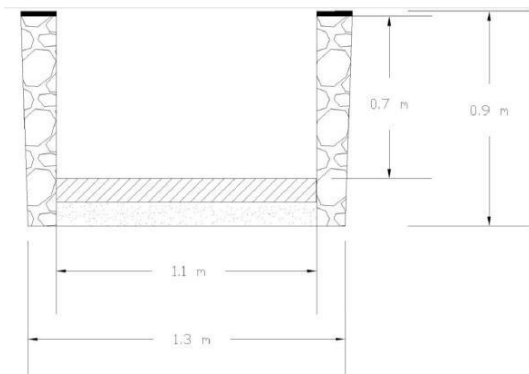
$0,194 = 2h^2 \cdot (1/0,035 \cdot (h/2)^{2/3} \cdot 0,005^{1/2})h = 0,29 = 0,3 \text{ m}$

$$b = 2h = 0,59 = 0,6 \text{ m}$$

$$A = bh = 0,3 \cdot 0,6 = 0,18 \text{ m}^2$$

Saluran eksisting jalan Rambutan (depan Jalan Nanas) tinggi 0,7 m dan lebar 1,0 m. Luas penampang jalan Rambutan 0,7 m². Kecepatanaliran yang diizinkan Untuk pasangan batu adalah 1,5 m/s. Debit saluran di jalan Rambutan (depan Jalan Nanas) 1,05 m³/s. Berdasarkan (Tabel 4.19) Saluran jalan Rambutan depan Jalan Nanas (40 -47) penampang rencana tidak sesuai dengan penampang eksisting. Genangan terjadi karena akumulasi debit, pendangkalan saluran drainase dan kurangnya drain inlet untuk masuk air limpasan.

Solusi yang dilakukan adalah perencanaan ulang saluran drainase.



Gambar 11. Drainase Eksisting Jalan Rambutan Depan Jalan Nanas

Perhitungan drainase berdasarkan hujan rencana untuk pengembangan saluran drainase di jalan Rambutan (depan JalanNanas).

Perhitungan :

Tinggi saluran dan lebar saluran drainase rencana dapat di hitung menggunakan rumus berikut.

$$Q = A \cdot V$$

Saluran berbentuk persegi panjang sehingga :

$$A = 2h^2 \text{ (untuk saluran persegi panjang)}$$

$$b = 2h \text{ (untuk saluran persegi panjang)}$$

$$n = 0,035 \text{ (koefisien kekasaran maning untuk saluran buatan lurus beraturan)}$$

$$R = h/2 \text{ (untuk saluran persegi panjang)}$$

$$S = 0,005 \text{ (Drainase Perkotaan, 1997)}$$

$$Q = A \cdot V$$

$$Q = A \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

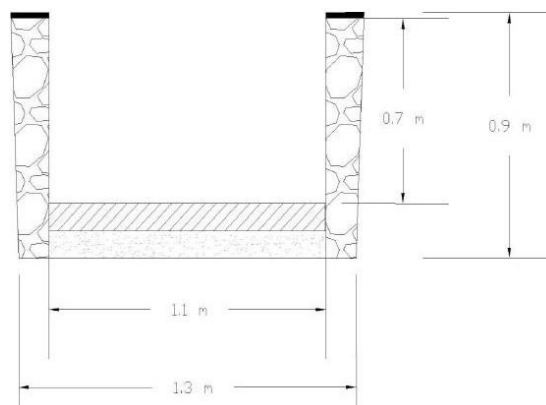
$$5,91 = 2h^2 \times \frac{1}{0,035} \cdot (h/2)^{2/3} \cdot 0,005^{1/2}$$

$$\text{Tinggi dinding saluran } h = 1,06 \text{ m}$$

Saluran terdiri dua jalur sepanjang jalan raya sehingga $k_i = 0,53 \text{ m}$ dan $h_{ka} = 0,53 \text{ m}$

Lebar dasar saluran $b = 2h = 1,06 \text{ m}$ dibulatkan menjadi 1,10 m

Tinggi jagaan $1/3 h = 0,18$, jadi tinggi total 0,71 m dibulatkan 0,70m



Gambar 12. Drainase Rencana Jalan Rambutan Depan Jalan Nanas

Jalan Lumba-Lumba

Jalan Lumba-Lumba merupakan kawasan pemukiman, perdagangan/jasa dan lahan terbuka. Genangan/banjir yang terjadi jalan Lumba-Lumba besarnya luas genangan 11000 m^2 , tinggi genangan $0,6$ meter dan lama genangan 5 jam dikarenakan kapasitas saluran lebih kecil dari debit banjir yang terjadi dan daerah cekungan. Untuk mengatasi genangan yang terjadi diperlukan penangan saluran drainase agar genangan cepat mengalir di saluran drainase.

Perhitungan:

Luas wilayah genangan/banjir di jalan Lumba-Lumba 11000 m^2 .

Volume genangan/banjir di jalan Lumba-Lumba sebesar $v = 11000 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} = 6600 \text{ m}^3$

Debit banjir di jalan Lumba-Lumba $Q = 6600 / 5 \times 3600 = 0,366 \text{ m}^3/\text{s}$

Luas penampang banjir pada saluran dapat dicari dengan cara berikut.

$A = 2h^2$ (untuk saluran persegi panjang)

$n = 0,035$ (koefisien kekasaran maning untuk saluran buatan lurus beraturan)

$R = h/2$ (untuk saluran persegi panjang)

$S = 0,005$ (Drainase Perkotaan, 1997)

$Q = A.V$

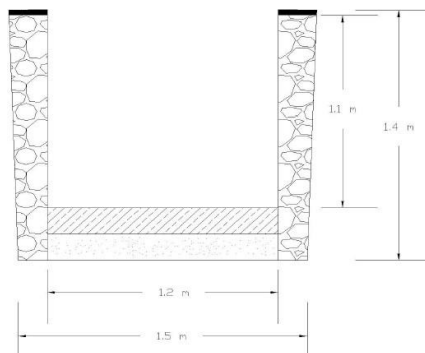
$Q = A \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$

$0,366 = 2h^2 \times \frac{1}{0,035} \cdot (h/2)^{2/3} \cdot 0,005^{1/2} h = 0,37 = 0,4 \text{ m}$

$b = 2h = 0,75 = 0,8 \text{ m}$

$A = bh = 0,4 \cdot 0,8 = 0,28 \text{ m}^2$

Saluran eksisting jalan Lumba-Lumba tinggi $1,1 \text{ m}$ dan lebar $1,2 \text{ m}$. Luas Penampang saluran jalan Lumba-Lumba $1,32 \text{ m}^2$. Kecepatan aliran yang diizinkan untuk pasangan batu adalah $1,5 \text{ m/s}$. Kapasitas saluran drainase eksisting jalan Lumba-Lumba $1,98 \text{ m}^3/\text{s}$. Saluran jalan Lumba-Lumba (48 - 49) penampang rencana sesuai dengan penampang eksisting. Genangan terjadi karena pendangkalan saluran drainase. Solusi yang mungkin dilakukan adalah normalisasi saluran drainase.



Gambar 13. Drainase Eksisting Jalan Lumba - Lumba

Jalan Cinde (Makam Cinde)

Makam Cinde merupakan kawasan perdagangan/jasa. Genangan/banjir yang terjadi di Makam Cinde besarnya luas genangan 2400 m^2 , tinggi genangan $0,3$ meter dan lama genangan $1,5$ jam dikarenakan banyaknya endapan sedimen dan sampah di saluran drainase. Untuk mengatasi genangan yang terjadi diperlukan penangan saluran drainase agar genangan cepat mengalir di saluran drainase.

Perhitungan :

Luas wilayah genangan/banjir di makam cinde 2400 m^2 Volume genangan/banjir di Makam Cinde

$v = 2400 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ m} = 720 \text{ m}^3$ Debit banjir di makam cinde $Q = 720 / 5400 = 0,133 \text{ m}^3/\text{s}$

Luas penampang banjir pada saluran dapat dicari dengan cara berikut.

$A = 2h^2$ (untuk saluran persegi panjang)

$n = 0,035$ (koefisien kekasaran maning untuk saluran buatan lurus beraturan)

$R = h/2$ (untuk saluran persegi panjang)

$S = 0,005$ (Drainase Perkotaan, 1997) $Q = A.V$

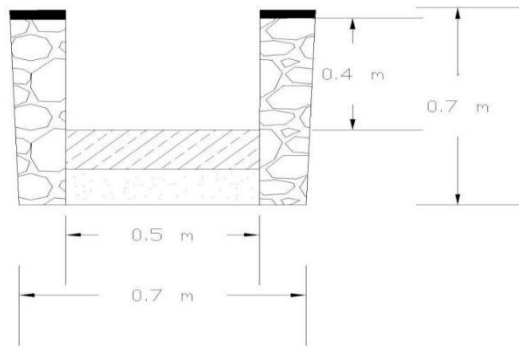
$$Q = A \cdot 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$0,133 = 2h^2 \times 1/0,035 \cdot (h/2)^{2/3} \cdot 0,005^{1/2}h = 0,25 = 0,3 \text{ m}$$

$$b = 2h = 0,51 = 0,5 \text{ m}$$

$$A = bh = 0,3 \cdot 0,5 = 0,15 \text{ m}^2$$

Saluran eksisting makam cinde tinggi 0,4 m dan lebar 0,5 m. Luas Penampang $0,2 \text{ m}^2$. Kecepatan aliran yang diizinkan untuk pasangan batu adalah 1,5 m/s. Kapasitas saluran drainase eksisting di jalan Cinde (makam cinde) $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Saluran jalan Cinde makam cinde (21 - 20) penampang rencana sesuai dengan penampang eksisting. Genangan terjadi sebab pendangkalan karena sedimen dan sampah di saluran.



Gambar 14. Drainase Eksisting Jalan Cinde (Makam Cinde)

Jalan Bawal

Jalan Bawal merupakan kawasan permukiman. Genangan yang terjadi jalan Bawal besarnya luas genangan 10000 m^2 , tinggi genangan 1 meter dan lama genangan 3 jam dikarenakan penyempitan dan pendangkalan DAS dan melimpasnya air dari Bawal 2. Untuk mengatasi genangan yang terjadi diperlukan penanganan saluran drainase agar genangan cepat mengalir di Saluran drainase.

Perhitungan :

Luas wilayah genangan/banjir di jalan Bawal 10000 m^2

Volume genangan/banjir di jalan Bawal

$$v = 10000 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m} = 10000 \text{ m}^3$$

Debit banjir di jalan Bawal

$$Q = 10000 / 10800 = 0,925 \text{ m}^3/\text{s}$$

Luas penampang banjir pada saluran dapat dicari dengan cara berikut.

$$A = 2h^2 \text{ (untuk saluran persegi panjang)}$$

$$n = 0,035 \text{ (koefisien kekasaran maning untuk saluran buatan lurus beraturan)}$$

$$R = h/2 \text{ (untuk saluran persegi panjang)}$$

$$S = 0,005 \text{ (Drainase Perkotaan, 1997)}$$

$$Q = A \cdot V$$

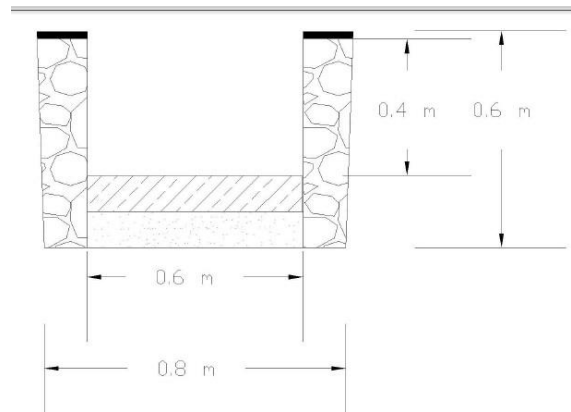
$$Q = A \cdot 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$0,925 = 2h^2 \times 1/0,035 \cdot (h/2)^{2/3} \cdot 0,005^{1/2}h = 0,53 = 0,5 \text{ m}$$

$$b = 2h = 1,06 = 1,1 \text{ m}$$

$$A = bh = 0,5 \cdot 1,1 = 0,55 \text{ m}^2$$

Saluran eksisting jalan Bawal tinggi 0,4 m dan lebar 0,5 m. Luas penampang saluran jalan Bawal $0,2 \text{ m}^2$. Kecepatan aliran yang diizinkan untuk pasangan batu adalah 1,5 m/s. Debit saluran drainase eksisting di jalan Bawal $0,36 \text{ m}^3/\text{s}$. Saluran jalan Bawal (6 - 7) penampang rencana tidak sesuai dengan penampang eksisting. Genangan terjadi karena penyempitan saluran dan pendangkalan saluran drainase serta air limpasan dari Bawal 2. Solusi yang mungkin dilakukan adalah perencanaan ulang saluran drainase agar mampu mengalirkan debit banjir.



Gambar 15. Drainase Eksisting Jalan Bawal

Perhitungan drainase berdasarkan hujan rencana untuk pengembangan saluran drainase di jalan Bawal.

Perhitungan :

Tinggi saluran dan lebar saluran drainase rencana dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$Q = A \cdot V$$

Saluran berbentuk persegi panjang sehingga $A = 2h^2$ (untuk saluran persegi panjang)

$n = 0,035$ (koefisien kekasaran maning untuk saluran buatan lurus beraturan)

$R = h/2$ (untuk saluran persegi panjang)

$S = 0,005$ (Drainase Perkotaan, 1997)

$$Q = A \cdot V$$

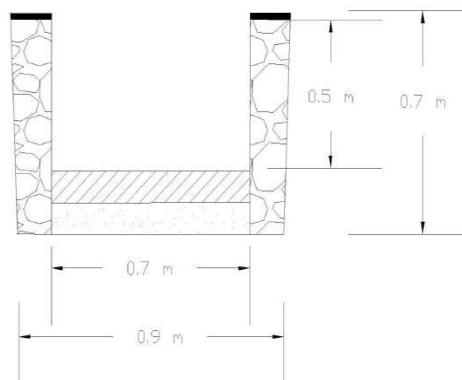
$$1,84 = 2h^2 \times 1/0,035 \cdot (h/2)^{2/3} \cdot 0,005^{1/2}$$

Tinggi dinding saluran $h = 0,68$ m

Saluran terdiri dua jalur sepanjang jalan raya sehingga $k_i = 0,34$ m dan $h_{ka} = 0,34$ m

Lebar dasar saluran $b = 2h = 0,68$ m dibulatkan menjadi 0,70 m

Tinggi jagaan $1/3 h = 0,11$ jadi tinggi total 0,45 m dibulatkan 0,50 m



Gambar 16. Drainase Rencana Jalan Bawal

Tabel 5. Perencanaan Pengembangan Saluran Drainase

Saluran	Nomor Saluran	Rencana Pengembangan
Nanas	51 – 50	Genangan yang terjadi dikarenakan saluran mengalami pendangkalan akibat sedimen. Normalisasi saluran diperlukan untuk saluran ini.
Rambutan (depan Jalan Sipelem)	57 – 54	Kapasitas saluran lebih besar dari debit banjir. Genangan yang terjadi dikarenakan Kurangnya drain inlet untuk masuknya air limpasan. Perencanaan ulang saluran diperlukan untuk mengatasi debit yang terjadi.

Rambutan (depan Jalan Nanas)	40 – 47	Kapasitas saluran lebih besar dari debit banjir. Genangan yang terjadi dikarenakan Kurangnya drain inlet untuk masuknya air limpasan. Perencanaan ulang saluran diperlukan untuk mengatasi debit yang terjadi.
Lumba - Lumba	48 – 49	Genangan yang terjadi dikarenakan saluran mengalami pendangkalan akibat sedimen. Normalisasi saluran diperlukan untuk saluran ini.
Cinde (Makam Cinde)	21 – 20	Genangan yang terjadi dikarenakan saluran mengalami pendangkalan akibat sampah pasar dan sedimen. Normalisasi saluran dan sosialisasi untuk tidak membuang sampah di saluran drainsae.
Bawal	6 – 7	Kapasitas saluran lebih kecil dari debit banjir. Genangan yang terjadi dikarenakan saluran mengalami pendangkalan dan penyempitan saluran serta air limpasan dari Nanas. Perencanaan ulang saluran diperlukan untuk mengatasi debit banjir yang terjadi.

Sumber: Hasil olah data

Saluran Nanas (nomor saluran 51-50) mengalami genangan karena mengalami pendangkalan akibat sedimen, sehingga perlu dilakukan normalisasi saluran untuk mengatasi masalah ini. Selanjutnya, saluran Rambutan (depan Jalan Sipelem, nomor saluran 57-54) memiliki kapasitas yang lebih besar dari debit banjir, namun terjadi genangan karena kurangnya drain inlet untuk air limpasan. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan ulang saluran untuk mengatasi masalah ini. Hal yang serupa terjadi pada saluran Rambutan (depan Jalan Nanas, nomor saluran 40-47), di mana kapasitas saluran lebih besar dari debit banjir, tetapi genangan terjadi karena kurangnya drain inlet. Lumba-Lumba (nomor saluran 48-49) juga mengalami genangan karena pendangkalan akibat sedimen, sehingga normalisasi saluran diperlukan. Selanjutnya, saluran Cinde (Makam Cinde, nomor saluran 21-20) mengalami genangan karena pendangkalan akibat sampah pasar dan sedimen. Solusi yang diperlukan adalah normalisasi saluran dan sosialisasi untuk tidak membuang sampah ke dalam saluran drainase. Terakhir, saluran Bawal (nomor saluran 6-7) memiliki kapasitas yang lebih kecil dari debit banjir, dan genangan terjadi akibat pendangkalan dan penyempitan saluran, serta air limpasan dari Nanas. Oleh karena itu, perencanaan ulang saluran diperlukan untuk mengatasi masalah debit banjir yang terjadi di sini.

4. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan observasi yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut. Sistem drainase yang terjadi di Kecamatan Tegal Barat dikarenakan saluran drainase mengalami pendangkalan sebab banyaknya sedimen di saluran berikut ini: saluran Lumba - Lumba, dan saluran Nanas. Genangan yang terjadi di Kecamatan Tegal Barat dikarenakan saluran drainase mengalami pendangkalan sebab banyaknya sampah di saluran berikut ini: saluran Cinde (Makam Cinde). Genangan yang terjadi di Kecamatan Tegal Barat dikarenakan kapasitas saluran drainase terlalu kecil. Saluran Rambutan dan Bawal. Normalisasi saluran drainase dilakukan pada pada jalan Nanas, jalan Cinde (Makam Cinde) dan jalan Lumba-Lumba. Rencana pengembangan saluran drainase hanya dilakukan pada kapasitas saluran drainase terlalu kecil. Jalan Rambutan depan Jalan Sipelem dengan Luas penampang rencana 0,4 m². Jalan Rambutan depan Jalan Nanas dengan Luas Penampang rencana 0,96 m². Jalan Bawal dengan Luas Penampang 0,4 m².

Saran

Pendangkalan saluran bisa diantisipasi dengan menangani permukaan Tanah dengan menanam tumbuhan, sehingga koefisien limpasan kecil dan Waktu konsentrasi semakin lama dan kecepatan penggerusan air di Permukaan tanah semakin kecil. Sehingga tanah tidak ikut mengalir masuk ke dalam saluran drainase. Pengembangan sistem drainase hendaknya memperhatikan kondisi Topografi dan tata guna lahan di suatu wilayah, sehingga pengembangan Sistem drainase akan efektif dan efisien dalam pembangunannya. Pembangunan yang dilakukan hendaknya memperhatikan tata guna lahan sehingga area resapan air tidak berkurang. Jika ingin menutup tanah

(Ahmad Galuh Saputra, Wahudin Diantoro, Muhammad Taufiq, Abdul Khamid, Wahidin)

Pengendalian Biaya dan Waktu pada Proyek Pembangunan Factory 2 PT Hoga Rekza Garmen di Wilayah Garut
(Studi Kasus pada Lantai 1 dan Mezanine)

hendaknya menggunakan penutup tanah yang tidak rapat seperti paving block. Air hujan yang berasal dari atap rumah hendaknya dialirkan menuju Sumur resapan guna mengisi air tanah yang berguna untuk kebutuhan air. Mengumpulkan air limbah domestik ke sistem komunal sehingga saluran drainase terpisah dari air limbah domestik.

REREFENCES

- [1] Wahidin, "Analisis Laju Sedimentasi dan Konservasi di Hulu Waduk Malahayu," *Infratech Build. J.*, pp. 29–35, 2020.
- [2] G. R. F.G, Wahidin, and M. Taufiq, "Perencanaan Pembangunan Drainase di Desa Ciawi Kecamatan Banjarharjo Kabupaten Brebes," *Infratech Build. J.*, pp. 52–60, 2020.
- [3] R. B. Saputra, Abdul Khamid, and Imron, "Perencanaan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan (Eco-Drainage) di Desa Tiwulandu," *Infratech Build. J.*, pp. 62–67, 2020.
- [4] M. GilangAlfarizi, Wahidin, and M. Yunus, "Analisis Perbandingan RAB Metode SNI dan BOW Jalan Rigid Desa Banjarharjo," *Infratech Build. J.*, pp. 61–66, 2020.
- [5] W. Sulistiyo, Wahidin, and Imron, "Pelaksanaan Pembangunan Rumah Layak Huni di Desa Cikuya," *Infratech Build. J.*, pp. 68–73, 2020.
- [6] A. Hamid and H. Wildan, "Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Untuk Peningkatan Ruas Jalan Brebes –Jatibarang Kabupaten Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2020.
- [7] Y. Feriska and A. Unaesih, "Pengaruh Beban Kendaraan terhadap Kerusakan Jalan Pada Ruas Jalan Pebatan - Rengaspendawa di Kabupaten Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 36–42, 2020.
- [8] A. Hamid and A. Sodikin, "Identifikasi Kerusakan Jalan pada Jalan Larangan Pamulian Kabupaten Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 01, pp. 21–28, 2020.
- [9] Wahidin and Windy, "Perencanaan Sistem Drainase Perumahan Sapphire Regency Desa Pulosari Kecamatan Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 01, pp. 43–51, 2020.
- [10] L. Nurdin and D. A. A. G, "Evaluasi dan Perbaikan Sistem Drainase Serta Pengendalian Banjir Perkotaan (Studi Kasus Limbangan Wetan, Limbangan Kulon, Kelurahan Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 01, pp. 11–20, 2020.
- [11] S. D. Wahyuni, "Perencanaan Penampungan Air Bersih di Desa Cigadung Kecamatan Brebes Kabupaten Brebes: Perencanaan Penampungan Air Bersih di Desa Cigadung Kecamatan Brebes Kabupaten Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 112–117, 2020.
- [12] Wahidin, "Perencanaan Biaya Pengadaan Sumur Bor dalam untuk Distribusi Air Bersih di Desa Cigadung," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 2, 2020.
- [13] S. Azhari, "Perencanaan Peningkatan Jalan Rigid Pavement pada Ruas Jalan Dusun Longkrang Desa Banjarharjo," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 103–111, 2021.
- [14] H. Kurniawan, Abdul Khamid, and D. D. Apriliano, "Evaluasi dan Rencana Pengembangan Sistem Drainase di Kota Tegal (Studi Kasus di Kecamatan Tegal Barat)," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 2, 2020.
- [15] Justiansyah, A. Khamid, and M. Taufiq, "Analisis Kondisi Permukaan Pekerjaan Jalan Desa Cikakak Dengan Metode PCI dan RCI," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 2, 2020.
- [16] Wahidin, Imron, and Y. Feriska, "Perencanaan Jembatan Prestessed Sungai Cijalu Kabupaten Cilacap," *Infratech Build. J.*, 2020.
- [17] S. Amin, M. Taufiq, and Y. Feriska, "Strategi Pengembangan Jaringan Transportasi Darat Kabupaten Brebes Land Transportation Network Development Strategy of Brebes Regency," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 10–19, 2021.
- [18] A. Wahsyati, M. Taufiq, and Y. Feriska, "Rehabilitasi Bendung Danawarih sebagai Daerah Pelayanan Irigasi Pengairan Wilayah Kecamatan Lebaksiu Kabupaten Tegal Rehabilitation of Danawarih Weir As a Area of Water Irrigation Services in Lebaksiu District Area , Tegal Regency," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 2, 2021.
- [19] A. Nurfajar, Y. Feriska, and M. Yunus, "Perencanaan Perbaikan Jalan Desa Tegalreja," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 2, 2020.
- [20] S. D. Wahyuni, A. Khamid, and Y. Feriska, "Evaluasi Kinerja Struktur Dinding Bata dengan Metode Analisis Pushover pada Bangunan Sederhana Performance Evaluation of Brick Wall Structure with Pushover Analysis Method in Simple Buildings," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 29–39,

- 2021.
- [21] Wahidin, "Analisis Faktor Penyebab Kerusakan Jalan (Studi Kasus Ruas Jalan Desa Cikakak)," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 2, 2020.
- [22] S. Fuaddi and A. Khamid, "Perencanaan Pembangunan Jalan Usaha Tani di Desa Cikakak Kecamatan Banjarharjo," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 2, 2020.
- [23] A. Muzaeni, A. Khamid, W. Diantoro, and Y. Feriska, "Analisis Sedimentasi di Hulu Waduk Malahayu Kecamatan Banjarharjo Kabupaten Brebes Sedimentation Analysis in the Upstream of Malahayu Reservoir Banjarharjo Subdistrict, Brebes Regency," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 40–48, 2021.
- [24] D. Irawan, A. L. Nurdin, A. Khamid, and Y. Feriska, "Model Analisis Pelaksanaan Proyek dengan Metode Critical Path Method (CPM) dan Metode Crashing (Study Kasus pada Pelaksanaan Pekerjaan Peningkatan Jalan Kebandingan – Gembongdadi, Kecamatan Kramat, Kabupaten Tegal) Project Implementation Analysis Mo," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 96–102, 2020.
- [25] Z. Nur, A. Khamid, W. Diantoro, and D. D. Apriliano, "Analisis Bangunan Sederhana Kawasan Terlikuifaksi Simple Building Analysis of Liquefaction Areas," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 58–67, 2021.
- [26] A. N. Fajar, A. Khamid, W. Diantoro, and D. D. Apriliano, "Analisis Tingkat Kerusakan pada Jalan Pagerbarang – Margasari Kabupaten Tegal Analysis of the Level of Damage on Jalan Pagerbarang – Margasari Tegal Regency," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 49–57, 2021.
- [27] I. Nabawi, Y. Feriska, and W. Diantoro, "Analisis Dampak Kerusakan Jalan terhadap Pengguna Jalan dan Lingkungan di Ruas Jalan Pebatan - Rengaspendawa Brebes Impact Analysis of Road Damage on Road Users and the Environment on Jalan Pebatan - Rengaspendawa Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 28–34, 2021.
- [28] U. Udin, A. Khamid, M. Taufiq, and D. D. Apriliano, "Optimasi Debit Air Saluran Irigasi pada Bendung Sungapan Kecamatan Pemalang Kabupaten Pemalang Studi Kasus Saluran Induk Simangu 844, 74 Ha Optimization of Water Discharge of Irrigation Canals at Sungapan Weir, Pemalang District, Pemalang Regency Case," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 42–48, 2021.
- [29] H. Wibowo, Y. Feriska, A. L. Nurdin, D. D. Apriliano, and M. Yunus, "Studi Kelayakan Investasi Properti Pembangunan Perumahan Griya Sengon Indah 3 di Desa Sengon Kecamatan Tanjung Feasibility Study of Property Investment in Griya Sengon Indah 3 Housing Development in Sengon Village, Tanjung District," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 49–55, 2022.
- [30] G. Ramdhon, F. Gunawan, and M. Taufiq, "Analisis Pengaruh Parkir Kendaraan dan Pedestrian pada Ruas Jalan terhadap Karakteristik Lalu Lintas (Studi Kasus Ruas Jalan Gajah Mada Brebes) Analysis of the Effect of Vehicle and Pedestrian Parking on Road Sections on Traffic Characteristics (Case S)," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–9, 2021.
- [31] S. Azhari, Y. Feriska, A. L. Nurdin, and D. D. Apriliano, "Studi Implementasi Pemakaian Kalsifloor Pengganti Cor Beton pada Bangunan Gedung RSIA Permata Insani Kabupaten Brebes Study on the Implementation of the Use of Calcifloor Substitute for Cast Concrete in the Building of Rsia Permata Insani Building, Brebe," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 56–64, 2021.
- [32] A. Khamid, Y. Feriska, and W. Diantoro, "Analisis Kinerja Lalu Lintas Simpang Tiga Tak Bersinyal (Studi Kasus Simpang Tiga Jalan Raya Klampok Km 180 + Ruas Jalan Klampok - Banjaratma, Kabupaten Brebes) Traffic Performance Analysis of Simpang Tiga Tak Bersinyal (Case Study of Simpang Tiga Jalan)," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 35–41, 2021.
- [33] B. S. Pangestu and Wahidin, "Studi Tentang Kenyamanan Pejalan Kaki terhadap Pemanfaatan Trotoar di Kota Tegal (Studi Kasus Jalan RA Kartini Kota Tegal) Study on Pedestrian Comfort on Sidewalk Utilization in Tegal City (Case Study of RA Kartini Street, Tegal City)," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 22–27, 2021.
- [34] Sultoni and Wahidin, "Perencanaan Sistem Drainase Perumahan Sapphire Regency Desa Pulosari Kecamatan Brebes," *Infratech Build. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 43–51, 2020.
- [35] S. Fuaddi and Wahidin, "Studi Perbandingan Harga Satuan Pekerjaan Proyek Pembangunan Gedung Puskesmas Kedungbanteng dengan Metode Analisa Bow, SNI, dan Lapangan Comparative Study of Unit Price of Work Project Construction of Kedungbanteng Puskesmas Building with Bow, SNI, and Fi," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 14–21, 2021.



- [36] M. G. Alfarizi and Wahidin, "Analisis Tingkat Kerusakan Jalan Akibat Volume Kendaraan pada Perkerasan Rigid di Ruas Jalan Pantura Tegal - Pemalang Kabupaten Tegal Analysis of the Level of Road Damage Due to Vehicle Volume on Rigid Pavement on Jalan Pantura Tegal - Pemalang Kabupaten," *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 7–13, 2021.
- [37] N. A. Ramdhan and A. Khamid, "Penggunaan Metode Decision Tree untuk Mendeteksi Keterlambatan Masa Studi Mahasiswa Diperguruan Tinggi Brebes," *Syntax Lit. J. Ilm. Indones.*, vol. 6, no. 10, pp. 5267–5277, 2021.
- [38] A. Khamid, "Pemodelan Bendung Porous Untuk Membantu Penanganan Sedimentasi (Studi Kasus Hulu Sungai Keruh di Kabupaten Brebes)," *Civ. Eng. Collab.*, vol. 7, pp. 60–72, 2022, doi: 10.35134/jcivil.v7i2.44.
- [39] Y. Feriska and A. Izzuddin, "Sigeleng River Capacity Analysis, Kec. Brebes with HEC-RAS," *Budapest Int. Res. Critics Institute-Journal*, vol. 5, no. 3, pp. 23093–23101, 2022.
- [40] A. Mutoharoh, "Analisis Kerusakan Perkerasan Jalan dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) Ruas Jalan Tanjung – Kersana STA 0+000 s.d. 6+000," *J. Akunt. Keuang. dan Teknol. Inf. Akunt.*, vol. 1, no. 1, pp. 60–68, 2022.