



# 10.55%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 21 JUL 2025, 9:38 AM

## Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL  
0.03%

● CHANGED TEXT  
10.51%

## Report #27589069

Sungai adalah tempat air alami yang mengalir dari dataran tinggi ke tempat yang lebih rendah. Menurut peta Daerah Aliran Sungai (DAS) Nasional, tercatat bahwa Indonesia mempunyai 42.210 wilayah DAS yang tersebar di wilayah Indonesia. Akan tetapi, keadaan sungai di Indonesia semakin mengkhawatirkan. Masalah ini bermula saat masyarakat melakukan eksploitasi besar-besaran pada sumber daya di dalam DAS maupun sekitar DAS. Aspek kerusakan DAS yaitu rusaknya vegetasi seperti hutan, penggunaan lahan yang berlebihan, dan pelaksanaan teknologi pengelolaan lahan DAS yang tidak tepat. Penyalahgunaan sumber daya pada DAS yang tidak terkendali mengakibatkan keadaan fisik serta lingkungan DAS semakin menurun. Salah satu peristiwa penurunan kondisi DAS yaitu perubahan penggunaan lahan yang dipicu oleh adanya alih fungsi lahan. Pengembangan lahan baru tentunya akan memperbesar volume limpasan permukaan serta mengurangi kemampuan tanah dalam menyerap air. Hal ini tentunya akan memicu terjadinya bencana banjir. Banjir adalah bencana yang rutin terjadi di kota-kota Indonesia, termasuk DKI Jakarta. Salah satu kawasan yang paling terdampak adalah Kelurahan Cawang, yang berlokasi di Kramat Jati, Jakarta Timur. Wilayah ini kerap mengalami banjir akibat luapan Sungai Ciliwung yang melintasi kawasan permukiman padat penduduk. Kondisi geografis, alih fungsi lahan, dan rendahnya kapasitas sistem drainase menjadi faktor penyebab utama. Sungai Ciliwung menjadi faktor penting untuk pengendalian bencana banjir di kota Jakarta. DAS Ciliwung

mempunyai panjang sekitar 119 km dengan luas lembah 476,2 km<sup>2</sup>. Sungai Ciliwung sendiri tergolong dalam sungai utama yang membelah kawasan Jakarta, dengan hulu di kawasan Bogor dan bermuara di Laut Jawa. Luapan sungai ini sering tidak mampu ditampung oleh badan sungai, terutama ketika hujan deras terjadi di wilayah hulu. Di kawasan Cawang, rendahnya kapasitas saluran dan tingginya limpasan permukaan memperburuk situasi, menyebabkan genangan meluas hingga ke rumah warga, fasilitas umum, dan infrastruktur jalan. Penanganan banjir di Cawang memerlukan solusi berbasis tata kelola air yang terintegrasi. Salah satu pendekatan yang potensial adalah pembangunan kolam retensi. Kolam retensi adalah penampungan air sementara yang dirancannng untuk menampung air hujan, dengan tujuan mengurangi debit puncak banjir yang mengalir sungai atau badan air. Prinsip kerja kolam retensi yaitu menampung air yang berlebih akibat debit puncak, lalu air tersebut dialirkan ke sungai ketika debit disungai kembali normal. Pada penelitian ini, kolam retensi dirancang untuk menampung sementara debit puncak yang terjadi khususnya ketika intensitas curah hujan tinggi. Tujuan utama perencanaan ini yaitu untuk mengurangi beban aliran ke badan sungai secara langsung, sehingga risiko banjir di kawasan sekitarnya dapat diminimalisir. Berdasarkan fenomena banjir yang kerap melanda Jakarta selama musim hujan menunjukkan perlunya tindakan untuk dilakukan kajian pembuatan kolam retensi di kawasan tersebut mulai

dari volume dan desain pembangunan kolam retensi. (Kementerian PUPR, 2014a)

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, terdapat beberapa faktor yang melatarbelakangi penelitian ini, yaitu: 1. Berapa tinggi intensitas curah hujan yang terjadi pada DAS Ciliwung untuk kala ulang 25, 50, dan 100 tahun? 2. Berapa volume tampungan kolam retensi yang dapat direncanakan? 3. Berapa besar pengurangan volume banjir Ciliwung akibat penambahan kolam retensi? **47** Berdasarkan

rumusan masalah yang ada, maka tujuan penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut: 1.

Mengetahui tinggi intensitas curah hujan yang terjadi di DAS Ciliwung

untuk periode 25, 50, dan 100 tahun. 2. Merencanakan kapasitas kolam

retensi yang direncanakan. 3. Mengetahui banyaknya pengurangan volume banjir

Ciliwung akibat penambahan kolam retensi. **54** Adapun manfaat yang diharapkan dari

penelitian ini sebagai berikut: 1. Temuan yang didapat dari penelitian ini

dapat dimanfaatkan sebagai dasar informasi pemetaan potensi ancaman banjir

di wilayah Cawang, Jakarta. 2. Menghasilkan saran penanggulangan banjir di

kawasan Cawang, Jakarta. Penelitian ini dibutuhkan batasan sehingga dapat

berfokus pada topik yang akan dibahas. Adapun batasan- batasan dalam

penelitian ini sebagai berikut: 1. Penelitian ini difokuskan pada wilayah

Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung yang berada di Kawasan Cawang, Jakarta. **19 32 49** 2.

Kala ulang yang digunakan untuk analisis hidrologi adalah 25, 50, dan 100 tahun. 3.

Aplikasi EPA SWMM digunakan sebagai aplikasi hidrolika untuk merancang

kapasitas kolam retensi. 4. Skenario pengendalian banjir oleh peneliti

berupa pembuatan kolam retensi tanpa memperhitungkan tingkat sedimen,

sedimentasi, dan kekuatan struktur kolam retensi. Dalam penyusunan penelitian

ini, digunakan sistematika penulisan yang terbagi ke dalam beberapa bab

yang menggambarkan alur dan isi penelitian. Berikut ini uraian

sistematikanya: BAB I Pendahuluan; **21 33** uraian mengenai pendahuluan dari sebuah

penelitian yang berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian,

manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penelitian. BAB II Tinjauan

Pustaka; penjelasan mengenai dasar-dasar teori dan literatur penelitian

sebagai pedoman dalam pemecahan masalah pada penelitian. Tinjauan Pustaka

dapat berupa sumber-sumber dari buku, jurnal, dan penelitian terdahulu. **57** BAB III

**Metode Penelitian;** penjelasan mengenai prosedur atau tata cara dalam pengumpulan dan pengolahan data untuk penelitian, dan uraian mengenai analisis yang digunakan untuk pengolahan data. BAB IV Hasil dan Pembahasan; penjelasan mengenai gambaran hasil penelitian dan analisa dari data yang telah diolah dari hasil penelitian. BAB V Penutup; **21 53** bab penutup yang berisi kesimpulan dan saran dari hasil penelitian dari BAB IV.

Bencana alam kerap melanda Indonesia. Sebagaimana dicatat oleh Indonesia telah mengalami berbagai bencana alam seperti banjir, gempa bumi, dan tsunami. Banjir khususnya sering terjadi, terutama di wilayah yang dekat dengan permukaan laut . Jakarta merupakan salah satu kota di Indonesia yang paling berisiko banjir . **6 42**

**Banjir dapat dibagi menjadi dua jenis utama: banjir alami dan banjir yang disebabkan oleh manusia.** Banjir alami dipengaruhi oleh curah hujan, kondisi lahan, jumlah air yang dapat ditampung sungai, seberapa baik sistem drainase berfungsi, efek pasang surut, serta erosi dan penumpukan sedimen Sedangkan, menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah (2023), menunjukkan bahwa banjir dapat disebabkan oleh curah hujan yang tinggi, penumpukan sampah di sungai, perubahan tata guna lahan yang mengurangi kemampuan lahan untuk menyerap air, dan upaya pencegahan banjir yang buruk. Banjir dapat dikategorikan menjadi tiga jenis berbeda berdasarkan penyebabnya: 1. Banjir Lokal (Pluvial Floods) Banjir lokal atau pluvial biasanya terjadi pada daerah perkotaan yang diakibatkan kapasitas drainase tidak memadai sehingga limpasan air hujan meluap dan menggenangi daratan. Kejadian ini terjadi akibat penurunan infiltrasi yang menyebabkan hilangkan daya serap air pada permukaan tanah akibat peningkatan fungsi lahan. 2. Banjir Sungai (Fluvial Floods) Banjir fluvial terjadi ketika air sungai meluap dan menggenangi lahan di sekitarnya. Kejadian ini (Kosasih et al., 2021) (Halim et al., 2019) (Harsoyo, 2013) (Sebastian, 2008). diakibatkan oleh peningkatan volume air pada sungai yang melebihi kapasitas alirannya, sehingga terjadinya air meluap dan menggenangi wilayah dataran rendah. Faktor terjadinya banjir fluvial ini karena curah hujan yang tinggi, pendangkalan sungai, dan kerusakan pada DAS yang disebabkan oleh hilangnya

vegetasi di hulu sungai yang mengakibatkan erosi tanah dan mempercepat laju aliran air ke sungai. 3. Banjir Pesisir ( Coastal Floods) Pasang tinggi atau badai yang menghasilkan gelombang besar merupakan penyebab banjir pesisir.

52 Jenis banjir ini biasanya terjadi pada wilayah yang terletak di pesisir pantai.

Untuk penanggulangan banjir jenis ini bisa dengan pembangunan tanggul atau dinding laut, penambahan mangrove untuk menahan alami gelombang, dan perbaikan sistem drainase di kawasan pesisir guna mengalirkan aliran air yang lancar ke laut. Daerah Aliran Sungai (DAS), juga dikenal sebagai daerah aliran sungai (DAS), adalah jaringan alami sungai dan cabang-cabangnya yang menghimpun, menahan, dan menyalurkan curah hujan ke danau atau laut Selain memfasilitasi pengelolaan air, DAS berfungsi sebagai ekosistem yang mencakup sumber daya alam dan buatan manusia. Unsur-unsur alami tersebut terdiri dari tanah, tumbuhan, dan air, yang dikelola dan dimanfaatkan oleh manusia. 9 55 DAS diklasifikasikan menjadi tiga bagian:

hulu, tengah, dan hilir. Hulu dikenal sebagai kawasan konservasi dengan kemiringan lebih dari 15%, di mana banjir tidak (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2012). terjadi, dan aliran air dipengaruhi oleh jenis drainase dan vegetasi, terutama hutan. Sebaliknya, wilayah hilir adalah tempat manusia secara aktif memanfaatkan lahan, dengan kemiringan yang lebih landai, kurang dari 8%, dan drainase air yang lebih sedikit. Zona tengah berperan sebagai titik transisi antara wilayah hulu dan hilir. Wilayah-wilayah ini terhubung melalui siklus air. Zona hulu sangat penting karena melindungi seluruh Daerah Aliran Sungai (DAS) dan mengawasi sumber daya air. Peristiwa yang terjadi di hulu akan memengaruhi kualitas dan kuantitas aliran air di hilir. Salah satu keuntungan utama DAS adalah perannya dalam menyediakan air bersih, terutama bagi masyarakat yang tinggal di hilir. Konversi lahan hutan menjadi lahan pertanian tentu akan memengaruhi kualitas dan kuantitas air yang dapat diakses oleh penduduk di daerah hilir. 5 24 Pada DAS tentunya memiliki karakteristik seperti gambaran terperinci yang dimiliki oleh DAS itu sendiri seperti keadaan topografi, keadaan morfometri, tanah, geologi,

vegetasi, dan penggunaan lahan. Berdasarkan DAS memiliki karakteristik seperti kondisi topografi, geologi, dan tutupan lahan guna kebutuhan memperkirakan besarnya debit banjir. Berikut karakteristik DAS: A. Topografi Topografi yaitu bentuk dan unsur permukaan tanah yang memperlihatkan perbedaan elevasi suatu permukaan bumi. 14 Topografi dapat berupa kemiringan lereng, bentuk wilayah, dan bentuk lereng. Pada topografi dapat menjadi petunjuk batasan-batasan DAS berupa bukit atau pegunungan. Untuk melihat data topografi dapat menggunakan Digital Elevation Model (DEM). DEM adalah model digital tiga dimensi yang (SNI 2415: 2016) menampilkan permukaan bumi beserta fitur reliefnya. Model Elevasi Digital (DEM) berkualitas tinggi dapat menciptakan skenario yang mencerminkan kondisi aktual dan mereplikasi banjir berdasarkan lingkungan saat ini. Oleh karena itu, Model Elevasi Digital (DEM) berfungsi sebagai alat yang berharga untuk membuat peta topografi yang menggambarkan fitur DAS, karena memungkinkan pemeriksaan faktor-faktor hidrologi, termasuk pola aliran air, lokasi pengumpulan air, dan daerah drainase. B. Tutupan Lahan dan Koefisien pengaliran 1. Tutupan Lahan Tutupan lahan mengacu pada penggunaan lahan yang mempengaruhi siklus hidrologi, seperti aliran air permukaan, infiltrasi, dan kualitas air. Tutupan lahan ini mencakup berbagai jenis kegiatan yang dilakukan di atas lahan seperti pertanian, permukiman, kehutanan, industri, serta infrastruktur. 5 Pada tutupan lahan ini dapat dipengaruhi oleh faktor alami dan faktor manusia. Perubahan yang terjadi pada tutupan lahan akan mengakibatkan kehilangan daya serap air yang tentunya mempengaruhi karakteristik pada DAS seperti debit sungai yang meningkat pada musim hujan. 30 2. Koefisien Pengaliran Aliran permukaan merupakan proses air mengalir di atas permukaan tanah menuju badan air seperti sungai, danau, dan lautan setelah terjadinya hujan atau sumber air lainnya. Aliran permukaan diakibatkan oleh topografi, tutupan lahan, yang memiliki koefisien aliran (C). Koefisien limpasan adalah angka yang menunjukkan seberapa banyak air yang mengalir dari permukaan tanah dibandingkan dengan hujan yang turun. Menurut , angka ini penting untuk menentukan laju aliran di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Koefisien ini dipengaruhi

oleh berbagai hal seperti jenis tanaman yang tumbuh, jenis tanah, dan detail DAS, termasuk panjang, kemiringan, dan bentuknya. Daerah aliran sungai yang baik akan memiliki koefisien limpasan (C) yang mendekati nol, sementara daerah aliran sungai yang buruk akan memiliki nilai C yang mendekati satu. Menurut , mencatat bahwa berbagai lahan di dalam DAS menghasilkan koefisien (C) berbeda. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menentukan koefisien aliran: Untuk berbagai jenis koefisien limpasan (Ci) dapat dilihat pada Lampiran 3.1. 1.1. Pengendalian Banjir Pengendalian banjir yaitu runtutan tindakan untuk meminimalisir risiko dari banjir seperti korban jiwa, hilangnya harta benda, kerugian ekonomi, dan kegiatan warga yang terhambat. 8 Pada dasarnya, pengendalian banjir dilakukan dengan pengurangan debit yang harus dialirkan serta meningkatkan daya tampung sungai penyalurnya. Pengelolaan banjir pada dasarnya rumit. Fitur teknisnya mencakup beberapa bidang seperti ilmu air, mekanika fluida, erosi daerah aliran sungai, desain sungai, bentuk sungai dan aliran sedimen, perencanaan sistem (Kementerian PUPR, 2014) (Kementerian PUPR, 2014) pengelolaan banjir, sistem drainase kota, dan struktur tambahan yang berkaitan dengan air. Menurut , menyatakan bahwa berbagai pendekatan pencegahan banjir dapat diterapkan melalui struktur fisik dan langkah-langkah non-fisik. a. Upaya Struktural, mengacu pada tahapan untuk meminimalisir bencana dengan pembuatan bangunan yang tahan akan terjadinya bencana, kedap akan air, dan lain-lain. Contohnya dengan pembuatan tanggul disepanjang aliran sungai yang rawan terjadi banjir, membersihkan ekosistem sungai, dan pembuatan bendungan dan waduk untuk menghalangi banjir. b. Upaya non Struktural, berupa upaya mitigasi terhadap banjir dengan melakukan peningkatan kapasitas atau pemberdayaan terhadap masyarakat seperti edukasi dan aksi. Contohnya dengan mengevaluasi pemetaan kawasan yang kerap terjadi banjir, analisis data terjadinya banjir, kerja sama untuk menata lingkungan, mengadakan simulasi evakuasi, dan sebagainya. 6 11 Menurut mencantumkan sejumlah strategi pengendalian banjir, seperti: a. Bendungan Bendungan untuk menahan dan menampung aliran air, limbah tambang, dan lumpur, bendungan adalah struktur

yang terdiri dari tanah, batu, dan beton yang menciptakan waduk. b. Waduk Waduk adalah struktur yang dirancang untuk menampung air dalam jumlah besar saat hujan. Air yang tersimpan memiliki berbagai fungsi, termasuk mengairi tanaman padi dan menyediakan air di musim kemarau. Selain itu, waduk seringkali dibangun untuk berbagai (Kementerian PUPR, 2017) (Kementerian PUPR, 2017) fungsi, yang disebut bendungan serbaguna, yang meliputi irigasi, penyediaan air baku (untuk minum), pembangkit listrik tenaga air, dan berbagai keperluan lainnya. c. Pembangunan Check Dam (Penangkap Sedimen) Penangkap sedimen adalah konstruksi kecil yang dibangun melintasi sungai untuk menurunkan kemiringan dasar sungai, yang pada gilirannya memperlambat aliran air dan mengurangi erosi. Bendungan pemeriksa dapat dibuat menggunakan tumpukan batu besar, kantong penuh campuran kerikil, pasir, dan kayu gelondongan. 1.2. 18 Kolan Retensi Kolan retensi adalah area yang dibuat untuk menampung air hujan selama jangka waktu tertentu. Fungsinya adalah menampung air saat sungai mencapai titik tertinggi dan secara perlahan mengalirkannya kembali ke sungai saat muka air kembali normal. Kolan ini berperan dalam mengendalikan kekuatan gelombang banjir, mencegah luapan air yang dapat merusak tanggul dan menyebabkan banjir sungai. 4 9 13 18 35 Fungsi kolam retensi yaitu untuk menyimpan dan menampung air dari saluran pembuangan sebelum dialirkan ke sungai sehingga puncak banjir dapat dibatasi. Terdapat beberapa jenis kolam retensi yang dapat diterapkan yaitu: a. Kolan retensi di samping badan sungai Jenis kolan ini perlu dibangun di area yang luas agar kapasitas kolam dapat dioptimalkan, tidak mengganggu aktivitas aliran yang ada di sekitar kolam, dan tahap pembuatan serta pemeliharaan lebih mudah di akses. 4 6 8 9 12 13 31 Kolan retensi ini mempunyai beberapa bagian yaitu tanggul, pintu inlet, pintu outlet, bangunan pelimpah samping, akses menuju kolan retensi, dan kolan penangkap sedimen. Dalam perencanaan pembuatan kolan retensi jenis ini memiliki kriteria seperti berikut: - Tanggul yang memisahkan sungai dari kolan harus dibangun cukup kuat untuk menahan tekanan tinggi saat muka air mencapai puncaknya. - Sebuah bendung ditempatkan di sungai antara pintu masuk dan pintu keluar. Bendung ini membantu mengalirkan air

dari banjir di hulu ke pintu masuk, dan dari banjir pasang surut di hilir ke pintu keluar. - Saat terjadi banjir di hulu, pintu masuk dibuka sementara pintu keluar tetap tertutup. Jika kolam terlalu penuh, pintu masuk ditutup. Ketika aliran air di sungai kembali normal, pintu keluar dibuka perlahan untuk mengalirkan air dari kolam kembali ke sungai. - Pelimpah samping dapat ditambahkan pada kolam retensi yang berguna untuk menjaga stabilitas konstruksi saat terjadi banjir, serta membantu menyaring material sampah. b. Kolam retensi di dalam badan sungai Jenis kolam ini digunakan apabila terkendala dengan kondisi lahan yang sulit didapat, sehingga menggunakan badan sungai itu sendiri. Kekurangan dari jenis kolam ini yaitu kapasitas tampung kolam yang terbatas, harus menunggu aliran dari hulu, pelaksanaan pembangunan serta pemeliharaan yang tidak mudah. Pembuatan kolam retensi memerlukan pengumpulan informasi curah hujan dan studi aliran air untuk memperkirakan besarnya banjir yang diperkirakan. Hal ini tentu saja memengaruhi debit air sungai tertinggi dan stabilitas struktur yang direncanakan.

### 1.3. Tata Guna Lahan

Sebagai negara berkembang, Indonesia mengalami pertumbuhan penduduk yang signifikan disertai dengan tingkat kepadatan penduduk yang relatif tinggi. Perubahan tata guna lahan tentu saja dipengaruhi oleh penambahan populasi. Transformasi tata guna lahan dari ruang terbuka hijau seperti sawah, hutan, dan sungai menjadi permukiman, perkantoran, dan peruntukan lainnya inilah yang dimaksud dengan istilah "perubahan tata guna lahan". Dengan adanya penggunaan lahan yang berlebihan, DKI Jakarta tentunya rawan terjadi banjir. Perkembangan lahan yang pesat di perkotaan sangat memengaruhi tingkat limpasan dan meningkatkan kemungkinan banjir. Hal ini didukung dengan oleh penelitian yang berjudul "Pengaruh Perubahab Tataguna Lahan Terhadap Debit Limpasan Drainase di Kota Bukit Tinggi" yang yang mengungkapkan bahwa perubahan tata guna lahan secara signifikan memengaruhi limpasan permukaan dan bahwa peningkatan koefisien limpasan berkorelasi dengan peningkatan debit limpasan. Implikasinya antara lain genangan air yang lebih parah selama musim hujan dan area yang lebih luas terdampak banjir. Penggunaan lahan

di sekitar DAS Ciliwung terjadi sejak tahun 1970 sampai tahun 2000.

Luas Daerah Aliran (Yelza et al., 2012) Sungai Ciliwung berkurang secara signifikan dari 66,35% menjadi 38,95%. Sementara itu, area terbangun mengalami pertumbuhan dari 33,65% menjadi 61,05%. Dari tahun 1980 hingga 1990, proyek pembangunan di Depok dan Jakarta Selatan terus meningkat.

Transformasi ruang terbuka hijau menjadi kawasan permukiman pada tahun 2023 menyebabkan berkurangnya kawasan terbuka hijau . 1.4. Pengaturan Guna Lahan

di DAS (Daerah Aliran Sungai) Aturan tata guna lahan di Kawasan aliran

sungai bertujuan untuk mengelola pengembangan lahan dan memastikan telah sesuai dengan tata ruang yang direncanakan. Tujuannya adalah untuk mencegah penggunaan lahan yang tidak terkontrol, yang dapat menyebabkan kerusakan pada daerah aliran sungai yang berfungsi sebagai daerah penampung hujan.

Pada dasarnya, pengaturan penggunaan lahan di DAS memiliki tujuan untuk: 1. 41

Meningkatkan kondisi pengelolaan DAS untuk menghindari banjir selama musim

hujan dan mengurangi kekeringan pada musim kemarau. 2. Mengurangi tingkat erosi

yang tinggi di DAS, yang menyebabkan penurunan tingkat sedimen di sungai-

sungai di hilir. Penempatan tata ruang setiap wilayah, termasuk proporsi

penggunaan lahan dan metode pengelolaannya perlu mendapatkan penanganan yang tepat.

11 Area atas dari daerah aliran sungai, yang berfungsi sebagai zona

penyangga yang berkontribusi pada pengisian pasokan kembali air tanah. Oleh karena

itu, penting untuk (Adikesuma, 2023) mempertimbangkan dimensi zona penyangga

ini di setiap wilayah, seperti memastikan bahwa wilayah hutan mencakup

setidaknya 30% dari total luas DAS. 1.5. Analisis Hidrologi Analisis

hidrologi mempelajari terkait pergerakan air, distribusi, dan kualitasnya bumi. 40 Ini

mencakup berbagai aspek seperti siklus hidrologi, presipitasi, evaporasi,

transpirasi, limpasan permukaan, dan aliran air tanah. Pada teknik sipil dan

lingkungan, analisis hidrologi mempunyai peran krusial dalam perencanaan dan

pengelolaan sumber daya air, desain infrastruktur air, pengendalian banjir,

dan perlindungan lingkungan. Studi ini memerlukan pengumpulan data, penerapan

metode matematika untuk mengembangkan model, dan analisis hasil untuk

memahami dan memperkirakan perilaku air dalam berbagai kondisi. Dalam

konteks kajian risiko banjir di Kawasan Cawang Jakarta, analisis hidrologi sangat penting untuk memahami bagaimana perubahan tata guna lahan mempengaruhi aliran air di daerah tersebut. Ini melibatkan studi tentang bagaimana urbanisasi dan pembangunan di ketiga wilayah tersebut mengubah karakteristik limpasan permukaan dan infiltrasi air ke dalam tanah, yang pada gilirannya mempengaruhi aliran Sungai Ciliwung.

1.5.1. Curah Hujan Daerah Curah hujan daerah biasanya diukur menggunakan jaringan stasiun pengukur hujan yang tersebar di seluruh wilayah. Data dari stasiun-stasiun ini kemudian dianalisis menggunakan metode seperti Poligon Thiessen, Isohyet, atau Rata-rata Aritmatik untuk mendapatkan estimasi curah hujan yang mewakili seluruh daerah. Untuk kajian ini, perlu dilakukan analisis curah hujan daerah di wilayah Cawang, Jakarta Timur. Untuk memahami pola curah hujan di DAS Ciliwung yang berdampak pada wilayah ini secara lebih baik, perlu dilakukan pengumpulan dan analisis data dari stasiun-stasiun terdekat. Informasi maksimum curah hujan rata-rata digunakan untuk menentukan debit banjir rencana. Pada Tabel 2.1. menurut Suripin (2004) menyajikan langkah-langkah dalam menghitung curah hujan regional atau curah hujan rata-rata terstandarisasi berdasarkan Daerah Aliran Sungai (DAS):

- 7 10 23 Metode Isohyet Isohyet adalah teknik perhitungan curah hujan rata-rata di suatu wilayah dengan menggunakan garis isohyetal, yaitu garis yang menghubungkan titik-titik dengan intensitas curah hujan dalam periode tertentu. Pendekatan ini digunakan untuk mengidentifikasi dan menggambarkan pola distribusi curah hujan di suatu sebagai dasar pemetaan curah hujannya. 26 Metode ini memanfaatkan rata-rata kedalaman curah hujan dan garis kontur di dalam Daerah Aliran Sungai (DAS).
2. Metode Theissen Metode Theissen digunakan untuk mengevaluasi bagaimana setiap titik pengukuran hujan memengaruhi suatu wilayah lokal tertentu. Metode ini beroperasi di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) apabila wilayah tersebut terhubung ke titik pengukuran terdekat, yang menunjukkan bahwa curah hujan yang dihitung pada titik tersebut benar-benar mewakili wilayah tersebut. Metode ini berguna dalam situasi di mana titik-titik pengukuran hujan tersebar tidak merata di suatu wilayah, dan diperlukan minimal tiga

stasiun untuk perhitungan. Jika pengaturan stasiun hujan berubah, seperti memindahkan lokasi atau menambah stasiun baru, penting untuk membuat poligon baru (Triatmodjo, 2008). Pendekatan ini melibatkan penggambaran poligon yang menghubungkan lokasi pengukuran curah hujan dalam suatu wilayah DAS. Untuk menemukan intensitas curah hujan rata-rata suatu wilayah, ukuran setiap poligon dikalikan dengan intensitas curah hujan keseluruhan, kemudian hasilnya dibagi dengan luas total DAS.

3. Metode Rata-rata Aljabar / Aritmatik Tahapan ini dilakukan dengan menjumlahkan curah hujan yang tercatat oleh semua stasiun pengukuran dalam jangka waktu tertentu, kemudian membagi total tersebut dengan jumlah stasiun. Pendekatan ini paling efektif di wilayah dataran yang memiliki banyak stasiun pengukuran curah hujan dan menunjukkan distribusi curah hujan yang merata.

Berikut persamaan untuk pendekatan aritmatika : 1.5.2. Pengisian Data Curah Hujan Kosong Perhitungan analisis hidrologi membutuhkan data curah hujan tahunan untuk menjamin perencanaan (SNI 2415: 2016) yang realistis dan akurat. Data curah hujan dikumpulkan dari sejumlah stasiun hujan untuk memastikan distribusi curah hujan di suatu daerah tangkapan air. Tempat-tempat ini seringkali kekurangan informasi tentang curah hujan.

1 Ketidadaan data curah hujan ini disebabkan oleh alat pencatat curah hujan yang tidak memadai dan rusak, serta kelalaian dari pihak yang mencatat curah hujan. Prosedur pengisian data curah hujan yang hilang dengan metode pendekatan :

1. Hitung data curah hujan rata-rata dari stasiun hujan terdekat dengan stasiun yang hilang untuk memasukkan data curah hujan yang hilang. Jika selisih rata-rata curah hujan tahunan kurang dari 10%, hal ini dimungkinkan.
2. Tentukan faktor pembobotan menggunakan rasio curah hujan tahunan. Rumus berikut digunakan:

1.5.3. Analisis Frekuensi Analisis frekuensi adalah teknik yang digunakan untuk menentukan probabilitas kejadian hidrologi, seperti debit atau curah hujan rencana. Pendekatan ini berfokus pada hubungan antara kejadian ekstrem dan frekuensi kejadian. Dengan melakukan analisis frekuensi, kita dapat memperkirakan besarmua kejadian dalam interval 10, 100, dan 1.000 tahun, dan memprediksi potensi

terjadinya banjir dalam jangka waktu tertentu. Data yang digunakan dalam metode ini terdiri dari debit atau curah hujan tahunan maksimum yang tercatat. (SNI 2415: 2016) Berikut adalah langkah-langkah yang membentuk proses analisis frekuensi: A **1 16 27** Parameter Statistik Hujan Langkah-langkah untuk menentukan analisis frekuensi mencakup lima parameter yaitu nilai rata-rata, standar deviasi, kemiringan, koefisien variasi, dan koefisien kurtosis. B. Pemilihan Jenis Sebaran Tahapan selanjutnya dalam pemeriksaan parameter statistik adalah pemilihan jenis distribusi. Standar pemilihan jenis distribusi disajikan pada Tabel 2.3 (SNI 2415, 2016). C. Pemeriksaan Uji Distribusi Frekuensi Uji kesesuaian distribusi frekuensi adalah langkah penting dalam analisis frekuensi hidrologi. Tujuannya adalah untuk menentukan apakah distribusi probabilitas tertentu (seperti Normal, Log-normal, Gumbel, atau Pearson Tipe III) cocok dengan data curah hujan yang diamati. Metode yang umum digunakan untuk uji kesesuaian ini termasuk uji Chi-kuadrat dan uji Kolmogorov- Smirnov. Hasil dari uji ini membantu dalam pemilihan distribusi yang paling tepat untuk memprediksi kejadian curah hujan ekstrem di masa depan. 1. Metode Normal Distribusi Gaussian juga disebut sebagai metode tipikal atau distribusi normal. Teknik ini digunakan dalam hidrologi untuk mengkaji frekuensi hujan, evaluasi statistik pola hujan (SNI 2415: 2016) tahunan, dan perhitungan debit tahunan rata-rata. **1** 2. Metode Log Normal Metode log-normal mengubah distribusi reguler dengan mengambil logaritma dari variabel probabilitas kumulatif. Distribusi log-normal ini digunakan ketika hasil variabel acak tidak menunjukkan pola seperti gelombang. **56** Rumus yang digunakan dalam teknik ini diberikan di bawah ini: 3. Metode Gumbel Distribusi Gumbel adalah cara untuk menghitung nilai tertinggi dalam analisis data, seperti mempelajari seberapa sering banjir terjadi atau mengamati kejadian curah hujan tertentu. Berikut persamaan yang digunakan untuk metode Gumbel. Hubungan variabel periode ulang  $T$  dengan  $Y_t$  dapat ditemukan dengan persamaan: 4. Metode Log Pearson III Distribusi ini digunakan untuk menganalisis data banjir maksimum dan minimum yang mencakup nilai-nilai ekstrem. Distribusi Log Pearson III merupakan modifikasi dari

distribusi Pearson III, yang dibuat dengan mengubah variabel menjadi representasi logaritmiknya. Metode Log Pearson III terdiri dari langkah-langkah berikut : a. Mengubah data hujan harian maksimum kedalam harga logaritmanya. (Kementerian PUPR, 2005) b. Menghitung persamaan harga rata-rata c. Menghitung nilai standar deviasi ( S d ) d. Menghitung keofisien kemencengan (Cs) e. Menghitung nilai curah hujan rencana f. Menghitung nilai koefisien kurtosis g. Menghitung koefisien variasi h. Menghitung nilai ekstrem i. Mencari nilai antilog dari log X untuk menetapkan besarnya debit rencana yang diinginkan. D. Pengujian Kecocokan Fungsi Distribusi Saat memilih fungsi distribusi dapat diuji kecocokan menggunakan metode pengujian dan confidence interval (interval kepercayaan). Metode pengujian yang digunakan meliputi: 1. Uji Cara Grafis Uji cara grafis atau lebih dikenal plotting data dilakukan pada kertas probabilitas dengan mengurutkan data curah hujan terbesar hingga terkecil atau sebaliknya yang ditempatkan sebagai sumbu koordinat, sedangkan probabilitas sebagai sumbu axisnya. **19** Pengujian ini dibutuhkan untuk mengetahui jarak titik curah hujan dengan garis linier teoritis berdasarkan pada sumbu x sehingga didapatkan nilai probabilitasnya. Persamaan dalam plotting data sebagai berikut: 2. **10 20 34** Uji Smirnov – Kolmogorov Uji Smirnov-Kolmogorov, yang sering digunakan sebagai uji kesesuaian non- parametrik, tidak bergantung pada distribusi statistik tertentu. Sebaliknya, uji ini mengamati bagaimana data digambarkan pada plot probabilitas. Uji ini mengidentifikasi perbedaan vertikal terbesar antara titik data riil untuk sampel dan distribusi prediksi. Berikut tahapan pengujian Smirnov – Kolmogorov: - Pertama, susun data dari terkecil sampai terbesar ataupun sebaliknya dari data – data yang tersedia. - Selanjutnya, tentukan persamaan untuk distribusi probabilitas. (SNI 2415: 2016) - Kemudian, bandingkan kedua hasil untuk menemukan selisih antara distribusi probabilitas teramati dan nilai probabilitas teoritis. - Terakhir, nilai D maksimum harus lebih kecil dari nilai D kritis. **4 7 25** 3. Uji Chi – Square Uji Chi-Square adalah teknik yang digunakan untuk menentukan apakah rumus distribusi probabilitas yang dipilih secara

tepat merepresentasikan distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Uji ini mengevaluasi selisih antara frekuensi observasi dan teoritis antisipasi suatu distribusi. Menurut uji Chi - Chi-Square didasarkan pada persamaan berikut:

1.5.4. Intensitas Curah Hujan Besaran curah hujan yang turun memiliki satuan dalam milimeter per jam (mm/jam) yang disebut intensitas.

Intensitas merupakan aspek penting dalam perencanaan sistem pengendalian banjir dan drainase.

7 50 Intensitas curah hujan dapat berubah tergantung pada frekuensi dan lamanya hujan.

38 Kurva Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF) biasanya menunjukkan hubungan antara intensitas curah hujan dengan durasi dan frekuensinya. Kurva ini sangat

berguna untuk perencanaan struktur yang dapat menangani berbagai kondisi curah hujan. Menurut Suripin (2004 menyatakan bahwa untuk membuat kurva IDF, diperlukan informasi curah (SNI 2415: 2016) hujan jangka pendek

dengan durasi 5, 10, dan 30 menit, dan informasi ini hanya dapat

diperoleh di tempat-tempat yang memiliki alat penakar hujan otomatis. Rumus

intensitas adalah sebagai berikut (SNI 2415, 2016): 1.5.5. Kalibrasi Model

Kalibrasi model merupakan proses penyesuaian hasil model dengan kondisi eksisting di lapangan. Hasil kalibrasi yang baik akan menghasilkan hubungan

yang kuat antara debit hasil observasi dengan hasil pemodelan, tentunya

hal ini bisa diterapkan pada DAS yang memiliki karakteristik sama . Untuk melakukan

kalibrasi dapat menggunakan uji model Nash Sutcliffe Efficiency (NSE). Nilai koefisien

NSE berkisaran  $-\infty$  hingga 1. Apabila nilai kalibrasi mendekati 1 maka

dapat diartikan hasil model sangat mirip dengan kondisi eksisting. Berikut

persamaan uji model NSE: 1.5.6. Debit Banjir Rencana Debit banjir

rancangan mengacu pada estimasi aliran puncak tertinggi yang dapat terjadi

di sungai atau saluran selama periode ulang tertentu. Estimasi ini

penting untuk pembangunan struktur hidrolik seperti bendungan, sistem

drainase, dan jembatan. Berbagai pendekatan digunakan untuk menghitung

(Hendratta & Kandey, 2022) debit banjir rancangan, termasuk pemeriksaan

data aliran sebelumnya, metode rasional untuk DAS yang lebih kecil, dan

metode hidrograf satuan untuk DAS yang lebih besar. Elemen-elemen yang

memengaruhi debit banjir rancangan meliputi karakteristik DAS, pola

penggunaan lahan, dan tingkat intensitas curah hujan. Untuk menentukan banjir rancangan, dua kategori data dapat digunakan yaitu informasi debit dan angka curah hujan. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) berfungsi sebagai alat untuk menganalisis informasi curah hujan. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) adalah teknik untuk memperkirakan prinsip hidrograf satuan dalam skenario rancangan di mana pengukuran langsung hidrograf banjir tidak tersedia. Proses perhitungan HSS mencakup beberapa komponen: a. Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu Teknik Nakayasu HSS membutuhkan berbagai faktor yang memengaruhi debit air saat banjir, termasuk ukuran daerah aliran sungai (DAS), panjang sungai, debit aliran, dan curah hujan tertinggi dalam periode 24 jam. Di Indonesia, curah hujan harian terberat biasanya terjadi setelah sekitar 6 jam. Nakayasu HSS ditentukan menggunakan grafik yang menunjukkan hubungan antara waktu dan debit air tertinggi. Grafik ini direpresentasikan oleh persamaan di bawah ini: b. Hidrograf Satuan Sintesis Snyder Perhitungan HSS Snyder melibatkan rumus empiris dan koefisien yang menggambarkan karakteristik elemen hidrograf dalam DAS. **5** Berikut adalah rumus untuk persamaan HSS Snyder . c. Hidrograf Satuan Sintesis Soil Conservation Service (SCS) HSS SCS merupakan penjelasan terkait perbandingan debit ( $q$ ) terhadap puncak ( $q_p$ ), dengan waktu ( $t$ ) terhadap waktu naik ( $T_p$ ). Berikut persamaan dari metode HSS SCS. d. Hidrograf Satuan Sintetis Setelah perhitungan debit banjir unit HSS, maka dilanjutkan dengan melakukan perhitungan total debit banjir di setiap jamnya. Berikut persamaan untuk total debit banjir. 1.7.6. Kala Ulang Setiap fasilitas air memerlukan penilaian dan perhitungan hidrologi. Periode pembangunan kolam retensi dipengaruhi oleh ukuran dan jenis daerah tangkapan air, dengan mengandalkan informasi curah hujan berkelanjutan setidaknya selama satu dekade, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.4. 1.6. **17** Analisis Hidrolika dengan Aplikasi EPA SWMM SWMM singkatan dari Storm Water Management Model adalah program yang meniru curah hujan untuk memprediksi jumlah air yang mengalir di perkotaan dan kualitasnya. Program ini juga dapat mensimulasikan aliran air, pengelolaan air, dan tingkat kebersihan air. Alat ini

mengambil informasi curah hujan dari lokasi tertentu, mengubahnya menjadi limpasan air permukaan, dan memantau pergerakan air ini melalui saluran. SWMM sangat cocok untuk memodelkan aliran air dalam sistem drainase perkotaan. SWMM menghitung jumlah dan kualitas limpasan air di setiap wilayah drainase, termasuk jumlah air yang mengalir keluar, kedalaman, kecepatan air, dan faktor-faktor lain di setiap saluran selama jangka waktu tertentu. Berikut adalah deskripsi komponen-komponen yang terdapat dalam program SWMM EPA:

- a. Rain Gage Rain gage atau alat ukur curah hujan digunakan untuk menampilkan data yang dimasukkan ke dalam sistem. Alat ukur curah hujan memberikan informasi tentang curah hujan di satu atau beberapa wilayah yang lebih kecil dalam studi regional yang lebih luas. Informasi curah hujan ini biasanya menyajikan urutan yang menunjukkan bagaimana curah hujan bervariasi dari waktu ke waktu.
- b. **12 Subcatchment**  
Sub-DAS adalah unit hidrologi di permukaan lahan dengan topografi dan komponen sistem drainase internal yang mengarahkan limpasan permukaan menuju satu titik keluar. Sub-DAS adalah unit hidrologi lahan yang topografi dan komponen sistem drainasenya mengarahkan limpasan permukaan ke satu titik pembuangan.
- c. Junction Junction atau persimpangan berfungsi sebagai penghubung atau simpul dalam jaringan drainase air tempat berbagai saluran bertemu. Persimpangan ini dapat menunjukkan titik persimpangan saluran air permukaan alami, lokasi lubang drainase, atau titik sambungan pipa. Air yang masuk ke jaringan drainase harus melewati persimpangan ini. Jika terdapat terlalu banyak air di persimpangan ini, dapat menyebabkan luapan, yang mengakibatkan apa yang disebut banjir lokal.
- d. Outfall Saluran pembuangan atau outfall adalah titik terakhir dari sistem drainase kota dan biasanya merujuk pada titik keluar air dari suatu area tertentu. Saluran pembuangan juga memberikan informasi penting mengenai kondisi di hilir. Saluran pembuangan berfungsi sebagai tempat penyimpanan air yang terkumpul dalam sistem drainase, yang kemudian dilepaskan dan diarahkan ke badan air yang lebih besar seperti sungai, danau, atau laut.
- e. Flow Divider Pembagi aliran adalah komponen sistem drainase yang mengarahkan air masuk



ke saluran tertentu dalam batasan atau kondisi tertentu. Pembagi aliran hanya dapat memiliki dua titik keluaran. Terdapat empat kategori pembagi aliran, yang diklasifikasikan berdasarkan metode pembagian alirannya: - Cutoff Divider atau pembagi batas adalah perangkat yang memisahkan aliran berdasarkan kuantitas tertentu. - Overflow Divider atau pembagi limpahan adalah struktur yang memisahkan aliran berdasarkan kapasitas tertinggi saluran primer. Jika saluran primer melebihi kapasitas tertingginya, aliran akan langsung terbagi. - Tabular Divider atau pembagi tabular, yang menggunakan tabel untuk merepresentasikan aliran yang dialihkan sebagai fungsi dari aliran masuk keseluruhan. - Weir Divider atau pembagi bendung adalah perangkat yang memisahkan aliran dengan memanfaatkan persamaan bendung atau tekukan untuk mengukur aliran yang dialihkan. f. Storage Unit Storage Unit atau unit penyimpanan adalah sistem drainase yang memiliki kapasitas penyimpanan. Dari segi bentuk fisiknya, unit ini menyerupai waduk, danau, atau fasilitas penyimpanan seperti kolam retensi. Dalam sistem drainase, tujuan utama unit penyimpanan adalah untuk menahan dan menunda puncak banjir. Waduk dapat menampung aliran masuk (limpasan permukaan) dan kemudian mengalirkannya ke dalam sistem dalam jumlah yang lebih kecil dalam jangka waktu yang lebih lama. g. Conduit Saluran air mengacu pada struktur yang berfungsi sebagai jalur, baik berupa saluran terbuka maupun pipa, yang mengalirkan air dari satu lokasi ke lokasi lain dalam jaringan drainase. Bentuk penampang saluran dapat dipilih dari berbagai desain untuk saluran buatan atau dapat ditentukan oleh pengguna untuk sungai dan anak sungai alami.

1.7. Penelitian Terdahulu Tabel 3.

1 Penelitian Terdahulu Berdasarkan gap penelitian dapat disimpulkan bahwa kolam retensi merupakan solusi yang efektif dan efisien untuk mitigasi bencana banjir, terutama jika dirancang dan dianalisis dengan metode pemodelan hidrologi dan hidraulika yang tepat. Kolam retensi ini tidak hanya mengurangi debit air, tetapi juga memberikan manfaat dalam pengendalian tata ruang kota yang lebih adaptif terhadap risiko banjir dimasa depan.

3.1. Objek Penelitian Wilayah kajian terdapat di Daerah

Aliran Sungai (DAS) Ciliwung pada kawasan Cawang, khususnya di pemukiman warga yang berada di Jalan Tanjung Sanyang, Kecamatan Kramat Jati, Jakarta Timur, DKI Jakarta. Tujuan penelitian ini untuk menentukan kinerja kolam retensi yang direncanakan sebagai strategi penanggulangan banjir. Pada penelitian ini digunakan enam titik stasiun hujan, yaitu Stasiun Hujan Citeko, Stasiun Hujan Cawang, Stasiun Hujan Gadog, Stasiun Hujan Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Stasiun Hujan Cibinong, dan Stasiun Hujan Gunung Mas.

### 3.2. Variabel Penelitian

Variabel penelitian mencakup semua elemen yang diidentifikasi oleh peneliti untuk dikaji guna mengumpulkan informasi dan mencapai kesimpulan. Variabel yang digunakan pada penelitian ini merupakan informasi mendukung penerapan dan efektivitas kolam retensi di sepanjang Sungai Ciliwung untuk wilayah Cawang, Jakarta Timur yang terdampak banjir. Beberapa komponen utama yang menjadi fokus analisis penelitian ini meliputi kajian hidrologi, yang meliputi periode ulang debit banjir dan kapasitas tampung kolam retensi.

### 3.3. Pengumpulan Data

Data primer dan sekunder merupakan dua kategori data yang dibutuhkan untuk penelitian. Data yang digunakan dan cara pengumpulannya dijelaskan di bawah ini.

#### A. Data Primer

Data primer mengacu pada informasi yang dikumpulkan peneliti secara langsung dari orang-orang yang terlibat dalam subjek tertentu. Biasanya, informasi ini dikumpulkan melalui wawancara, kuesioner, eksperimen, dan observasi langsung. Data primer yang dikumpulkan meliputi:

1. Observasi Observasi melibatkan pengumpulan informasi melalui pengamatan langsung di lingkungan yang diteliti. Dalam penelitian ini, observasi akan dilakukan melalui survei lokal, dokumentasi, dan pencatatan kondisi yang ada di wilayah penelitian.
2. Wawancara Wawancara merupakan metode pengumpulan data melalui interaksi lisan untuk mengumpulkan wawasan dan informasi. Dalam penelitian ini, wawancara dilakukan dengan masyarakat di wilayah Cawang mengenai seringnya banjir yang melanda wilayah tersebut.

#### B. Data Sekunder

Data sekunder adalah informasi yang sudah ada dan dikumpulkan dari sumber lain untuk digunakan dalam penelitian. Jenis data ini dapat berasal dari berbagai sumber seperti jurnal, catatan sensus, artikel, publikasi pemerintah, e-book, dan lain-lain.

- 1.

Peta topografi Peta topografi menggambarkan tata letak permukaan bumi, menunjukkan fitur-fitur seperti ketinggian, sudut, dan bentuk. Peta-peta ini memiliki garis dan berbagai warna untuk mewakili berbagai ketinggian. Dalam penelitian ini, peta dibuat menggunakan Digital Elevation Model (DEM). 2.

Data curah hujan Data curah hujan mengukur banyaknya air hujan yang jatuh di permukaan tanah, dicatat dalam satuan milimeter (mm). 48 Data ini dihitung berdasarkan asumsi bahwa hujan tidak menguap, meresap ke dalam tanah, atau mengalir. 3 46

Dalam penelitian ini, data curah hujan bersumber dari Badan

Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). 3 3. Potongan Melintang dan

Memanjang Sungai Informasi mengenai penampang sungai dan penampang memanjang dapat diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung-Cisadane (BBWS)

dengan menggunakan DEM Nasional untuk penyesuaian penampang melintang dan penampang memanjang.

Bagian ini memberikan tampilan samping sungai untuk menunjukkan ketinggian

dari suatu jarak. 3.4. Pengolahan Data Pengelolaan data melibatkan konversi data lapangan yang dikumpulkan dari alat pengumpulan data menjadi informasi yang jelas dan bermakna, baik dalam bentuk kualitatif maupun kuantitatif, yang memungkinkan penarikan kesimpulan dari temuan penelitian. Langkah ini

penting dalam penelitian untuk menciptakan desain kolam retensi yang andal

dan seragam. Langkah-langkah selanjutnya untuk memproses data dalam

perencanaan kolam retensi adalah sebagai berikut: 3.4.1. Menentukan Daerah

Aliran Sungai (DAS) Langkah pertama adalah mengidentifikasi Daerah Aliran

Sungai (DAS) dengan mengunduh Peta Digital Elevation Model (DEM) dari

situs resmi tanahair.indonesia.go.id . 1. Menentukan Karakteristik DAS A.

Input sub-DAS berdasarkan DEMNAS Sub-DAS tersebut bersumber dari Badan

Perencanaan Pembangunan Nasional (DEMNAS) yang dapat ditemukan di situs web

tanahair.indonesia.go.id. Sub-DAS tersebut memberikan informasi tentang

topografi, dan banyak sub-DAS dapat dikenali secara otomatis. Pemilihan

Daerah Aliran Sungai (DAS) untuk penelitian ini dilakukan menggunakan

perangkat lunak Sistem Informasi Geografis Kuantum (QGIS) versi 3.20.0. B.

Tracing alur Sungai Ciliwung Langkah selanjutnya adalah menelusuri alur

sungai. Dimana pada langkah ini dapat menggunakan fitur quick map service

atau opsi layanan peta cepat di bagian menu open street map untuk melihat aliran sungai. Untuk melakukan penelusuran, gunakan fitur edit – add line feature seperti gambar dibawah ini. C. Menentukan Daerah Aliran Sungai (DAS) Untuk mengidentifikasi DAS Ciliwung yang akan diteliti, sub-DAS yang bukan bagian dari penelusuran aliran Sungai Ciliwung dikecualikan. Berdasarkan hasil penelusuran, aliran sungai dan anak-anak sungainya dapat digabungkan menggunakan fitur dissolve di QGIS, seperti yang diilustrasikan pada gambar di bawah ini. D. Membuat Polygon Cari lokasi area yang ingin Anda temukan dengan membuka program Google Earth Pro di situs web. Seperti yang terlihat pada Gambar 3.5, pilih opsi "Tambahkan Poligon" dari bilah menu. E. Setting Polygon Setelah itu, Anda dapat melanjutkan dengan menguraikan bentuk wilayah yang ingin Anda hitung luasnya, lalu pilih warna untuk membedakan berbagai area yang sedang diselidiki. F. Hasil Luas Area Selanjutnya untuk mengetahui luas wilayahnya, dapat memilih bentuk yang telah dibuat, maka akan diperoleh hasil pengukuran luas wilayah Cawang yaitu 107.971,95 m<sup>2</sup> atau 0.11 km<sup>2</sup> seperti pada (Gambar 3.7).

## 2. Analisis Rasio Pengaruh Stasiun Hujan terhadap DAS Ciliwung

### A. Penentuan Titik Stasiun Hujan dan Pengaruh Metode Poligon Thiessen

Dalam memilih stasiun hujan yang mempengaruhi suatu DAS dapat dilihat dari stasiun hujan yang terletak tidak jauh dari DAS tersebut. Penentuan titik lokasi stasiun hujan merupakan bagian penting untuk memastikan data curah hujan yang di dapat menggambarkan distribusi hujan di suatu wilayah. Dalam aplikasi QGIS, untuk mengidentifikasi lokasi stasiun curah hujan dapat menggunakan add point feature pada menu. Setelah mengidentifikasi titik-titik tersebut, metode Poligon Thissen dapat digunakan untuk memastikan tingkat dampak pada setiap stasiun curah hujan. Fitur Poligon Thiessen ini berada di bagian menu – vector – geometry tools – voronoi polygon . Selanjutnya pada bagian buffer region masukkan nilai hingga Poligon Thissen mencakup seluruh wilayah DAS. B. Rasio Pengaruh Stasiun Hujan terhadap DAS Dengan membandingkan luas wilayah yang dicakup oleh setiap stasiun curah hujan dengan luas keseluruhan Daerah

Aliran Sungai (DAS), rasio pengaruh stasiun curah hujan dapat dinilai. Hal ini dapat dilakukan di QGIS dengan menggunakan menu open attribute table pada layer DAS – open calculator , dan masukkan rumus “\$area ”. Curah hujan di suatu wilayah kemudian dapat ditentukan menggunakan rasio pengaruh stasiun curah hujan yang dihasilkan.

3. Menentukan Tutupan Lahan DAS Ciliwung

A. Mengunduh Shapefile Tutupan Lahan Untuk memahami tutupan lahan di Daerah Aliran Sungai Ciliwung, Anda memerlukan shapefile tutupan lahan (SHP), yang dapat diunduh dari situs web Geospasial Indonesia. Shapefile berfungsi sebagai alat yang berharga untuk menganalisis dan melacak transformasi perkotaan, serta memprediksi perubahan lanskap di masa mendatang. Berkas-berkas ini selanjutnya dapat digunakan dalam QGIS.

B. Melihat Tutupan Lahan untuk DAS Ciliwung Penelitian ini memanfaatkan informasi tentang penggunaan lahan dari dua wilayah: Jawa Barat dan Jakarta. Jelas bahwa kedua wilayah ini memiliki dampak yang signifikan terhadap tutupan lahan di Daerah Aliran Sungai Ciliwung. Berkas .shp menyimpan sejumlah besar data tutupan lahan yang terletak di luar Daerah Aliran Sungai Ciliwung. Untuk mengidentifikasi tutupan lahan yang dibutuhkan di Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat menggunakan menu Vector – Geoprocessing Tools - Clip kemudian pada bagian input layer pilih Layer Buid Virtual sedangkan Shapefile bentuk DAS sebagai Mask Layer .

C. Membuat Jenis Tutupan Lahan Tutupan lahan hadir dalam berbagai bentuk, seperti hutan, sawah, ruang terbuka, semak belukar, dan banyak lagi. Dalam software QGIS 3.20, menu yang digunakan yaitu SCP – Dock Panel – Create a ROI Polygon dengan menggunakan plugin Semi Automatic Classification. Dengan bantuan ROI Polygon jenis tutupan lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat dipilih dan dilihat. Langkah selanjutnya menggunakan menu SCP – Hand Processing – Classification – Use MC IC – Run untuk memastikan jenis tutupan lahan di DAS Ciliwung.

D. Mengetahui Koefisien Tutupan Lahan Aliran Permukaan Setelah mengidentifikasi berbagai jenis tutupan lahan yang diilustrasikan pada Gambar 4.11, luas setiap kategori tutupan lahan dapat dihitung. Luas setiap tutupan lahan dapat ditentukan



dengan menggunakan opsi QGIS ROI - Calculator - \$area. Luas yang dihitung untuk setiap tutupan lahan kemudian dianalisis untuk menentukan koefisien limpasan permukaan. Informasi ini disajikan pada Tabel 4.4.

3.4.2. Menentukan Curah Hujan Maksimum Harian Langkah selanjutnya adalah menentukan curah hujan rancangan. Untuk menemukannya, kita memerlukan informasi curah hujan harian tertinggi terlebih dahulu. Proses ini dilakukan untuk menghitung curah hujan selama 25, 50, dan 100 tahun. Informasi ini digunakan untuk menilai aliran air dalam studi EPA SWMM.

3.4.3. Pengolahan Data Parameter Statistik Tahap ini digunakan untuk mengidentifikasi parameter statistik. Hasil perhitungan ini menghasilkan informasi curah hujan maksimum berdasarkan jenis distribusinya. 3 14 16 17 20 26 28 29 32

45 Jenis distribusi yang digunakan meliputi Normal, Gumbel, Log Normal, dan Log Pearson Tipe III. Rumus 2.5 hingga 2.9 dapat digunakan dalam

pengujian ini. 3.4.4. Menentukan Uji Kecocokan Sebaran Uji kesesuaian distribusi digunakan untuk mengevaluasi data dari hasil uji sebelumnya. Uji kesesuaian distribusi dalam analisis hidrologi dibagi menjadi tiga kategori: Uji Chi-Square, Uji Grafis, dan Uji Smirnov-Kolmogorov. Uji ini dapat menggunakan rumus 2.22 hingga 2.25. Uji Smirnov-Kolmogorov digunakan dalam studi ini untuk melakukan uji kesesuaian distribusi karena mudah digunakan dan dipahami. Kita dapat menggunakan Uji Smirnov untuk menentukan jenis distribusi yang paling sesuai dengan data hidrologi. 3.4.5. Perhitungan Data Intensitas Hujan Tahap perhitungan data intensitas curah hujan dilakukan untuk menentukan debit banjir yang diantisipasi. Penelitian ini menggunakan teknik Mononobe. Rumus untuk metode Mononobe disajikan pada Persamaan 2.25. 3.4

3 6. Perhitungan Data Debit Banjir Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui besaran kapasitas kolam retensi yang dibangun. Terdapat beberapa metode untuk mencari data debit banjir seperti HSS Snyder, HSS SCS, HSS

Nakayasu, Rasional, dan lain sebagainya. 8 51 Pada tahapan ini menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu. 3.4.7. Pengolahan Data Analisis Hidrolika dengan EPA SWMM Setelah informasi debit yang diharapkan terkumpul, informasi tersebut akan dianalisis menggunakan perangkat lunak EPA

SWMM. Informasi yang dibutuhkan untuk mengevaluasi kinerja kolam retensi terdiri dari data debit banjir untuk periode 25, 50, dan 100 tahun.

Perangkat lunak EPA SWMM digunakan untuk memeriksa kolam retensi dan debit banjir untuk periode-periode tersebut.

A. Memasukkan Backdrop Langkah awal dalam pemodelan yaitu memasukkan backdrop dengan memilih simbol view lalu pilih backdrop kemudian pilih gambar yang didapatkan dari Google Earth Pro dan klik Load . Hasil input backdrop dapat dilihat pada Gambar 3.11.

B. Membuat Objek Rain Gage Informasi curah hujan dari satu atau lebih sub-DAS dicatat menggunakan alat ukur hujan di EPA SWMM. Letakkan alat ukur hujan di luar sub- DAS dengan mengeklik ikon alat ukur hujan yang berbentuk awan. Dua alat ukur hujan digunakan dalam penelitian ini, satu di persimpangan dan satu di sub-DAS. Setelah objek rain gage ditambahkan, langkah selanjutnya adalah memasukkan informasi ke dalam section time series dengan memasukkan hasil perhitungan intensitas hujan yang ditunjukkan pada Tabel 4.18 sesuai periode ulang 25, 50, dan 100 tahun.

C. Membuat Objek Subcatchment Tindakan selanjutnya adalah membentuk objek sub-DAS dengan memilih ikon sub-DAS, lalu menggambar poligon yang membatasi wilayah yang diinginkan. Dalam penelitian ini, terdapat total 43 sub-DAS. Hasil dari pembuatan sub-DAS dapat dilihat pada Gambar 3.13, yang menunjukkan sub-DAS dalam EPA SWMM 5.2.

D. Membuat Model Jaringan  $\boxtimes$  Junction dan Outfalls Model jaringan yang perlu dikembangkan adalah yaitu junction . Junction adalah titik pertemuan atau koneksi beberapa saluran ( conduit ). Dalam sistem drainase, junction dapat menandakan lokasi pertemuan saluran permukaan, titik masuk, atau titik pembuangan sistem. Oufall merupakan titik Titik pembuangan berfungsi sebagai titik akhir dalam sistem drainase. Objek junction dengan memilih ikon persimpangan dari menu dan menempatkannya di titik pertemuan saluran dalam model sub-DAS. Titik pembuangan terletak di lokasi pembuangan akhir. Hasil simulasi persimpangan dan titik pembuangan ditampilkan pada Gambar 3.15.  $\boxtimes$  Conduit Model jaringan selanjutnya yaitu conduit . Conduit yaitu penghubung saluran junction ke junction lainnya atau junction ke

outfall . Untuk pemodelan conduit , klik ikon junction lalu pilih junction yang akan dihubungkan dengan junction lain ataupun dihubungkan dengan outfall yang berada di akhir model jaringan. Hasil dari model jaringan conduit bisa dilihat pada Gambar 3.17. Langkah selanjutnya adalah mengisi item saluran dengan data, seperti bentuk saluran, kedalaman maksimum, panjang saluran, dan kekerasan saluran atau koefisien Manning. Koefisien Manning yang digunakan adalah 0,015. Hasil input data saluran ditampilkan pada Gambar 3.18. E. Membuat Storage Unit (Kolam Retensi)

Desain jaringan akhir mencakup pembentukan kolam retensi untuk membantu pengendalian banjir di lokasi studi. Untuk menyiapkan model unit penyimpanan, pilih simbol unit penyimpanan dan posisikan di lahan kosong yang telah ditentukan untuk kolam retensi. Anda dapat mengamati hasil penempatan kolam retensi pada Gambar 3.19.

### 3.5. Diagram Alir Penelitian

#### 4.1. Penyajian Data

##### 4.1.1 Survei Lapangan dan Wawancara

Survei lapangan dan wawancara ini dilakukan oleh peneliti untuk melihat kondisi eksisting secara langsung serta mengetahui kedalaman banjir, titik banjir berdasarkan keterangan warga setempat. Objek Lokasi penelitian ini berada di daerah Cawang khususnya di Jalan Tanjung Sanyang yang berdekatan dengan Sungai Ciliwung. Survei ini dilaksanakan pada Kamis, 05 Desember 2024. Pada Gambar 4.3 menunjukkan gambar citra satelit dari lokasi penelitian yang berlokasi di kawasan pemukiman padat penduduk dengan dikelilingi aliran sungai ciliwung. Sungai Ciliwung dikenal sebagai salah satu sungai yang rawan banjir, khususnya saat musim hujan, sehingga memiliki dampak negatif terhadap kehidupan warga di sekitar bantaran sungai.

##### 4.1.2 Ketersediaan Data Hujan

Dalam melakukan analisis hidrologi tentunya memerlukan data hujan. Pemilihan data curah hujan harus mempertimbangkan posisi stasiun hujan yang relevan terhadap system aliran sungai ciliwung. Pada penelitian ini data hujan yang dibutuhkan yaitu, Stasiun Hujan Cawang, Stasiun Hujan Cibinong, Stasiun Hujan Citeko, Stasiun Hujan Gunung Mas, Stasiun Hujan Gadog, dan Stasiun Hujan Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Untuk ketersediaan data pada stasiun hujan menggunakan tahun 2014 – 2023 dapa

t dilihat pada Tabel 4.2. 4.2. Analisis Hidrologi Mitigasi banjir

memerlukan analisis hidrologi sebagai tahap awal yang bertujuan untuk memahami pola hidrologi di wilayah DAS, memperkirakan debit banjir sesuai periode ulang, dan menyusun rencana pengelolaan sumber daya air. 4.2.1

Curah Hujan Harian Maksimum Langkah awal dalam analisis hidrologi yaitu mengidentifikasi curah hujan maksimum dari setiap stasiun hujan selama

periode 10 tahun terakhir. Data curah hujan diperoleh dari BBWS

Ciliwung-Cisadane, dan data online BMKG yang dapat diakses di website

Data Online - Direktorat Data dan Komputasi BMKG. 4.2 **37** 2 Curah Hujan Kawasan

dengan Poligon Thiessen Curah hujan kawasan yang digunakan pada DAS

Ciliwung ini yaitu metode poligon thiessen. Metode ini memiliki tingkat akurasi

dan ketelitian yang baik, karena pada metode ini bisa mengetahui luas

pengaruh stasiun hujan terhadap DAS yang diteliti. Hasil perhitungan curah

hujan maksimum dilakukan perhitungan poligon thieesen lalu dapat diambil

nilai maksimum tiap tahun pada setiap stasiun. Berikut hasil perhitungan

yang terdapat pada Tabel 4.10. 4.2 **15** 3 Analisis Frekuensi Curah Hujan Periode

Ulang Analisis frekuensi dilakukan untuk memperoleh estimasi besaran curah

hujan atau debit, menentukan hujan rencana berdasarkan periode ulang dengan

pendekatan distribusi probabilitas, serta menghitung curah hujan rata-rata

yang terjadi di wilayah tangkapan air. Adapun tahapan dalam analisis frekuensi

sebagai berikut: A. Parameter Statistik Hasil dari perhitungan rata-rata

curah hujan maksimum dapat menetapkan kemungkinan terjadinya curah hujan

maksimum dalam harian, maka debit banjir rencana dapat diperhitungkan

dengan parameter statistik sebaran curah hujan awal. Penggunaan Rumus 2.5

dalam perhitungan parameter statistik bertujuan untuk memperoleh data curah

hujan berdasarkan periode ulang tertentu. Hasil perhitungan tersebut

disajikan dalam Tabel 4.11 hingga Tabel 4.12. **36** B. Pemilihan Jenis Distribusi

Setelah didapat hasil dari parameter statistik, maka selanjutnya memilih

jenis distribusi yang memenuhi syarat. Hasil dari pemilihan jenis distribusi

dapat dilihat pada Tabel 4.13. Berdasarkan pada Tabel 4.13, distribusi

Log Pearson III dinyatakan memenuhi kriteria yang dibutuhkan. **29** Dengan demikian,

distribusi frekuensi yang diterapkan dalam analisis ini adalah Log Pearson III. C. Distribusi Frekuensi Perhitungan curah hujan menggunakan distribusi frekuensi Log Pearson Tipe III untuk periode ulang 25, 50, dan 100 tahun dilakukan dengan memanfaatkan nilai  $K T$ , sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.14. Nilai koefisien kemencengan ( $C_s$ ) yang digunakan sebesar 1.2, dengan rincian perhitungannya disajikan pada Tabel 4.14. Berdasarkan hasil yang tercantum pada Tabel 4.15, tinggi curah hujan untuk periode ulang 25, 50, dan 100 tahun masing-masing sebesar 127.87 mm, 136.22 mm, dan 144.87 mm. Nilai curah hujan maksimum pada setiap periode ulang tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung intensitas hujan. D. Uji Cara Grafis Uji cara grafis yaitu persyaratan selanjutnya guna menentukan jenis distribusi. Dalam pengujian ini, kertas probabilitas digunakan untuk menempatkan nilai peluang pada sumbu X dan tinggi curah hujan pada sumbu Y. Syarat yang harus dipenuhi adalah nilai  $\Delta_{maks}$  harus lebih kecil dibandingkan dengan  $\Delta_{kritis}$ . Proses perhitungan dilakukan berdasarkan titik-titik data pada Tabel 4.16 dan garis teoritis yang terdapat pada Tabel 4.17. Nilai  $K T$  yang digunakan untuk perhitungan garis teoritis menggunakan nilai yang sama pada Tabel 4.14. Pada kertas probabilitas Log Pearson III, titik-titik hasil observasi diperoleh dari data Tabel 4.16, sementara garis teoritis diambil dari Tabel 4.17. Untuk menentukan  $\Delta_{maks}$ , dihitung selisih terbesar antara kedua komponen tersebut. Dimana syarat kelayakan terpenuhi apabila  $\Delta_{kritis}$  lebih besar daripada  $\Delta_{maks}$ . Berdasarkan jumlah data hujan tahunan yaitu 10 tahun didapatkan tingkat kepercayaan 1%  $\Delta_{kritis}$  dari Tabel 4.18 adalah 0.49. Berdasarkan hasil plotting pada Gambar 4.4, nilai  $\Delta_{maks}$  yang diperoleh sebesar 0.20 atau 20%. Nilai ini lebih kecil dibandingkan  $\Delta_{kritis}$  sebesar 0.49. Dengan demikian, distribusi Log Pearson III dinyatakan memenuhi persyaratan dan layak digunakan dalam analisis frekuensi curah hujan. E. Uji Chi-Kuadrat Uji Chi-Kuadrat digunakan untuk menguji kesesuaian jenis distribusi yang dipilih terhadap distribusi empiris yang diperoleh dari data. Pengujian ini mempunyai persyaratan bahwa nilai Chi-Kuadrat harus lebih kecil daripada

nilai Chi- Kuadrat kritis, yang diperoleh dengan mencocokkan derajat kepercayaan dan derajat kebebasan pada Tabel 4.13. Proses perhitungan mengacu pada Rumus 2.24, sedangkan nilai kritis diambil dari Tabel 4.13. Berdasarkan Tabel 4.19, dengan tingkat kepercayaan sebesar 0.01 dan nilai Chi-Kuadrat kritis diperoleh sebesar 9.21. Selanjutnya, dilakukan perhitungan Chi-Kuadrat dan hasil perhitungan disajikan pada Tabel 4.20. Hasil perhitungan Chi Kuadrat didapat sebesar 1.20. Berdasarkan Tabel 4.20 diperoleh hasil  $X^2 \leq X^2_{cr} = 1.20 \leq 9.21$ . Hal ini menunjukkan bahwa distribusi Log Pearson III telah memenuhi persyaratan dalam Uji Kuadrat, sehingga distribusi tersebut layak digunakan dalam analisis frekuensi. F. Uji Smirnov-Kolmogorov Pengujian Smirnov-Kolmogorov dilakukan dengan menyusun data curah hujan maksimum rata-rata dari terkecil hingga terbesar, kemudian menghitung selisih kumulatif maksimum ( $D_{maks}$ ). Berdasarkan hasil perhitungan yang disajikan pada Tabel 4.22, diperoleh nilai  $D_{maks} < D_{kritis} = 0.202 < 0.49$ . Dengan demikian, distribusi Log Pearson I II dinyatakan memenuhi kriteria dalam uji Smirnov-Kolmogorov.

#### 4.2.4 Intensitas Hujan Periode Ulang dan Curah Hujan Efektif Pada penelitian ini, perhitungan intensitas hujan dilakukan menggunakan metode mononobe yang dihitung berdasarkan Rumus 2.25. Hasil perhitungan intensitas hujan pada DAS Ciliwung pada periode ulang 25, 50, 100 tahun menggunakan metode momonobe dapat dilihat pada Tabel 4.23, untuk hasil dari rasio sebaran hujan dapat dilihat pada Tabel 4.24, dan untuk hasil curah hujan efektif menurut rasio distribusi dapat dilihat pada Tabel 4.25.

#### 4.2.5 Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Debit Banjir Periode Ulang Setelah memperoleh hasil perhitungan intensitas hujan periode ulang, langkah berikutnya melakukan perhitungan debit banjir menggunakan Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Nakayasu untuk kala ulang 25, 50, 100 tahun. Metode nakayasu dipilih karena dianggap sesuai dengan karakteristik hidrologi wilayah tropis seperti di Indonesia. Dibawah ini terdapat tahapan perhitungan HSS Metode Nakayasu. Dalam perhitungan debit banjir per jam, penting untuk mempertimbangkan waktu terjadinya puncak banjir. Oleh karena

itu, metode HSS Nakayasu digunakan dalam analisis ini. Hasil dari perhitungan menggunakan metode HSS Nakayasu dapat dilihat pada Tabel 4.26 hingga Tabel 4.29. Setelah diperoleh hasil perhitungan debit menggunakan hidrograf, maka bisa dilanjutkan dengan perhitungan debit sesuai dengan periode ulang 25, 50, 100 yang dapat dilihat dari Tabel 4.27 sampai 4.29 dengan grafik dari hasil HSS Nakayasu. Berdasarkan grafik HSS Nakayasu, debit banjir maksimum pada periode ulang 25 tahun sebesar 191.82 m<sup>3</sup>/det, periode ulang 50 tahun 204.33 m<sup>3</sup>/det, dan untuk periode ulang 100 tahun sebesar 217.26 m<sup>3</sup>/det.

#### 4.3. Analisis Hidrolika dengan EPA SWMM

##### 4.3.1 Kalibrasi Model Hasil simulasi pemodelan hakikatnya harus menyerupai dengan kondisi eksistingnya dengan cara melakukan kalibrasi. Dalam penelitian ini, proses kalibrasi dilakukan dengan metode Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE). Debit yang diperoleh dari simulasi SWMM akan dibandingkan dengan debit eksisting sungai yang dapat diperoleh dari situs resmi BBWS Ciliwung-Cisadane. Kalibrasi dilakukan dengan menggunakan persamaan pada Rumus 2.29. Berdasarkan Tabel 4.30 menunjukkan bahwa proses hasil kalibrasi sangat baik dengan nilai NSE sebesar 0.894. Nilai ini mengindikasikan bahwa model simulasi memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mensimulasikan kondisi eksisting. Grafik kalibrasi pada Gambar 4.6 turut memperkuat adanya hubungan kuat antara hasil simulasi dengan kondisi eksisting di lapangan. Hal ini membuktikan bahwa model yang digunakan mampu memodelkan sistem hidrologi secara representatif dan dapat diandalkan untuk keperluan analisis lebih lanjut.

##### 4.3.2 Sebelum Adanya Kolam Retensi

Pada Gambar 4.7 menunjukkan hasil simulasi dari EPA SWMM 5.2. <sup>22</sup> Berdasarkan hasil tersebut, tingkat kesalahan yang tertera pada Surface Runoff tercatat sebesar -0.05%, sementara kesalahan pada Flow Routing sebesar 0.00%. Menurut, hasil simulasi dikategorikan baik apabila tingkat kesalahan yang dihasilkan tidak melebihi 10%. Di bawah ini terdapat Gambar 4.9 yang merupakan tampilan pemodelan dengan perangkat lunak EPA SWMM 5.2. <sup>2</sup> Simulasi ini dilakukan dengan periode ulang 25, 50, serta 100 dengan intensitas hujan serta debit banjir sesuai dengan periodenya masing-masing. Berikut ini merupakan hasil

simulasi pemodelan hidrolika sebelum penerapan kolam retensi yang diperoleh melalui aplikasi EPA SWMM 5.2 dapat dilihat sebagai berikut: Berdasarkan hasil simulasi hidrolika sebelum adanya kolam retensi, didapatkan hasil debit dengan (Huber et al., 2015) periode ulang 25, 50, dan 100 tahun seperti pada Tabel 4.31. Setelah menganalisis debit sebelum kolam retensi, hasil simulasi SWMM menunjukkan debit pada outfall. Outfall merupakan titik akhir dalam sistem drainase, dimana aliran ini dibuang ke badan air lainnya, seperti sungai, danau, atau laut. Pada penelitian ini, outfall yang dikeluarkan sebelum adanya kolam retensi sebesar 71.637 juta liter atau setara dengan  $71.253 \text{ m}^3$ .

#### 4.3.3 Perencanaan Kolam Retensi, Pintu Air, dan Pompa

Pada penelitian ini kolam retensi digunakan untuk menampung debit puncak banjir yang terjadi dalam badan sungai dengan menampung banjir sementara yang terjadi di Tanjung Sanyang, sehingga dengan adanya kolam retensi diharapkan dapat menanggulangi banjir yang terjadi. Mengingat keterbatasan lahan di kawasan Cawang yang didominasi pemukiman padat, secara teknis idealnya kolam retensi dibangun di samping badan sungai. Hal ini bertujuan agar kolam tidak mengganggu aliran utama sungai dan mempermudah sistem kontrol seperti pemasangan pintu air dan pompa. Meskipun dalam kondisi eksisting lahan sangat terbatas, dalam penelitian ini diasumsikan lahan tersedia untuk perencanaan teknis, sesuai hasil penelusuran citra satelit menggunakan Google Earth Pro. Pada simulasi yang dilakukan dengan aplikasi EPA SWMM 5.2 menunjukkan terjadinya genangan air dengan  $Q_{\text{peakflooding}}$  puncak sebesar  $406.416 \text{ m}^3$  pada periode ulang 100 tahun. Untuk mengetahui kebutuhan area kolam retensi, maka dibutuhkan perencanaan kedalaman kolam terlebih dahulu. Pada penelitian ini direncanakan kedalaman kolam sedalam 5 meter, dikarenakan keterbatasan lahan di area Cawang. Berdasarkan Gambar 4.13, luas lahan yang tersedia hanya  $26.651,79 \text{ m}^2$ . Dalam pemodelan kolam retensi dengan EPA SWMM, posisi elevasi kolam dirancang lebih tinggi dibandingkan muka air sungai. Oleh karena itu, saat terjadi peningkatan debit sungai (banjir), air tidak bisa mengalir secara gravitasi ke kolam, sehingga diperlukan pompa untuk

mengalirkan air dari sungai menuju kolam. Pompa ini berfungsi aktif hanya pada saat debit sungai melampaui ambang batas tertentu. Setelah kondisi sungai kembali normal atau surut, air yang sebelumnya tertampung di dalam kolam akan dialirkan kembali ke sungai melalui sistem gorong-gorong secara gravitasi. Sistem ini memanfaatkan perbedaan elevasi agar pengeluaran air dari kolam ke sungai dapat berlangsung tanpa bantuan energi mekanis tambahan. Skema ini bertujuan untuk mengurangi tekanan debit puncak di badan sungai saat banjir, serta memanfaatkan kolam retensi sebagai tampungan sementara untuk menghindari luapan yang lebih luas di kawasan permukiman. a) Perhitungan kebutuhan kapasitas kolam retensi - Kapasitas kolam dengan kedalaman 5 meter Luas Kolam = 26.651 m<sup>2</sup> Kedalaman (d) = 5 meter  $V \text{ kolam} = A \times d = 26.651,79 \times 5 = 133.5 \text{ m}^3$  Sehingga kapasitas kolam dengan kedalaman 5 meter  $\pm 135 \text{ m}^3$ . Gambar 4.16 dan Tabel 4.34 menunjukkan hasil simulasi kedalaman kolam retensi. Pada penelitian ini, kolam retensi hanya dirancang dengan kedalaman 5 meter. Penelitian ini tidak dilakukan perbandingan scenario kedalaman lain seperti 6, 7, hingga 10 meter, karena lokasi kolam berada di area yang cukup sensitif yakni berdekatan dengan jalan tol. Penambahan kedalaman melebihi 5 meter dikhawatirkan dapat menimbulkan dampak terhadap lingkungan sekitar, khususnya dalam hal stabilitas lereng, keamanan konstruksi sekitar, dan risiko terhadap infrastruktur lainnya. Oleh karena itu, kedalaman 5 meter dipilih sebagai kedalaman maksimum yang dianggap aman dan sesuai kondisi teknis di lapangan. Berdasarkan grafik pada Gambar 4.17 ketinggian kolam meningkat pada jam 02:00 yang merupakan kapasitas maksimum kolam sebesar 5 meter. Kemudian, terjadi penurunan kolam secara bertahap yang menandakan pintu air dan pompa bekerja dalam mengalirkan air keluar dari kolam. Pada jam ke 04:00 hingga 09:00 ketinggian kolam stabil dikisaran 4.41 meter hingga 4.46 meter yang menandakan kolam tetap dalam kondisi aman dan tidak meluap meskipun debit masuk cukup besar. Tabel 4. 1

Ketinggian Kolam Retensi	Jam Tinggi (m)
1:00:00	1.48
2:00:00	5
3:00:00	5
4:00:00	4.64
5:00:00	4.41
6:00:00	4.41
7:00:00	4.41
8:00:00	4.41

9:00:00 4.41 (Sumber: Hasil Simulasi SWMM, 2024) Berdasarkan Gambar 4.16 dan Tabel 4.35 menunjukkan perubahan volume air yang tertampung pada kolam retensi. Pada kolam retensi mencapai volume maksimum sebesar 133.5 m<sup>3</sup> pada jam ke 02:00, kemudian mempertahankan kestabilan volume sebesar 117.87 m<sup>3</sup> melalui pengaturan sistem kontrol. Jam Volume (m<sup>3</sup>)

1:00:00 39.62 2:00:00 133.5 3:00:00 133.5 4:00:00 123.98 5:00:00 117.87

6:00:00 117.87 7:00:00 117.87 8:00:00 117.87 9:00:00 117.87

Dari grafik tersebut dapat dilihat kedalaman kolam meningkat seiring berjalannya waktu

dan mulai meningkat di jam ke 02:00. Selain itu, kolam retensi tidak

terjadi limpasan air di kolam retensi, yang mengindikasikan bahwa kolam

retensi berfungsi dengan baik dalam menampung air. - Total Volume Banjir

dalam 1 Jam  $V_{\text{banjir}} = (Q_{\text{flooding}} \times t) = (410 \times 3600) = 1.47$

6.000 m<sup>3</sup> Dalam 1 jam total volume air banjir yang masuk sebesar

1.476.000 m<sup>3</sup> - Persentase Air yang Bisa Ditampung Kolam Retensi Hasil

dari volume air masuk sebesar 1.476.000 m<sup>3</sup>, maka efektivitasnya kolam

apabila luas yang tersedia sebesar 266.518 m<sup>3</sup> : Persentase = ( 133.

5 1.476.000 )  $\times 100\% = 9.03\%$  b) Perencanaan Pintu Air Pada penelit

ian ini, pintu air pada kolam retensi berfungsi sebagai pengatur debit

air yang masuk maupun keluar dari sistem kolam. Dalam penelitian ini,

direncanakan pintu air dengan dimensi tinggi dan lebar masing-masing 6.5

meter lebih tinggi dari kolam retensi. Perbedaan ketinggian ini memberikan

kemudahan dalam mengatur debit air. Pada sistem kolam retensi ini

digunakan sluice gate (pintu sorong) sebagai pengatur aliran masuk dari

sungai ke kolam. Jenis pintu ini dipilih karena mampu dikontrol secara

bertahap, baik secara manual maupun otomatis, sesuai kebutuhan debit. Dalam

simulasi SWMM, pintu air diatur terbuka mulai jam ke-1 hingga jam ke-4,

mengikuti pola debit puncak yang terjadi. Pada jam-jam tersebut, aliran

dari sungai sedang tinggi, sehingga pintu dibuka untuk mengalirkan air ke

kolam dan mengurangi beban saluran utama. Setelah jam ke-4, pintu ditutup

kembali karena debit mulai menurun, sehingga kolam tidak menerima aliran

berlebih. Pengaturan ini bertujuan untuk mengoptimalkan fungsi kolam retensi

sebagai penampung air saat hujan puncak dan menghindari overtopping . Grafik pada Gambar 4.17 menunjukkan pintu air dibuka pada jam pertama, dengan aliran yang meningkat secara signifikan hingga mencapai puncak sekitar  $29.04 \text{ m}^3/\text{s}$  pada jam 02:00 lalu mengalami penurunan dan berhenti sepenuhnya setelah jam ke 04:00. Periode jam ke 04:00 hingga ke 09:00 menunjukkan tidak ada aliran air yang menandakan pintu air tertutup selama periode tersebut. Grafik ini menunjukkan proses buka tutup pintu air terkendali. Berikut tabel flow pintu air kolam retensi: Pada Gambar 4.18 menunjukkan grafik hubungan aliran pintu air dengan volume kolam retensi. Kondisi ini menunjukkan bahwa pintu air berfungsi sebagai kontrol hidrolik pada saat debit masuk ke kolam. Setelah aliran pintu berhenti, kestabilan kolam dijaga oleh sistem pompa yang bekerja secara konstan dengan kapasitas  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Kombinasi antara pengaturan buka tutup pintu air dan operasi pompa secara signifikan membantu menjaga tinggi muka air dan volume kolam retensi agar tetap dalam batas yang direncanakan, dan menghindari limpasan atau kelebihan kapasitas kolam. c) Skenario Penambahan Pompa Pada penelitian ini pompa digunakan untuk mengalirkan air dari Sungai Ciliwung ke kolam retensi, karena elevasi kolam retensi lebih tinggi daripada sungai. Dengan kondisi tersebut, aliran secara gravitasi dari sungai ke kolam tidak dapat terjadi secara alami, sehingga dibutuhkan pompa untuk memindahkan air saat muka air sungai naik, khususnya ketika terjadi banjir. Berdasarkan BBWS Ciliwung Cisadane ketinggian TMA Sungai Ciliwung sebesar 3.5 meter, maka pompa diatur dengan kurva kinerja dengan kecepatan  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  dikendalikan melalui kontrol tinggi muka air di sungai. Pada Tabel 4.37 merupakan hasil simulasi penambahan pompa dengan kapasitas  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  yang dioperasikan selama 8 jam yang mampu memindahkan air banjir dari sungai menuju kolam sebesar  $115.050 \text{ m}^3$  . Volume ini mendekati kapasitas tampungan kolam retensi yang direncanakan yaitu  $133.500 \text{ m}^3$  . Keberadaan pompa ini berkontribusi terhadap penurunan volume outfall hingga 39.02% yang menunjukkan efektivitas dalam mengurangi beban aliran langsung ke sungai

selama periode banjir. d) Skenario Tanpa Pompa Pada skenario tanpa penggunaan pompa, aliran dari Sungai Ciliwung akan mengalir ke kolam retensi dengan menggunakan prinsip bejana berhubungan dan pipa dalam tanah secara gravitasi. Sistem ini memanfaatkan perbedaan elevasi antara muka air sungai dan dasar kolam retensi, sehingga air dapat mengalir tanpa bantuan energi mekanis. Dalam kondisi hujan deras saat muka air sungai meningkat, air secara otomatis akan mengalir melalui pipa menuju kolam, Metode ini efektif selama elevasi muka air susai berada di atas pipa masuk ke kolam. Namun, pada metode ini terdapat kelemahan dari sistem yaitu ketergantungannya terhadap fluktuasi muka air sungai. Jika muka air sungai lebih rendah atau sejajar dengan elevasi kolam, maka proses pemindahan air tidak dapat berlangsung optimal, sehingga sistem ini kurang andal untuk situasi banjir ekstrem yang memerlukan pengaturan aliran secara aktif. Skenario kolam retensi tanpa pompa yang terhubung ke sungai hanya mampu mengurangi volume limpasan sebesar 8.83% yang dapat dilihat pada Tabel 4.39. 4.3

2 4 Setelah Adanya Kolam Retensi Pada Gambar 4.20 menunjukkan hasil simulasi yang baik karena surface runoff dan flow routing kurang dari 10%, apabila kedua hasil lebih dari 10%, maka error tidak dapat ditolerir. Hasil simulasi setelah penambahan kolam retensi menggunakan aplikasi EPA SWMM 5.2 dapat dilihat pada Gambar 4.20. Simulasi ini dilakukan dengan memasukkan data dari tiga periode ulang seperti data intensitas curah hujan dan debit pada setiap periode tersebut. Pada Gambar 4.22 hingga 4.24 merupakan hasil simulasi hidrolika setelah dilakukan penambahan kolam retensi dilengkapi pintu air dan pompa di kawasan Cawang yang diperoleh dari perangkat lunak EPA SWMM 5.2. Dari hasil simulasi pada Tabel 4.40, dapat diketahui bahwa Sungai Ciliwung mampu menampung debit banjir untuk periode 25 dan 50 tahun. Namun, pada periode 100 tahun, debit yang dihasilkan berpotensi melebihi kapasitas sungai sehingga air dapat meluap. Setelah penambahan kolam retensi dan pengaturan aliran menggunakan pintu air serta pompa, terlihat adanya penurunan volume limpasan yang mengalir ke outfall . Berdasarkan hasil simulasi, total

volume air yang keluar melalui outfall sebesar  $43.681 \times 10^6$  liter atau setara dengan  $43.681 \text{ m}^3$ . Hasil ini menunjukkan bahwa kolam retensi dilengkapi dengan pintu air dan pompa mampu menahan sebagian aliran air hujan secara efektif. Meskipun kapasitas kolam hanya 9.03% dari total banjir periode ulang 100 tahun, penurunan limpasan mencapai 39.02%. Hal ini karena kolam tidak hanya berfungsi sebagai penampung, tetapi juga sebagai penunda atau memotong aliran puncak. Air yang tertahan di kolam dialirkan secara bertahap ke sungai saat kapasitas saluran sudah memungkinkan, sehingga beban outfall dapat berkurang secara signifikan. Peran kolam dalam menunda dan mengatur limpasan inilah yang menjadikan fungsinya tetapi efektif, meskipun luas dan kedalamannya terbatas.

5.1 Kesimpulan Kesimpulan dari penelitian ini didasarkan pada kajian penerapan kolam retensi sebagai upaya penanggulangan terhadap banjir pada kawasan Cawang Jakarta yang disebabkan oleh Sungai Ciliwung. Berikut adalah hasil utama yang diperoleh dari penelitian: a) Dari hasil perhitungan intensitas curah hujan maka didapatkan hasil untuk periode ulang 25 tahun sebesar 127.87 mm, periode ulang 50 tahun 136.22 mm, dan periode 100 tahun sebesar 144.87 mm. b) Kolam retensi dengan luas lahan  $26.700 \text{ m}^2$  dan kedalaman 5 meter memiliki kapasitas tampungan sebesar  $133.500 \text{ m}^3$ . Debit puncak sebelum adanya kolam untuk periode ulang 25, 50, dan 100 tahun masing-masing sebesar  $385,85 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $396,01 \text{ m}^3/\text{s}$ , dan  $406,416 \text{ m}^3/\text{s}$ . Setelah penambahan kolam retensi yang dilengkapi pompa dan pintu air, debit puncak menurun menjadi  $235,24 \text{ m}^3/\text{s}$  (R25),  $241,48 \text{ m}^3/\text{s}$  (R50), dan  $247,62 \text{ m}^3/\text{s}$  (R100). Penurunan ini menunjukkan bahwa kolam retensi efektif dalam mengurangi dampak banjir, terutama saat debit puncak tinggi. c) Penambahan kolam retensi dilengkapi pintu air dan pompa dilokasi studi mampu menurunkan volume limpasan banjir Sungai Ciliwung secara signifikan, yaitu sebesar 39,02% dibandingkan kondisi tanpa kolam. Meskipun kapasitasnya terbatas, kolam tetap efektif menahan limpasan puncak dan mengatur waktu aliran menuju sungai, sehingga berfungsi sebagai upaya pengendalian banjir, khususnya di bagian hilir saat hujan ekstrem. 5.2

REPORT #27589069

Saran Saran yang dapat penulis sampaikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: a) Perlu dilakukan kajian lebih lanjut untuk mengoptimalkan kapasitas kolam retensi, baik melalui penyesuaian desain kedalaman, luasan lahan, maupun pengaturan operasional dan pompa agar dapat menampung volume limpasan yang lebih besar dan efisien. b) Sistem kontrol otomatis untuk pengoperasian pintu air dan pompa sebaiknya dikembangkan lebih lanjut agar lebih responsif terhadap kondisi muka air sungai dan kolam sehingga kinerja pengendalian banjir dapat lebih maksimal. c) Perencanaan kolam retensi perlu disinergikan dengan rencana tata ruang dan sistem drainase kota agar implementasi secara nyata dapat dilakukan tanpa mengganggu fungsi lahan sekitar. d) Mengingat keterbatasan kapasitas tampung kolam retensi, maka disarankan untuk menambahkan infrastruktur pendukung lainnya seperti tanggul pengaman di sepanjang sungai atau saluran utama.



REPORT #27589069

## Results

Sources that matched your submitted document.

● IDENTICAL ● CHANGED TEXT

INTERNET SOURCE		
1.	<b>0.91%</b> eprints.upj.ac.id <a href="https://eprints.upj.ac.id/id/eprint/6595/13/9.%20BAB%20II.pdf">https://eprints.upj.ac.id/id/eprint/6595/13/9.%20BAB%20II.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
2.	<b>0.79%</b> eprints.upj.ac.id <a href="https://eprints.upj.ac.id/id/eprint/6485/11/BAB%20IV.pdf">https://eprints.upj.ac.id/id/eprint/6485/11/BAB%20IV.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
3.	<b>0.76%</b> eprints.upj.ac.id <a href="https://eprints.upj.ac.id/id/eprint/6595/1/10.%20BAB%20III.pdf">https://eprints.upj.ac.id/id/eprint/6595/1/10.%20BAB%20III.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
4.	<b>0.71%</b> repositori.uma.ac.id <a href="https://repositori.uma.ac.id/bitstream/123456789/15540/1/168110105_Rahmat%20.pdf">https://repositori.uma.ac.id/bitstream/123456789/15540/1/168110105_Rahmat%20.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
5.	<b>0.71%</b> eprints.upj.ac.id <a href="https://eprints.upj.ac.id/id/eprint/6421/9/09.%20BAB%202.pdf">https://eprints.upj.ac.id/id/eprint/6421/9/09.%20BAB%202.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
6.	<b>0.69%</b> elibrary.unikom.ac.id <a href="https://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/7127/8/UNIKOM_ANGGUN%20HQ_13018...">https://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/7127/8/UNIKOM_ANGGUN%20HQ_13018...</a>	●
INTERNET SOURCE		
7.	<b>0.67%</b> simantu.pu.go.id <a href="https://simantu.pu.go.id/epel/edok/740a8_6._MODUL-3_ANALISIS_HIDROLOGI_...">https://simantu.pu.go.id/epel/edok/740a8_6._MODUL-3_ANALISIS_HIDROLOGI_...</a>	●
INTERNET SOURCE		
8.	<b>0.53%</b> repositori.usu.ac.id <a href="https://repositori.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/51211/170407052.pdf">https://repositori.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/51211/170407052.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
9.	<b>0.52%</b> repository.umsu.ac.id <a href="http://repository.umsu.ac.id/bitstream/123456789/12463/1/SKRIPSI%20BRENDA...">http://repository.umsu.ac.id/bitstream/123456789/12463/1/SKRIPSI%20BRENDA...</a>	●



REPORT #27589069

INTERNET SOURCE		
10.	0.51% eprints.unram.ac.id <a href="https://eprints.unram.ac.id/15073/3/BAB%20II%20-%20DASAR%20TEORI%20TA...">https://eprints.unram.ac.id/15073/3/BAB%20II%20-%20DASAR%20TEORI%20TA...</a>	●
INTERNET SOURCE		
11.	0.5% simantu.pu.go.id <a href="https://simantu.pu.go.id/epel/edok/41622_04._Modul_4_Metode_Pengendalian...">https://simantu.pu.go.id/epel/edok/41622_04._Modul_4_Metode_Pengendalian...</a>	●
INTERNET SOURCE		
12.	0.46% media.neliti.com <a href="https://media.neliti.com/media/publications/208325-perencanaan-kolam-reten...">https://media.neliti.com/media/publications/208325-perencanaan-kolam-reten...</a>	●
INTERNET SOURCE		
13.	0.43% eskripsi.usm.ac.id <a href="https://eskripsi.usm.ac.id/files/skripsi/C11A/2013/C.111.13.0112/C.111.13.0112-0..">https://eskripsi.usm.ac.id/files/skripsi/C11A/2013/C.111.13.0112/C.111.13.0112-0..</a>	●
INTERNET SOURCE		
14.	0.43% eprints.upj.ac.id <a href="https://eprints.upj.ac.id/id/eprint/6529/9/9.%20BAB%20II.pdf">https://eprints.upj.ac.id/id/eprint/6529/9/9.%20BAB%20II.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
15.	0.39% repository.lppm.unila.ac.id <a href="http://repository.lppm.unila.ac.id/7519/1/SISTEM%20DRAINASE%20SALURAN%...">http://repository.lppm.unila.ac.id/7519/1/SISTEM%20DRAINASE%20SALURAN%...</a>	●
INTERNET SOURCE		
16.	0.38% eprints.undip.ac.id:443 <a href="https://eprints.undip.ac.id:443/34005/5/1885_CHAPTER_II.pdf">https://eprints.undip.ac.id:443/34005/5/1885_CHAPTER_II.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
17.	0.38% jdih.semarangkota.go.id <a href="https://jdih.semarangkota.go.id/assets/public/data_dokumen/perda72014.pdf">https://jdih.semarangkota.go.id/assets/public/data_dokumen/perda72014.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
18.	0.35% jurnal.umsb.ac.id <a href="https://jurnal.umsb.ac.id/index.php/RANGTEKNIKJOURNAL/article/download/28..">https://jurnal.umsb.ac.id/index.php/RANGTEKNIKJOURNAL/article/download/28..</a>	●
INTERNET SOURCE		
19.	0.34% eprints.upj.ac.id <a href="https://eprints.upj.ac.id/id/eprint/6663/11/11.%20BAB%20IV.pdf">https://eprints.upj.ac.id/id/eprint/6663/11/11.%20BAB%20IV.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
20.	0.33% sipil.ejournal.web.id <a href="https://sipil.ejournal.web.id/index.php/jts/article/download/363/333/">https://sipil.ejournal.web.id/index.php/jts/article/download/363/333/</a>	●



REPORT #27589069

INTERNET SOURCE		
21.	0.33% lib.ui.ac.id	●
	<a href="https://lib.ui.ac.id/file?file=digital/old16/127122-RB13J114k-Kreasi%20pengetah..">https://lib.ui.ac.id/file?file=digital/old16/127122-RB13J114k-Kreasi%20pengetah..</a>	
INTERNET SOURCE		
22.	0.32% journal.ipb.ac.id	●
	<a href="https://journal.ipb.ac.id/index.php/jsil/article/view/57398/29312">https://journal.ipb.ac.id/index.php/jsil/article/view/57398/29312</a>	
INTERNET SOURCE		
23.	0.29% eprints.unram.ac.id	●
	<a href="https://eprints.unram.ac.id/7904/1/SUNARDI%20F1A109058.pdf">https://eprints.unram.ac.id/7904/1/SUNARDI%20F1A109058.pdf</a>	
INTERNET SOURCE		
24.	0.28% www.kajianpustaka.com	●
	<a href="https://www.kajianpustaka.com/2019/10/daerah-aliran-sungai-das.html">https://www.kajianpustaka.com/2019/10/daerah-aliran-sungai-das.html</a>	
INTERNET SOURCE		
25.	0.27% core.ac.uk	●
	<a href="https://core.ac.uk/download/pdf/291461272.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/291461272.pdf</a>	
INTERNET SOURCE		
26.	0.27% digilib.itb.ac.id	●
	<a href="https://digilib.itb.ac.id/assets/files/disk1/556/jbptitbpp-gdl-nesyalaxmi-27775-3...">https://digilib.itb.ac.id/assets/files/disk1/556/jbptitbpp-gdl-nesyalaxmi-27775-3...</a>	
INTERNET SOURCE		
27.	0.25% jurnal.itg.ac.id	●
	<a href="https://jurnal.itg.ac.id/index.php/konstruksi/article/download/85/75/206">https://jurnal.itg.ac.id/index.php/konstruksi/article/download/85/75/206</a>	
INTERNET SOURCE		
28.	0.25% www.jurnal.tau.ac.id	●
	<a href="https://www.jurnal.tau.ac.id/index.php/jttt/article/download/435/332">https://www.jurnal.tau.ac.id/index.php/jttt/article/download/435/332</a>	
INTERNET SOURCE		
29.	0.24% ejournal.warmadewa.ac.id	●
	<a href="https://ejournal.warmadewa.ac.id/index.php/paduraksa/article/download/1118...">https://ejournal.warmadewa.ac.id/index.php/paduraksa/article/download/1118...</a>	
INTERNET SOURCE		
30.	0.24% repository.ub.ac.id	●
	<a href="https://repository.ub.ac.id/id/eprint/186973/1/bobby%20hartawan.pdf">https://repository.ub.ac.id/id/eprint/186973/1/bobby%20hartawan.pdf</a>	
INTERNET SOURCE		
31.	0.23% journals.usm.ac.id	●
	<a href="https://journals.usm.ac.id/index.php/teknika/article/download/758/472">https://journals.usm.ac.id/index.php/teknika/article/download/758/472</a>	



REPORT #27589069

INTERNET SOURCE		
32.	0.23% perpusft.unram.ac.id <a href="https://perpusft.unram.ac.id/index.php?p=fstream-pdf&amp;fid=2133&amp;bid=8827">https://perpusft.unram.ac.id/index.php?p=fstream-pdf&amp;fid=2133&amp;bid=8827</a>	●
INTERNET SOURCE		
33.	0.23% lib.unnes.ac.id <a href="https://lib.unnes.ac.id/6739/1/8358.pdf">https://lib.unnes.ac.id/6739/1/8358.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
34.	0.21% unpi.ac.id <a href="https://unpi.ac.id/ejournal/index.php/electricaland/article/download/19/18">https://unpi.ac.id/ejournal/index.php/electricaland/article/download/19/18</a>	●
INTERNET SOURCE		
35.	0.2% id.scribd.com <a href="https://id.scribd.com/presentation/546258652/Kolam-Retensi-and-Kolam-Deten..">https://id.scribd.com/presentation/546258652/Kolam-Retensi-and-Kolam-Deten..</a>	●
INTERNET SOURCE		
36.	0.18% repository.ubb.ac.id <a href="https://repository.ubb.ac.id/id/eprint/4258/5/5.%20BAB%20IV%20HASIL%20DA...">https://repository.ubb.ac.id/id/eprint/4258/5/5.%20BAB%20IV%20HASIL%20DA...</a>	●
INTERNET SOURCE		
37.	0.18% repository.unhas.ac.id <a href="http://repository.unhas.ac.id/3544/2/19_D11114309%28FILEminimizer%29..ok%..">http://repository.unhas.ac.id/3544/2/19_D11114309%28FILEminimizer%29..ok%..</a>	●
INTERNET SOURCE		
38.	0.17% ojs.ukim.ac.id <a href="https://ojs.ukim.ac.id/index.php/manumata/article/download/921/677">https://ojs.ukim.ac.id/index.php/manumata/article/download/921/677</a>	●
INTERNET SOURCE		
39.	0.16% info.populix.co <a href="https://info.populix.co/articles/data-primer-adalah/">https://info.populix.co/articles/data-primer-adalah/</a>	●
INTERNET SOURCE		
40.	0.16% pdfs.semanticscholar.org <a href="https://pdfs.semanticscholar.org/221d/55fec6a0a7ae34d9ddcd11f8e06e3acdcc7...">https://pdfs.semanticscholar.org/221d/55fec6a0a7ae34d9ddcd11f8e06e3acdcc7...</a>	●
INTERNET SOURCE		
41.	0.16% journal.ipb.ac.id <a href="https://journal.ipb.ac.id/index.php/jtanah/article/download/11463/8959/">https://journal.ipb.ac.id/index.php/jtanah/article/download/11463/8959/</a>	●
INTERNET SOURCE		
42.	0.14% eprints.ums.ac.id <a href="https://eprints.ums.ac.id/71377/2/BAB%20I.pdf">https://eprints.ums.ac.id/71377/2/BAB%20I.pdf</a>	●



REPORT #27589069

INTERNET SOURCE		
43.	0.14% <a href="http://www.brainacademy.id">www.brainacademy.id</a> <a href="https://www.brainacademy.id/blog/metode-penelitian-kualitatif">https://www.brainacademy.id/blog/metode-penelitian-kualitatif</a>	●
INTERNET SOURCE		
44.	0.13% <a href="http://repository.its.ac.id">repository.its.ac.id</a> <a href="https://repository.its.ac.id/73914/1/3612100008-Undergraduate_Thesis.pdf">https://repository.its.ac.id/73914/1/3612100008-Undergraduate_Thesis.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
45.	0.12% <a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> <a href="https://www.slideshare.net/slideshow/hl910-analisis-curah-hujanpptx/2560771...">https://www.slideshare.net/slideshow/hl910-analisis-curah-hujanpptx/2560771...</a>	●
INTERNET SOURCE		
46.	0.12% <a href="http://hidrologi.net">hidrologi.net</a> <a href="https://hidrologi.net/wiki/pengukuran-curah-hujan/">https://hidrologi.net/wiki/pengukuran-curah-hujan/</a>	●
INTERNET SOURCE		
47.	0.12% <a href="http://ejournal.politeknikpu.ac.id">ejournal.politeknikpu.ac.id</a> <a href="https://ejournal.politeknikpu.ac.id/index.php/jik/article/viewFile/120/58">https://ejournal.politeknikpu.ac.id/index.php/jik/article/viewFile/120/58</a>	●
INTERNET SOURCE		
48.	0.11% <a href="http://lindungihutan.com">lindungihutan.com</a> <a href="https://lindungihutan.com/blog/curah-hujan-adalah-jenis-dan-perhitungan/">https://lindungihutan.com/blog/curah-hujan-adalah-jenis-dan-perhitungan/</a>	●
INTERNET SOURCE		
49.	0.11% <a href="http://jurnal.umj.ac.id">jurnal.umj.ac.id</a> <a href="https://jurnal.umj.ac.id/index.php/konstruksia/article/download/646/600/0">https://jurnal.umj.ac.id/index.php/konstruksia/article/download/646/600/0</a>	●
INTERNET SOURCE		
50.	0.1% <a href="http://repository.its.ac.id">repository.its.ac.id</a> <a href="https://repository.its.ac.id/44924/1/3113100012-Undergraduate_Theses.pdf.pdf">https://repository.its.ac.id/44924/1/3113100012-Undergraduate_Theses.pdf.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
51.	0.1% <a href="http://eprints.itn.ac.id">eprints.itn.ac.id</a> <a href="http://eprints.itn.ac.id/7581/2/9.%20BAB%20I.pdf">http://eprints.itn.ac.id/7581/2/9.%20BAB%20I.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
52.	0.1% <a href="http://www.tempo.co">www.tempo.co</a> <a href="https://www.tempo.co/arsip/mengenal-jenis-jenis-banjir-456465">https://www.tempo.co/arsip/mengenal-jenis-jenis-banjir-456465</a>	●
INTERNET SOURCE		
53.	0.09% <a href="http://repository.unhas.ac.id">repository.unhas.ac.id</a> <a href="https://repository.unhas.ac.id/39099/1/D101201049_skripsi_15-10-2024%20bab...">https://repository.unhas.ac.id/39099/1/D101201049_skripsi_15-10-2024%20bab...</a>	●



REPORT #27589069

INTERNET SOURCE

54. **0.08%** eprints.ums.ac.id

[https://eprints.ums.ac.id/26665/2/04.BAB\\_I.pdf](https://eprints.ums.ac.id/26665/2/04.BAB_I.pdf)



INTERNET SOURCE

55. **0.08%** repository.unhas.ac.id

[https://repository.unhas.ac.id/25636/2/M011181359\\_skripsi\\_20-02-2023%201-2...](https://repository.unhas.ac.id/25636/2/M011181359_skripsi_20-02-2023%201-2...)



INTERNET SOURCE

56. **0.08%** eprints.upj.ac.id

<https://eprints.upj.ac.id/id/eprint/10745/16/16.%20Bukti%20Lolos%20Similarity..>



INTERNET SOURCE

57. **0.03%** journal.aksibukartini.ac.id

<https://journal.aksibukartini.ac.id/index.php/TourCom/article/view/256>

