

Analisis Pengaruh Debit Air Rancangan Terhadap Dimensi Saluran Berdasarkan Neraca Air DAS Lesti

Johanes Aurelyo Genpatrix Palbeno¹, Sunik², Agnes Hanna Patty³
^{1,2,3}Prodi Teknik Sipil - Universitas Katolik Widya Karya Malang, Indonesia

Alamat: Universitas Katolik Widya Karya Malang – Jl. Bondowoso No 2 Malang

*Korespondensi penulis: 202032911@widyakarya.ac.id

Abstract. *This research focuses on several main analyses starting with rainfall analysis in the Lesti River watershed. The study location is near Sengguruh Dam, located near Kepanjen, where the mouth of Lesti River itself, which is a tributary of Brantas River, also flows toward Sengguruh Dam. The observation point is located in Cempokomulyo area in Kepanjen, which is passed by Lesti River. The calculation and analysis process is expected to provide several solutions that can help in the planning process, considering that recent periods in Kepanjen area have experienced water flooding at several rain moments. Therefore, this research is directed to analyze flood discharge up to channel dimensions, specifically in the Cempokomulyo area. The expectation from this research results is to provide an overview of channel conditions during the 2022 rainy season, especially if it can provide an overview of several calculation results obtained in the analysis process. In this research process, several methods were used in the calculation process such as Polygon Theissen, Gamma 1, and Log Person III. The results of this calculation process found that several channels have experienced overflow because the water discharge contained is greater than the capacity that can be accommodated by the channel.*

Keywords: *Rainfall, Flood discharge, Channel dimensions, Polygon Theissen, Log Person III*

Abstrak. Pada penelitian kali ini berfokus pada beberapa analisi utama yang dimulai dengan menganalisa curah hujan pada daerah aliran sungai Kali Lesti. Lokasi studi ini berdekatan dengan bendungan sengguruh yang berada di dekat kepanjen dimana muara dari Kali Lesti sendiri yang merupakan anak sungai dari Kali Brantas juga mengarah Ke Bendungan Sengguruh, sementara untuk titik pengamatan berada di daerah Cempokomulyo yang berada tempat di daerah Kepanjen yang dilewati oleh Kali Lesti. Proses perhitungan dan analisa yang dilakukan diharapkan bisa memberi beberapa solusi yang bisa dipakai membantu dalam proses perencanaan mengingat beberapa belakangan terakhir pada daerah Kepanjen mengalami genangan air atau banjir pada beberapa moment hujan. Maka penelitian ini ditujukan untuk menganalisa debit banjir hingga dimensi saluran tepatnya pada daerah Cempokomulyo. Harapannya dari hasil penelitian ini bisa memberikan gambaran mengenai kondisi saluran pada musim hujan 2022, terlebih jika bisa memberikan gambaran tentang beberapa hasil perhitungan yang didapat dalam proses analisa. Pada proses penelitian ini ada beberapa cara yang digunakan dalam proses perhitungan seperti Polygon Theissen, Gamma 1, Log Person III. Hasil dari proses perhitungan ini menemukan bahwa beberapa saluran sudah mengalami luapan karena debit air yang di tampung lebih banyak dari kapasitas yang mampu ditampung oleh saluran.

Kata kunci: Curah hujan, Debit banjir, Dimensi saluran, Polygon Theissen, Log Person III

1. LATAR BELAKANG

Pertumbuhan penduduk Indonesia sudah mencapai angka yang cukup besar saat ini. Sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk, semakin besar juga kebutuhan hidup yang harus ditemui. Air merupakan salah satu kebutuhan hidup paling vital tersebut. Air merupakan salah satu sumber daya alam yang dapat diperbaharui dan bagian yang paling penting dalam kehidupan. Tanpa air, berbagai proses kehidupan tidak dapat berlangsung. Jumlah air di bumi sekitar 97% adalah airasin sedangkan sisanya berupa air tawar. Hal ini tentu saja menjadi perhatian yang sangat penting mengingat keberadaan air yang bisa dimanfaatkan terbatas sedangkan kebutuhan manusia tidak terbatas sehingga perlu suatu pengelolaan yang baik agar air dapat dimanfaatkan secara lestari (Soemarto, 1987). Ketersediaan dan pemanfaatan air

sangat berkaitan dengan penggunaannya dalam pertanian, domestik (rumah tangga), peternakan, perikanan, dan industri serta kegunaan lainnya. Adanya berbagai kepentingan dalam pemanfaatan air dalam berbagai aspek dapat menimbulkan terjadinya konflik baik dalam penggunaan air maupun cara memperolehnya.

Presipitasi yaitu Air yang berada di bumi baik itu secara langsung maupun tidak langsung berasal dari air hujan. Pembentukan presipitasi di atmosfer merupakan subjek dari ilmu meteorologi. Air hujan yang jatuh ke permukaan bumi akan mengalami penguapan (evapotranspirasi), air tersebut ada yang diserap oleh vegetasi kemudian masuk ke sungai lalu langsung dialirkan ke laut dan sebagian lagi ada yang tersimpan sepanjang tahun. Air hujan jatuh di suatu wilayah yang nantinya akan menjadi sumber daya air permukaan dan air tanah. Ketersediaan sumber daya di suatu wilayah berbeda dengan wilayah lain tergantung pada curah hujannya dan faktor-faktor fisik wilayah. Ketersediaan air yang ada di suatu wilayah merupakan indikator daya dukung sumber daya yang di dalamnya termasuk aspek pemenuhan kebutuhan air.

Menurut Undang – Undang No.11 Tahun 1974 Tentang Pengairan, Air adalah semua air yang terdapat di dalam dan atau berasal dari sumber-sumber air, baik yang terdapat di atas maupun di bawah permukaan tanah antara lain sungai, danau, waduk, rawa, mata air dan lapisan-lapisan air tanah. Ketersediaan air dalam pengertian sumber daya air pada dasarnya berasal dari air hujan (atmosferik), air permukaan dan air tanah. Hujan yang jatuh di atas permukaan pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) atau Wilayah Sungai (WS) sebagian akan menguap kembali sesuai dengan proses iklimnya, sebagian akan mengalir melalui permukaan dan sub permukaan masuk ke dalam saluran, sungai atau danau dan sebagian lagi akan meresap jatuh ke tanah sebagai pengisian kembali (*recharge*) pada kandungan air tanah yang ada.

Permasalahan yang sering terjadi pada Daerah Aliran Sungai Kecamatan Kepanjen atau lebih tepatnya Kali Lesti belum mampu keluar dari masalah, terutama pada masalah kurangnya saluran dan pendangkalan. Akibatnya pada setiap musim hujan beberapa saluran sering meluap, berbanding terbalik pada musim kemarau yang mengalami penyusutan. Ini terjadi pada desa sekitar Kecamatan Kepanjen juga.

Faktor-faktor terjadinya masalah pada sungai-sungai, yaitu:

1. Masalah sampah. Masyarakat masih saja membuang sampah di sungai sehingga menyebabkan sungai mengalami pendangkalan.
2. Banyaknya pemukiman masyarakat pada sisi kanan dan kiri sungai yang menyebabkan rusaknya sungai.

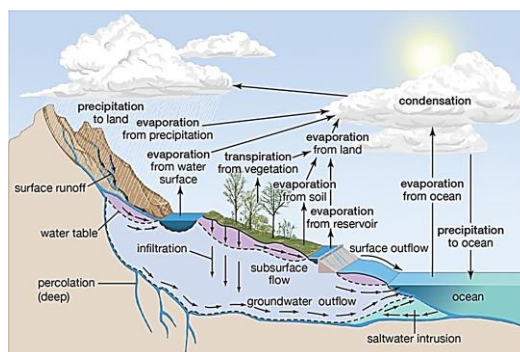
3. Alih fungsi lahan yang terus dilakukan sehingga menyebabkan debit air mengalami penyusutan. seperti berkurangnya pepohonan di sekitar sungai yang seharusnya menjadi penahan air agar tidak meluap pada musim hujan.
4. Kurang nya ketersediaan saluran untuk mengalirkan kembali kesungai.
5. Pada musim hujan, terjadi peningkatan debit air sungai.
6. Banjir

Melihat permasalahan tersebut maka diperlukan perhitungan ketersediaan air di DAS Sungai . Perhitungan ini diperlukan agar pemenuhan kebutuhan air bersih sesuai dengan potensi yang ada. Potensi air yang ada diharapkan dapat dijadikan indikator dalam jumlah pemenuhan kebutuhan air untuk komunitas wilayah, sehingga air dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan dan pengembangan sumber daya air perlu dilaksanakan dengan tepat. Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan pada banyak sungai, salah satu cara yang digunakan untuk menghitung ketersediaan air yaitu dengan menghitung debit andalan air sungai dengan menggunakan metode F. J. Mock. Dimana debit andalan merupakan debit yang sering muncul untuk mewakili debit sungai dalam jangka waktu tertentu.

2. KAJIAN TEORITIS

2.1 Siklus Hidrologi

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki fungsi sangat vital bagi kehidupan makhluk hidup yang ada di muka bumi. Pengertian tersebut menunjukkan bahwa air memiliki peran yang sangat strategis dan harus tetap tersedia dan lestari, sehingga mampu mendukung kehidupan dan pelaksanaan pembangunan di masa kini maupun di masa mendatang karena tanpa adanya air maka kehidupan tidak akan dapat berjalan. Jumlah air di bumi sekitar 97% adalah air asin sedangkan sisanya berupa air tawar, hal ini tentu saja menjadi perhatian yang sangat penting mengingat keberadaan air yang bisa dimanfaatkan terbatas sedangkan kebutuhan manusia tidak terbatas sehingga perlu suatu pengelolaan yang baik agar air dapat dimanfaatkan secara lestari(Soemarto, 1987).



Gambar 1. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan rangkaian proses berpindahnya air permukaan bumi dari suatu tempat ke tempat lainnya hingga kembali ke tempat asalnya. Air naik ke udara dari permukaan laut atau dari daratan melalui evaporasi. Air di atmosfer dalam bentuk uap air atau awan bergerak dalam massa yang besar di atas benua dan dipanaskan oleh radiasi tanah. Panas membuat uap air lebih naik lagi sehingga cukup tinggi dan dingin untuk terjadi kondensasi. Uap air berubah jadi embun dan seterusnya jadi hujan atau salju. Curahan (precipitation) turun ke bawah, ke daratan atau langsung ke laut. Air yang tiba di daratan kemudian mengalir di atas permukaan sebagai sungai, terus kembali ke laut (Sari et al., 2012).

2.2 Curah hujan

Hujan merupakan komponen masukan yang paling penting dalam proses hidrologi dan juga faktor terpenting dalam analisis hidrologi. Hujan yang sampai ke permukaan tanah dapat diukur dengan jalan mengukur tinggi air hujan tersebut dengan berdasarkan volume air hujan per satuan luas. Hasil dari pengukuran tersebut dinamakan dengan curah hujan.

2.3 Curah Hujan Kawasan

Mendapatkan gambaran penyebaran hujan di seluruh daerah aliran sungai, maka dipasang alat penakar hujan di berbagai tempat tersebar merata di seluruh daerah tersebut. Pada daerah aliran sungai yang kecil banyak terjadi hujan yang merata di seluruh daerah, tetapi pada daerah aliran sungai yang luas hujan jarang terjadi merata. Itu dikarenakan besarnya hujan diberbagai tempat di daerah aliran sungai tersebut tidak sama (Soemarto, 1987). Ada tiga macam cara yang umum dipakai dalam menghitung rata-rata hujan kawasan, yaitu : Metode Rata-Rata Aljabar, Metode Poligon Thiessen, dan Metode Isohyet.

2.4 Metode Rata-Rata Aljabar

Metode ini paling sederhana, pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan adalah yang berada dalam DAS, tetapi stasiun di luar DAS tangkapan yang masih berdekatan juga bisa diperhitungkan. Nilai curah hujan wilayah ditentukan dengan menggunakan rumus berikut ini (Takeda & Sosrodarsono, 2003).

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \quad (1)$$

Dimana:

R = curah hujan wilayah (mm).

n = jumlah titik-titik (pos-pos) pengamatan

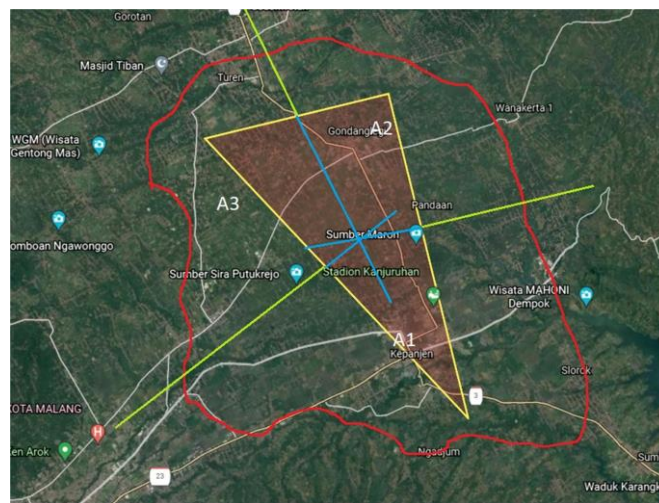
$P_1, P_2, \dots, P_i$ = curah hujan di tiap titik pengamatan (mm).

Metode rata-rata aljabar memberikan hasil yang baik apabila (Triatmodjo, 2008):

- Stasiun hujan tersebar secara merata di DAS.
- Distribusi hujan relatif merata pada seluruh DAS.

2.5 Metode Thiessen

Metode Polygon Thiessen dikenal juga sebagai Metode Rata–Rata Timbang (Weighted Mean). Cara ini memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis–garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat. Pada Gambar 2. menunjukkan contoh posisi stasiun 1, stasiun 2, dan stasiun 3 dari skema Polygon Thiessen dalam daerah aliran sungai.



Gambar 2. Poligon Thiessen pada Daerah Aliran Sungai

Diasumsikan bahwa variasi hujan antara pos yang satu dengan yang lainnya adalah linier dan bahwa sembarang pos dianggap dapat mewakili kawasan terdekat. Hasil Metode Poligon Thiessen lebih akurat dibandingkan dengan metode rata – rata aljabar. Cara ini cocok untuk daerah datar dengan luas 500 – 5.000 km², dan jumlah pos penakar hujan terbatas dibandingkan luasnya (Suripin, 2002).

Hujan rata-rata daerah aliran sungai dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \times A_i)}{A_{total}} \quad (2)$$

Dimana:

R = tinggi curah hujan rata-rata daerah (mm)

$P_1, P_2, \dots, P_i$ = curah hujan yang tercatat di pos penakar hujan (mm)

$A_1, A_2, \dots, A_i$ = luas daerah pengaruh pos penakar hujan (km²)

A_{total} = total luas pos penakar hujan (km²)

Metode Poligon Thiessen banyak digunakan untuk menghitung hujan rata-rata kawasan. Poligon Thiessen adalah tetap untuk suatu jaringan stasiun hujan tertentu. Apabila terdapat

Perubahan jaringan stasiun hujan seperti pemindahan atau penambahan stasiun, maka harus dibuat lagi poligon yang baru (Bambang, 2008).

2.6 Metode Isohyet

Isohyet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode Isohyet, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah di antara dua garis Isohyet adalah merata dan sama dengan nilai rata-rata dari kedua garis Isohyet tersebut. Metode Isohyet cocok untuk daerah berbukit dan tidak teratur dengan luas lebih dari 5.000 km².

Metode Isohyet merupakan cara paling teliti untuk menghitung kedalaman hujan rata-rata di suatu daerah, pada metode ini stasiun hujan harus banyak dan tersebar merata, metode Isohyet membutuhkan pekerjaan dan perhatian yang lebih banyak dibanding dua metode lainnya (Bambang, 2008).

Curah hujan dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$R = \frac{\sum_{j=1}^m (P_j \times A_j)}{A_{total}} \quad (3)$$

Dimana:

$P_1, P_2, \dots, P_j$ = curah hujan rata-rata yang tercatat di pos penakar hujan (mm)

$A_1, A_2, \dots, A_j$ = luas zona antara dua garis isohiet (km²)

Dalam penelitian ini, jumlah stasiun hujan yang dipakai sebanyak tiga buah stasiun hujan dan metode yang digunakan adalah metode Thiessen.

2.7 Sungai

Sungai adalah air hujan atau mata air yang mengalir secara alami melalui suatu lembah atau diantara dua tepian dengan batas jelas, menuju tempat lebih rendah (laut, danau atau sungai lain). Dengan kata lain sungai merupakan tempat terendah dipermukaan bumi yang terbentuk secara alamiah, bebrbentuk memanjang dan bercabang tempat mengalirnya air dalam jumlah besar. Sungai terdiri dari 3 bagian, yaitu bagian hulu, bagian tengah dan bagian hilir.

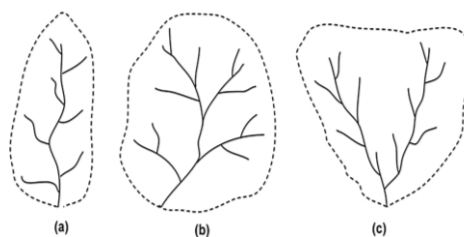
Aliran alami sungai merupakan sumber utama untuk memenuhi air bagi manusia. Hutan di pegunungan merupakan daerah tangkapan hujan. Dari daerah tangkapan hujan air mengalir pada anak-anak sungai menuju daerah bawah dan laut. Secara alami, sungai mengalir sambil melakukan aktivitas yang satu sama lain saling berhubungan. Aktivitas tersebut, antara lain pengikisan (erosi), pengangkutan (transportasi), dan pengendapan (sedimentasi). Ketiga aktivitas tersebut tergantung pada faktor kemiringan daerah aliran sungai, volume air sungai, dan kecepatan aliran (Sudjarwadi, 1987). Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.42 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sumber Daya Air, wilayah sungai adalah kesatuan wilayah

pengelolaan sumber daya air dalam satu atau lebih daerah aliran sungai dan/atau pulau-pulau kecil yang luasnya kurang dari atau sama dengan 2.000 km².

2.8 Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan istilah yang merujuk pada suatu kawasan dimana air hujan, salju dan gletser mengalir menuju penampungan air seperti kali, sungai, danau, dan rawa-rawa. Penampungan air tersebut tersebut pada akhirnya akan menyalurkan air ke tempat yang lebih rendah hingga mencapai laut. Daerah aliran sungai bisa berupa kawasan kecil atau kawasan besar hingga mencapai areal ribuan kilometer persegi atau disebut (Conant & Fadem, 2008). Daerah Aliran Sungai yang selanjutnya disingkat DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Daerah aliran sungai yang besar bisa mencakup bukit, lembah bahkan gunung-gunung dan terdiri dari gabungan daerah yang kecil-kecil. Wilayahnya bisa mencakup desa maupun kota-kota besar. Dalam ekosistem daerah aliran sungai terjadi interaksi antara unsur-unsur makhluk hidup dan unsur fisik seperti interaksi antara vegetasi, tanah, air dan manusia. Interaksi tersebut menentukan erosi dan sedimentasi yang mempengaruhi aliran air. Perkembangan daerah aliran sungai sangat tergantung pada laju erosi dan sedimentasi. Untuk mengendalikannya perlu pengelolaan yang melibatkan faktor-faktor tersebut. Daerah pengaliran suatu sungai memiliki pola aliran dengan corak dan karakteristik yang beragam yang dipengaruhi oleh geomorfologi, topografi, dan bentuk wilayah. Pola alirannya terdiri dari corak bulu burung, corak radial, dan corak paralel (Takeda & Sosrodarsono, 2003).



Gambar 3. Bentuk Corak Pada Pola Aliran DAS

Sumber: jurnalbumi.com-daerah aliran sungai

1. Corak Bulu Burung

Disebut bulu burung karena bentuk aliran anak sungainya menyerupai ruas-ruas tulang dari bulu burung. Anak-anak sungai langsung mengalir ke sungai utama. Corak seperti ini resiko banjirnya relatif kecil karena air dari anak sungai tiba di sungai utama pada waktu yang berbeda-beda.

2. Corak Radial

Disebut juga menyebar. Anak sungai menyebar dan bertemu di titik-titik tertentu. Wilayahnya berbentuk kipas atau lingkaran. Memiliki resiko banjir yang cukup besar di titik-titik pertemuan anak sungai.

3. Corak Pararel

Memiliki dua jalur sub daerah aliran sungai yang sejajar dan bergabung di bagian hilir. Memiliki resiko banjir yang cukup besar di titik hilir aliran sungai.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.42 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sumber Daya Air, Daerah aliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungai, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alamiah yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

2.9 Daerah Aliran Sungai Kapanjen



Gambar 4. Peta Wilayah Penelitian

Sumber: ngalam.co-profil kecamatan kapanjen kabupaten malang

2.10 Ketersediaan air

Ketersediaan air diasumsikan dengan tersedianya air di sungai, meskipun dalam pengkajian irigasi, curah hujan efektif juga termasuk dalam ketersediaan air. Perhatian utama dalam ketersediaan air adalah pada aliran sungai, tetapi dengan beberapa pertimbangan hujan termasuk di dalamnya (Arsyad, 2017). Ketersediaan air merupakan bagian dari fenomena alam, sering sulit untuk diatur dan diprediksi dengan akurat. Ketersediaan air akan berbeda pada setiap lokasi, dimana hal tersebut sangat tergantung dengan kondisi hidrologi masing-masing lokasi. Masalah ketersediaan air dapat diprediksi dengan menggunakan pendekatan distribusi peluang. Hal ini karena ketersediaan air mengandung unsur variabilitas ruang (*spatial variability*) dan variabilitas waktu (*temporal variability*) yang sangat tinggi.

Ketersediaan air dalam pengertian sumber daya air pada dasarnya berasal dari air hujan (atmosferik), air permukaan dan air tanah. Hujan yang jatuh di atas permukaan pada suatu

Daerah Aliran Sungai (DAS) atau Wilayah Sungai (WS) sebagian akan menguap kembali sesuai dengan proses iklimnya, sebagian akan mengalir melalui permukaan dan sub-permukaan masuk ke dalam saluran, sungai atau danau dan sebagian lagi akan meresap jatuh ke tanah sebagai pengisian kembali (*recharge*) pada kandungan air tanah yang ada.

Ketersediaan air dapat dihitung dengan pendekatan neraca air secara meteorologis, sebagai berikut:

$$P = R_o + E_t \pm \Delta S_t \quad (4)$$

Keterangan:

P = Curah hujan rata-rata tahunan (mm/tahun)

E_t = Evapotranspirasi rata-rata tahunan (mm/tahun)

R_o = Aliran rata-rata tahunan (mm/tahun)

ΔS_t = Perubahan simpanan (legas tanah, air tanah, dan air genangan) air dalam DAS.

2.11 Koefisien Limpasan

Koefisien C didefinisikan sebagai nisbah antara laju puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor utama yang mempengaruhi nilai C adalah laju infiltrasi tanah, tanaman penutup tanah dan intensitas hujan (Arsyad, 2017). Faktor utama yang mempengaruhi koefisien adalah laju infiltrasi tanah, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah, dan intensitas hujan. Selain itu juga tergantung pada sifat dan kondisi tanah, air tanah, derajat kepadatan tanah, porositas tanah, dan tingkat kejenuhan tanah (Dr. Ir. Suripin, 2004). Nilai koefisien limpasan berdasarkan SNI 03-2415-1991 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Koefisien Aliran Permukaan (C) untuk Daerah Urban

Jenis Daerah	Koefisien C
Daerah Perdagangan	
Kota	0.70 - 0.95
Sekitar Kota	0.50 - 0.70
Daerah Pemukiman	
Satu Rumah	0.30 - 0.50
Banyak Rumah, terpisah	0.40 - 0.50
Banyak Rumah, rapat	0.60 - 0.75
Pemukiman, pinggiran kota	0.25 - 0.40
Apartemen	0.50 - 0.70
Daerah Industri	
Ringan	0.50 - 0.80
Padat	0.60 - 0.90
Lapangan, kuburan dan sejenisnya	0.10 - 0.25
Halaman, jalan kereta api dan sejenisnya	0.20 - 0.35
Lahan tidak terpelihara	0.10 - 0.30

2.12 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah penguapan yang terjadi dari permukaan yang bertanaman (*vegetated surface*). Nilai evapotranspirasi merupakan penjumlahan dari evaporasi (*evaporation*) dan transpirasi (*transpiration*) secara bersama-sama. Evapotranspirasi (ET_0) dapat diartikan sebagai kehilangan air dari lahan dan permukaan air pada Daerah Aliran Sungai. Untuk menentukan besarnya evapotranspirasi acuan dapat digunakan metode atau rumus empiris seperti: Metode Radiasi, Metode Penman, Metode Blaney-Criddle, Metode Thornthwaite, dan Metode Panci Evaporasi.

Besarnya evapotranspirasi potensial (ET_0) yang terjadi dipengaruhi oleh faktor-faktor meteorologi yaitu temperatur udara, kelembapan udara, kecepatan angin, dan penyinaran matahari. Salah satu metode yang digunakan untuk menghitung besaran (ET_0) adalah Metode Modifikasi Penman (FAO) yang dirumuskan sebagai berikut (Sudjarwadi & Legono, 2001):

$$ET_0 = c[W \cdot R_n + (1 - w)(e_a - e_d) \cdot f_u] \quad (5)$$

Dimana:

ET_0 = Evapotranspirasi potensial (mm/hari)

c = Faktor penyesuaian (perubahan siang dan malam)

$1 - w$ = Faktor temperatur dan ketinggian

R_n = Radiasi netto (mm/hari)

f_u = Faktor kecepatan angin

e_a = Tekanan uap udara (mbar)

e_d = Tekanan uap jenuh (mbar)

W = Faktor penimbang berdasarkan suhu udara rata-rata

Tahapan perhitungan Evapotranspirasi dengan Metode Penman adalah sebagai berikut:

1) Menghitung Radiasi yang Datang (R_s)

$$R_s = (0.25 + 0.5 n/N) R_a \quad (6)$$

Keterangan: n/N = penyinaran matahari (%)

R_a = radiasi ekstra terestrial (mm/hari)

Tabel 2. Radiasi Ekstra Terrestrial (R_a) : (mm/hari)

Lintang Utara												Posisi Lintang
Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	
15,0	15,5	15,7	15,3	14,4	13,9	14,1	14,8	15,3	15,4	15,1	14,8	0
14,7	15,3	15,6	15,3	14,6	14,2	14,3	14,9	15,3	15,3	14,8	14,4	2
14,3	15,0	15,5	15,4	14,9	14,4	14,6	15,1	15,3	15,1	14,5	14,1	4
13,9	14,8	15,4	15,4	15,1	14,7	14,9	15,2	15,3	15,0	14,2	13,7	6
13,6	14,5	15,3	15,6	15,3	15,0	15,1	15,4	15,3	14,8	13,9	13,3	8
13,2	14,2	15,3	15,7	15,5	15,3	15,3	15,5	15,3	14,7	13,6	12,9	10

Lintang Utara												Posisi Lintang
Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	
12,8	13,9	15,1	15,7	15,7	15,5	15,5	15,6	15,2	14,4	13,3	12,5	12
12,4	13,6	14,9	15,7	15,8	15,7	15,7	15,7	15,1	14,1	12,8	12,0	14
12,0	13,3	14,7	15,6	16,0	15,9	15,9	15,7	15,0	13,9	12,4	11,6	16
11,8	13,2	14,7	15,6	16,1	16,0	16,0	15,8	15,0	13,8	12,2	11,4	17
11,6	13,0	14,6	15,6	16,1	16,1	16,1	15,8	14,9	13,6	12,0	11,1	18
11,4	12,9	14,5	15,6	16,2	16,3	16,2	15,9	14,9	13,5	11,8	10,9	19
11,2	12,7	14,4	15,6	16,3	16,4	16,3	15,9	14,8	13,3	11,6	10,7	20
10,7	12,3	14,2	15,5	16,3	16,4	16,4	15,8	14,6	13,0	11,1	10,2	22
10,2	11,9	13,9	15,4	16,4	16,6	16,5	15,8	14,5	12,6	10,7	9,7	24
9,8	11,5	13,7	15,3	16,4	16,7	16,6	15,7	14,3	12,3	10,3	9,3	26
9,3	11,1	13,4	15,3	16,5	16,8	16,7	15,7	14,1	12,0	9,9	8,8	28
8,8	10,7	13,1	15,2	16,5	17,0	16,8	15,7	13,9	11,6	9,5	8,3	30
8,3	10,2	12,8	15,0	16,5	17,0	16,8	15,6	13,6	11,2	9,0	7,8	32
7,9	9,8	12,4	14,8	16,5	17,1	16,8	15,5	13,4	10,8	8,5	7,2	34
7,4	9,4	12,1	14,7	16,4	17,2	16,7	15,4	13,1	10,6	8,0	6,6	36
6,9	9,0	11,8	14,5	16,4	17,2	16,7	15,3	12,8	10,0	7,5	6,1	38
6,4	8,6	11,4	14,3	16,4	17,3	16,7	15,2	12,5	9,6	7,0	5,7	40
5,9	8,1	11,0	14	16,2	17,3	16,7	15,0	12,2	9,1	6,5	5,2	42
5,3	7,6	10,6	13,7	16,1	17,2	16,6	14,7	11,9	8,7	6,0	4,7	44
4,9	7,1	10,2	13,3	16,0	17,2	16,6	14,5	11,5	8,3	5,5	4,3	46
4,3	6,6	9,8	13,0	15,9	17,2	16,5	14,3	11,2	7,8	5,0	3,7	48
3,8	6,1	9,4	12,7	15,8	17,1	16,4	14,1	10,9	7,4	4,5	3,2	50

2) Menghitung Tekanan Uap Nyata (e_d)

$$e_d = R_h \times e_a \quad (7)$$

keterangan: R_h = kelembapan udara (%)

e_a = tekanan uap jenuh (mbar)

Tabel 3. Tekanan Uap Jenuh (e_a)

Suhu Udara (°C)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
f(T) = c Ta 4	6,1	6,6	7,1	7,6	8,1	8,7	9,3	10,0	10,7	11,5	12,3	13,1	14,0	15,0	16,1	17,0	18,2	19,4	20,6	22,0
Suhu Udara (°C)	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
f(T) = c Ta 4	23,4	24,9	26,4	28,1	29,8	31,7	33,6	35,7	37,8	40,1	42,4	44,9	47,6	50,3	53,2	56,2	59,4	62,8	66,3	69,9

Sumber: Direktorat Irigasi, Pedoman dan Kriteria Perencanaan Teknik Irigasi, Volume IV, 1980, Jakarta

3) Menghitung Radiasi Netto Gelombang Pendek

$$R_{ns} = r_s \cdot (1 - w) \quad (8)$$

4) Menghitung Fungsi Tekanan Uap Nyata

$$f(ed) = 0,33 - 0,044 \cdot (ed)^{0,5} \quad (9)$$

5) Menghitung Fungsi Rasio Lama Penyinaran

$$f(n/N) = 0,1 + 0,9 n/N \quad (10)$$

6) Menghitung Radiasi Netto Gelombang Panjang

$$R_{nl} = f(T) \cdot f(ed) \cdot f(n/N) \quad (11)$$

Tabel 4. Pengaruh Suhu Udara Pada Panjang Gelombang Radiasi = $f(T)$

Suhu Udara (°C)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	21	22	24	26	28	30	32	34	36
$f(T) = c \cdot T_a^4$	11,0	11,4	11,7	12,0	12,4	12,7	13,1	13,5	13,8	14,2	14,6	14,8	15,0	15,4	15,9	16,3	16,7	17,2	17,7	18,1

Sumber: Direktorat Irigasi, Pedoman dan Kriteria Perencanaan Teknik Irigasi, Volume IV, 1980, Jakarta

7) Menghitung Radiasi Netto

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (12)$$

Tabel 5. Angka Koreksi Penman

Angka	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
C	1.1	1.1	1	0.9	0.9	0.9	0.9	1	1.1	1.1	1.1	1.1

Tabel 6. Faktor Koreksi Terhadap Radiasi

Suhu	ea	w
(°C)	(mbar)	el.
24	29.8	0.74
25	31.7	
26	33.6	0.76
27	35.7	
28	37.8	0.78
29	40.1	
30	42.4	0.79
31	44.9	
32	47.6	0.81
33	50.3	
34	53.2	0.82
35	56.2	
36	59.4	0.84
37	62.8	
38	66.3	0.85
39	69.9	
40		0.86

2.13 Debit Andalan

Debit adalah suatu koefesien yang menyatakan banyaknya air yang mengalir dari suatu sumber persatuan waktu, biasanya diukur dalam satuan liter per/detik. Untuk memenuhi kebutuhan air pengairan, debit air harus lebih cukup untuk disalurkan ke saluran yang telah disiapkan.

Pengukuran debit dapat dilakukan dengan berbagai macam cara yaitu:

1. Pengukuran volume air sungai.
2. Pengukuran debit dengan cara mengukur kecepatan aliran dan menentukan luas penampang melintang sungai.
3. Pengukuran dengan menggunakan bahan kimia yang dialirkan dalam sungai.
4. Pengukuran debit dengan membuat bangunan pengukur debit.

Debit andalan adalah debit yang tersedia sepanjang tahun dengan besarnya resiko kegagalan tertentu. Terdapat empat metode untuk analisa debit andalan (Sari et al., 2012) antara lain:

1) Metode Debit Rata–Rata Minimum

Karakteristiknya antara lain dalam satu tahun hanya diambil satu data (data debit rata-rata harian dalam satu tahun). Metode ini sesuai untuk daerah aliran sungai dengan fluktuasi debit maksimum dan debit minimum tidak terlalu besar dari tahun ke tahun serta kebutuhan relatif konstan sepanjang tahun.

2) Metode *Flow Characteristic*

Metode ini berhubungan dengan basis tahun normal, tahun kering dan tahun basah. Yang dimaksud debit berbasis tahun normal adalah jika debit rata-rata tahunannya kurang lebih sama dengan debit rata-rata keseluruhan tahun. Untuk debit berbasis tahun kering adalah jika debit rata-rata tahunannya lebih kecil dari debit rata-rata keseluruhan tahun. Sedangkan untuk debit berbasis tahun basah adalah jika debit rata-rata tahunannya lebih kecil dari debit rata-rata keseluruhan tahun. Metode ini cocok untuk DAS dengan fluktuasi debit maksimum dan debit minimum relatif besar dari tahun ke tahun, kebutuhan relatif tidak konstan sepanjang tahun, dan data yang tersedia cukup panjang. Keandalan berdasar kondisi debit dibedakan menjadi 4 antara lain:

- a) Debit Air Musim Kering, yaitu debit yang dilampaui debit-debit sebanyak 355 hari dalam 1 tahun, keandalan: 97,3 %.
- b) Debit Air Rendah, yaitu debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 275 hari dalam 1 tahun, keandalan: 75,3 %.
- c) Debit Air Normal, yaitu debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 185 hari dalam 1 tahun, keandalan: 50,7 %.
- d) Debit Air Cukup, yaitu debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 95 hari dalam 1 tahun, keandalan: 26,0 %.

3) Metode Tahun Dasar Perencanaan

Metode ini biasanya digunakan dalam perencanaan atau pengelolaan irigasi. Umumnya di bidang irigasi dipakai debit dengan keandalan 80 %, sehingga rumus untuk menentukan tahun dasar perencanaan adalah sebagai berikut:

$$R_{80} = \frac{n}{5} + 1 \quad (13)$$

Keterangan:

n = Kala ulang pengamatan yang diinginkan.

R_{80} = Debit yang terjadi < R_{80} adalah 20%. Metode Bulan Dasar Perencanaan

Metode ini hampir sama dengan Metode *Flow Characteristic* yang dianalisa untuk bulan-bulan tertentu. Metode ini paling sering dipakai karena keandalan debit dihitung bulan Januari sampai dengan Bulan Desember, jadi lebih bisa menggambarkan keadaan pada musim kemarau dan penghujan.

Debit andalan merupakan debit yang diandalkan untuk suatu probabilitas tertentu. Probabilitas untuk debit andalan ini berbeda-beda. Untuk keperluan irigasi biasa digunakan probabilitas 80%. Untuk keperluan air minum dan industri tentu saja dituntut probabilitas yang lebih tinggi, yaitu 90% sampai dengan 95% (Soemarto, 1987). Makin besar persentase andalan menunjukkan penting pemakaiannya dan menunjukkan prioritas yang makin awal yang harus diberi air. Dengan demikian debit andalan dapat disebut juga sebagai debit minimum pada tingkat peluang tertentu yang dapat dipakai untuk keperluan penyediaan air. Jadi perhitungan debit andalan ini diperlukan untuk menghitung debit dari sumber air yang dapat diandalkan untuk suatu keperluan tertentu.

2.14 Metode F. J. Mock

Metode ini dikembangkan untuk menghitung debit bulanan rata-rata. Pada dasarnya metode ini adalah hujan yang jatuh pada *catchment* area sebagian akan hilang sebagai evapotranspirasi, sebagian akan langsung menjadi aliran permukaan (*direct run off*) dan sebagian lagi akan masuk ke dalam tanah (infiltrasi). Dalam penelitian ini debit andalan merupakan debit yang memiliki probabilitas 80%. Debit dengan probabilitas 80% adalah debit yang memiliki kemungkinan terlampaui sebesar 80% dari 100% kejadian. Jumlah data minimum yang diperlukan untuk analisis adalah lima tahun dan pada umumnya untuk memperoleh nilai yang baik data yang digunakan hendaknya berjumlah 10 tahun data (Direktorat Jendral SDA, 2013) (Fakhrurrazi, 2012).

Pada tahun 1973, Dr. F.J. Mock memperkenalkan metode penghitungan aliran sungai dengan menggunakan data curah hujan, evapotranspirasi potensial, dan karakteristik hidrologi DAS untuk memprediksi besar debit sungai dengan interval waktu bulanan. Cara ini dikenal dengan nama model Dr. Mock.

Prinsip metode Dr. F. J. Mock adalah:

- 1) Memperhitungkan volume air yang masuk (hujan), keluar (infiltrasi, perkolasi dan evapotranspirasi) dan yang disimpan dalam tanah (*soil storage*).
- 2) Dalam sistem mengacu pada water balance, volume air total yang berada di Bumi tetap, hanya sirkulasi dan distribusi yang bervariasi.

Adapun ketentuan dari metode sebagai berikut:

1. Data Meteorologi

Dalam hal ini data yang digunakan yaitu :

- a) Data presipitasi dalam hal ini adalah data curah hujan bulanan dan data curah hujan harian.
- b) Data klimatologi berupa data kecepatan angin, kelembapan udara, temperatur udara dan penyinaran matahari untuk menentukan Evapotranspirasi Potensial (ET_0) yang dihitung berdasarkan metode “Penman Modifikasi”.

2. Evapotranspirasi Aktual (E_a)

Penentuan harga evapotranspirasi aktual ditentukan berdasarkan persamaan:

$$E = ET_0 \times \frac{d}{30} \times m \quad (14)$$

$$E = ET_0 \times \left(\frac{m}{20}\right) \times (18 - n) \quad (15)$$

$$E_a = ET_0 - E \quad (16)$$

Dimana:

E_a = Evapotranspirasi aktual (mm)

ET_0 = Evapotranspirasi potensial (mm)

d = $27 - (2/3) \times n$

m = Perbandingan permukaan tanah yang tidak tertutup dengan tumbuh-tumbuhan penahan hujan koefisien yang tergantung jenis areal dan musiman dalam %.

3. Keseimbangan Air Dipermukaan Tanah (ΔS)

- a) Air hujan yang mencapai permukaan tanah dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\Delta S = R - E_a \quad (17)$$

Dimana:

ΔS = Keseimbangan air dipermukaan tanah

R = Hujan bulanan

E_a = Evapotranspirasi aktual

Bila harga positif ($R > E_a$) maka air akan masuk ke dalam tanah bila kapasitas kelembapan tanah belum terpenuhi. Sebaliknya, jika kondisi kelembapan tanah sudah tercapai maka akan terjadi limpasan permukaan (*surface run off*).

Bila harga tanah ΔS negative ($R < E_a$), air hujan tidak dapat masuk ke dalam tanah (infiltrasi) tetapi air tanah akan keluar dan tanah akan kekurangan air (defisit).

- b) Perubahan kandungan air tanah (soil storage) tergantung dari harga ΔS

Bila ΔS negative, maka kapasitas kelembapan tanah akan kekurangan dan bila harga ΔS positif akan menambah kekurangan kapasitas kelembapan tanah bulan sebelumnya.

c) Kapasitas kelembapan tanah (*soil moisture capacity*)

Di dalam memperkirakan kapasitas kelembapan tanah awal diperlukan pada saat dimulainya perhitungan dan besarnya tergantung dari kondisi porositas lapisan tanah atas dari daerah pengaliran. Biasanya diambil 50 sampai dengan 250 mm, yaitu kapasitas kandungan air di dalam tanah per m. Semakin besar porositas tanah maka kelembapan tanah akan besar pula.

d) Kelebihan Air (*Water Surplus*)

Besarnya air lebih dapat mengikuti formula sebagai berikut:

$$WS = \Delta S - \text{Tampungan tanah} \quad (18)$$

Dimana:

$WS = \text{Water Surplus}$

$\Delta S = R - E_a$

Tampungan tanah = Perbedaan kelembapan tanah

4. Limpasan dan Penyimpanan Air Tanah (*Run Off* dan *Ground Water Storage*)

a) Infiltrasi (i)

Infiltrasi ditaksir berdasarkan kondisi porositas tanah dan kemiringan daerah pengaliran. Daya infiltrasi ditentukan oleh permukaan lapisan atas dari tanah. Misalnya kerikil mempunyai daya infiltrasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah liat yang kedap air. Untuk lahan yang terjal dimana air sangat cepat menipis diatas permukaan tanah sehingga air tidak dapat sempat berinfiltrasi yang menyebabkan daya infiltrasi lebih kecil. Rumusan dari infiltrasi adalah sebagai berikut:

$$i = \text{koefisien infiltrasi} \times WS \quad (19)$$

Dimana:

i = Infiltrasi (koefisien infiltrasi, (i) = 0 s/d 1,0

WS = Kelebihan air

b) Penyimpanan air tanah (*ground water storage*)

Pada permulaan perhitungan yang telah ditentukan penyimpanan air awal yang besarnya tergantung dari kondisi geologi setempat dan waktu. Persamaan yang digunakan adalah:

$$V_n = k(V_{n-1}) + \frac{1}{2}(1 + k)i_n \quad (20)$$

Dimana:

V_n = Volume simpanan air tanah periode n (m^3)

V_{n-1} = Volume simpanan air tanah periode n-1 (m^3)

k = Faktor resesi aliran tanah (k) berkisar antara 0 s/d 1

i_n = Infiltrasi bulan ke n (mm)

Untuk mendapatkan perubahan volume aliran air dalam tanah mengikuti persamaan:

$$\Delta V_n = V_n - V_{n-1} \quad (21)$$

c) Limpasan (*run off*)

Air hujan atau presipitasi akan menempuh tiga jalur menuju ke sungai. Satu bagian akan mengalir sebagai limpasan permukaan dan masuk ke dalam tanah lalu mengalir ke kiri dan kanan nya membentuk aliran antara. Bagian ketiga akan berperkolasi jauh ke dalam tanah hingga mencapai lapisan air tanah. Aliran permukaan tanah serta aliran antara sering digabungkan sebagai limpasan langsung (*direct run off*). Untuk memperoleh limpasan, maka persamaan yang digunakan adalah:

$$BF = I - (\Delta V_n) \quad (22)$$

$$Dro = WS - I \quad (23)$$

$$Ron = BF + Dro \quad (24)$$

Dimana:

BF = Aliran dasar ($m^3/dtk/km$)

I = Infiltrasi (mm)

(ΔV_n) = Perubahan volume aliran tanah (m^3)

Dro = Limpasan langsung (mm)

WS = Kelebihan air

Ron = Limpasan periode n ($m^3/dtk/km^2$)

d) Banyaknya air yang tersedia dari sumbernya Rumus yang digunakan adalah:

$$Q_n = Ron \times A \quad (25)$$

Dimana:

Q_n = Banyaknya air yang tersedia dari sumbernya

A = Luas daerah tangkapan (*catchmen tarea*) km^2

Neraca air metode F.J. Mock dirumuskan sebagai berikut:

$$Q = (Dro + Bf) F \quad (26)$$

Dimana:

Q = Debit andalan (m^3/dtk)

Dro = *Direct run off* ($m^3/dtk/km^2$)

Bf = *Base flow* ($m^3/dtk/km^2$)

F = *Catchment area* (km^2)

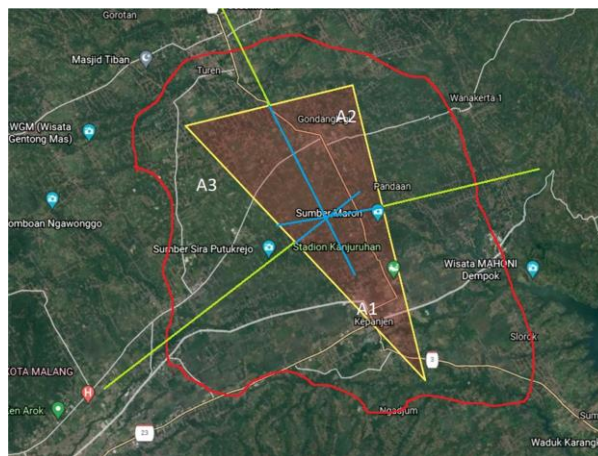
3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif yang bersifat deskriptif, yaitu melalui studi literatur, pengumpulan data, dan analisis data.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Daerah Aliran Sungai Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang. Daerah Koordinat studi 112,5496 Bujur Timur dan 112,66065 Bujur Timur dan antara 8,1707 Lintang Selatan dan 8,0958 Lintang selatan. Peta lokasi DAS Kepanjen dapat dilihat pada gambar 5 di bawah.



Gambar 5. Peta Rencana Saluran

Sumber: *Google Earth*

Kondisi klimatologi di Daerah Aliran Sungai Kecamatan Kepanjen hamper sama dengan kondisi klimatologi Gondanglegi karena Daerah Aliran Sungai Kepanjen merupakan bagaian wilayah Kali Lesti yang mengalir melewati Clumpit, Kepanjen, Turen. Menurut Stasiun BMKG Kabupaten Malang suhu minimum berkisar antara 12,9 °C dan suhu maksimum berkisar antara 23,91°C, dengan kelembaban udara untuk rata-rata berkisar antara 24%. Rata-rata curah hujan per bulannya berkisar antara 133,75 mm.

A1 = pos hujan kepanjen, A2 = pos hujan clumpit, A3 = pos hujan turen

Tabel 6. Lokasi Stasiun – Stasiun Pengamatan

No	Stasiun/Pos Hujan	5 Menit	10 Menit	30 Menit	1 Jam	2 Jam	6 Jam	12 Jam	24 Jam
1	Kab. Malang Staklim Malang	10,0	18,0	24,7	25,2	26,1	60,5	78,8	78,8

3.4 Pengumpulan Data

Proses kegiatan penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu :

1. Tahapan Pendahuluan

Pada tahapan ini saya melakukan studi terhadap sumber terkait yang digunakan untuk mendukung penelitian yang akan dilakukan.

2. Tahapan Pengumpulan Data

Tahap lanjut ini dilakukan pengambilan data berupa data curah hujan pada pos hujan terkait, lalu mencari peta lokasi yang dituju untuk lokasi penelitian.

3. Tahapan Analisa

Setelah data terkumpul maka dilakukan analisa data, pengolahan data dilakukan dengan menganalisa data curah hujan, dilanjutkan menghitung.

4. Tahapan Penyusunan Laporan

Tahapan ini merupakan tahapan akhir dari tahap penelitian di mana tahap ini hanya menyusun data-data di tahap awal hingga akhir yang selanjutnya.

3.5 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan melalui:

a) Analisis Curah Hujan

Luas daerah tangkapan hujan akan dihitung dengan Metode Poligon Thiessen. Dengan menggambar polygon Thiessen pada DAS Kepanjen (Kali Lesti), akan diperoleh luas tangkapan hujan stasiun curah hujan. Setelah diketahui luas areal tangkapan masing-masing stasiun curah hujan, maka dapat dihitung curah hujan rata-rata tiap stasiun per bulan (Januari - Desember).

b) Analisis Evapotranspirasi

Menghitung besarnya evapotranspirasi, dibutuhkan data-data klimatologi, diantaranya temperatur udara, kelembaban udara, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin. Evapotranspirasi potensial (ET_0) dihitung dengan Metode Modifikasi Penman (FAO).

c) Analisis Ketersediaan Air

Menghitung ketersediaan air pada DAS Kepanjen, yang digunakan adalah hasil perhitungan debit air DAS dengan menggunakan metode F. J. Mock. Maka, digunakan data-data yang dijadikan sebagai parameter dalam menghitung debit air sungai, antara lain data curah hujan bulanan rata-rata, dan data evapotranspirasi potensial.

d) Analisis Debit Andalan

Menghitung Debit Andalan yang digunakan adalah hasil perhitungan debit air DAS Kepanjen dengan memasukkan faktor koreksi sebesar 80% - 90%.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. HASIL

4.1.1 Curah Hujan Rata-Rata Hitung Dan Thiessen

Penentuan curah hujan rata-rata memiliki beberapa cara yang biasa digunakan dalam memprediksi rata-rata curah hujan. Pertama yaitu tinggi rata-rata, polygon thiessen dan metode

isohyet. Dan kali ini saya menggunakan polygon thiesen karena saya memiliki data 3 titik pos hujan yang bisa membentuk pola poligon pada area penelitian saya. Berikut juga hasil perhitungan pada Tabel 7. dan Tabel 8.

Tabel 7. Curah Hujan Harian Rata-rata Hitung

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum Clumprit	Curah Hujan Maksimum Kepanjen	Curah Hujan Maksimum Turen	TOTAL	Rata-rata
1	2010	114	68	68	250	83,33333
2	2011	145	100	100	345	115
3	2012	102	57	57	216	72
4	2013	141	115	115	371	123,66667
5	2014	96	102	102	300	100
6	2015	80	32	63	175	58,33333
7	2016	133	32	83	248	82,66667
8	2017	128	70	88	286	95,33333
9	2018	205	57,5	74	336,5	112,16667
10	2019	82	55	75	212	70,66667
11	2020	83	95	88	266	88,66667

Tabel 8. Curah Hujan Maksimum Rata-rata Theissen

No	Tahun	STASIUN						R Maks. Theissen (mm)	R Maks. Rata-rata Hitung (mm)
		Stasiun Clumprit (mm)		Stasiun Kepanjen (mm)		Stasiun Turen (mm)			
Luas Das		61,6		44,68		63,9		170,18	
Koef Theissen		0,36197		0,26255		0,37548			
1	2010	114	41,26454342	68	17,85309672	68	25,53297	84,65060524	83,3333333
2	2011	145	52,48560348	100	26,254554	100	37,54848	116,2886356	115
3	2012	102	36,92090727	57	14,96509578	57	21,40263	73,28863556	72
4	2013	141	51,03772476	115	30,1927371	115	43,18075	124,4112117	123,666667
5	2014	96	34,7490892	102	26,77964508	102	38,29945	99,82818193	100
6	2015	80	28,95757433	32	8,401457281	63	23,65554	61,01457281	58,3333333
7	2016	133	48,14196733	32	8,401457281	83	31,16524	87,70866142	82,6666667
8	2017	128	46,33211893	70	18,3781878	88	33,04266	97,75296745	95,3333333
9	2018	205	74,20378423	57,5	15,09636855	74	27,78587	117,0860266	112,166667
10	2019	82	29,68151369	55	14,4400047	75	28,16136	72,28287695	70,6666667
11	2020	83	30,04348337	95	24,9418263	88	33,04266	88,02797038	88,6666667

4.1.2 Log Person Type III

Penentuan curah hujan rancangan dalam metode-metode perhitungannya memiliki beberapa pilihan yang bisa digunakan seperti perhitungan normal, log normal, Log Pearson III, dan yang terakhir metode Gumbel. Pada kali ini digunakan metode Log pearson, karena fungsi probabilitas yang dapat dipakai untuk hampir semua distribusi probabilitas empiris. Adapun hasil perhitungannya ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Log Person III

No	R maks (mm)	Peluang (%)	Log x	log x - log x rerata	(log x - log x rerata) ³
1	61,01457281	0,083	1,785	-0,173	-0,005
2	72,28287695	0,167	1,859	-0,099	-0,001
3	73,28863556	0,250	1,865	-0,093	-0,001
4	84,65060524	0,333	1,928	-0,031	0,000
5	87,70866142	0,417	1,943	-0,015	0,000
6	88,02797038	0,500	1,945	-0,014	0,000
7	97,75296745	0,583	1,990	0,032	0,000
8	99,82818193	0,667	1,999	0,041	0,000
9	116,2886356	0,750	2,066	0,107	0,001
10	117,0860266	0,833	2,069	0,110	0,001
11	124,4112117	0,917	2,095	0,136	0,003
Jumlah			21,543		-0,0018168805
Rerata			1,958		-0,000165171
Standar deviasi			0,097354189		0,001946659

Tabel 10. Perhitungan Curah Hujan Rencana

TR	R RATA	STD DEV	KEMENCENGAN	PELUANG	K	R RENCANA	
Tahun	(Log)	(Log)	(Cs)	(%)	(Tabel)	Log	(mm)
5	1,958	0,0973542	-0,240664824	20	0,85	2,04121	109,955
10	1,958	0,0973542	-0,240664824	10	1,258	2,08093	120,485
20	1,958	0,0973542	-0,240664824	5	1,445	2,09914	125,643
50	1,958	0,0973542	-0,240664824	2	1,945	2,14782	140,545
100	1,958	0,0973542	-0,240664824	1	2,178	2,1705	148,081

$$Cs = n \cdot \sum (\log x - \log x \text{ rerata})^3 / (n-1) (n-2) \cdot \text{Std}^3$$

Nilai (K) didapat dari tabel distribusi Pearson Type III, pada proses beberapa data yang belum diketahui maka dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai (K).

4.1.3 Uji Smirnov Kormogolov

Metode Kolmogorof atau biasa disebut metode statistik yang digunakan untuk menguji hipotesis komparatif dari dua sampel independen dalam bentuk data ordinat yang disusun pada tabel distribusi frekuensi kumulatif dengan sistem interval kelas. kelebihan dari perhitungan metode ini yaitu tidak timbul banyak persepsi antar pengamat dimana hal ini banyak terjadi pada uji normalitas berbasis grafik. Selain itu, pengujian dengan menggunakan uji ini juga terbilang sederhana. Namun metode ini juga memiliki kekurangan yaitu sulit untuk memutuskan transformasi model apa yang bisa dipakai untuk normalisasi data. Berikut hasil perhitungannya ada pada Tabel 11.

Tabel 11. Smirnov Kormogolov

No	R maks (mm)	Peluang (%)	Log x	log x - log x rerata	(log x - log x rerata) ³	K	Px(x)	(P-Px(x))
1	61,01457	0,083	1,785	-0,173	-0,005180	-1,777	0,0378	-0,0456
2	72,28288	0,167	1,859	-0,099	-0,000983	-1,021	0,1536	0,0131
3	73,28864	0,250	1,865	-0,093	-0,000815	-0,960	0,1686	0,0814
4	84,65061	0,333	1,928	-0,031	-0,000029	-0,317	0,3757	-0,0424
5	87,70866	0,417	1,943	-0,015	-0,000004	-0,158	0,4371	-0,0204

6	88,02797	0,500	1,945	-0,014	-0,000003	-0,142	0,4435	0,0565
7	97,75297	0,583	1,990	0,032	0,000032	0,325	0,6275	0,0442
8	99,82818	0,667	1,999	0,041	0,000068	0,419	0,6624	0,0043
9	116,2886	0,750	2,066	0,107	0,001228	1,100	0,8643	-0,1143
10	117,086	0,833	2,069	0,110	0,001333	1,130	0,8708	0,0375
11	124,4112	0,917	2,095	0,136	0,002538	1,401	0,9194	-0,0027
Jumlah Rerata Standar deviasi			21,543		-0,0018168805	D maksimum	0,0814	
			1,958		-0,00016517			
			0,09735419		0,001946659			

Tabel 12. Rekapitulasi Uji Kormogolov

NO	α	D KRITIS	D MAX	KETERANGAN	
1	1%	0,468	0,0814	D _{MAX} <D _{KRITIS}	MEMENUHI
2	5%	0,391	0,0814	D _{MAX} <D _{KRITIS}	MEMENUHI

Nilai D Kritis didapat dari tabel Nilai Kritis Uji Kolmogorov-Smirnov dimana mencari nilai D kritis memerlukan nilai alfa dan Dmax yang didapat dari perhitungan Kolmogorof pada Tabel 11. Dari tabel di atas didapat bahwa hasil perhitungan debit memenuhi syarat.

4.1.4 Intensitas Curah Hujan Monobe

Pada dasarnya metode perhitungan intensitas hujan memiliki beberapa metode yaitu Metode Mononobe, Metode Van Breen, Metode Haspers dan Der Weduwen. Dan pada kali ini metode yang digunakan adalah mononobe, berikut hasil perhitungan ada pada Tabel 13. dan Tabel 14.

Tabel 13. Sebaran Hujan jam-jaman Mononobe

T	t	RT	
1	6	0,550	R24
2	6	0,347	R24
3	6	0,265	R24
4	6	0,218	R24
5	6	0,188	R24
6	6	0,167	R24

Tabel 14. Persentase Curah Hujan

t'	RT	Rt	Persentase
1	0,550321208	0,550	55,0321208
2	0,346680637	0,143	14,3040066
3	0,264566842	0,100	10,0339252
4	0,218395116	0,080	7,98799388
5	0,188207206	0,067	6,74555641
6	0,166666667	0,059	5,89639711

4.1.5 Curah Hujan Efektif Jam jaman

Perhitungan berikut merupakan prediksi dalam mengetahui curah hujan efektif baik 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, atau pun 50 tahun kedepan agar bisa mengetahui berapa kira-kira debit tambahan yang harus diantisipasi dalam pemodelan saluran. Berikut perhitungan tertera pada Tabel 15. sampai Table 19.

Tabel 15. Kala Ulang 5 Tahun

No	JAM KE	R5 (mm)	koefisien	R efektif (mm)	Persentase (%)	R efektif jam-jaman (mm)
1	1	109,955	0,45	49,47955	0,55032121	27,22964586
2	2	109,955	0,45	49,47955	0,14304007	7,077558139
3	3	109,955	0,45	49,47955	0,10033925	4,96474104
4	4	109,955	0,45	49,47955	0,07987994	3,952423441
5	5	109,955	0,45	49,47955	0,06745556	3,337670974
6	6	109,955	0,45	49,47955	0,05896397	2,91751077

Tabel 16. Kala Ulang 10 Tahun

No	JAM KE	R10 (mm)	koefisien	R efektif (mm)	Persentase (%)	R efektif jam-jaman (mm)
1	1	120,485	0,45	54,21834	0,55032121	29,83750482
2	2	120,485	0,45	54,21834	0,14304007	7,755395579
3	3	120,485	0,45	54,21834	0,10033925	5,440228107
4	4	120,485	0,45	54,21834	0,07987994	4,330958034
5	5	120,485	0,45	54,21834	0,06745556	3,657329012
6	6	120,485	0,45	54,21834	0,05896397	3,196928896

Tabel 17. Kala Ulang 20 Tahun

No	JAM KE	R20 (mm)	koefisien	R efektif (mm)	Persentase (%)	R efektif jam-jaman (mm)
1	1	125,643	0,45	56,53944	0,55032121	31,11485171
2	2	125,643	0,45	56,53944	0,14304007	8,087404925
3	3	125,643	0,45	56,53944	0,10033925	5,673124876
4	4	125,643	0,45	56,53944	0,07987994	4,516366828
5	5	125,643	0,45	56,53944	0,06745556	3,813899673
6	6	125,643	0,45	56,53944	0,05896397	3,333789777

Tabel 18. Kala Ulang 50 Tahun

No	JAM KE	R50 (mm)	koefisien	R efektif (mm)	Persentase (%)	R efektif jam-jaman (mm)
1	1	140,545	0,45	63,24535	0,55032121	34,80525582
2	2	140,545	0,45	63,24535	0,14304007	9,046618633
3	3	140,545	0,45	63,24535	0,10033925	6,345990795
4	4	140,545	0,45	63,24535	0,07987994	5,052034451
5	5	140,545	0,45	63,24535	0,06745556	4,266250567
6	6	140,545	0,45	63,24535	0,05896397	3,729196819

Tabel 19. Kala Ulang 100 Tahun

No	JAM KE	R100 (mm)	koefisien	R efektif (mm)	Persentase (%)	R efektif jam-jaman (mm)
1	1	148,081	0,45	66,63649	0,55032121	36,67147312
2	2	148,081	0,45	66,63649	0,14304007	9,531687794
3	3	148,081	0,45	66,63649	0,10033925	6,686255435
4	4	148,081	0,45	66,63649	0,07987994	5,322918658
5	5	148,081	0,45	66,63649	0,06745556	4,495001956
6	6	148,081	0,45	66,63649	0,05896397	3,929152011

Perhitungan kala ulang curah hujan efektif jam-jaman dilakukan dengan menggunakan beberapa item dari hasil perhitungan sebelumnya koefisien dalam tabel perhitungan diambil dari tingkat kepadatan penduduk. Nilai R diambil dari perhitungan Curah Hujan rencana.

4.1.6 Hidrograf Satuan Sintetik Gamma I

Pada sub bab ini merupakan proses perhitungan hidrograf untuk mengetahui debit banjir rancangan. Metode yang biasanya digunakan yaitu Collins, Nakayasu, Synder, dan Gamma1 pada kali ini proses pengolahan data menggunakan metode Gamma 1 adaun faktor parameter dalam perhitungan ini yaitu waktu naik (T_r), Debit Puncak (Q_p), Waktu dasar (T_b), Koefisien Tampungan (k). Berikut hasil perhitungan tertera pada Tabel 20. Sampai Tabel 26. (Ir. Adiwijaya, 2016).

Tabel 20. Karakteristik Sungai

NO	KARAKTERISTIK	NOTASI	SATUAN	NILAI
1	Panjang sungai Utama	L	km	25
2	Lebar Das 1/4L	WL	km	6,25
3	Lebar DAS 3/4L	WU	km	18,75
4	Luas DAS	A	km ²	170,18
5	Luas DAS hulu	Au	km ²	98,85
6	Jumlah Pertemuan Sungai	C	bh	4
7	Jumlah Pangsa sungai Tingkat1	d	bh	1
8	Jumlah Pangsa sungai semua tingkat	e	bh	3
9	Jumlah panjang sungai semua tingkat	LN	km	0,125
10	Jumlah panjang sungai tingkat 1	LI	km	0,125
11	Slope Sungai Utama	S		0,052
12	Panjang sungai ke titik berat DAS	Lc	km	0,125
13	Faktor sungai	SF	LI/LN	1
14	Frekuensi Sumber	SN	d/e	0,333333
15	Faktor lebar	WF	WU/WL	3
16	Luas Das Hulu	RUA	Au/A	0,580856
17	faktor simteri	SIM	RUA* WF	1,742567
18	kerapatan jaringan Keras	D	LN/A	0,000735

Dari Tabel 20. di atas perlu diperhitungkan waktu naik (T_r), Debit Puncak (Q_p), Waktu dasar (T_b), Koefisien Tampungan (k) menggunakan rumus perhitungan persamaan hidrograf pada Tabel 21. sebelum proses gamma dilanjutkan, untuk mengetahui debit banjir rancangan.

Tabel 21. Hidrograf Gamma I

Lengkung	Rumus	t (jam)	T_r (jam)	Q_p (m ³ /dtk)	Q_t (m ³ /dt)
Naik	$Q_t = Q_p \cdot (t/T_r)$	0	3,241705	0,50780469	0
		1	3,241705	0,50780469	0,156647
		3,241705	3,241705	0,50780469	0,507805
		t (jam)	k	Q_p (m ³ /dtk)	Q_t (m ³ /dt)
		2	0,664024	0,50780469	0,382369
		3	0,664024	0,50780469	0,254913
		4	0,664024	0,50780469	0,191185

[illegible]

T	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Base Flow	Qttotal
Jam	m ³ /dt	27,230	7,078	4,965	3,952	3,338	2,918	m ³ /dt	m ³ /dt
29								20,799	20,80

Tabel 23. Kala ulang 10 tahun

T	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Base Flow	Qttotal
Jam	m ³ /dt	29,838	7,755	5,440	4,331	3,657	3,197	m ³ /dt	m ³ /dt
0	0	0,00						20,799	20,80
1	0,156647	4,67	0					20,799	25,47
2	0,507805	15,15	1,214863	0				20,799	37,17
3	0,382	11,41	3,938226	0,852198	0			20,799	37,00
4	0,255	7,61	2,965425	2,762573	0,572911	0		20,799	34,71
5	0,191	5,70	1,97695	2,080176	1,857209	0,572911	0	20,799	32,99
6	0,153	4,56	1,482713	1,386784	1,39845	1,857209	0,500791	20,799	31,99
7	0,127	3,80	1,18617	1,040088	0,9323	1,39845	1,623415	20,799	30,78
8	0,109	3,26	0,988475	0,832071	0,699225	0,9323	1,222408	20,799	28,73
9	0,096	2,85	0,847264	0,693392	0,55938	0,699225	0,814938	20,799	27,27
10	0,085	2,54	0,741356	0,594336	0,46615	0,55938	0,611204	20,799	26,31
11	0,076	2,28	0,658983	0,520044	0,399557	0,46615	0,488963	20,799	25,61
12	0,070	2,07	0,593085	0,462261	0,349613	0,399557	0,407469	20,799	25,09
13	0,064	1,90	0,539168	0,416035	0,310767	0,349613	0,349259	20,799	24,67
14	0,059	1,76	0,494238	0,378214	0,27969	0,310767	0,305602	20,799	24,32
15	0,055	1,63	0,456219	0,346696	0,254264	0,27969	0,271646	20,799	24,04
16	0,051	1,52	0,423632	0,320027	0,233075	0,254264	0,244482	20,799	23,80
17	0,048	1,43	0,39539	0,297168	0,215146	0,233075	0,222256	20,799	23,59
18	0,045	1,34	0,370678	0,277357	0,199779	0,215146	0,203735	20,799	23,41
19	0,042	1,27	0,348874	0,260022	0,18646	0,199779	0,188063	20,799	23,25
20	0,040	1,20	0,329492	0,244727	0,174806	0,18646	0,17463	20,799	23,11
21	0,038	1,14	0,31215	0,231131	0,164524	0,174806	0,162988	20,799	22,99
22	0,036	1,09	0,296543	0,218966	0,155383	0,164524	0,152801	20,799	22,87
23	0,000	0,00	0,282421	0,208018	0,147205	0,155383	0,143813	20,799	21,74
24	0,000	0,00	0	0,198112	0,139845	0,147205	0,135823	20,799	21,42
25			0	0	0,133186	0,139845	0,128674	20,799	21,20
26				0	0	0,133186	0,122241	20,799	21,05
27				0	0,000	0	0,11642	20,799	20,92
28						0,000	0	20,799	20,80
29							0,000	20,799	20,80

Tabel 24. Kala ulang 20 tahun

T	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Base Flow	Qttotal
Jam	m ³ /dt	31,115	8,087	5,673	4,516	3,814	3,334	m ³ /dt	m ³ /dt
0	0	0,00						20,799	20,80
1	0,156647	4,67	0					20,799	25,47
2	0,507805	15,15	1,266871	0				20,799	37,22
3	0,382369	11,41	4,106822	0,88868	0			20,799	37,20
4	0,254913	7,61	3,092376	2,880839	0,707477	0		20,799	35,09
5	0,191185	5,70	2,061584	2,169229	2,293432	0,597438	0	20,799	33,63
6	0,152948	4,56	1,546188	1,446153	1,72692	1,936716	0,52223	20,799	32,54
7	0,127456	3,80	1,23695	1,084614	1,15128	1,458318	1,692914	20,799	31,23

8	0,109248	3,26	1,030792	0,867692	0,86346	0,972212	1,274739	20,799	29,07
9	0,095592	2,85	0,883536	0,723076	0,690768	0,729159	0,849826	20,799	27,53
10	0,084971	2,54	0,773094	0,61978	0,57564	0,583327	0,637369	20,799	26,52
11	0,076474	2,28	0,687195	0,542307	0,493406	0,486106	0,509896	20,799	25,80
12	0,069522	2,07	0,618475	0,482051	0,43173	0,416662	0,424913	20,799	25,25
13	0,063728	1,90	0,56225	0,433846	0,38376	0,36458	0,364211	20,799	24,81
14	0,058826	1,76	0,515396	0,394405	0,345384	0,324071	0,318685	20,799	24,45
15	0,054624	1,63	0,47575	0,361538	0,313985	0,291664	0,283275	20,799	24,16
16	0,050983	1,52	0,441768	0,333728	0,28782	0,265149	0,254948	20,799	23,90
17	0,047796	1,43	0,412317	0,30989	0,26568	0,243053	0,231771	20,799	23,69
18	0,044985	1,34	0,386547	0,289231	0,246703	0,224357	0,212456	20,799	23,50
19	0,042485	1,27	0,363809	0,271154	0,230256	0,208331	0,196114	20,799	23,34
20	0,040249	1,20	0,343597	0,255203	0,215865	0,194442	0,182106	20,799	23,19
21	0,038237	1,14	0,325513	0,241025	0,203167	0,18229	0,169965	20,799	23,06
22	0,036416	1,09	0,309238	0,22834	0,19188	0,171567	0,159342	20,799	22,95
23			0,294512	0,216923	0,181781	0,162035	0,149969	20,799	21,80
24				0,206593	0,172692	0,153507	0,141638	20,799	21,47
25					0,133186	0,145832	0,134183	20,799	21,21
26						0,138887	0,127474	20,799	21,07
27							0,121404	20,799	20,92
28								20,799	20,80
29								20,799	20,80

Tabel 25. Kala ulang 50 tahun

T	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Base Flow	Qttotal
Jam	m ³ /dt	34,805	9,047	6,346	5,052	4,266	3,729	m ³ /dt	m ³ /dt
0	0	0,00						20,799	20,80
1	0,156647	5,45	0					20,799	26,25
2	0,507805	17,67	1,417129	0				20,799	39,89
3	0,382369	13,31	4,593915	0,994083	0			20,799	39,70
4	0,254913	8,87	3,459149	3,222524	0,791388	0		20,799	37,14
5	0,191185	6,65	2,3061	2,426512	2,565447	0,668297	0	20,799	35,42
6	0,152948	5,32	1,729575	1,617675	1,931743	2,166422	0,584169	20,799	34,15
7	0,127456	4,44	1,38366	1,213256	1,287829	1,631283	1,893704	20,799	32,64
8	0,109248	3,80	1,15305	0,970605	0,965871	1,087522	1,42593	20,799	30,20
9	0,095592	3,33	0,988328	0,808837	0,772697	0,815642	0,95062	20,799	28,46
10	0,084971	2,96	0,864787	0,693289	0,643914	0,652513	0,712965	20,799	27,32
11	0,076474	2,66	0,7687	0,606628	0,551927	0,543761	0,570372	20,799	26,50
12	0,069522	2,42	0,69183	0,539225	0,482936	0,466081	0,47531	20,799	25,87
13	0,063728	2,22	0,628936	0,485302	0,429276	0,407821	0,407409	20,799	25,38
14	0,058826	2,05	0,576525	0,441184	0,386349	0,362507	0,356483	20,799	24,97
15	0,054624	1,90	0,532177	0,404419	0,351226	0,326257	0,316873	20,799	24,63
16	0,050983	1,77	0,494164	0,37331	0,321957	0,296597	0,285186	20,799	24,34
17	0,047796	1,66	0,46122	0,346645	0,297191	0,271881	0,25926	20,799	24,10
18	0,044985	1,57	0,432394	0,323535	0,275963	0,250967	0,237655	20,799	23,89
19	0,042485	1,48	0,406959	0,303314	0,257566	0,23304	0,219374	20,799	23,70
20	0,040249	1,40	0,38435	0,285472	0,241468	0,217504	0,203704	20,799	23,53
21	0,038237	1,33	0,364121	0,269612	0,227264	0,20391	0,190124	20,799	23,38
22	0,036416	1,27	0,345915	0,255422	0,214638	0,191916	0,178241	20,799	23,25
23			0,329443	0,242651	0,203341	0,181254	0,167757	20,799	21,92

T	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Base Flow	Qttotal
Jam	m ³ /dt	34,805	9,047	6,346	5,052	4,266	3,729	m ³ /dt	m ³ /dt
24				0,231096	0,193174	0,171714	0,158437	20,799	21,55
25					0,183976	0,163128	0,150098	20,799	21,30
26						0,15536	0,142593	20,799	21,10
27							0,135803	20,799	20,93
28								20,799	20,80
29								20,799	20,80

Tabel 26. Kala ulang 100 tahun

T	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Base Flow	Qttotal
Jam	m ³ /dt	36,671	9,532	6,686	5,323	4,495	3,929		
0	0	0,00						20,799	20,80
1	0,156647	5,74	0					20,799	26,54
2	0,507805	18,62	1,493114	0				20,799	40,91
3	0,382369	14,02	4,840236	1,047385	0			20,799	40,71
4	0,254913	9,35	3,644625	3,395312	0,833821	0		20,799	38,02
5	0,191185	7,01	2,42975	2,556619	2,703003	0,70413	0	20,799	36,20
6	0,152948	5,61	1,822312	1,704413	2,035321	2,282583	0,615492	20,799	34,87
7	0,127456	4,67	1,45785	1,278309	1,356881	1,718751	1,995242	20,799	33,28
8	0,109248	4,01	1,214875	1,022648	1,01766	1,145834	1,502387	20,799	30,71
9	0,095592	3,51	1,041321	0,852206	0,814128	0,859375	1,001591	20,799	28,87
10	0,084971	3,12	0,911156	0,730463	0,67844	0,6875	0,751194	20,799	27,67
11	0,076474	2,80	0,809917	0,639155	0,58152	0,572917	0,600955	20,799	26,81
12	0,069522	2,55	0,728925	0,568138	0,50883	0,491072	0,500796	20,799	26,15
13	0,063728	2,34	0,662659	0,511324	0,452294	0,429688	0,429253	20,799	25,62
14	0,058826	2,16	0,607437	0,46484	0,407064	0,381945	0,375597	20,799	25,19
15	0,054624	2,00	0,560712	0,426103	0,370058	0,34375	0,333864	20,799	24,84
16	0,050983	1,87	0,520661	0,393326	0,33922	0,3125	0,300477	20,799	24,53
17	0,047796	1,75	0,48595	0,365231	0,313126	0,286458	0,273161	20,799	24,28
18	0,044985	1,65	0,455578	0,340883	0,29076	0,264423	0,250398	20,799	24,05
19	0,042485	1,56	0,428779	0,319577	0,271376	0,245536	0,231136	20,799	23,85
20	0,040249	1,48	0,404958	0,300779	0,254415	0,229167	0,214627	20,799	23,68
21	0,038237	1,40	0,383645	0,284069	0,23945	0,214844	0,200318	20,799	23,52
22		0,00	0,364462	0,269118	0,226147	0,202206	0,187798	20,799	22,05
23			0	0,255662	0,214244	0,190972	0,176751	20,799	21,64
24				0	0,203532	0,180921	0,166932	20,799	21,35
25					0	0,171875	0,158146	20,799	21,13
26						0	0,150239	20,799	20,95
27							0	20,799	20,80
28								20,799	20,80
29								20,799	20,80

4.1.7 Debit Andalan

Perhitungan debit andalan diperlukan untuk mengetahui debit banjir terbesar dalam kurun waktu 11 tahun data curah hujan yang tersedia darihal tersebut metode yang digunakan dalah F.J Mock. Hasil tertera pada Tabel 27.

Tabel 27. Perhitungan kapasitas Berdasar FJ.Mock

Bulan	Debit (m ³ /dt)	Volume (m ³)
Januari	0,41	35.671
Februari	0,44	37.677
Maret	0,28	23.924
April	0,20	17.035
Mei	0,18	15.565
Juni	0,17	14.774
Juli	0,18	15.447
Agustus	0,34	29.647
September	0,18	15.558
Oktober	0,16	13.922
Nopember	0,18	15.898
Desember	0,16	14.225
TOTAL	2,89	249.343
Rerata	0,24	20.779

4.1.8 Permodelan Dimensi Yang Sesuai

Dari data-data yang sudah di proses maka dapat diperhitungan permodelan dimensi yang seharusnya dimana hasil yang dicari yaitu Q_t maksimum terdekat dengan debit banjir maksimum terbesar setelah itu akan ditemukan ukuran dimensi sesungguhnya.

Tabel 28. Trial dan Error Dimensi

No	h (m)	B (m)	A(m ²)	S ₀	S ^{1/2}	n	P (m)	R (m)	R ^{2/3}	i/n	V (m ³ /dtk)	E (m)	q (m ³ /dtk)	Q (m ³ /dtk)
1	0,5	0,5	0,25	0,005	0,070711	0,014	1,5	0,166667	0,302853	71,42857	1,529641	0,619256	0,764820413	0,382410206
2	0,6	0,6	0,36	0,005	0,070711	0,014	1,8	0,2	0,341995	71,42857	1,727337	0,752074	1,036401932	0,621841159
3	0,8	0,8	0,64	0,005	0,070711	0,014	2,4	0,266667	0,414298	71,42857	2,092519	1,023172	1,674015372	1,339212298
4	1	1	1	0,005	0,070711	0,014	3	0,333333	0,48075	71,42857	2,428153	1,300506	2,428153456	2,428153456
5	1,5	1,5	2,25	0,005	0,070711	0,014	4,5	0,5	0,629961	71,42857	3,181781	2,01599	4,772671704	7,159007556
6	1,563	1,563	2,442969	0,005	0,070711	0,014	4,689	0,521	0,647478	71,42857	3,270259	2,108086	5,111414415	7,98914073
7	2	2	4	0,005	0,070711	0,014	6	0,666667	0,763143	71,42857	3,854453	2,757228	7,708906699	15,4178134
8	2,5	2,5	6,25	0,005	0,070711	0,014	7,5	0,833333	0,885549	71,42857	4,472697	3,519624	11,18174227	27,95435567
9	2,8	2,8	7,84	0,005	0,070711	0,014	8,4	0,933333	0,955047	71,42857	4,823713	3,985943	13,50639714	37,817912

4.2 PEMBAHASAN

4.2.1 Curah Hujan maksimum Rata-rata Hitung & Thiessen

Data yang telah didapat dari hasil analisa curah hujan 11 tahun menghasilkan curah hujan rata-rata hitung yang direkapitulasi untuk memproses data Polygon Thiessen mengetahui nilai Thiessen dari pos hujan terkait. Dimana nilai thiessen akan di kalikan dengan curah hujan maksimum setisp pos hujan dan akan mendapatkan rata-rata hujan maksimum secara keseluruhan dari 3 stasiun hujan terkait. Dalam proses ini akan dibandingkan dengan perhitungan rerata biasa untuk mengetahui curah hujan yang efektif dalam data curah hujan. Perbandingan ditentukan dengan selisih perhitungan yang paling kecil.

4.2.2 Log Person Type III

Proses data yang didapat yaitu adalah standart deviasi data curah hujan dari ketiga pos curah Hujan dalam penelitian ini saya menggunakan metode ini karena dirasa paling efektif dalam perhitungan dan bagi pembaca tidak menimbulkan perspektif yang melebar sehingga tidak bisa mengerucut pada penyelesaian masalah. Dibandingkan dengan metode lainya kelebihan metode ini fungsi probabilitas yang dapat dipakai untuk hampir semua distribusi probabilitas empiris sehingga mempermudah proses. Hal menarik lainya yaitu jika hasil kemencengan saluran datar atau sama dengan 0 maka perhitungan akan menjadi Log normal.

4.2.3 Uji Simrnov Kolmogorof

Pengujian ini dilakukan dengan distribusi data atau data yang normalitasnya akan diuji dengan data yang sudah ditransformasikan menjadi bentuk *Z-score* dan telah diasumsikan sebagai data normal. Hasilnya mendapatkan selisih absolut pada tiap-tiap interval kelas. Ciri khas pengujian pada uji ini pada sampel kecil dan besar adalah H_0 ditolak jika $KD_{hitung} > KD_{tabel}$. signifikansi $< 0,05$ berarti ada perbedaan yang signifikan dan jika $> 0,05$ tidak timbul perbedaan yang signifikan, penerapan ini juga berlaku pada uji Kolmogorov Smirnov. Pada uji ini, data berdistribusi tidak normal jika $p < 0,05$ dan data berdistribusi normal jika $p > 0,05$. bisa dilakukan secara manual dengan asumsi sampel acak dari distribusi populasi kontinyu. Langkah pertama adalah menentukan hipotesis dimana H_0 adalah data mengikuti distribusi tertentu $[F(x) = F_t(x), n_x]$, H_1 adalah data tidak mengikuti distribusi tertentu ($F(x) \neq F_t(x)$ minimal 1 x). Selanjutnya, urutkan data mulai dari yang paling kecil hingga paling besar. dilanjutkan dengan perhitungan distribusi $F_S(x_i)$ dan $F_t(x_i)$ dengan melihat tabel distribusi normal baku atau simpangan baku. Menentukan D_{max} dan juga kuantil statistik pada tabel K-S. Jika hasil $D > k$ maka H_0 bisa ditolak.

4.2.4 Intensitas Mononobe

Proses perhitungan ini digunakan untuk mengetahui intensitas hujan wilayah dimana hasilnya akan mengeluarkan prosentase curahujan pada analisis curah hujan yang ada. Saya menggunakan mononobe karena proses pendeteilan intensitas curah hujan dilakukan perhari dalam 24 jam. Hal ini dilakukan untuk mengetahui lebih rinci prosentase yang saya perlukan untuk menghitung debit andalan kala ulang. Dari metode ni juga perhitungan lebih ringkas sehingga menjauhkan dari kegagalan hitung dan pengontrolan ketelitian lebih mudah. Dapat dilihat daari rumus yang saya gunakan lebih mudah dimengerti dan akan sangat membantu tujuan penelitian.

Jumlah waktu dalam satuan jam menunjukan perkiraan banjir surut, dalam artian berapa lama waktu yang dibutuhkan saluran untuk menguras banjir yang *overflow* dari saluran dalam

perhitungan saya menggunakan durasi 6 jam untuk membackup perhitungan kala ulang hingga 50 tahun. Disini saya memperkirakan pertambahan penduduk hingga kepadatan rumah di sekitar area eksisting untuk 50 tahun kedepan karena jika dilakukan durasi yang pendek kedepan akan sulit untuk melakukan pembesaran dimensi dan meleset dari jangka waktu saluran efektif beroperasi (Purba et al., 2021).

4.2.5 Curah Hujan Efektif Jam-jaman

Curah hujan efektif kala ulang 5, 10, 20, 50 tahun dilakukan untuk mengetahui berapa besar peningkatan debit disetiap kala ulang. Proses yang dihasilkanyaitu untuk mengetahui debit penyerapan saluran pada durasi 6 jam kala terjadi banjir atau limpasan. Dari data yang diatas dalam 6 jam saluran bekerja cukup efektif dimana penurunan volume cukup signifikan dan saluran bekerja dengan baik. Sehingga dapat dikatakan perencanaan saluran bisa dilanjutkan ke proses selanjutnya yaitu perhitungan Gamma.

4.2.6 Hidrograf Satuan Sintetik Gamma 1

Debit andalan Gamma sangat berpengaruh dalam proses selanjutnya pada titik ini hasil yang di cari adalah debit maksimum yang akan terjadi dari hasil analisa curah hujan. Disini hal yang dicari yaitu karekteristik daerah aliran sungai mulai dari luas daerah aliran Sungai hingga kerapatan jaringan. Gamma 1 satu memiliki 3 bagian pokok sisi naik (*rising clim*), puncak (*crest*) dan sisi turun (*recession clim*).

4.2.7 Debit andalan

Model Mock merupakan model sederhana yang digunakan untuk mengetahui banyaknya ketersediaan air di sumber air. Model Mock juga telah teruji dan dapat diterima dilihat dari penelitian – penelitian yang pernah dilakukan di wilayah lain, namun masing – masing model juga memiliki keterbatasan dan keunggulan. Parameter masukan utama seperti evapotranspirasi, panjang sungai (L), koefisien infiltrasi (i), *initial soil moisture* (ISM), *soil moistuer capacity* (SMC), *groundwater resesi constant* (K) dan *initial groundwater storage* (IGWS atau SS). Keuntungan metode Mock hasil analisis dengan metode Mock lebih akurat karena lebih banyak mempertimbangkan keadaan alam yang mempengaruhi ketersediaan air. Kelemahan metode Mock adalah banyaknya parameter yang harus dicari sehingga apabila salah satu data tidak tersedia mak metode ini tidak akan digunakan. Hasil yang di dapat mendapatkan puncak debit terletak pada bulan Febuari dengan volume 37,766 m³ setelah mendapat debit maksimum maka perhitungan dapat dilanjutkan untuk mengetahui ukuran saluran yang sebenarnya.

4.2.8 Permodelan Dimensi

Data perencanaan yang didapat dari konsultan perencana memiliki selisih yang cukup signifikan dimana data hasil perhitungan menunjukkan bahwa saluran yang seharusnya digunakan berukuran 2,8 x 2,8 berbentuk persegi. Menjadi bahan evaluasi lanjutan jika ukuran yang didapat hasil perhitungan kurang aman untuk digunakan, selain itu pertimbangan lebih lanjut mencakup estetika, biaya, dan faktor lapangan apakah memungkinkan untuk dibangun saluran sesuai dari data perhitungan mengingat saluran tersebut juga merupakan aluran terbuka. Hal yang perlu diperhatikan kembali yaitu apa penyebab perbedaan ukuran yang sangat signifikan akan menjadi bahasan evaluasi terhadap area perencanaan yang akan melibatkan pihak perencana, pihak PU SDA dan pihak desa terkait. Hal yang mencakup kepentingan fasilitas umum memang perlu diperhatikan untuk banyak faktor yang bersangkutan dengan proyek pembangunan saluran tersebut.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Data yang didapat dapat disimpulkan bahwa debit andalan yang di hasilkan lebih besar dari kemampuan saluran yang sudah ada. Dalam studi kasus ini perlu pertimbangan lebih lanjut untuk menyikapi perbedaan yang cukup signifikan tersebut dikarenakan ukuran efektif yang didapat cukup besar dan berpotensi dapat membahayakan orang yang melintas disekitarnya maupun pengendara yang melintas disekitar saluran jika benar-benar akan dibangun. Studi lanjutan terkait dimensi efektif ini juga akan mempertimbangkan dari segi keelamatan, estetika, gambaran lapangan yang sebenarnya juga tingkat kemungkinan saluran tersebut dapat dibangun atau tidak.

5.2 Saran

Hasil penelitian yang saya dapat ini memberikan saran pada pihak terkait agar kedepan lebih intens dalam berbagai aspek perencanaan dikarenakan banyak hal yang perlu dipertimbangkan dalam proses perencanaan suatu bangunan baik itu faktor internal maupun eksternal. Kedua alangkah baiknya untuk kedepanya prosesn pembangunan infrastruktur pendukung fasilitas di Negara Indonesia lebih diutamakan pada proses jangka panjang sebelum padat nya penduduk akan mengurangi efektifitas kemampuan kerja Saluran ataupun fasilitas bangunan lainnya baik itu jalan maupun jembatan, menurut pandangan saya akan semakin sulit memperbaiki atau memperbesar dimensi yang sudah ada jika lokasi perencanaan sudah pada penduduk dan tidak ada ruang untuk meningkatkan kinerja saluran atau sejenisnya.

DAFTAR REFERENSI

- Air, K. (n.d.). Sungai Percut Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Bersih. 1.
- Arsyad, M. (2017). Modul perhitungan hidrologi pelatihan perencanaan bendungan tingkat dasar 2017.
- Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Hutan Lindung Brantas. (2017). <https://bpdashlsidoarjo.wordpress.com/profil/>
- Bambang, T. (2008). Hidrologi terapan. In Beta Offset, Yogyakarta (Vol. 59).
- Chandra, S. (Department of T. A. and I. C., Lee, Chin-yu (Department of Soil and Water Conservation Engineering, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan, R., & Miky, P. (Department of T. A. and I. C. (2016). Hydrologic Modeling for Tropical Watershed Monitoring and Evaluation. American Journal of Engineering Research (AJER), 5(11), 36–42. www.ajer.org
- Conant, J., & Fadem, P. (2008). A Community Guide to Environmental Health Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.
- Direktorat Jendral SDA. (2013). Standar Perencanaan Irigasi. Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), 1689–1699.
- Dr. Ir. Suripin, M. E. (2004). Drainase. Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan.
- Fakhrurrazi. (2012). Analisis Ketersediaan Air Das Asam-Asam Dengan Menggunakan Debit Hasil Perhitungan Metode Mock. Jurnal Poros Teknik, 4(2), 57–64. <https://media.neliti.com/media/publications/125834-ID-analisisketersediaan-air-das-asam-asam.pdf>
- Gustian, M. (2014). Optimasi Parameter Model Dr. Mock Untuk Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Jurnal Teknik Sipil Pascasarjana Universitas Syiah Kuala, 3(ISSN 2302-0253).
- Haryanto, T. eko, Shadiq, H. F., Sulistyono, R., & Kusuma, Z. (2013). Actual Water Availability and Water Needs in Irrigation Area of Riam Kanan in South Kalimantan. Savap International, 4(6), 580–593. www.journal.savap.org.pk
- Humairah, A. M. (2014). Analisa Hidrologi Bangunan Krib Permeabel Pada Saluran Tanah. Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan, 2(3), 1–388.
- Ir. Adiwijaya, P. (2016). Modul perencanaan drainase permukaan jalan.
- Juleha, R. A. R. (2008). Analisa Intensitas Hujan. 1.
- L, I. L. M., Masrevaniah, I. A., & He, D. (2007). Studi Optimasi Pengelolaan dan Pengembangan Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Lesti Kabupaten Malang.
- Pawitan, H. (2003). Perubahan Penggunaan Lahan dan Pengaruhnya Terhadap Hedrologi Daerah Aliran Sungai. Laboratorium Hidrometeorologi FMIPA IPB. Bogor, 65–80.
- Purba, N. A. H., Lukman, A., & Sarifah, J. (2021). Perbandingan metode mononobe dan metode van breen untuk pengukuran intensitas curah hujan terhadap penampang saluran drainase. Buletin Utama Teknik, 15(2), 119–126.
- Sari, I. K., Limantara, L. M., & Priyantoro, D. (2012). Analisa Ketersediaan dan Kebutuhan Air pada DAS Sampean. Jurnal Teknik Pengairan, 2(1), 29–41.
- Soemarto, C. D. (1987). Koleksi Buku 1987. 1987.
- Sudjarwadi, S. (1987). Soedjarwadi, 1987.pdf.

- Sudjarwadi, S., & Legono, D. (2001). Pendekatan pemilihan stasiun hujan untuk dasar perhitungan debit banjir kasus DAS Bengawan Solo. In Forum Teknik. <http://i-lib.ugm.ac.id/jurnal/detail.php?dataId=1244>
- Suripin. (2002). Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air. In Yogyakarta : Andi (Issue 2002).
- Sutapa, I. W. (2005). Kajian Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Untuk Perhitungan Debit Banjir Rancangan Di Daerah Aliran Sungai Kodina. *Majalah Ilmiah Mektek*, 7, 35–40.
- Takeda, K., & Sosrodarsono, S. (2003). Hidrologi untuk Pengairan. Editor Sosrodarsono, S. PT Pradnya Paramita: Jakarta, 12(2).