



# 9.43%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 12 JUL 2024, 11:27 PM

## Similarity report

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

● IDENTICAL 0.12%      ● CHANGED TEXT 9.31%

## Report #22005939

1 BAB I PENDAHULUAN 1.1 Latar Belakang Sungai adalah aliran air yang terbentuk secara alami dan mengalir mulai dari hulu sampai hilir. Sungai sangat bermanfaat bagi masyarakat yang tinggal ditepi sungai, sungai berperan penting bagi kebutuhan manusia. Selain berguna, sungai juga bisa menjadi ancaman bagi masyarakat yang tinggal ditepi sungai berupa bencana alam seperti banjir. Banjir merupakan fenomena alam yang bisa terjadi kapan saja dan seringkali menyebabkan kehilangan nyawa serta harta benda. Dampak negatif dari banjir meliputi kerusakan pada struktur bangunan, kehilangan properti berharga, bahkan hingga ketidakmampuan untuk melakukan aktivitas seperti bekerja dan sekolah (Findayani, 2015). Bencana tersebut dapat disebabkan oleh peristiwa alam, aktivitas dan kegiatan manusia, atau bahkan disebabkan oleh alam dan manusia pada saat yang bersamaan (Kodoatie, 2013). Selain berdampak pada kerusakan, banjir bisa membawa banyak wabah penyakit bagi masyarakat yang terdampak. Drainase merupakan sebuah konstruksi untuk memindahkan air dari satu tempat ke tempat lain. Menurut (Suripin, 2004), drainase digunakan untuk mengurangi atau menghilangkan kelebihan air dari tanah sehingga dapat beroperasi sebaik mungkin. Sistem drainase dapat membantu menyelesaikan beberapa masalah yang ada, wilayah perkotaan atau pemukiman terutama yang berada dekat dengan sungai memerlukan sistem drainase yang baik. Sistem drainase yang baik juga bermanfaat dalam mencegah terjadinya banjir dan juga

menjaga permukaan air tanah. Perumahan Graha Bunga, Pondok Kacang Barat memiliki permasalahan pada sistem drainase sehingga banjir bisa terjadi di perumahan Graha Bunga. Permasalahannya yaitu, saluran drainase yang tidak memiliki pintu air sehingga membuat air dari Sungai Angke masuk kedalam drainase saat debit Sungai Angke tinggi atau air dari drainase yang tidak bisa dibuang ke Sungai Angke. Dari permasalahan ini, peneliti melakukan kajian terkait efektivitas drainase perumahan Graha Bunga dengan melakukan simulasi pada Sungai dan drainase. Gambar 1.

Lokasi Perumahan Graha Bunga (Google Earth Pro) 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang ada, didapatkan beberapa rumusan masalah sebagai berikut: 2 1.

1. Bagaimana kejadian limpasan banjir dengan dan tanpa flap gate periode ulang 2, 5, dan 10 tahun pada perumahan Graha Bunga? 2. Berapa kedalaman limpasan banjir dengan dan tanpa tanggul periode ulang 2, 5, dan 10 tahun pada perumahan Graha Bunga? 3. Berapa luas kejadian limpasan banjir dengan dan tanpa tanggul periode ulang 2, 5, dan 10

tahun pada perumahan Graha Bunga? 1.3 Tujuan Penelitian Tujuan

dari penelitian pada skripsi ini adalah sebagai berikut: 1. Mengetahui debit banjir kali Angke pada periode ulang 2, 5, dan 10 tahun. 2.

Merencanakan sistem drainase Kawasan perumahan Graha Bunga untuk menanggulangi banjir. 3. Mengetahui efektivitas penggunaan pintu air dan pompa air pada outlet drainase di Sungai Angke. 4. Mengetahui limpasan banjir yang terjadi pada Sungai Angke dengan dan tanpa tanggul periode ulang 2, 5, dan 10 tahun.

1.4 Manfaat Penelitian Manfaat

dari penelitian yang diharapkan peneliti adalah sebagai berikut: 1. Hasil yang diperoleh dari penelitian dapat dimanfaatkan sebagai data dasar dalam pemetaan ancaman banjir. 2. Memberikan gambaran penanggulangan banjir pada warga di perumahan Graha Bunga yang diperoleh dari hasil simulasi yang dilakukan.

1.5 Batasan Penelitian Berikut ini merupakan batasan penelitian yang

digunakan pada penelitian ini adalah : 1. Ruang lingkup penelitian ini menggunakan studi kasus Sungai Angke dan drainase perumahan Graha Bunga, Pondok Kacang Barat, Pondok Aren. 2. Analisis hidrologi menggunakan

periode ulang 2, 5, dan 10 tahun pada Sungai Angke. 3. Model Coupling 1D-2D HEC-RAS untuk membuat model hidraulika banjir Sungai Angke di sekitar perumahan Graha Bunga. 4. Skenario mitigasi banjir meliputi peningkatan drainase Kawasan perumahan melalui perbaikan kapasitas dan sistem outlet drainase serta mitigasi pada sungai dengan penambahan tanggul.

1.6 Sistematika penelitian Sistem penulisan pada skripsi ini berisi bab-bab yang menjelaskan tentang skripsi ini, sistematikanya adalah sebagai berikut: BAB I Pendahuluan; 7 11 12 19 31 pada BAB I ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan. BAB II Tinjauan Pustaka; pada BAB II ini berisi landasan teori dan referensi dari penelitian lain yang digunakan sebagai acuan dalam menyusun penelitian ini yang berupa jurnal, buku, dan penelitian terdahulu. BAB III Metode Penelitian; pada BAB III ini berisi metode dalam melakukan pengumpulan dan pengolahan data untuk menyelesaikan penelitian ini, serta analisis yang digunakan untuk pengolahan data. BAB IV Hasil dan Pembahasan; pada BAB IV ini berisi hasil atau output yang diperoleh dari pengolahan data dan diulas Kembali pada BAB IV ini. BAB V Penutup; 11 pada BAB V ini berisi kesimpulan dan saran yang didapatkan dari hasil analisis dan pembahasan yang terdapat pada BAB IV. 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Banjir Banjir merupakan kejadian yang sering terjadi apabila curah hujan tinggi dan dapat menyebabkan kerugian yang cukup besar. Banjir adalah suatu kejadian dimana lahan yang biasanya kering, yaitu suatu wilayah yang bukan rawa, terendam air akibat curah hujan yang tinggi dan topografi wilayah yang bervariasi dari dataran rendah hingga cekung (Ligal, 2008). Berdasarkan klasifikasinya banjir dibagi menjadi beberapa jenis, antara lain yaitu: 1. Berdasarkan asal sumber air yang menyebabkan banjir, menurut (Ristya, 2012) terbagi menjadi dua jenis banjir yaitu: a. Banjir lokal Tingginya curah hujan dan kurangnya drainase yang memadai mengakibatkan terjadinya banjir lokal. Banjir lokal ini lebih bersifat lokal, sejalan dengan meluasnya distribusi curah hujan lokal. Jika saluran drainase tidak berfungsi

optimal, banjir akan semakin parah dan saluran tersumbat oleh puing-puing yang mengakibatkan kapasitas drainase berkurang. b. Banjir kiriman Banjir kiriman terjadi karena meningkatnya debit sungai. Banjir semakin parah dengan datangnya muatan dari daerah hulu. Hal ini terutama disebabkan oleh bertambahnya luas lahan terbangun dan perubahan koefisien debit daerah tangkapan air sehingga lebih sedikit air yang merembes ke air tanah.

2. Banjir berdasarkan jenis airnya, menurut Kemenkes RI (2016) terbagi menjadi lima jenis yaitu:

1. Banjir air Banjir ini adalah jenis yang sering terjadi. Ketika sungai, danau, atau selokan meluap, maka airnya meluap dan menggenangi daerah sekitarnya sehingga mengakibatkan banjir. Banjir jenis ini biasanya disebabkan oleh curah hujan terus-menerus yang meluap ke danau dan sungai.
2. Banjir Cileunang Banjir jenis ini hampir sama dengan banjir air, namun banjir Cileunang disebabkan oleh curah hujan yang tinggi sehingga menyebabkan banyak air yang tumpah. Karena curah hujan yang banyak tidak dapat langsung melewati selokan atau saluran yang mengelilingi rumah pemilik rumah, akhirnya terjadilah banjir. Banjir Cileunang merupakan banjir yang terjadi secara tiba-tiba apabila dapat berlangsung dalam jangka waktu yang lama (terjadi segera setelah hujan tiba).
3. Banjir bandang Selain membawa air, banjir bandang juga kerap membawa lumpur. Banjir jenis ini jelas lebih berbahaya dibandingkan jenis banjir lainnya karena seseorang tidak dapat berenang ke tempat yang aman dalam banjir tersebut. Karena dapat menghancurkan segalanya, banjir bandang bisa sangat merusak. Karena curah hujan kemudian terbawa ke daerah yang lebih rendah, banjir ini sering terjadi di daerah dekat pegunungan yang medannya terlihat seperti tanah longsor. Biasanya, banyak pohon hutan atau bebatuan besar yang hanyut terbawa banjir bandang. Tidak diragukan lagi bahwa komunitas pemukiman di dekat pegunungan akan menderita kerusakan akibat material ini.
4. Banjir rob Banjir rob merupakan banjir yang disebabkan oleh naiknya air laut. Banjir seperti ini kerap melanda kota Morabaru di Jakarta. Kenaikan permukaan laut sering kali memperlambat penumpukan air sungai, yang kemudian merusak bendungan dan membanjiri daratan.

1 3 4 5. Banjir lahar dingin 4 Banjir jenis ini biasanya hanya terjadi pada saat terjadi letusan gunung berapi. 1 4 Letusan tersebut kemudian memuntahkan lahar dingin dari puncak gunung ke tanah di bawahnya. Lava dingin ini membuat sungai menjadi dangkal sehingga mudah meluap dan mengalir ke pemukiman warga. Faktor-faktor penyebab banjir menurut (Siswoko, 2002), antara lain yaitu sebagai berikut: 1. Curah hujan Pada saat musim hujan, curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya banjir disungai.

2 2. Erosi dan sedimentasi Erosi di dalam suatu DAS mempengaruhi kemampuan sungai dalam menahan air karena tanah yang terkikis di dalam suatu DAS dapat mengendap dan menimbulkan sedimentasi jika terbawa ke sungai oleh air hujan. Sedimen mengurangi kapasitas sungai, yang dapat menyebabkan banjir jika debit melebihi kapasitas Sungai. 3. Kapasitas Sungai Kapasitas sungai berkurang disebabkan oleh sedimentasi akibat erosi yang berlebihan pada dasar sungai dan tepian sungai akibat kurangnya tutupan vegetasi.

4. Pengaruh air pasang Sungai mengalir lebih lambat menuju laut karena pengaruh pasang surut air laut. Tingkat genangan atau banjir akan semakin besar jika terjadi pada saat air pasang karena adanya arus balik yang terjadi. 5. Pendangkalan Sungai Pendangkalan sungai akibat penumpukan lumpur atau puing-puing dari ketinggian dapat menyebabkan sungai menyempit. Akibatnya, kemampuan sungai dalam menyimpan air menjadi sangat berkurang, dan akhirnya air meluap hingga ke daratan. 6. Tidak berfungsinya saluran pembuangan air Talang dan saluran drainase lainnya tidak selalu berfungsi. Selain terkekang dan penuh sampah, rasanya dangkal. Akibatnya, air meluap saat musim hujan. 7. Hilangnya lahan terbuka Apabila suatu bangunan dibangun di atas tanah, dan bangunan tersebut berdiri tanpa memperhatikan masalah resapan air. Oleh karena itu, ketika hujan, air tidak dapat terserap karena daerah resapannya hilang dan air mengalir begitu saja, terutama ke pemukiman warga. 8. Sampah Menumpahkan sampah secara tidak sengaja ke dalam sistem drainase dan sungai dapat menaikkan permukaan air dan membatasi pergerakan air, yang dapat mengakibatkan banjir. 9. Drainase lahan Di dataran banjir,

pertumbuhan pertanian dan drainase perkotaan menurunkan kapasitas tepian sungai dalam menampung air banjir. 2 10. Bendungan dan bangunan air Ketinggian air banjir dapat dinaikkan melalui bendungan dan konstruksi air lainnya seperti jembatan karena efek arus balik. 11. Kerusakan bangunan pengendali banjir Buruknya pemeliharaan bangunan Kerusakan dan penurunan fungsi merupakan akibat dari pengendalian banjir. 12. Perencanaan sistem pengendalian banjir tidak tepat Teknik pencegahan banjir tertentu berpotensi mengurangi kerusakan pada banjir kecil hingga sedang, namun meningkatkan kerusakan pada banjir besar. Misalnya saja pembuatan tanggul yang tinggi. Saat terjadi banjir, tanggul akan roboh jika debit air yang keluar melebihi perkiraan volume banjir. Hal ini akan membuat air mengalir melewati tanggul dan menjadi sangat deras, sehingga mengakibatkan bencana banjir.

5.2.2 Drainase Menurut (Saidah, 2021), sistem drainase dirancang untuk mengatasi masalah kelebihan air yang tidak diinginkan, baik alirannya berada di atas atau di bawah permukaan. Kelebihan air ini bisa berasal dari limpasan air hujan atau dari air buangan dari pemukiman warga.

2.2.1 Drainase Perkotaan Menurut (Saidah, 2021), Drainase perkotaan merupakan salah satu cabang ilmu drainase yang fokus pada permasalahan teknis pengeringan perkotaan. Hal ini terkait erat dengan permasalahan kesehatan lingkungan dan estetika perkotaan. Drainase perkotaan sering kali merupakan permasalahan rumit yang memerlukan pendekatan terpadu yang mempertimbangkan aktivitas sosial, budaya, dan komunal, bukan hanya menyelesaikan masalah teknis saja (yaitu membuat infrastruktur drainase). Perancangan sistem drainase perkotaan harus memperhatikan dan memperhatikan variabel perancangan seperti penggunaan lahan, perencanaan ruang kota, dan situasi sosial ekonomi masyarakat, mengingat kompleksitas dalam mengatasi tantangan perkotaan (Hasmar, 2012).

2.2.2 Jenis-jenis Drainase Tipe dan jenis drainase dibagi dalam beberapa kelompok sebagai berikut (Buttler, 2018) & (Wesli, 2008):

1. Berdasarkan proses terbentuknya a. Drainase alamiah Drainase yang dihasilkan secara alami oleh sungai, danau, dan saluran pembuangan, serta proses alami lainnya. b. Drainase buatan Sistem

drainase yang dibuat oleh manusia, seperti kanal dan struktur drainase terkoordinasi lainnya, yang memiliki fungsi tertentu. 2. Berdasarkan sistem pengalirannya a. Sistem gabungan Melalui saluran atau pipa terbuka, sistem ini memungkinkan terjadinya aliran campuran air limbah dan air hujan. Hampir seluruh kota di Indonesia menggunakan sistem drainase gabungan ini. Gambar 2. 1 Drainase Sistem Gabungan (Buttler et al, 2018) b. Sistem terpisah Air hujan dan air limbah dialirkan dengan metode ini menggunakan pipa berbeda atau saluran terbuka dan tertutup yang biasanya dipasang bersebelahan. Curah hujan dapat langsung dibuang ke laut dengan memisahkannya dari air limbah, karena instalasi pengolahan air limbah hanya menangani air limbah. Hal ini mengurangi kemungkinan air hujan terkontaminasi oleh air limbah. 6 Gambar 2. 2 Drainase Sistem Terpisah (Buttler et al, 2018) c. Sistem hybrid Sistem ini merupakan kombinasi komponen hybrid dan stand-alone. Karena sebagian kecil kota-kota tua yang menggunakan sistem terpadu dimasukkan ke dalam pembangunan kota-kota baru yang menggunakan sistem terpisah, beberapa kota secara tidak sengaja menerapkan sistem hybrid ini. 3. Berdasarkan letaknya a. Drainase permukaan Sistem drainase di mana air dikosongkan secara gravitasi melalui saluran yang ditinggikan di atas tanah. b. Drainase bawah Sistem drainase yang mengalir di bawah tanah dengan menanam bangunan pada kedalaman tertentu (biasanya menggunakan pipa yang berlubang di bagian atasnya) sehingga membentuk jaringan di bawah permukaan dan menghubungkan ke sistem drainase perkotaan. 4. Berdasarkan konstruksinya a. Drainase saluran tertutup Jenis ini sering digunakan untuk drainase pinggiran kota dan pengumpulan curah hujan. b. Drainase saluran terbuka Jenis ini sebaiknya digunakan sebagai pemandu air limbah, jika mengalir di udara terbuka tidak hanya mengurangi estetika, tetapi juga mudah mencemari lingkungan yang dilaluinya. 2.2 **28** 3 Pola Jaringan Drainase Menurut (Wesli, 2008), sistem jaringan drainase biasanya membentuk pola jaringan tertentu dan saling berhubungan **23** Berikut ini merupakan beberapa pola jaringan drainase: 1. Pola Siku Apabila topografi badan air penerima

lebih tinggi dari sungai dan alur sungai utama terletak di tengah kota, maka pola siku-siku yang terbentuk antara alur sungai cabang dan alur sungai utama adalah tepat. Gambar 2. 3 Pola Siku (Wesli, 2008)

7 2. Paralel Saluran primer disejajarkan sejajar dengan saluran cabang dalam pola paralel. Gambar 2. 4 Pola Paralel (Wesli, 2008) 3. Pola Grid Iron Air berpindah dari saluran cabang ke saluran pengumpul dan akhirnya masuk ke saluran utama berkat susunan kisi-kisi Besi ini. Gambar 2. 5 Pola Grid Iron (Wesli, 2008) 4. **35** Pola Alamiah Meskipun aliran air tidak selalu sejajar dengan saluran utama, namun hampir identik dengan bentuk siku. Gambar 2. 6 Pola Alamiah (Wesli, 2008) 5. Pola Radial Pola jaringannya bermula dari sumber air dan meluas ke segala arah. Pola ini bekerja dengan baik di lokasi yang berbukit. Gambar 2. 7 Pola Radial (Wesli, 2008) 8 6. Pola jaring-jaring Pendekatan ini bekerja dengan baik di wilayah dengan medan datar dan memiliki saluran di sepanjang jalan raya utama. Gambar 2. 8 Pola Jaring-jaring (Wesli, 2008)

2.3 Karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) Menurut (Asdak, 2023), Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang dibatasi oleh pegunungan topografi yang menyimpan dan mengumpulkan curah hujan sebelum sungai-sungai besar membawanya ke laut. Menurut (Black, 1996), Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah satuan lahan alami di mana air dari curah hujan langsung, pencairan salju, dan penyimpanan lainnya dikumpulkan dalam saluran (biasanya di permukaan) dan mengalir ke bawah ke saluran keluar umum untuk kemudian memasuki badan air lain seperti sungai, aliran sungai, sungai, lahan basah, danau atau laut.

2.3.1 Topografi Menurut (Richard, 2022) Peta topografi, yang sering disebut permukaan bumi atau dataran, menunjukkan ketinggian yang ditentukan oleh permukaan laut. Peta ini menunjukkan relief, atau tinggi (koordinat Z), dan dimensi bidang, atau panjang dan lebar (koordinat X dan Y). Batas sungai akan diketahui melalui pengolahan data menggunakan peta topografi ini.

2.3.2 Tutupan Lahan dan Koefisien Aliran Kondisi tutupan lahan biasanya mencakup pemeriksaan vegetasi dan praktik pengolahan lahan seperti

terasering, yang memiliki dampak utama terhadap laju erosi dan sedimentasi. Tanah yang ditumbuhi vegetasi dengan baik memiliki kemampuan untuk mengurangi kecepatan aliran permukaan air, meningkatkan daya infiltrasi tanah, memberikan perlindungan terhadap erosi, menyerap dan menyimpan air, serta mengendapkan partikel tanah yang terbawa oleh air, sehingga mengurangi erosi. Vegetasi dan praktik pengolahan lahan merupakan faktor utama dalam proses erosi (SNI, 03:1724:1989). Koefisien aliran yang dimaksud dalam pedoman ini adalah perbandingan jumlah curah hujan dalam periode waktu tertentu dan koefisien aliran permukaan. Faktor lain (perkotaan, perdesaan), ciri DPS pada Pasal 4 Ayat 3 dan fungsi lahan mempunyai pengaruh terhadap nilai koefisien aliran. Untuk merancang bangunan, koefisien debit harus ditentukan dari pengujian dan/atau perhitungan hidrologi pada area yang bersangkutan (SNI, 03:1724:1989).

Adapun perhitungannya menggunakan Rumus 2.1. **13 21** 2.4 Analisis Hidrologi

Menurut (Asdak, 2007) Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari air (cair, gas, padat) dalam segala bentuknya di dalam dan di atas permukaan bumi. Hal ini mencakup perilaku, distribusi, dan karakteristik fisik dan kimia dari siklus serta interaksinya dengan komponen biologis air. Menurut (Syarifudin, 2017) aliran air yang terus-menerus melalui kondensasi, presipitasi, penguapan, dan transpirasi dari atmosfer ke bumi dikenal sebagai hidrologi. A. Presipitasi Hujan, salju, dan hujan es semuanya dianggap sebagai jenis presipitasi. Hujan es tercipta ketika awan terbentuk. Awan ini berkeliling dunia di bawah arahan arus udara. Misalnya, ketika awan mendekati gunung, awan menjadi dingin dan langsung jenuh dengan air, yang kemudian turun ke bumi. B. Kondensasi (Pengembunan) Pada partikel debu kecil di atmosfer, uap air yang mengembang, mendingin, dan kemudian mengembun sering kali terdeteksi. Ketika kondensasi terjadi, tetesan air yang dihasilkan berkumpul membentuk awan. Mereka juga bisa langsung mengeras menjadi es, salju, atau hujan es. C. Evaporasi (Penguapan) Sinar matahari memanaskan air hingga mencapai suhu di mana energi pada permukaan molekul memutus ikatannya,

menyebabkan molekul mengembang dan menjadi tidak terlihat di atmosfer sebagai uap air. D. Transpirasi Sebagian curah hujan dan salju cair merembes ke lapisan bawah permukaan dan akhirnya mencapai permukaan air dan berubah menjadi air tanah melalui infiltrasi, atau perkolasi, melalui pori-pori dan celah pada batuan dan tanah. Gambar 2. 9 Skema Siklus Hidrologi (Syarifudin, 2017) 2.4.1 Curah Hujan Kawasan Curah hujan merujuk pada jumlah total air yang terakumulasi di suatu bidang datar dalam jangka waktu tertentu, dengan asumsi bahwa tidak ada limpasan permukaan, infiltrasi, atau penguapan yang terjadi (SNI, 03:1724:1989). A. Metode Aritmatik Ketinggian curah hujan di setiap lokasi pengukuran selama periode waktu tertentu dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah total lokasi pengukuran untuk menentukan metode rata-rata. 30 Cara ini sebaiknya digunakan pada daerah yang medannya datar, curah hujannya lebih banyak, dan sifat curah hujannya baik menggunakan Rumus 2.2. 10 B. Metode Poligon Thiessen Dengan menggambar poligon di antara kolom-kolom hujan di suatu wilayah sungai dan mengalikan luas setiap poligon dengan tinggi curah hujan, Metode Poligon Thiessen menentukan tinggi curah hujan rata-rata regional. Kemudian dibagi dengan luas wilayah sungai secara keseluruhan. Jika curah hujan tidak merata, cara ini dapat digunakan untuk menentukan tinggi rata-rata curah hujan menggunakan Rumus 2.3. Gambar 2. 10 Metode Poligon Thiessen (Soemarto, 1999) C. Metode Isohyet Metode isohyet ditentukan dengan membagi rata-rata jumlah hujan pada suatu DAS dengan luas seluruh DAS, kemudian mengalikan rata-rata jumlah hujan antara kedua garis isohiet dengan luas antara kedua garis isohiet tersebut. Hal ini dilakukan dengan memanfaatkan peta kontur yang menggambarkan jumlah curah hujan di suatu wilayah. Strategi ini bekerja dengan baik khususnya di medan yang curam dan bergunung-gunung. Rumus yang digunakan untuk perhitungan menggunakan Rumus 2.4. 11 Gambar 2. 11 Metode Garis Isohyet (Soemarto, 1999) 2.4.2 Data Curah Hujan Hilang Data curah hujan tidak mencukupi karena pos hujan tidak selalu berfungsi dengan baik. Jika terdapat keterkaitan yang kuat antara curah

hujan maksimum harian pada stasiun yang akan digunakan dengan stasiun yang akan digunakan untuk pengisian data, maka data curah hujan hanya akan diisi untuk keperluan analisis banjir terencana. Menurut (SNI, 2451:2016), untuk menanggulangi data yang hilang dapat menggunakan dua metode yaitu : A. Perhitungan curah hujan rata-rata dari lokasi hujan yang paling dekat dengan titik hujan. Tidak ada data mengenai curah hujan. Jika selisih rata-rata curah hujan tahunan pada stasiun hujan terdekat dengan data yang hilang kurang dari 10%, maka hal ini dapat dilakukan. B. Rasio curah hujan tahunan dibandingkan dengan stasiun hujan lainnya dihitung. Jika curah hujan tahunan merupakan hal yang biasa, pendekatan ini dapat digunakan. Terdapat perbedaan lebih dari 10% antara stasiun hujan terdekat. Situs web kekurangan informasi. Perhitungan menggunakan Rumus 2.5. 2.4.3 Analisis Frekuensi Pengujian hubungan antara perhitungan probabilitas ( $p$ ), yang diwakili oleh rumus  $p=1/T$ , dan periode ulang ( $T$ ). Perhitungan untuk analisis frekuensi dapat dilakukan secara grafis atau analitis. Menurut (SNI, 2451:2016) perhitungan analisis frekuensi sebagai berikut: 2.4.3.1 Parameter Statistik Salah satu elemen kunci dalam analisis frekuensi adalah parameter. Berikut merupakan perhitungan dari parameter statistik menggunakan Rumus 2.6 sampai 2.14. A. Rata-rata ( $\bar{x}$ ) B. Standar Deviasi ( $s$ ) Angka standar deviasi ( $s$ ) bertambah seiring dengan tersebarnya data di sekitar nilai rata-rata dan sebaliknya. Untuk perhitungannya digunakan Rumus 2.8 dan 2.9.

9 27 C. Koefisien Variasi ( $CV$ ) Metrik yang disebut koefisien variasi digunakan untuk membandingkan nilai rata-rata dan deviasi standar suatu distribusi. Rumus untuk mencari  $CV$  menggunakan D. Koefisien Skewness ( $sk$ ) Koefisien Skewness menunjukkan asimetri bentuk ebaran. Rumus perhitungan koefisien skewness menggunakan Rumus 2.11 dan 2.12. Distribusi kurva dikatakan simetris jika koefisiennya sama dengan 0,00. Distribusinya akan miring ke kiri jika kurang dari nol dan ke kanan jika lebih besar dari nol. E. Koefisien Kurtosis ( $ku$ ) Derajat kecuraman kurva distribusi dinyatakan dengan koefisien ( $ku$ ). Rumus 2.13 dan 2.14 dapat

t digunakan untuk mencari koefisien ini. 13 14 2.4.3.2 Pemilihan Jenis Distribusi Histogram yang menyerupai kurva dibuat dari data debit banjir sesaat hasil pengamatan > 20 tahun. Kemudian dicoba didekati dengan menggunakan fungsi distribusi, seperti distribusi normal, distribusi log normal, gamma, Pearson, log Pearson, Gumbel, dan lain-lain. Besaran banjir/curah hujan yang direncanakan dihitung menggunakan fungsi distribusi yang paling mendekati data observasi. 2.4.3.3 Distribusi Frekuensi Beberapa rumus seperti distribusi normal, distribusi Gumbel, distribusi log normal, dan distribusi log Pearson III digunakan untuk menghitung distribusi frekuensi curah hujan periode ulang. Perhitungan curah hujan yang direncanakan menggunakan metode ini untuk mengembalikan periode T di setiap distribusi Perhitungan yang berbeda (SNI, 2451:2016). Rumus

distribusi frekuensi menggunakan Rumus 2.15 34 sampai 2.19. A. Distribusi Normal B. Distribusi Gumbel C. Distribusi Log Normal 15 D. Distribusi Log Person II

2.4.3.4 Uji Cara Grafis Memenuhi kondisi yang diurai Akan dalam kertas probabilitas merupakan prasyarat lain untuk memilih jenis distribusi. Uji grafik pada kertas probabilitas dirancang untuk mengetahui seberapa jauh suatu titik data menyimpang dari garis teoritis (SNI, 2451:2016).

Perhitungan probabilitas uji grafis menggunakan Rumus 2.20. 2.4.3.5 Uji Kecocokan Distribusi Analisis uji kesesuaian distribusi digunakan untuk mengetahui apakah distribusi frekuensi data sampel layak digambarkan atau diwakili oleh fungsi distribusi probabilitas. 1) Uji Smirnov-Kolmogorof Karena tidak memerlukan fungsi distribusi tertentu, uji kesesuaian Smirnov Kolgomorov sering disebut sebagai uji kesesuaian non 22 arametrik. Prosedur pelaksanaannya adalah sebagai berikut : 1. Menentukan besarnya peluang setiap bagian data dengan cara mengurutkannya (dari besar ke kecil atau sebaliknya). 2. Dari hasil rangkuman data (persamaan distribusi), urutkan nilai peluang teoritisnya. 3. Hitung perbedaan distribusi antara probabilitas teoritis dan probabilitas observasi menggunakan dua nilai probabilitas ini. Rumus 2 23 21. 16 4. Menentukan harga  $d_0$  dapat ditentukan berdasarkan tabel nilai kritis (smirnov-kolmogorov test 9). Tabel 2. 1 Nilai Kritis



Smirnov-Kolmogorov Test 2) Uji Chi-Kuadrat Mencari tahu apakah persamaan distribusi yang dipilih secara akurat menggambarkan distribusi statistik dari sampel data yang dianalisis adalah tujuan dari uji chi-Square. Jika nilai chi-kuadrat yang dihitung < chi-kuadrat kritis, maka analisis dapat diterima. Perhitungan untuk uji Chi-Kuadrat menggunakan Rumus yang 2.4.4 Intensitas Hujan Periode Ulang dan Curah Hujan Efektif Lamanya frekuensi dan periode ulang hujan semuanya mempengaruhi intensitas curah hujan. Keterkaitan ketiganya ditampilkan pada kurva IDF (Intensity Duration Frekuensi). Untuk membuat kurva intensitas curah hujan dan proporsi distribusi curah hujan, intensitas curah hujan merupakan faktor penting dalam perhitungan prediksi aliran banjir. Metode mononobe untuk Rumus 2.26 dan rasio distribusi hujan menggunakan Rumus 2.27. 17 2.4.5 Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Debit Banjir Periode Ulang Data curah hujan per jam diperlukan agar hidrograf satuan dapat digunakan untuk menentukan intensitas banjir. Pendekatan ini mencari hubungan sebab-akibat antara limpasan permukaan dan curah hujan, meskipun jelas bahwa kuantitas dan kualitas curah hujan secara langsung mempengaruhi hidrograf, sehingga hubungan tersebut dapat dijelaskan dalam satuan hidrograf, dan besarnya curah hujan dapat dijelaskan. Pengaruh curah hujan efektif terhadap limpasan permukaan (SNI, 2451:2016). A. Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu Metode HSS Nakayasu dapat dihitung dengan menggunakan Rumus 2.29 dan 2.30 yang terdapat pada, (SNI, 2451:2016). 18 B. Hidrograf Satuan Sintetis Snyder Metode Snyder adalah pendekatan Amerika untuk menghitung HSS. Pembuatan estimasi HSS ini didasarkan pada rumus empiris dan koefisien yang mengintegrasikan fitur daerah aliran sungai dan variabel hidrologi. Rumus HSS Snyder dapat dilihat pada rumus 2.31 sampai 2.34 (SNI, 1724:2015). C. Hidrograf Satuan Sintetis Soil Conservation Service (SCS) Rasio debit ( $q$ ) terhadap debit puncak ( $q_p$ ) dan durasi ( $t$ ) terhadap durasi kenaikan ( $T_p$ ) digunakan untuk menyatakan HSS SCS. Perhitungan HSS SCS dapat menggunakan Rumus 2.35 sampai 2.38 (SNI, 1724:2015). 19 D. Hidrograf Satuan Sintetis Menentukan total debit

banjir per jam yang dihasilkan dari sebaran hujan setelah menentukan ordinat debit banjir unit HSS dapat menggunakan Rumus 2.39. 2.5 Analisis Hidrolika Ilmu hidrolika mengkaji berbagai aspek pergerakan air, termasuk komposisi, kecepatan, dan gaya. Dalam analisis hidrolis, aliran saluran tertutup dan terbuka diperiksa. analisis hidrolis saluran terbuka dan aliran sungai. Menemukan kapasitas penampang sungai merupakan salah satu tujuan analisis hidrolika. Perhitungannya dapat menggunakan Rumus 2.40 sampai 2.43

14 2.5.1 Pemodelan Hidrolika dengan HEC-RAS Pemodelan hidrolika menggunakan aplikasi hydrologic Engineering Center River Analysis System (HEC-RAS).

Aplikasi ini bertujuan untuk menganalisis aliran tetap dan aliran tidak tetap. Pemodelan ini berdasarkan pada persamaan kontinuitas dan momentum untuk menggambarkan perilaku aliran air di suatu sistem sungai atau saluran. A. Konsep perhitungan pada HEC-RAS 1. 1D Model Komponen simulasi aliran tak tetap pada sistem pemodelan HEC-RAS mampu mensimulasikan aliran tak tetap 1D melalui jaringan saluran terbuka penuh. Kekekalan massa, sering disebut dengan kontinuitas, dan kekekalan momentum adalah hukum fisika yang mengatur aliran air di sungai.

Persamaan kontinuitas dan persamaan momentum adalah dua persamaan diferensial parsial yang mewakili gagasan tersebut. Laju aliran bersih ke dalam suatu volume sama dengan laju perubahan penyimpanan dalam volume tersebut, sesuai dengan prinsip kekekalan massa. Rumus persamaan kontinuitas menggunakan Rumus 2.44. Prinsip kekekalan momentum yang didasarkan pada hukum kedua Newton, menyatakan bahwa total momentum yang masuk ke dalam suatu volume yang tetap sama dengan jumlah semua gaya luar yang bekerja pada volume tersebut, serta laju perubahan momentum dalam volume tersebut. Rumus persamaan momentum menggunakan Rumus 14 20 2.45.

2. 2D Model 2D model HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) digunakan untuk pemodelan aliran air 2D dalam sistem sungai dan saluran terbuka. Rumus yang dipakai dalam 2D model menggunakan Rumus 2.46 sampai 2.48. 20 3. 1D-2D Coupled Model Model Terhubung 1D-2D dalam HEC-RAS mengacu pada integrasi pemodelan aliran satu dimensi (1D)

dan dua dimensi (2D) dalam sistem sungai atau aliran air. Dalam model ini, bagian-bagian sungai yang memiliki karakteristik aliran yang berbeda, seperti sungai dengan aliran yang terbatas di bagian tertentu dan aliran yang lebih luas di bagian lainnya, hal ini memungkinkan untuk menghasilkan simulasi yang lebih realistis dan akurat, terutama dalam kondisi aliran yang kompleks atau daerah dengan topografi yang beragam. Persamaan weir digunakan dalam menghitung limpasan banjir yang terdapat pada Rumus 2.49. B. Komponen hidrolika yang dibutuhkan untuk HEC-RAS 1. Data Geometri Data geometri yang dibutuhkan dalam melakukan simulasi menggunakan aplikasi HEC-RAS, yaitu data DEM, alur sungai (river), bantaran Sungai (bank lines), cross section, lateral structure dan 2D flow area. 2. Debit Banjir Debit banjir dalam simulasi HEC-RAS dibagi menjadi dua jenis, yaitu aliran tetap dan aliran tidak tetap. Aliran tetap, atau yang dikenal sebagai steady flow, adalah kondisi di mana debit, kecepatan, tekanan, 21 kepadatan, dan sebagainya tidak berubah seiring waktu. Di sisi lain, aliran tidak tetap, atau unsteady flow, adalah kondisi di mana parameter-parameter tersebut dipengaruhi oleh waktu. Untuk simulasi unsteady flow, data yang digunakan biasanya adalah hidrograf banjir sintesis. 3. Koefisien Kekasaran Manning Koefisien kekasaran manning adalah parameter yang dimasukkan dalam rumus Manning untuk mengevaluasi kekasaran permukaan aliran dalam perhitungan aliran permukaan. Koefisien tersebut menggambarkan tingkat kasar atau halus nya permukaan aliran, dimana nilai yang lebih tinggi menunjukkan kekasaran yang lebih besar dan nilai yang lebih rendah menunjukkan kekasaran yang lebih kecil. 2.6 Penelitian Terdahulu A. Modelling Compound Flooding a Case Study From Jakarta, Indonesia Penelitian yang dilakukan oleh William G, Harshinie, dan Yunqing (2023) melakukan penelitian di daerah Jakarta Utara, Indonesia. Penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki banjir gabungan yang disebabkan oleh gelombang air laut dan aliran sungai. B. Implementasi Software Hec-Ras 4.1.0 Dan Epa Storm Water Management Mod l (Swmm) 5.1.0 Pada Efektivitas Analisis Saluran Drainase (Studi Kasus Desa Kelet Kecamatan

Keling Kabupaten Jepara) Penelitian yang dilakukan Efrizal, Hidayat dan Adi Saputro (2022) melakukan penelitian di Kawasan Jalan Raya Kelet – Bangsari, Desa Kelet, Kecamatan Keling, Kabupaten Jepara yang tidak memiliki saluran drainase akibat Pembangunan tempat tinggal sehingga menyebabkan banjir di wilayah tersebut. Peneliti melakukan analisis saluran drainase untuk penanganan banjir dengan menggunakan software HEC-RAS dan EPA SWMM. C. Analisis Pengadaan Pintu Air dan Pompa Air Untuk Penanggulangan Banjir di Perumahan Graha Bunga Pondok Kacang Barat Tangerang Selatan Penelitian ini dilakukan oleh Fathaya (2021) yang meneliti Sungai Angke di perumahan Graha Bunga dengan menggunakan software EPA SWMM untuk melakukan simulasi. D. Model Analisis Efektivitas Saluran Drainase Menggunakan Software Hec-Ras Penelitian yang dilakukan Restu Wigati (2017) melakukan penelitian pada drainase di Provinsi Banten khususnya di Jalan Arteri Merak – Cilegon kondisi eksisting drainase yang tidak dapat menampung debit air dengan membuat model analisis penanggulangan dan pengendalian genangan dengan menggunakan software HEC-RAS. E. Comparison of 1D and 2D Hydraulic Models for Floods Simulation on the Medjerda River in Tunisia Penelitian yang dilakukan Gharbi, Soualmia, Dartus dan Masbernat (2016) melakukan simulasi banjir dengan metode 1D-2D Coupled model untuk menilai dampak dari pekerjaan pengerukan terhadap banjir di sungai Medjerda Tunisia dengan menggunakan software HEC-RAS. 22

BAB III METODE PENELITIAN 3.1 Objek Penelitian Objek Sungai Angke yang terletak di kawasan Perumahan Graha Bunga Pondok Kacang Barat, Kecamatan Pondok Aren, Kota Tangerang Selatan, Banten digunakan dalam penelitian ini. Penelitian ini menggunakan empat stasiun hujan, yaitu Stasiun Klimatologi Tangerang Selatan, Stasiun Meteorologi Soekarno-Hatta, Stasiun Fakultas Teknik Universitas Indonesia, dan Stasiun Klimatologi Bogor. Dengan panjang anak sungai Angke yang diteliti sepanjang Sta 0+010 – Sta 0+420. Pemilihan stasiun ini didasarkan pada kedekatannya dengan Daerah Aliran Sungai (DAS) Sungai Angke. yang dapat dilihat pada Gambar 3.1. Gambar 3. 1 Objek Penelitian dan Lokasi Penelitian (diolah

oleh Peneliti 2024) 3.2 Variabel Penelitian Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang mendukung penelitian mengenai efektifitas drainase pada perumahan Graha Bunga. Berikut merupakan variabel pada penelitian ini, yaitu: • Analisis hidrologi berupa debit • Tingkat ancaman banjir berdasarkan kedalaman • Luas limpasan banjir setelah simulasi 2

3 3.3 Pengumpulan Data Untuk menyelesaikan penelitian ini dibutuhkan

data-data yang lengkap dan sesuai dengan kebutuhan penelitian. Data yang dipakai dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Berikut merupakan data-data dan cara mengumpulkannya: A. Data Primer Data primer merupakan data yang diperoleh peneliti yang bersumber langsung dari lokasi kejadian.

Berikut merupakan data-data yang dikumpulkan yaitu: 1. Survei lokasi

Survei lokasi diperlukan untuk mencatat dan mendokumentasi mengenai keadaan lokasi yang akan dilakukan penelitian. Survei lokasi 2. Wawancara dan

observasi Wawancara dilakukan dengan masyarakat di perumahan Graha Bunga yang bertujuan untuk mengetahui informasi mengenai detail-detail kejadian yang terjadi di lokasi penelitian. Observasi dilakukan dengan cara

pengamatan di lokasi penelitian serta mengambil data yang dibutuhkan secara langsung. B. Data Sekunder Data sekunder diperoleh peneliti dengan

mengambil data dari sumber lain dan instansi yang berhubungan dengan penelitian. Berikut data-data sekunder yang dikumpulkan yaitu: 1. Tinjauan

Pustaka Studi pustaka berasal dari sumber online, termasuk buku, jurnal internasional, dan data dari perusahaan yang dapat membantu menyelesaikan penelitian ini. 2. Peta Topografi Peta topografi adalah peta

yang menggambarkan bentuk permukaan bumi yang alami dan buatan, variasi tinggi kontur serta tutupan lahan dan flora yang menutupi permukaan tersebut. 3. Data Land Satellite Images Land Satellite Images digunakan

untuk menentukan tipe tutupan lahan dengan menggunakan aplikasi QGIS. Tutupan lahan yang dicari adalah tutupan lahan di daerah aliran Sungai

lokasi penelitian. Tutupan lahan akan mempengaruhi koefisien Aliran permukaan di dalam DAS. 4. Data Klimatologi Data curah hujan dari

stasiun hujan terpilih atau stasiun-stasiun di daerah aliran sungai yang

menjadi lokasi penelitian berfungsi sebagai data klimatologi untuk analisis hidrologi. Pengumpulan data ini diperoleh dengan permintaan data curah hujan secara online atau permintaan data langsung.

### 3.4 Pengolahan Data

Setelah dilakukan pengumpulan data primer dan sekunder, selanjutnya dilakukan pengolahan data. Tahap ini dilakukan untuk menganalisis data-data untuk mendapatkan hasil akhir dari penelitian. Berikut merupakan langkah-langkah dalam pengolahan data, yaitu:

1. Pengolahan Data Daerah Aliran Sungai (DAS)  
Pengolahan data Daerah Aliran Sungai (DAS) mempunyai beberapa langkah-langkah yang harus dilakukan, yaitu:
  - Penentuan daerah aliran sungai (DAS) berdasarkan data DEM Diproses dalam Aplikasi Quantum Geographic Information System (QGIS) berdasarkan saluran sungai dan lokasi stasiun hujan.
  - Perhitungan rasio dampak stasiun hujan terhadap daerah aliran sungai Poligon Voronoi dalam aplikasi QGIS. Rasio dampak stasiun hujan Digunakan untuk menentukan curah hujan regional menggunakan metode ini Poligon Thiessen.
  - Pengolahan data tutupan lahan DAS menggunakan aplikasi QGIS. Dengan menginput gambar Landsat dan membagi jenis tutupan lahan menjadi area bervegetasi dan non-vegetasi atau telah dilakukan pembangunan.
2. Pengolahan Data Analisis Hidrologi  
Tujuan dari analisis data hidrologi adalah untuk memperkirakan kekuatan dan aliran keluar banjir berdasarkan curah hujan selama periode ulang tertentu. Berikut ini langkah-langkah pengolahan data hidrologi, yaitu:
  - Menghitung curah hujan regional berdasarkan curah hujan maksimum atau maksimum tahunan untuk setiap stasiun hujan.
  - Perhitungan analisis frekuensi untuk menentukan jenis distribusi yang memenuhi persyaratan. Analisis frekuensi mencakup parameter statistik, pemilihan jenis distribusi, pengujian metode grafis dan pengujian kecocokan distribusi.
  - Menghitung curah hujan periode ulang berdasarkan distribusi frekuensi Lulus analisis frekuensi dan persyaratan pengujian distribusi.
  - Intensitas curah hujan dihitung berdasarkan curah hujan periode ulang Tentang distribusi frekuensi
  - Perhitungan hidrograf satuan komprehensif (HSS) perhitungan debit banjir periodik Reset berdasarkan intensitas curah hujan pada periode

ulang Nakayasu. 3. Pengolahan Data Hidrolika Pengolahan data hidrolika dilakukan untuk melakukan simulasi kejadian limpasan banjir dengan menggunakan topografi lokasi penelitian, debit rencana, dan penampang sungai. Dengan menggunakan program HEC-RAS versi 6.4.1, dilakukan simulasi hidrolika limpasan banjir sebelum dan sesudah tanggul. 3.5 Skenario Mitigasi Debit dan Bangunan Skenario mitigasi dilakukan sebagai upaya dalam mengurangi banjir dengan skenario debit dan bangunan. Skenario debit dilakukan dengan simulasi menggunakan periode ulang 2, 5, dan 10 tahun untuk Sungai dan drainase. Sedangkan skenario mitigasi bangunan dengan perbaikan kapasitas dan sistem outlet drainase pada Sungai Angke yang berada pada perumahan Graha Bunga. Kemudian akan dilakukan simulasi dan hasilnya akan di kaji apakah efektif atau tidak. 25 3.6 Diagram Alir Penelitian Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian (Diolah oleh Penulis, 2024) 26 BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 4.1 Penyajian Data 4.1.1 Survei Lapangan dan Wawancara Penelitian ini dilakukan pada Sungai Angke dengan panjang Sta 0+010 sampai Sta 0+420 dan drainase yang terletak diperumahan Graha Bunga. Survei ini dilakukan untuk memeriksa keadaan di lapangan dan mengidentifikasi lokasi banjir yang disebabkan oleh luapan Sungai Angke di area tersebut berdasarkan informasi dari penduduk setempat (Gambar4.1). Gambar 4. 1 Survei Lapangan Sungai Angke dan Drainase Di Perumahan Graha Bunga (Dokumentasi Pribadi, 2024) 4.1.2 Penentuan Daerah Tangkapan Air Penentuan daerah tangkapan air dapat menggunakan Google Earth Pro untuk mencari luas area dari Perumahan Graha Bunga dengan cara sebagai berikut: A. Membuat Polygon Buka aplikasi Google Earth pro kemudian cari lokasi sesuai daerah yang akan dicari luasnya. Pilih menu add polygon pada menu bar di Google Earth Pro yang dapat dilihat pada (Gambar 4.2). 27 Gambar 4. 2 Lokasi Polygon Pada Menu Di Google Earth Pro (Dokumentasi Pribadi, 2024) B. Setting Polygon Selanjutnya dapat diberi nama pada polygon dan buat polygon sesuai dengan daerah yang akan diteliti lalu atur warna untuk lebih memudahkan dalam membedakan area yang diteliti. Gambar 4. 3

Polygon Yang Sudah Dibuat (Dokumentasi Pribadi, 2024) C. Hasil pada menu Maesurment Setelah itu dapat dilihat pada menu maesurements yang berada pada polygon properties maka akan terlihat luas dari Perumahan Graha Bunga dengan Total 0,92 km<sup>2</sup> seperti pada (Gambar 4.4). Gambar 4. 4 Total Luas Kawasan Perumahan Graha Bunga Pada Google Earth Pro (Dokumentasi Pribadi, 2024) 28

4.1.3 Data Hujan Lokasi penelitian berada di perumahan Graha Bunga yang bersebelahan dengan Sungai Angke maka menggunakan analisis hidrologi DAS Sungai Angke. Data hujan yang dipakai yaitu 10 tahun dari 2014 - 2023 dan mencakup DAS Sungai Angke dengan menggunakan 4 stasiun atau pos hujan yang dapat dilihat pada table 4.1 dan table 4.2. Tabel 4. 1 Data Stasiun Hujan Yang digunakan Tabel 4. 2 Ketersediaan Data Curah Hujan

4.1.4 Data Penampang Sungai Data dari penampang sungai digunakan untuk menghitung tinggi permukaan air serta luas dan kedalaman yang disebabkan oleh debit banjir periode ulang 2, 5, dan 10 tahun. Pengambilan data dimensi penampang yang akurat digunakan untuk mendapatkan hasil simulasi yang mendekati konsisi yang sebenarnya. Pengukuran dan posisi survei dimensi penampang sungai yang telah dilakukan oleh peneliti dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan pada Tabel 4.3 sampai Tabel 4.11 merupakan data dimensi penampang.

29 Lokasi Survei Gambar 4. 5 Pengukuran dimensi penampang dan posisi survei (Dokumentasi Pribadi, 2024) Tabel 4. 3 Data Penampang Melintang Sungai Angke Sta. 0+391 - Sta. 0+371 Pada Perumahan Graha Bunga Tabel 4. 4 Data Penampang Melintang Sungai Angke Sta. 0+370 - Sta. 0+330 Pada Perumahan Graha Bunga 30 Tabel 4. 5 Data Penampang Melintang Sungai Angke Sta. 0+320 - Sta. 0+280 Pada Perumahan Graha Bunga Tabel 4. 6 Data Penampang Melintang Sungai Angke Sta. 0+270 - Sta. 0+230 Pada Perumahan Graha Bunga 31 Tabel 4. 7 Data Penampang Melintang Sungai Angke Sta. 0+220 - Sta. 0+180 Pada Perumahan Graha Bunga Tabel 4. 8 Data Penampang Melintang Sungai Angke Sta. 0+170 - Sta. 0+130 Pada Perumahan Graha Bunga Tabel 4. 9 Data Penampang Melintang Sungai Angke Sta. 0+120 - Sta.

0+80 Pada Perumahan Graha Bunga 32 Tabel 4. 10 Data Penampang Melintang Sungai Angke Sta. 0+70 - Sta. 0+30 Pada Perumahan Graha Bunga Tabel 4. 11 Data Penampang Melintang Sungai Angke Sta. 0+20- Sta. 0+10 Pada Perumahan Graha Bunga 4.2 Analisis Karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) 4.2.1 Analisis DAS Angke A. Input Sub DAS Sub DAS yang didapat merupakan Sub DAS Ciliwung Cisadane yang diinput ke dalam aplikasi QGIS 3.22.5 yang kemudian akan dilakukan analisis selanjutnya (Gambar 4.6). Gambar 4. 6 Sub DAS Ciliwung Cisadane Pada Aplikasi QGIS 3.22.5 (Dokumentasi Pribadi, 2024) 33 B. Tracking Alur Sungai Penambahan layer google maps dapat memudahkan dalam melakukan tracing alur sungai Angke dan anak sungai Sngke dari hulu sampai lokasi penelitian. Pembuatan alur sungai dapat menggunakan menu edit lalu pilih add line feature (Gambar 4.7). Gambar 4. 7 Tracking Alur Sungai Angke Pada Aplikasi QGIS 3.22.5 (Dokumentasi Pribadi, 2024) C. Menentukan DAS Angke Penentuan DAS Angke dilakukan dengan menghilangkan sub-DAS yang tidak dilalui oleh aliran Sungai Angke atau anak sungainya. Setelah mendapatkan sub-DAS yang mewakili jalur sungai utama beserta anak sungainya, sub-DAS tersebut kemudian digabungkan atau disatukan menjadi satu DAS. Gambar 4. 8 DAS Sungai Angke Pada Aplikasi QGIS 3.22.5 (Dokumentasi Pribadi, 2024) 4.2.2 Analisis Rasio Pengaruh Stasiun Hujan Terhadap DAS A. Penentuan Titik Stasiun Hujan dan Pengaruhnya Penentuan lokasi stasiun hujan dilakukan dengan menggunakan opsi edit add point feature. Setelah menentukan titik lokasi stasiun hujan, dilakukan penentuan pengaruhnya terhadap DAS yang relevan. Poligon Thiessen untuk stasiun hujan dibuat menggunakan opsi voronoi polygon dalam menu processing toolbox. Saat menentukan voronoi polygon, dilakukan pengaturan jangkauan stasiun hujan yang menentukan area pengaruh stasiun hujan terhadap DAS tersebut. 34 1. Sta. K. Bogor 2. Sta. FT UI 3. Sta. K. Tangsel 4. Sta. M. Soetta 5. Perumahan Graha Bunga 6. Alur Sungai Angke yang melewati tempat penelitian 7. Alur Sungai Angke 8. DAS Sungai Angke Gambar 4. 9 Posisi dan Pengaruh Stasiun Hujan Pada Aplikasi

QGIS 3.22.5 (Dokumentasi Prbadi, 2024) B. Rasio Pengaruh Stasiun Hujan Terhadap DAS Rasio pengaruh stasiun hujan dapat dicari pada DAS yang telah diclip dengan Voronoi lalu pada menu open attribute table – open calculator lalu masukan formula “area” untuk mencari luas area pada setiap stasiun. Kemudian untuk mengetahui luas total area dapat memasukan formula “sum area” setelah itu masukan formula “area”/”sum area” untuk mendapatkan rasio pengaruh stasiun hujan. Hasil dari rasio pengaruh stasiun hujan digunakan untuk mencari curah hujan Kawasan. Gambar 4.10 dan Tabel 4.12 merupakan hasil dari rasio pengaruh stasiun hujan. Gambar 4. 10 Rasio Pengaruh Stasiun Hujan Terhadap DAS Sungai Angke Pada Aplikasi QGIS 3.22.5 (Dokumentasi Pribadi, 2024) Tabel 4. 12 Rasio pengaruh stasiun hujan terhadap DAS Sungai Angke 35 4.2.3 Analisis Tutupan Lahan Pada DAS Angke A. Data Land Satellite Images pada QGIS 3.22.5 Data land satellite images berasal dari website United States Geological Survey (USGS) yang akan diolah pada aplikasi QGIS 3.22.5 sebagai data tutupan lahan. Gambar 4. 11 Input land satellite images pada aplikasi QGIS 3.22.5 (Dokumentasi Pribadi, 2024) B. Melihat tutupan lahan untuk DAS Angke Melihat tutupan lahan pada DAS Angke dapat menggunakan menu Raster pilih menu Extraction dan pilih Clip Raster by Mask Layer kemudian pilih layer Build Virtual Raster. C. Membuat jenis tutupan lahan Tutupan lahan memiliki beberapa jenis klasifikasi seperti perkotaan, lahan pertanian, lahan basah, air, dan lain-lain. Membuat tutupan lahan untuk diklasifikasikan dapat menggunakan aplikasi QGIS 3.22.5, dengan menggunakan menu SCP lalu pilih Dock Panel kemudian Create a ROI Polygon dan menggunakan Plugin Semi Automatic Classification. Langkah selanjutnya adalah menentukan jenis tutupan lahan dari seluruh DAS (Daerah Aliran Sungai) menggunakan menu SCP lalu pilih menu Hand Processing dan pilih menu Classification kemudian pilih Use MC ID. Dengan menggunakan menu ini, tutupan lahan dapat diklasifikasikan berdasarkan data yang tersedia. Gambar 4.12 merupakan hasil dari klasifikasi tutupan lahan. Gambar 4. 12 Tutupan Lahan pada aplikasi

QGIS 3.22.5 (Dokumentasi Pribadi, 2024) 36 D. Mengetahui Koefisien Tutupan Lahan Setelah data tutupan lahan diperoleh, selanjutnya dapat mencari koefisien tutupan lahan dengan menggunakan perhitungan pada Rumus 2.1. Tabel 4.13 merupakan hasil dari perhitungan koefisien aliran permukaan DAS Angke didapatkan sebesar 0,51. Tabel 4. 13 Koefisien aliran permukaan pada DAS Angke 4.3 Analisis Hidrologi 4.3.1 Curah Hujan Kawasan Metode Poligon Thiessen Metode curah hujan Kawasan yang digunakan untuk analisis hidrologi pada DAS Angke adalah metode poligon Thiessen. Tabel 4. 14 Curah hujan maksimum tahunan DAS Angke 4.3.2 Analisis Frekuensi Curah Hujan Periode Ulang Analisa frekuensi bertujuan untuk mengetahui besaran curah hujan periode ulang. 1. Parameter Statistik Parameter statistik untuk curah hujan periode ulang menggunakan perhitungan sesuai dengan Rumus 2.6 sampai 2.14 dengan hasil perhitungan yang terdapat pada Tabel 4.15 dan 4.16. 3. Tabel 4. 15 Perhitungan parameter statistik normal dan gumbel Tabel 4. 16 Perhitungan parameter statistik log normal dan log pearson II

2. Pemilihan Jenis Distribusi Berdasarkan hasil perhitungan parameter statistik, jenis distribusi yang dipilih adalah jenis distribusi yang memenuhi persyaratan. Hasil pemilihan jenis distribusi dapat dilihat pada Tabel 4.17. 38 Tabel 4. 17 Pemilihan jenis distribusi Berdasarkan hasil pada Tabel 4.17 jenis distribusi yang memenuhi persyaratan adalah distribusi Log Pearson III. 3. Distribusi Frekuensi Perhitungan curah hujan distribusi frekuensi Log Pearson III untuk periode ulang 2, 5, dan 10 tahun dilakukan dengan menggunakan Rumus 2.19. KT (koefisien variabilitas) yang digunakan dalam interpolasi adalah faktor yang mempengaruhi variabilitas distribusi hujan. Ini diperlukan untuk menghitung nilai curah hujan yang diharapkan untuk berbagai periode ulang seperti 2, 5, dan 10 tahun. Tabel 4. 18 Harga KT Log Pearson III Tabel 4. 19 Curah hujan periode ulang jenis distribusi Log Pearson III Dari hasil perhitungan yang diperoleh pada Tabel 4.19, tinggi curah hujan periode ulang 2, 5, dan 10 tahun adalah 87,08 mm, 107,20 mm, dan 124,13 mm. 4. Uji Cara Grafis Pengujian cara grafis dapat dilihat

pada Rumus 2.20 dan menggunakan kertas probabilitas untuk Log Pearson III dengan sumbu X untuk peluang dan sumbu Y untuk curah hujan. Perhitungan untuk titik-titik data terdapat pada (Tabel 4.20) dan garis teoritis pada (Tabel 4.21). 39 Tabel 4. 20 Plotting data pada kertas probabilitas Tabel 4. 21 Garis teoritis pada kertas probabilitas Tabel 4. 22 Nilai Dkritis Garis teoritis dihitung menggunakan nilai KT yang sama seperti yang digunakan dalam perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 4.18. Deviasi tertinggi antara garis teoritis dari Tabel 4.21 dan titik data dari Tabel 4.20 ditunjukkan pada lembar probabilitas. Nilai kritis tidak boleh dilampaui oleh nilai maksimum ini. Tabel 2.21 memberikan 40 nilai kritis yang ditentukan menggunakan data curah hujan tahunan selama periode 10 tahun dengan tingkat kepercayaan 1%. Jadi, 0,41 adalah nilai krusial yang ditemukan. Gambar 4. 13 Hasil uji grafis (Dokumentasi pribadi, 2024) 5. Uji Smirnov-Kolmogorov Uji Smirnov-kolmogorov adalah uji distribusi non-parametrik, pengujian dapat dilakukan dengan mengikuti cara pengerjaan yang terdapat pada sub bab 2.4.3.5 dan 40 Rumus 2.21. Hasil dari perhitungan dapat dilihat pada 40 Tabel 4. 3. Tabel 4. 23 Uji Smirnov-Kolmogorov Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.23, didapatkan hasil  $D_{maksimum}$  (0,202) lebih kecil dari  $D_{kritis}$  (0,41) maka uji ini memenuhi syarat. 6. Uji Chi-Kuadrat Apabila bilangan chi-kuadrat lebih kecil dari chi-kuadrat kritis, maka uji chi-kuadrat dianggap memenuhi syarat. Tabel 4.23 merupakan nilai chi-kuadrat kritis dan perhitungan menggunakan Rumus 2.22 hingga 2.25. 41 Tabel 4. 24 Nilai chi-kuadrat kritis 4.3.3 Intensitas Hujan Periode Ulang dan Curah Hujan Efektif Perhitungan intensitas hujan dilakukan dengan menggunakan metode mononobe yang terdapat pada (Rumus 2.26). hasil dari perhitungan intensitas hujan pada DAS Angke untuk periode 2, 5, dan 10 tahun terdapat pada Tabel 4.25, Hasil rasio distribusi hujan terdapat pada Tabel 4.26 berdasarkan Rumus 2.27, Hasil curah hujan efektif terdapat pada Tabel 4.27 berdasarkan Rumus 2.28, dan grafik intensitas hujan periode ulang 2, 5, dan 10 tahun pada Gambar 4.15. Tabel 4. 25 Perhitungan intensitas

Hujan 42 Gambar 4. 14 Kurva intensitas hujan (Dokumentasi Pribadi, 2024) Tabel 4. 26 Rasio distribusi hujan 43 Tabel 4. 27 Curah hujan efektif berdasarkan rasio distribusi 4.3.4 Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Debit Banjir Periode Ulang Setelah mendapatkan intensitas hujan efektif maka selanjutnya dilakukan perhitungan HSS. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan metode HSS Nakayasu yang terdapat pada Rumus 2.29 sampai Rumus 2.30, berikut hasil dari perhitungan: 4 **33** Tabel 4. 28 Debit Banjir HSS Nakayasu Periode Ulang 2 Tahun Tabel 4. 29 Debit Banjir HSS Nakayasu Periode Ulang 5 Tahun **45** Tabel 4. 30 Debit banjir HSS Nakayasu periode ulang 10 tahun 46 Gambar 4. 15 Grafik HSS Debit Banjir Nakayasu (Dokumentasi Pribadi, 2024) 4.4 Analisis Debit Banjir Menggunakan Software EPA SWMM 5.2 4.4.1 Proses Pembuatan Simulasi Hidroloka A. Masukan Backdrop Menyimpan gambar Lokasi penelitian dari Google Earth untuk di input kedalam aplikasi SWMM. Kemudian pada menu view pilih backdrop – load lalu pilih backdrop yang sudah disimpan dari google earth berupa foto. Pada Gambar 4.17 merupakan tampilan setelah backdrop di input. 47 Gambar 4. 16 Tampilan Backdrop Pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2024) B. Membuat Objek Rain Gage Pembuatan rain gage berada pada ikon rain gage yang berada dibagian kiri lalu letakan rain gage di dekat wilayah yang di teliti. Pada Gambar 4.18 merupakan tampilan rain gage setelah diinput. Gambar 4. 17 Pembuatan Rain Gage Pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2024) Selanjutnya melakukan input data pada time series berupa data intensitas hujan sesuai dengan periode ulang yang digunakan yaitu periode ulang 2, 5, dan 10 tahun. ` Gambar 4. 18 Input Data Rain Gage dan Data Time Series Pada Software SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2024) C. Pembuatan Objek Subcatchment 48 Objek subcatchment dibuat dengan mengklik ikon subcatchment dan kemudian membuat poligon yang membagi wilayah yang sedang diteliti. Berdasarkan analisis terhadap ruang terbuka hijau, perumahan Graha Mas Serpong memiliki luas yang cukup sehingga memiliki persentase permukaan yang tidak tembus air (impervious) sebesar 65%. Di seberang sungai dari wilayah Graha Mas

Serpong, pada lahan terbuka dengan semak belukar, persentase permukaan yang tidak tembus air adalah 35%. Gambar 4.20 menunjukkan tampilan objek subcatchment saat dimasukkan ke dalam SWMM 5.2. Gambar 4. 19 Pembuatan Subcatchment pada aplikasi SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2024) Melakukan penginputan data pada subcatchment, yaitu menyambungkan anatara subcatchment dengan outlet, memasukan luas area subcatchment dengan bantuan Google Earth Pro dan data-data yang diperlukan lainnya dapat dilihat pada Gambar 4.21. Gambar 4. 20 Input data subcatchment pada aplikasi SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2024) D. Pembuatan Model Jaringan • Junction dan Outfall Pembuatan objek junction yang berfungsi sebagai titik pertemuan antar saluran pembuangan. Untuk membuat objek junction, langkahnya dengan memilih ikon junction dan ditempatkan pada titik pertemuan saluran pembuangan. Pembuatan objek outfall yang berfungsi sebagai titik akhir dari simulasi hidraulika, dapat dilihat pada Gambar 4.22. 49 Gambar 4. 21 Tampilan Junction dan Outfall Pada Aplikasi SWMM 5.1 (Dokumentasi Pribadi, 2024) Gambar 4. 22 Input data junction dan data outfall pada aplikasi SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2024) • Conduit Pembuatan conduit yang merupakan saluran penghubung antara junction ke junction atau junction ke outfall yang dapat dilihat pada Gambar 4.24. Gambar 4. 23 Objek conduit pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2024) 50 Setelah pembuatan objek conduit selanjutnya mengatur bentuk dari saluran drainase sesuai dengan kondisi sebenarnya. Pilih bentuk dan ukuran saluran sesuai kondisi dilapangan, dapat dilihat pada Gambar 4.25. Gambar 4. 24 Cross Section Editor pada SWMM (Dokumentasi Pribadi, 2024) Kemudian input data-data pada conduit yang berupa ukura, bentuk dan Panjang saluran sesuai dengan kondisi sebenarnya, dapat dilihat pada Gambar 4.26. Gambar 4. 25 Input data objek Conduit pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2024) Setelah semua proses pembuatan simulasi selesai dilakukan dan data sudah dimasukkan ke setiap objek di SWMM 5.2, langkah selanjutnya adalah menjalankan simulasi. Simulasi ini akan dilakukan untuk kondisi flap gate dan pompa air, dengan tujuan untuk

memodelkan aliran air dan perilaku sistem drainase yang telah dibangun. Proses running simulasi ini akan menghasilkan output berupa data mengenai aliran air, level air, dan parameter lain yang relevan dengan sistem drainase yang telah dimodelkan. Hasil dari simulasi ini dapat digunakan untuk evaluasi performa sistem, analisis respon terhadap kondisi hujan, dan lain sebagainya dalam konteks hidrolika dan drainase. 51 Gambar 4. 26 Tampilan Objek Simulasi lengkap tanpa Pintu Air dan Tanpa Pompa Air pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2024) E. Pintu Air (Flap Gate) Pintu air berfungsi untuk mencegah aliran backflow pada saat banjir dari sungai akibat debit sungai tinggi. Penggunaan pintu air dapat diatur pada conduit yang berada di outlet drainase dengan menekan Yes untuk menggunakan pintu air dan No untuk tidak menggunakan pintu air. Pemodelan pintu air (Flap Gate) otomatis pintu ini dapat membuka dan menutup secara otomatis jika ketinggian air sungai sudah mendekati ketinggian dasar outlet saluran drainase. Gambar 4. 27 Menu Flap Gate pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2024) F. Pompa Air Pompa air berfungsi untuk membuang genangan air yang tertahan oleh pintu air dan tanggul dan merupakan upaya mitigasi banjir pada Perumahan Graha Bunga. Objek pompa air dapat dibuat dengan memilih ikon Pump Link lalu ditempatkan dekat dengan titik outfall. Dapat dilihat pada Gambar 4.29 merupakan tampilan pompa air pada SWMM 5.2. 52 Gambar 4. 28 Tampilan Objek Pompa Air pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2024) Setelah pembuatan objek pump link, kemudian melakukan input data pada pump link, yaitu kapasitas pompa air, lalu startup depth pompa akan otomatis menyala pada ketinggian 0,3 m dan shutoff depth pompa akan otomatis mati pada ketinggian 0,15 m . Dapat dilihat pada Gambar 4.30 merupakan input data pump link. Gambar 4. 29 Input data Objek Pump Link pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2024) 4.4.2 Hasil Simulasi Model EPA SWMM dan Pembahasan A. Debit Banjir Periode 2, 5, dan 10 tahun Pada gambar 4.31, merupakan status continuity error yang menampilkan error surface runoff sebesar -0.81% dan flow

routing sebesar -0.01% yang artinya sudah cukup baik karena tidak (>10%). Gambar 4. 30 Nilai Continuity Error setelah Running pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2024) 53 Hasil simulasi hidrolika dengan periode ulang 2, 5, dan 10 tahun pada aplikasi EPA SWMM 5.2 dapat dilihat pada Gambar 4.32 sampai Gambar 4.34 sebagai berikut: Gambar 4.31 Elevasi Air Periode Ulang 2 Tahun pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2024) Gambar 4.32 Elevasi Air Periode Ulang 5 Tahun pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2024) Gambar 4.33 Elevasi Air Periode Ulang 10 Tahun pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2024) Setelah dilakukan simulasi hidrolika pada drainase Perumahan Graha Bunga, dapat dilihat pada Gambar 4.32 sampai Gambar 4.34 terlihat saluran drainase dapat menampung debit dengan periode ulang 2 tahun dengan kapasitas terpakai 59%, periode ulang 5 tahun dengan kapasitas terpakai 62%, dan periode ulang 10 tahun dengan kapasitas terpakai 70%. 54 A. Debit Banjir Akibat Backflow Sungai Berdasarkan hasil simulasi hidrolika, dapat dilihat pada Gambar 4.35 sampai Gambar 4.37 terlihat bahwa saluran drainase dapat menampung debit maksimum periode ulang 2, 5, dan 10 tahun. Banjir yang terjadi pada Perumahan Graha Bunga terjadi akibat adanya backflow dari aliran sungai. Gambar 4. 34 Kejadian Backflow dengan Kondisi Tanpa Flap Gate dan Tanpa Pompa Air pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2024) Gambar 4.35 merupakan kejadian backflow dengan kondisi saluran drainase tanpa flap gate dan tanpa pompa air, saluran drainase tidak dapat menampung debit air sungai dan drainase sehingga melimpas ke jalan. Gambar 4. 35 Kejadian Backflow dengan kondisi Flap Gate Tertutup dan Tanpa Pompa Air pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2024) Gambar 4.36 merupakan kejadian backflow dengan kondisi menggunakan flap gate namun tidak menggunakan pompa air, saluran drainase juga tidak dapat menampung debit air yang tertahan flap gate sehingga air dari saluran drainase melimpas ke jalan. 55 Gambar 4. 36 Kejadian Backflow dengan kondisi Flap Gate Tertutup dan Kondisi Pompa Air On pada SWMM 5.2 (Dokumentasi Pribadi, 2024) Berdasarkan hasil simulasi

hidrolika dengan arus backflow dari sungai, dapat dilihat pada Gambar 4.35 sampai Gambar 4.37 terlihat bahwa limpasan banjir terjadi karena outlet pada drainase tidak mempunyai pintu air sehingga ketika debit Sungai sedang tinggi air dari drainase tertahan dan melimpas ke Perumahan Graha Bunga. Pada Gambar 4.35 terjadi banjir dengan kondisi tanpa pintu air dan tanpa pompa air, pada Gambar 4.36 terjadi banjir dengan kondisi menggunakan Flap Gate tanpa pompa air, pada Gambar 4.37 dengan kondisi menggunakan flap gate dan pompa air kejadian banjir pada Perumahan Graha Bunga dapat teratasi. Saluran drainase dapat dibebaskan sebesar 35% dari kondisi terpakai sebesar 65% dan sebelum menggunakan flap gate dan pompa air dengan kapasitas terpakai sebesar 100%.

#### 4.5 Analisis Hidrolika

Pada penelitian ini analisis hidrolika digunakan untuk mengetahui kedalaman dan luas limpasan banjir dari Sungai Angke yang berada di perumahan Graha Bunga. Aplikasi yang digunakan untuk analisis hidrolika adalah HEC-RAS 6.4.1, berikut tahapan dan hasil dari HEC-RAS sebagai berikut:

##### 4.4.1 Pembuatan Model Hidrolika

###### A. Pembuatan Terrain

Pembuatan terrain pada aplikasi HEC-RAS dapat menggunakan peta DEMNAS dan projection yang sesuai dengan lokasi peta DEMNAS. Pembuatan terrain dapat dilakukan dengan menggunakan menu RAS Mapper lalu pilih menu Terrain kemudian pilih Create a New RAS Terrain dan masukan projection yang sesuai dan masukan DEMNAS (Gambar 4.38). Gambar 4.37 Hasil Terrain (Dokumentasi Pribadi, 2024)

###### B. Pembuatan River dan Bank Lines

Pembuatan alur sungai (river) dan tepi Sungai (bank lines) yang pertama dapat dilakukan dengan mencari lokasi perumahan Graha Bunga dengan memilih menu Map Layers dan pilih Google Satellite untuk mempermudah dalam pencarian dan pembuatan alur sungai. Kemudian dapat dilanjutkan dengan membuat New Layer Geometries serta menambahkan river dan bank lines sesuai dengan kondisi alur dan tepi Sungai yang sebenarnya (Gambar 4.39). Gambar 4.38 Alur Sungai dan Tepi Sungai (Dokumentasi Pribadi, 2024)

###### C. Pembuatan Cross Section

Pembuatan Cross Section sungai pada RAS Mapper dapat ditambahkan dengan memilih menu

Auto-Generate Cross Section lalu mengatur jarak antar potongan dan atur lebar potongan melintang sesuai dengan keinginan atau dapat membuat secara manual jarak dan lebar potongan melintang. Kemudian potongan melintang dapat dilihat pada menu Geometric Data dan pilih menu Cross Section untuk mengatur tiap potongan agar sesuai dengan hasil survei (Gambar 4.40). Gambar 4. 39 Potongan Melintang Sungai (Dokumentasi Pribadi, 2024) D. Pembuatan 2D Flow Area Pembuatan 2D flow area pada HEC-RAS menggunakan menu RAS Mapper lalu pilih menu 2D Flow Areas kemudian pilih Parimeter dan dibuat disebelah bank lines (Gambar 4.41). Kemudian atur grid size Computation Point dan pilih Point Spacing sebesar 15 x 15 m serta koefisien manning untuk 2D flow area sebesar 0,013 untuk daerah perumahan. 57 Gambar 4. 40 2D Flow Area (Dokumentasi pribadi, 2024) E. Pengaturan Koefisien Manning Pada Saluran Mengatur koefisien manning terdapat pada menu Geometric Data dan pilih Manning's n lalu atur nilai manning sebesar 0,033 sesuai dengan kondisi dari dasar saluran yaitu saluran tanah, berkelok, landai dan berumput. F. Pembuatan Lateral Structure Lateral structure merupakan penghubung aliran Sungai (1D) dan dataran banjir (2D). Pembuatan lateral structure berada di antara bank lines dan perimeter 2D flow area (Gambar 4.42). Pengaturan koefisien weir disesuaikan dengan ketinggian tanggul dan pengaturan tinggi lateral structure sesuai dengan skema penelitian yang dilakukan. Gambar 4. 41 Lateral Structure (Dokumentasi Pribadi, 2024) G. Pengaturan Data Unsteady Flow dan Unsteady Flow Analysis Pengaturan unsteady flow data berada pada menu Edit – Unsteady Flow Data kemudian pengaturan untuk hulu sungai menggunakan Flow Hydrograf dan mengatur time interval HSS (1 jam) serta durasi HSS selama 1 hari atau (24 jam) kemudian untuk hilir sungai menggunakan Normal Depth (Gambar 4.43). 58 Gambar 4. 42 Unsteady Flow Data (Dokumentasi Pribadi, 2024) Pengaturan untuk Unsteady Flow Analysis berada pada menu Run – Unsteady Flow Analysis kemudian mengatur simulation time dan mengatur computation interval sebesar 1 detik (Gambar 4.44).

Gambar 4. 43 Unsteady Flow Analysis (Dokumentasi Pribadi, 2024) 4.4.2

Hasil Analisis Hidrolika Setelah dilakukan Run Unsteady Flow Analysis didapatkan kejadian luas dan kedalaman limpasan banjir yang berupa peta banjir dan ketinggian muka air dapat dilihat. A. Kalibrasi Hasil Simulasi HEC-RAS dengan Kejadian Sebenarnya Kalibrasi dilakukan untuk mengetahui hasil HEC-RAS sudah sesuai dengan kondisi sebenarnya, kemudian dibandingkan dengan banjir yang pernah terjadi pada Perumahan Graha Bunga (Gambar 4.45). 59 Gambar 4. 44 Kejadian banjir 1/1/20, Hasil simulasi dengan HEC-RAS menggunakan curah hujan maksimum 1/1/20, dan menggunakan metode HSS Nakayasu pada curah hujan 1/1/20 (Dokumentasi Pribadi, 2024) B. Hasil Simulasi HEC-RAS Dengan Berbagai Skema Setelah hasil simulasi HEC-RAS sesuai dengan kondisi sebenarnya maka simulasi dengan kondisi yang lain bisa dilakukan. Kondisi – kondisi yang digunakan dalam simulasi dengan menggunakan periode ulang 2, 5, dan 10 tahun antara lain yaitu kondisi eksisting, penambahan tanggul 1,6 m dikedua pinggir sungai serta penambahan tanggul 2 m dikedua pinggir sungai. TMA 70cm 60 Penambahan tanggul dapat dilakukan pada menu geometric data – lateral structure sesuai dengan kondisi – kondisi yang telah ditentukan. Hasil simulasi limpasan banjir dapat dilihat pada Gambar 4.46 sampai Gambar 4.48. Gambar 4. 45 Banjir Periode Ulang 2, 5, dan 10 tahun pada Perumahan Graha Bunga dengan kondisi eksisting (Dokumentasi Pribadi, 2024) Gambar 4. 46 Banjir Periode Ulang 2, 5, dan 10 tahun pada Perumahan Graha Bunga dengan kondisi tanggul 1,6 m (Dokumentasi Pribadi, 2024) Gambar 4. 47 Banjir Periode Ulang 2, 5, dan 10 tahun pada Perumahan Graha Bunga dengan kondisi tanggul 2 m (Dokumentasi Pribadi, 2024) River 1 Reach 1 21 20 19 18 17 16 15 100 200 300 400 500 Main Channel Distance (m) River 1 Reach 1 22 21 20 19 18 17 16 15 100 200 300 400 500 Main Channel Distance (m) River 1 Reach 1 22 21 20 19 18 17 16 15 100 200 300 400 500 Main Channel Distance (m) Elevation (m) Elevation (m) Elevation (m) 61 Q5 Q10 Gambar 4. 48 Limpasan Banjir Periode Ulang 2, 5,

dan 10 Tahun Dengan Kondisi Eksisting Pada Perumahan Graha Bunga (Dokumentasi Pribadi, 2024) Q2 62 Q5 Q10 Gambar 4. 49 Limpasan Banjir Periode Ulang 2, 5, dan 10 Tahun Dengan Kondisi Tanggul 1,6 m Pada Perumahan Graha Bunga (Dokumentasi Pribadi, 2024) Q2 63 Q5 Q10 Gambar 4. 50 Limpasan Banjir Periode Ulang 2, 5, dan 10 Tahun Dengan Kondisi Tanggul 2 m Pada Perumahan Graha Bunga (Dokumentasi Pribadi, 2024) 4.6 Luas Limpasan Banjir dan Pembahasan Setelah diperoleh seluruh hasil simulasi hidrolika dari HEC-RAS, selanjutnya mengolah hasil tersebut pada Aplikasi QGIS 3.22.5 untuk mendapatkan luas dan kedalaman limpasan banjir. Berikut ini adalah proses pengolahan hasil simulasi dengan menggunakan Aplikasi QGIS 3.22.5: Q2 64 1. Export hasil dari HEC-RAS dengan cara mengklik kanan pada Results – Manage Results Maps kemudian pilih hasil yang akan di export dan simpan dengan format berbentuk file.tif. Gambar 4. 51 Manage Results Maps Pada HEC-RAS (Dokumentasi Pribadi, 2024) 2. File yang sudah disimpan di import ke dalam aplikasi QGIS, lalu ubah data yang sebelumnya berbentuk raster menjadi layer vector dengan menggunakan fitur Raster lalu pilih Conversion kemudian pilih Polygonise. Gambar 4. 52 Hasil export pada QGIS 3.22.5 (Dokumentasi Pribadi, 2024) 3. Setelah layer sudah menjadi vector, selanjutnya mengatur warna berdasarkan kedalaman pada menu Layer Properties – Symbology – Graduated. Gambar 4. 53 Pengaturan Warna Berdasarkan Kedalaman Pada Aplikasi QGIS 3.22.5 65 (Dokumentasi Pribadi, 2024) Seluruh hasil simulasi hidrolika HEC-RAS dengan periode ulang 2, 5, dan 10 tahun pada berbagai kondisi setelah diolah pada QGIS dengan hasil sebagai berikut: Gambar 4. 54 Hasil Luas Limpasan dan Kedalaman Banjir Periode Ulang 2 tahun dengan kondisi Eksisting, Tanggul 1,6 m, dan Tanggul 2 m (Dokumentasi Pribadi, 2024) Gambar 4. 55 Hasil Luas Limpasan dan Kedalaman Banjir Periode Ulang 5 tahun dengan kondisi Eksisting, Tanggul 1,6 m, dan Tanggul 2 m (Dokumentasi Pribadi, 2024) Gambar 4. 56 Hasil Luas Limpasan dan Kedalaman Banjir Periode Ulang 10 tahun dengan kondisi Eksisting, Tanggul 1,6 m, dan Tanggul 2 m

(Dokumentasi Pribadi, 2024) 66 Tabel 4. 31 Hasil Kedalaman dan Luas Limpasan Banjir Pada Simulasi Hidrolika di Perumahan Graha Bunga Dapat dibandingkan hasil dari Gambar 4.49 sampai Gambar 4.51 mengenai luas limpasan banjir yang terjadi dengan periode ulang 2, 5, dan 10 tahun serta sebelum dan sesudah adanya tanggul. Adapun perubahan yang terjadi adalah sebagai berikut: A. Banjir Periode Ulang 2 Tahun Pada banjir periode ulang 2 tahun, terlihat perubahan luas limpasan banjir yang cukup besar sebelum dan sesudah adanya tanggul, pada saat kondisi eksisting luas limpasan banjir sebesar  $27534,45 \text{ m}^2$ , dengan penambahan tanggul 1,6 m adalah sebesar  $12803,52 \text{ m}^2$ , dan dengan penambahan tanggul 2 m luas limpasan banjir adalah sebesar  $12115,16 \text{ m}^2$ . B. Banjir Periode Ulang 5 Tahun Pada banjir periode ulang 5 tahun, terlihat perubahan luas limpasan banjir yang cukup besar sebelum dan sesudah adanya tanggul, pada saat kondisi eksisting luas limpasan banjir sebesar  $36758,49 \text{ m}^2$ , dengan penambahan tanggul 1,6 m adalah sebesar  $11564,47 \text{ m}^2$ , dan dengan penambahan tanggul 2 m luas limpasan banjir adalah sebesar  $11495,63 \text{ m}^2$ . C. Banjir Periode Ulang 10 Tahun Pada banjir periode ulang 10 tahun, terlihat perubahan luas limpasan banjir yang cukup besar sebelum dan sesudah adanya tanggul, pada saat kondisi eksisting luas limpasan banjir sebesar  $49217,83 \text{ m}^2$ , dengan penambahan tanggul 1,6 m adalah sebesar  $44881,15 \text{ m}^2$ , dan dengan penambahan tanggul 2 m luas limpasan banjir adalah sebesar  $57052,59 \text{ m}^2$ .

67 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 5.1 Kesimpulan Berdasarkan hasil dari kajian efektivitas drainase Perumahan Graha Bunga untuk menanggulangi banjir akibat luapan kali angke, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: • Saluran drainase periode ulang 2, 5, dan 10 tahun dapat menampung debit dengan efektif, namun saat debit sungai naik air sungai masuk melalui saluran drainase sehingga saluran drainase tidak dapat membuang air dan melimpa ke jalan. Maka pada outlet drainase dilakukan penambahan pintu air dan pompa air untuk mencegah air sungai masuk ke saluran drainase. Setelah menggunakan pintu air dan pompa air dapat saluran drainase dapat dibebaskan sebesar

35% dari kondisi sebelum menggunakan pintu air dan pompa air sebesar 100%. • kedalaman limpasan banjir saat kondisi eksisting memiliki kedalaman tertinggi sebesar 2,54 m (periode ulang 2 tahun), kedalaman tertinggi sebesar 3,31 m (periode ulang 5 tahun), kedalaman tertinggi sebesar 5,44 m (periode ulang 10 tahun), pada kondisi tanggul 1,6 m memiliki kedalaman tertinggi sebesar 3,18 m (periode ulang 2 tahun), kedalaman tertinggi sebesar 3,04 m (periode ulang 5 tahun), kedalaman tertinggi sebesar 5,23 m (periode ulang 10 tahun). Pada kondisi tanggul 2 m memiliki kedalaman tertinggi sebesar 3,19 m (periode ulang 2 tahun), kedalaman tertinggi sebesar 3,58 m (periode ulang 5 tahun), kedalaman tertinggi sebesar 3,80 m (periode ulang 10 tahun). • Kejadian luas limpasan banjir dengan kondisi eksisting memiliki luas limpasan banjir semakin lebar dengan luas limpasan sebesar 27534,45 m<sup>2</sup> (periode ulang 2 tahun), 36758,49 m<sup>2</sup> (periode ulang 5 Tahun), dan 49217,83 m<sup>2</sup> (periode ulang 10 tahun), saat kondisi tanggul setinggi 1,6 m dengan luas limpasan sebesar 12803,52 m<sup>2</sup> (periode ulang 2 tahun), 11564,47 m<sup>2</sup> (periode ulang 5 tahun), dan 44881,15 m<sup>2</sup> (periode ulang 10 tahun), saat kondisi tanggul setinggi 2 m dengan luas limpasan sebesar 12115,16 m<sup>2</sup> (periode ulang 2 tahun), 11495,63 m<sup>2</sup> (periode ulang 5 tahun), dan 27052,59 m<sup>2</sup> (periode ulang 10 tahun).

5.2 Saran Berdasarkan hasil dari kajian efektivitas drainase Perumahan Graha Bunga untuk menanggulangi banjir akibat luapan kali angke, berikut saran yang dapat diberikan:

- Jarak antar cross section bisa lebih diperkecil dan dimensi penampungan dibuat semirip mungkin dengan kondisi dilapangan untuk mendapatkan hasil simulasi yang terperinci.
- Pembuatan alur sungai bisa dibuat lebih panjang mulai dari hulu sampai tempat penelitian untuk melihat limpasan banjir dari hulu sebelum ke tempat penelitian.
- Penggunaan DEM yang lebih teliti untuk mendapatkan hasil simulasi yang lebih



REPORT #22005939

## Results

Sources that matched your submitted document.

● IDENTICAL ● CHANGED TEXT

INTERNET SOURCE		
1.	<b>1.43%</b> elib.unikom.ac.id <a href="https://elib.unikom.ac.id/files/disk1/660/jbptunikompp-gdl-yuniretnan-32988-1...">https://elib.unikom.ac.id/files/disk1/660/jbptunikompp-gdl-yuniretnan-32988-1...</a>	●
INTERNET SOURCE		
2.	<b>1.38%</b> stitek-binataruna.e-journal.id <a href="https://stitek-binataruna.e-journal.id/radial/article/download/129/115/">https://stitek-binataruna.e-journal.id/radial/article/download/129/115/</a>	●
INTERNET SOURCE		
3.	<b>1.32%</b> jurnal.peneliti.net <a href="https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/download/3637/2620/">https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/download/3637/2620/</a>	●
INTERNET SOURCE		
4.	<b>0.64%</b> lms-paralel.esaunggul.ac.id <a href="https://lms-paralel.esaunggul.ac.id/mod/resource/view.php?id=247899">https://lms-paralel.esaunggul.ac.id/mod/resource/view.php?id=247899</a>	●
INTERNET SOURCE		
5.	<b>0.61%</b> repository.ub.ac.id <a href="http://repository.ub.ac.id/4224/1/135090501111020_Rara%20Sinta%20Ayu%20A..">http://repository.ub.ac.id/4224/1/135090501111020_Rara%20Sinta%20Ayu%20A..</a>	●
INTERNET SOURCE		
6.	<b>0.6%</b> civense.ub.ac.id <a href="https://civense.ub.ac.id/index.php/civense/article/view/396">https://civense.ub.ac.id/index.php/civense/article/view/396</a>	● ●
INTERNET SOURCE		
7.	<b>0.54%</b> kc.umn.ac.id <a href="https://kc.umn.ac.id/17990/8/BAB_I.pdf">https://kc.umn.ac.id/17990/8/BAB_I.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
8.	<b>0.51%</b> repository.ummat.ac.id <a href="https://repository.ummat.ac.id/4550/5/COVER%20-%20BAB%20III.pdf">https://repository.ummat.ac.id/4550/5/COVER%20-%20BAB%20III.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
9.	<b>0.51%</b> eprints.undip.ac.id <a href="http://eprints.undip.ac.id/34406/5/2016_chapter_II.pdf">http://eprints.undip.ac.id/34406/5/2016_chapter_II.pdf</a>	●



REPORT #22005939

INTERNET SOURCE		
10.	0.48% eprints.untirta.ac.id <a href="https://eprints.untirta.ac.id/14061/1/JURNAL%20FONDASI%20VOLUME%2011%...">https://eprints.untirta.ac.id/14061/1/JURNAL%20FONDASI%20VOLUME%2011%...</a>	●
INTERNET SOURCE		
11.	0.47% eprints.upj.ac.id <a href="https://eprints.upj.ac.id/id/eprint/6060/8/BAB%20I.pdf">https://eprints.upj.ac.id/id/eprint/6060/8/BAB%20I.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
12.	0.44% repository.uhn.ac.id <a href="https://repository.uhn.ac.id/bitstream/handle/123456789/6145/FIRMAN%20SIM...">https://repository.uhn.ac.id/bitstream/handle/123456789/6145/FIRMAN%20SIM...</a>	●
INTERNET SOURCE		
13.	0.44% repository.ummat.ac.id <a href="https://repository.ummat.ac.id/5897/1/1.%20COVER-BAB%203.pdf">https://repository.ummat.ac.id/5897/1/1.%20COVER-BAB%203.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
14.	0.42% journal.ipb.ac.id <a href="https://journal.ipb.ac.id/index.php/jsil/article/view/40115/23844">https://journal.ipb.ac.id/index.php/jsil/article/view/40115/23844</a>	●
INTERNET SOURCE		
15.	0.37% dspace.uii.ac.id <a href="https://dspace.uii.ac.id/bitstream/handle/123456789/42529/15511002.pdf?sequ...">https://dspace.uii.ac.id/bitstream/handle/123456789/42529/15511002.pdf?sequ...</a>	●
INTERNET SOURCE		
16.	0.36% ettheses.uin-malang.ac.id <a href="http://ettheses.uin-malang.ac.id/476/4/08620046%20Bab%201.pdf">http://ettheses.uin-malang.ac.id/476/4/08620046%20Bab%201.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
17.	0.32% www.slideshare.net <a href="https://www.slideshare.net/slideshow/jurnal-60391512/60391512">https://www.slideshare.net/slideshow/jurnal-60391512/60391512</a>	●
INTERNET SOURCE		
18.	0.32% repository.unwira.ac.id <a href="http://repository.unwira.ac.id/2807/3/BAB%20II%20TA%20BARU.pdf">http://repository.unwira.ac.id/2807/3/BAB%20II%20TA%20BARU.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
19.	0.3% eprints.itn.ac.id <a href="http://eprints.itn.ac.id/1595/2/Danu%20Tri%20Wuryadi_1725915pdf.pdf">http://eprints.itn.ac.id/1595/2/Danu%20Tri%20Wuryadi_1725915pdf.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
20.	0.24% journal.unilak.ac.id <a href="https://journal.unilak.ac.id/index.php/teknik/article/download/2983/1724/">https://journal.unilak.ac.id/index.php/teknik/article/download/2983/1724/</a>	●



REPORT #22005939

INTERNET SOURCE		
21.	<b>0.23%</b> repository.ub.ac.id <a href="http://repository.ub.ac.id/139730/2/BAB_2.pdf">http://repository.ub.ac.id/139730/2/BAB_2.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
22.	<b>0.22%</b> media.neliti.com <a href="https://media.neliti.com/media/publications/211785-analisis-dan-evaluasi-salur...">https://media.neliti.com/media/publications/211785-analisis-dan-evaluasi-salur...</a>	●
INTERNET SOURCE		
23.	<b>0.22%</b> eprints.unhasy.ac.id <a href="https://eprints.unhasy.ac.id/114/1/3.BUKU%20ISBN_Drainase%20Perkotaan.pdf">https://eprints.unhasy.ac.id/114/1/3.BUKU%20ISBN_Drainase%20Perkotaan.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
24.	<b>0.22%</b> ejournal.ubhara.ac.id <a href="https://ejournal.ubhara.ac.id/intertech/article/download/1064/215/1052">https://ejournal.ubhara.ac.id/intertech/article/download/1064/215/1052</a>	●
INTERNET SOURCE		
25.	<b>0.22%</b> jurnal.upb.ac.id <a href="https://jurnal.upb.ac.id/index.php/ft/article/download/317/275">https://jurnal.upb.ac.id/index.php/ft/article/download/317/275</a>	●
INTERNET SOURCE		
26.	<b>0.21%</b> repository.unika.ac.id <a href="http://repository.unika.ac.id/15927/5/12.12.0051%20Akhmad%20Imamudin%20..">http://repository.unika.ac.id/15927/5/12.12.0051%20Akhmad%20Imamudin%20..</a>	●
INTERNET SOURCE		
27.	<b>0.2%</b> eprints.undip.ac.id <a href="http://eprints.undip.ac.id/34663/6/1738_CHAPTER_II.pdf">http://eprints.undip.ac.id/34663/6/1738_CHAPTER_II.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
28.	<b>0.19%</b> bahan-ajar.esaunggul.ac.id <a href="https://bahan-ajar.esaunggul.ac.id/tpl214/wp-content/uploads/sites/204/2019/1..">https://bahan-ajar.esaunggul.ac.id/tpl214/wp-content/uploads/sites/204/2019/1..</a>	●
INTERNET SOURCE		
29.	<b>0.19%</b> jurnal.untan.ac.id <a href="https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jpfu/article/viewFile/62642/pdf">https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jpfu/article/viewFile/62642/pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
30.	<b>0.19%</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		
31.	<b>0.18%</b> repository.upstegal.ac.id <a href="https://repository.upstegal.ac.id/8736/1/SKRIPSI_COVER--BAB%203%20-%20KP...">https://repository.upstegal.ac.id/8736/1/SKRIPSI_COVER--BAB%203%20-%20KP...</a>	●



REPORT #22005939

INTERNET SOURCE		
32. 0.18%	<a href="https://ojs.ummetro.ac.id/index.php/tapak/article/download/2960/1630">ojs.ummetro.ac.id</a> <a href="https://ojs.ummetro.ac.id/index.php/tapak/article/download/2960/1630">https://ojs.ummetro.ac.id/index.php/tapak/article/download/2960/1630</a>	●
INTERNET SOURCE		
33. 0.18%	<a href="https://eprints.upj.ac.id/id/eprint/6673/6/06.%20Daftar%20Gambar.pdf">eprints.upj.ac.id</a> <a href="https://eprints.upj.ac.id/id/eprint/6673/6/06.%20Daftar%20Gambar.pdf">https://eprints.upj.ac.id/id/eprint/6673/6/06.%20Daftar%20Gambar.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
34. 0.18%	<a href="https://repository.itk.ac.id/4287/23/07171017_chapter_2.pdf">repository.itk.ac.id</a> <a href="https://repository.itk.ac.id/4287/23/07171017_chapter_2.pdf">https://repository.itk.ac.id/4287/23/07171017_chapter_2.pdf</a>	● ●
INTERNET SOURCE		
35. 0.17%	<a href="http://e-journal.uajy.ac.id/11474/3/TS145052.pdf">e-journal.uajy.ac.id</a> <a href="http://e-journal.uajy.ac.id/11474/3/TS145052.pdf">http://e-journal.uajy.ac.id/11474/3/TS145052.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
36. 0.14%	<a href="https://journal.unibos.ac.id/jptsk/article/download/3283/2043">journal.unibos.ac.id</a> <a href="https://journal.unibos.ac.id/jptsk/article/download/3283/2043">https://journal.unibos.ac.id/jptsk/article/download/3283/2043</a>	●
INTERNET SOURCE		
37. 0.13%	<a href="https://ejournal.uniks.ac.id/index.php/JPS/article/view/810/813">ejournal.uniks.ac.id</a> <a href="https://ejournal.uniks.ac.id/index.php/JPS/article/view/810/813">https://ejournal.uniks.ac.id/index.php/JPS/article/view/810/813</a>	●
INTERNET SOURCE		
38. 0.12%	<a href="https://eprints.unmas.ac.id/3080/2/R.309%20FT%20BAB%20I-II.pdf">eprints.unmas.ac.id</a> <a href="https://eprints.unmas.ac.id/3080/2/R.309%20FT%20BAB%20I-II.pdf">https://eprints.unmas.ac.id/3080/2/R.309%20FT%20BAB%20I-II.pdf</a>	●
INTERNET SOURCE		
39. 0.1%	<a href="https://pdfcoffee.com/15prosiding-pit-xv-isoj-2018-yogyakartapdf-pdf-free.html">pdfcoffee.com</a> <a href="https://pdfcoffee.com/15prosiding-pit-xv-isoj-2018-yogyakartapdf-pdf-free.html">https://pdfcoffee.com/15prosiding-pit-xv-isoj-2018-yogyakartapdf-pdf-free.html</a>	●
INTERNET SOURCE		
40. 0.08%	<a href="https://ojs.serambimekkah.ac.id/jse/article/download/4525/3388">ojs.serambimekkah.ac.id</a> <a href="https://ojs.serambimekkah.ac.id/jse/article/download/4525/3388">https://ojs.serambimekkah.ac.id/jse/article/download/4525/3388</a>	● ●
INTERNET SOURCE		
41. 0.07%	<a href="https://www.academia.edu/117143245/Evaluasi_Sistem_Drainase_Menggunaka...">www.academia.edu</a> <a href="https://www.academia.edu/117143245/Evaluasi_Sistem_Drainase_Menggunaka...">https://www.academia.edu/117143245/Evaluasi_Sistem_Drainase_Menggunaka...</a>	●