

ISSN (cetak) 2087-2860
ISSN (online) 2745-6110

JURNAL TEKNIK SIPIL

SUSUNAN REDAKSI

PENANGGUNG JAWAB	: Rektor Universitas Bandar Lampung Dekan Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung
KETUA DEWAN PENYUNTING	: Dr. Any Nurhasanah, M.T.
DEWAN PENYUNTING	: Ronny Hasudungan Purba, Ph.D. (Univ. Bandar Lampung) : Sony Sulaksono Wibowo, Ph.D. (Inst. Teknologi Bandung) : Dr. Ir. Chairul Paotonan, S.T., M.T. (Univ. Hassanudin) : Dr. Dalino, S.T., M.T. (Universitas Andalas) : Siti Isnaini K. Djaha, S.T., M.Sc. (Akademi Teknik Kupang) Andung Yunianta, S.T., M.T. (Universitas Yapis Papua)
DESAIN VISUAL DAN EDITOR	: Aditya Mahatidanar Hidayat, S.T., M.Sc.
SEKRETARIAT DAN SIRKULASI	: Titis Lukita Sari, S.T., M.T.
Email	: tekniksipil@ubl.ac.id
ALAMAT REDAKSI	: Jl. Hi. Z.A. PAGAR ALAM NO. 26 BANDAR LAMPUNG - 35142 Telp. 0721-701979 Fax. 0721 – 701467

Penerbit
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Bandar Lampung

Jurnal Teknik Sipil Universitas Bandar Lampung (UBL) diterbitkan 2 (dua) kali dalam setahun yaitu pada bulan Oktober dan bulan April



Jurnal Teknik Sipil UBL

Volume 11, Nomor 2, Oktober 2020

ISSN (Cetak) 2087-2860

ISSN (Online) 2745-6110

DAFTAR ISI

Susunan Redaksi	ii
Daftar Isi	iii
1. Analisa Kinerja Ruas Jalan Ryacudu Sukarame Bandar Lampung Akibat COVID-19 Yulfriwini, Rudi Rozali	1165-1171
2. Earned Value Concept Terhadap Biaya dan Waktu Menggunakan Metode Crashing Shift Kerja Rama Pratama, Adwitya Bhaskara	1172-1184
3. Analisa Debit Air Hujan Dengan Metode Rainwater Harvesting Untuk Kebutuhan Air Bersih di SDN 066656 Kecamatan Medan Selayang Azri Suud, Rizky Franchitika, Kuswandi	1185-1194
4. Analisa Debit Banjir Rencana Sungai Palu Dengan Menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu Ifiginia.....	1195-1199
5. Analisa Tingkat Robustness Sistem Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Titis Lukita Sari	1200-1209

ANALISA DEBIT AIR HUJAN DENGAN METODE RAINWATER HARVESTING UNTUK KEBUTUHAN AIR BERSIH DI SDN 066656 KECAMATAN MEDAN SELAYANG

Azri Suud^{1,2}, Rizky Franchitika², Kuswandi²

^{1,2}Mahasiswa Strata 1 Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Medan

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Medan

Koresponden penulis email: rizky.franchitika@itm.ac.id

ABSTRAK

Air merupakan sumber daya alam yang sangat berharga karena tanpa air tidak mungkin terdapat kehidupan. Sejalan dengan perkembangan zaman dan penduduk yang terus meningkat maka kebutuhan akan ketersediaan air baku juga akan semakin meningkat. Medan merupakan salah satu kota terbesar di Indonesia yang memiliki tingkat kepadatan penduduk yang tinggi. Meningkatnya jumlah penduduk membuat daerah resapan air menjadi berkurang oleh karena berubah menjadi pemukiman dan perhotelan. Metode *rainwater harvesting* atau metode memanen air hujan adalah suatu cara menampung air hujan yang jatuh ke bumi untuk dimanfaatkan kembali dan digunakan untuk berbagai fungsi. Metode ini sudah dikenal sudah sejak lama dan telah dilakukan oleh manusia terdahulu hingga manusia pada abad sekarang. Air hujan dikelola dan dapat langsung digunakan atau disambungkan ke jaringan perpipaan air bersih sebagai air cadangan. Untuk menganalisa curah hujan digunakan data pencatatan curah hujan Tahun 2009 – 2018 dari Stasiun Pencatat Hujan Padang Bulan, Medan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis distribusi yang sesuai untuk sebaran data di kota Medan adalah distribusi Log Pearson Type III dengan jumlah air yang dapat dipanen pada atap sekolah melebihi batas tangki yang dipakai yakni tangki 500 L.

Kata kunci: Air Hujan; Pemanenan Air Hujan; Debit PAH.

1. PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam yang sangat berharga karena tanpa air tidak mungkin terdapat kehidupan. Sejalan dengan perkembangan zaman dan penduduk yang terus meningkat maka kebutuhan akan ketersediaan air baku juga akan semakin meningkat. Indonesia secara alami terletak pada garis khatulistiwa yang beriklim tropis dan berada pada wilayah dengan curah hujan yang tinggi. Medan merupakan salah satu kota terbesar di Indonesia yang memiliki tingkat kepadatan penduduk tinggi. Tingginya jumlah penduduk membuat daerah resapan air berkurang karena telah banyak didirikan pemukiman dan perhotelan yang berakibat cadangan air baku semakin berkurang terlebih pada musim penghujan. Salah satu daerah kota Medan dengan pemukiman yang padat adalah Kecamatan Medan Selayang, Padang Bulan Medan dan salah satu cara untuk mensiasati ketersediaan air baku pada musim kemarau

adalah dengan cara *Rainwater harvesting* atau memanen air hujan pada saat hujan kemudian ditampung dalam tangki penampungan.

SDN 066656 adalah salah satu gedung yangmana, kebutuhan air bersih masih bergantung kepada PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum). Kebutuhan air umumnya digunakan untuk keperluan kegiatan dan aktifitas tertentu di sekolah seperti mencuci, wudhu, menyiram tanaman dan kebutuhan darurat lainnya. Untuk itu, dengan memanen air hujan dapat menyimpan potensi sumber daya air yang terbuang percuma ketika air sudah tidak dapat tertampung lagi dalam badan air yang ada pada saluran drainase, sungai, bendung, danau, dan lainnya. Dalam skripsi ini mengemukakan suatu Metode *Rainwater Harvesting* yaitu metode penampungan air hujan dengan memperkirakan debit air hujan yang dapat dimanfaatkan didalam tangki penampungan agar memenuhi kebutuhan air baku pada SDN

066656 Padang Bulan Medan guna mengurangi penggunaan air oleh PDAM.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hujan

Hujan merupakan salah satu fenomena alam yang terdapat dalam siklus hidrologi dan sangat dipengaruhi iklim. Keberadaan hujan sangat penting dalam kehidupan, karena hujan dapat mencukupi kebutuhan air yang sangat dibutuhkan oleh semua makhluk hidup.

Berdasarkan ukuran butiran, hujan dapat dibedakan menjadi:

- Hujan gerimis (*drizzle*), dengan diameter butirannya kurang dari 0,5 mm.
- Hujan salju (*snow*), adalah kristal-kristal es yang temperatur udaranya berada di bawah titik beku (0°C).
- Hujan batu es, curahan batu es yang turun di dalam cuaca panas awan yang temperaturnya dibawah titik beku (0°C).
- Hujan deras (*rain*), dengan curah hujan yang turun dari awan dengan nilai temperatur diatas titik beku berdiameter butiran ± 7 mm.

2.2. Sistem Pemanenan Air Hujan

Sistem pemanenan air hujan adalah suatu cara pengumpulan atau penampungan air hujan atau aliran permukaan pada saat curah hujan tinggi untuk selanjutnya digunakan pada waktu air hujan rendah.

Sistem pemanenan air hujan dapat diklasifikasikan seperti:

- Sistem Penangkap (*collection system*)
- Sistem Filter (*filtering system*)
- Sistem Penampung (*storage system*)

2.3. Komponen Pemanenan Air Hujan

Komponen dasar dari suatu pemanen air hujan terdiri lima kompone dasar yaitu (Tri Yayuk, 2012):

1. Permukaan daerah tangkapan air hujan

Atap bangunan merupakan pilihan sebagai area penangkapan air hujan. Jumlah air yang dapat ditampung dari sebuah atap tergantung dari material atap tersebut, dimana semakin baik jika permukaan semakin halus.

2. Talang dan pipa downspout

Menangkap dan menyalurkan air hujan yang melimpas dari atap menuju penampungan. Material yang biasa digunakan pada unit ini adalah PVC, vynil, dan *galvanized steel*.

3. Saringan/filter

Saluran penggelontor air hujan pertama (*first flush diverters*), dan pencuci atap: komponen penghilang kotoran dari air yang ditangkap oleh permukaan penangkap sebelum menuju penampungan. Umumnya sebelum air hujan masuk kedalam penampungan air hujan yang pertama kali turun, dialirkan terlebih dahulu melalui saluran penggelontor air hujan pertama (*first flush diverters*). Karena air hujan yang pertama kali jatuh membasahi atap membawa berbagai kotoran, zat kimia berbahaya, dan beberapa jenis bakteri yang berasal dari sisa-sisa organisme.

4. Tangki/Bak penampungan.

Bagian ini merupakan bagian termahal dalam sistem panen air hujan. Ukuran dari tangki penampungan ditentukan oleh berbagai faktor, antara lain: persediaan air hujan, permintaan kebutuhan air, lama musim kemarau, penampung area penangkap, dan dana yang tersedia.

5. Permukiman dan penyaringan air

Komponen ini hanya dipakai pada sistem pemanen air hujan sebagai sumber air minum.

2.4. Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi sangat penting untuk memperkirakan debit air. Data – data yang diperlukan adalah data-data mengenai curah hujan yang terjadi serta luas daerah tangkapan hujan. Rangkaian data yang diperlukan tersebut harus periodik dan berkelanjutan.

1. Metode Rata-Rata Aritmatika (Aljabar)

Cara ini adalah cara yang paling sederhana. Metode rata-rata hitung dengan menjumlahkan curah hujan dari semua tempat pengukuran selama satu periode tertentu dan membaginya dengan banyaknya tempat pengukuran. Jika dirumuskan dalam suatu persamaan adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dalam hal ini, R adalah curah hujan rata-rata (mm), $R_1 \dots R_n$ adalah besarnya curah hujan pada masing-masing stasiun, n banyaknya stasiun hujan.

2. Metode Poligon Thiesen

Metode ini memperhitungkan luas daerah yang mewakili dari stasiun - stasiun hujan yang bersangkutan, untuk digunakan sebagai

faktor bobot dalam perhitungan curah hujan rata-rata. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun terdekat. Jika dirumuskan dalam suatu persamaan adalah sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{R_1 A_1 + R_2 A_2 + \dots + R_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dalam hal ini, \bar{R} adalah Curah hujan rata-rata (mm), $R_1..R_n$ adalah Besarnya curah hujan pada masing-masing stasiun, $A_1..A_n$ adalah Luas daerah yang mewakili masing-masing stasiun, n Banyaknya stasiun hujan.

3. Metode Isohyet

Isohyet adalah garis lengkung yang merupakan nilai curah hujan yang sama. Umumnya sebuah garis lengkung menunjukkan.

$$\bar{R} = \frac{\frac{R1 + R2}{2} \cdot A1 + \frac{R3 + R4}{2} \cdot A2 + \dots + \frac{Rn + Rn}{2} \cdot An}{A1 + A2 + \dots + An} \dots (2.3)$$

Dalam hal ini, R adalah Curah hujan rata-rata (mm), R_1, R_2, \dots, R_n adalah Curah hujan di garis isohyet (mm), A_1, A_2, \dots, A_n adalah Luas bagian yang dibatasi oleh isohyet.

2.5. Analisa Frekuensi Curah Hujan Rencana

Analisis frekuensi adalah kejadian yang diharapkan terjadi, rata-rata sekali setiap N tahun atau dengan perkataan lain tahun berulangnya N tahun. Kejadian pada suatu kurun waktu tertentu tidak berarti akan terjadi sekali setiap 10 tahun akan tetapi terdapat suatu kemungkinan dalam 100 tahun akan terjadi 10 kali. Hal ini jugak berlaku pada teori kemungkinan yang terjadi kurun waktu 30 tahunan.

Secara sistematis metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana ini dilakukan secara berurutan sebagai berikut:

1. Parameter statistik
2. Pemilihan jenis sebaran
3. Uji kecocokan sebaran
4. Intensitas curah hujan
5. Distribusi curah hujan rencana

2.6. Parameter Statistik

Parameter yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi meliputi parameter nilai rata-rata (X), deviasi standar (Sd), koefisien variasi (Cv), koefisien kemiringan (Cs) dan koefisien kurtosis (Ck).

Macam cara pengukuran dispersi antara lain adalah sebagai berikut:

1. Nilai Rata-Rata

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n} \dots\dots\dots (2.4)$$

- \bar{X} : Nilai rata-rata curah hujan
- X_i : Nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i
- n : Jumlah data curah hujan

2. Deviasi Standar (S)

Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata, maka nilai deviasi standar (Sd) akan besar, akan tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata, maka Sd akan kecil. Standard deviasi dapat dihitung dengan rumus:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi - X)^2}{n - 1}} \dots\dots\dots (2.5)$$

- Sd : Standar deviasi curah hujan
- \bar{X} : Nilai rata-rata curah hujan
- X_i : Nilai pengukuran dari suatu cuaca hujan ke-i
- n : Jumlah data curah hujan

3. Koefisien Skewness (C_s)

Kemencengan (*skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi.

Rumus yang digunakan (Soewarno, 1995) adalah sebagai berikut:

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (Xi - X)^3}{(n - 1)(n - 2)S^3} \dots\dots\dots (2.6)$$

C_s : koefisien kemenceng curah hujan

Dalam hal ini, C_s adalah koefisien *Skewness*, X_i adalah nilai variat ke i, X adalah nilai rata-rata variant, n adalah jumlah data, S adalah deviasi standar, C_s adalah koefisien *Skewness*.

4. Pengukuran Kurtosis (C_k)

Koefisien kurtosis digunakan untuk menentukan keruncingan kurva dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

5. Koefisien Variasi (C_v)

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata

hitung suatu distribusi. Rumus yang digunakan (Soewarno, 1995) adalah sebagai berikut:

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dalam hal ini, C_v adalah koefisien variasi, S adalah deviasi standar, \bar{X} adalah nilai rata-rata variat.

2.7. Pemilihan Jenis Sebaran

- Distribusi Normal dimana $C_s \approx 0$
- Distribusi Log Normal dimana $C_s \approx 3 C_v + C_v^3$, dan $C_s = 0,81$
- Distribusi Gumbel Tipe I dimana $C_s \approx 1,139$, dan $C_k \approx 5,4002$
- Distribusi Log Pearson Tipe III dimana $C_s \neq 0$

1. Distribusi Normal

Peluang distribusi normal dapat dituliskan dalam bentuk rata-rata dan simpangan baku, sebagai berikut:

Dalam pemakaian praktis digunakan rumus umum, sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + KS \dots\dots\dots (2.8)$$

- dimana:
- X_t : perkiraan nilai x yang diharapkan terjadi dengan periode ulang t tahun
 - \bar{X} : nilai rata-rata hitung variat X
 - S : deviasi standar nilai variat X
 - k : faktor frekuensi, merupakan fungsi dari periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

Persamaan Fungsi Kerapatan Probabilitas Normal Standar adalah:

$$P(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Persamaan Fungsi Distribusi Komulatif (*Cumulative Distribution Function, CDF*) Normal Standar adalah:

$$P(t) = \int_{-\infty}^t \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \dots\dots\dots (2.10)$$

- dimana:
- $t = \frac{X - \mu}{\sigma}$, *standard normal deviate*
 - x = Variabel acak kontinyu
 - μ = Nilai rata-rata dari x
 - σ = Nilai simpangan baku (standar deviasi) dari x.

Persamaan diatas dapat diselesaikan dengan bantuan tabel luas di bawah kurva distribusi normal yang banyak terdapat di buku-buku matematika.

Untuk menghitung variabel acak x dengan periode ulang tertentu, digunakan rumus umum yang dikemukakan oleh Ven Te Chow (1951) sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + K\sigma \dots\dots\dots (2.11)$$

- dimana:
- X_T : variabel acak dengan periode ulang T tahun
 - \bar{X} : nilai rata-rata dari sampel variabel acak X
 - σ : nilai simpangan baku dari sampel variabel acak X
 - K : faktor frekuensi, tergantung dari jenis distribusi dan periode ulang T

Untuk distribusi normal, nilai K sama dengan t (*standard normal deviate*).

2. Distribusi Gumble Tipe I

Distribusi Tipe I Gumble atau disebut juga dengan distribusi ekstrem tipe I (*extreme type I distribution*) umumnya digunakan untuk analisis data maksimum, misal untuk analisis frekuensi banjir. Peluang kumulatif dari distribusi Gumble adalah:

$$P = (X \leq x) = e^{-(e)^{-YS}} \text{ dengan } -\infty < X < +\infty$$

- Dalam hal ini;
- $P = (X \leq x)$: fungsi densitas peluang tipe I Gumble
 - X : variabel acak kontinyu
 - e : 2,71828
 - Y : faktor reduksi Gumble

3. Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah variat X menjadi nilai logaritmik variat X . Distribusi Log-Pearson Tipe III akan menjadi Distribusi Log Normal apabila nilai koefisien kemencengan $C_s = 0$. Secara matematis distribusi log normal ditulis sebagai berikut:

$$P(X) = \frac{1}{\log(X)(S)(\sqrt{2\pi})} * \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left(\frac{\log(X) - (\bar{X})}{S} \right)^2 \right\} \dots\dots\dots (2.12)$$

- dimana:
- $P(X)$: Peluang terjadinya distribusi log normal sebesar X

- \bar{X} : Nilai variat pengamatan
- X : Nilai rata-rata dari logaritmikvariat X, umumnya dihitung nilairata-rata geometriknya
- S : Deviasi standar dari logaritmik nilaivariat X

Apabila nilai P(X) digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus sehingga dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$Y = \bar{Y} + k \times S$$

dimana:

- Y : Nilai logaritmik nilai X, atau $\ln X$
- \bar{Y} : Rata-rata hitung (lebih baik rata-rata geometrik) nilai Y
- S : Deviasi standar nilai Y
- k : karakteristik distribusi log normal nilai variabel reduksi Gauss

4. Distribusi Log Pearson III

Distribusi Log Pearson III banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrem. Bentuk distribusi Log Pearson tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi Pearson tipe III dengan menggantikan variat menjadi nilai logaritmik. Persamaan fungsi kerapatan peluangnya adalah:

$$P(X) = \frac{1}{(a)\Gamma(b)} \left[\frac{X - C}{a} \right]^{b-1} e^{-\left[\frac{X-C}{a} \right]} \dots\dots (2.13)$$

Keterangan:

- $P(X)$: peluang dari variat X
- X : nilai variat X
- a, b, c : parameter
- Γ : fungsi gamma

2.7.2. Uji Kecocokan Sebaran

Untuk menjamin bahwa pendekatan empiris benar-benar bisa diwakili oleh kurva teoritis, perlu dilakukan uji kesesuaian distribusi, yang biasa dikenal sebagai *resting of goognes of fit*. Pemeriksaan uji kesesuaian distribusi bertujuan untuk:

- 1 Mengetahui kesesuaian data tersebut benar sesuai dengan agihan teoritis yang dipakai.
- 2 Mengetahui apakah hipotesa tersebut dapat digunakan atau tidak untuk perhitungan selanjutnya.

Dalam studi ini digunakan dua macam uji kesesuaian distribusi yaitu: Uji Smirnov Kolmogorov dan Chi-Square.

1. Uji Smirnov Kolmogorov

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui simpangan horisontal terbesar sebaran teoritis dan sebaran empiris.

2. Uji Chi-Square

Uji Chi-Kuadrat digunakan untuk mengetahui simpangan secara vertikal antara distribusi empiris dan distribusi teoritis.

2.8. Intensitas Curah Hujan

Untuk menghitung debit banjir rencana dengan metode rasional memerlukan data intensitas curah hujan. Intensitas curah hujan merupakan ketinggian curah hujan pada kurun waktu tertentu dimana air tersebut terkonsentrasi. Simbol intensitas curah hujan adalah I dengan satuan mm/jam (Loebis, 1992).

Besarnya intensitas hujan tidak sama pada setiap wilayah. Hal ini dipengaruhi oleh topografi, durasi dan frekuensi pada wilayah yang bersangkutan. Ketiga hal ini menjadi bahan pertimbangan dalam pembuatan kurva IDF (Intensitas-Durasi-Frekuensi). Kurva IDF merupakan kurva yang menunjukkan persamaan dimana t sebagai absis dan I sebagai ordinat. Kurva IDF digunakan untuk perhitungan limpasan (run off) dengan rumus rasional dan untuk intensitas curah hujan yang sebanding dengan waktu pengaliran dari titik yang paling atas ke titik yang ditinjau di bagian hilir pengaliran tersebut (Sosrodarsono dan Takaeda, 2003). Intensitas hujan (mm/jam) dapat diturunkan dari curah hujan harian (mm) empiris dengan metode *Mononobe*. Intensitas hujan dalam rumus rasional dapat dihitung dengan rumus (Loebis, 1992):

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana:

- I : Intensitas curah hujan (mm/jam)
- t : Lamanya curah hujan/durasi curah hujan(jam)
- R_{24} : Curah hujan rencana dalam suatu priode ulang, yang nilainya didapat dari tahapan sebelumnya (tahapan analisi frekuensi)

2.9. Distribusi Curah Hujan Rencana

Debit adalah satuan besaran air yang keluar dari Daerah Aliran Sungai (DAS). Satuan debit yang digunakan dalam system satuan SI adalah meter kubik per detik (m^3 / detik). Menurut

Asdak (2002), debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai persatuan waktu. Dalam sistem SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik. Debit aliran juga dapat dinyatakan dalam persamaan $Q = A \times V$, dimana A adalah luas penampang (m^2) dan V adalah kecepatan aliran (m/ detik).

Menurut Langrage (1788), dalam Rahayu (2009) menyatakan gerak fluida adalah dengan mengikuti gerak tiap partikel didalam fluida. Hal ini sulit, karena kita harus menyatakan koordinat X, Y, Z dari partikel fluida dalam menyatakan ini sebagai fungsi waktu. Cara yang digunakan adalah dengan penerapan kinematika partikel gerak atau aliran fluida.

Leonard Euler (1755), dalam Rahayu (2009) menyatakan bahwa rapat massa dan kecepatan pada tiap titik dalam ruang berubah dengan waktu. Fluida sebagai medan rapat massa dan medan vektor kecepatan. Jika kecepatan (V) dari tiap partikel fluida pada satu titik tertentu adalah tetap, dikatakan bahwa aliran tersebut bersifat lunak. Pada suatu titik tertentu tiap partikel fluida akan mempunyai kecepatan (V) yang sama, baik besar maupun arahnya. Pada titik lain suatu partikel mungkin sekali mempunyai kecepatan yang berbeda, akan tetapi tiap partikel lain pada waktu sampai titik terakhir mempunyai kecepatan sama seperti 6 partikel yang pertama. Aliran seperti ini terjadi pada air yang pelan. Dalam aliran tidak lunak kecepatan (V) merupakan fungsi waktu.

Untuk menghitung ketersediaan debit air hujan yang jatuh di atap bangunan, dapat digunakan persamaan berikut ini:

$$V = R.A.k \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana:

- V = Volume Air tertampung (m^3)
- R = Curah hujan (m/bulan)
- A = Luas daerah tangkapan (m^2)
- K= Koefisien Runoff

3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam mengatur pelaksanaan perencanaan perlu adanya metodologi yang baik dan benar, karena metodologi merupakan acuan untuk menentukan langkah-langkah kegiatan yang perlu diambil dalam perencanaan. Dalam penyusunan tugas akhir ini metodologi perencanaan pemanenan air hujan pada gedung SDN 066656 Padang Bulan Medan adalah sebagai berikut:

- a. Pengumpulan data
- b. Analisis hidrologi
- c. Perencanaan PAH pada gedung yang di tinjau
- d. Menghitung debit air yang dapat ditampung pada atap

Tabel 1. Data curah hujan bulanan per 10 tahun, pada stasiun hujan BMKG I.

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Juli	Agst	Sep	Okt	Nop	Des
2009	251,6	180,3	512,1	264,4	385,2	64,2	258,4	252,8	371,7	284,8	216,5	114,7
2010	171,3	83,6	268,6	79,7	301,5	166,1	195,6	328,6	165,9	193,9	422,2	152
2011	185,2	63,8	375,9	204,8	218,7	144,6	204,8	233	161,9	474,7	211	234,7
2012	181	102,3	201,4	171,9	470,9	87,6	316,9	185	287,5	431,6	274,5	146,8
2013	158,4	267,2	115,7	174,1	156,8	124,8	90,5	420,8	373,7	509,1	242,9	498,8
2014	19,8	32,7	128,9	140	325,7	62,3	161	206,4	266	322,2	183,5	299,4
2015	352,9	153,7	144,2	253,7	249,8	85,7	160,7	199,2	233,6	345,4	499,4	123,8
2016	189,1	335	166,3	107,8	365,3	126,4	168,4	283,6	589,9	239,6	184,5	180,9
2017	311,7	124,2	347,4	174,8	289,3	161,1	207	262,3	540,2	255,4	179,3	338,2
2018	223,8	39,1	121,9	286,9	232,8	230,6	609	136,7	375,8			

Sumber data: Kantor balai besar BMKG wilayah 1 Medan

3.1. Penyiapan Alat

Sebelum kegiatan penelitian akan dilakukan, terlebih dahulu alat yang akan digunakan dalam penelitian itu dipersiapkan sebagai berikut:

- a) Tangki PAH

Sebagai wadah untuk menampung air hujan yang diperoleh.



Gambar 1. Tanki yang digunakan sebagai pengumpul air hujan

- b) Talang

Menangkap dan menyalurkan air hujan yang melimpas dari atap menuju penampungan. Material yang biasa digunakan pada unit ini adalah PVC, vynil, dan *galvanized steel*.



Gambar 2. Talang bangunan yang digunakan untuk menyalurkan air hujan ke pengumpul

c) Pipa dan filterisasi

Sebagai saluran pembawa dari talang menuju tangki yang mana disana juga sebagai tempat meletakkan saringan/*filterisasi* buatan.



Gambar 3. Model saringan

4. PEMBAHAAN DAN DISKUSI

4.1. Analisa Curah Hujan

Analisa ini dimaksudkan untuk mengetahui curah hujan rata-rata yang terjadi pada daerah tangkapan (*Catchment Area*) tersebut, yaitu dengan menganalisa data-data curah hujan maksimum yang didapat dari stasiun penakar hujan yaitu Sta. Padang Bulan, Medan. Untuk menghitung faktor-faktor uji distribusi diperlukan parameter-parameter perhitungan faktor-faktor tersebut, yang disajikan dalam tabel dibawah ini:

Tabel 2. Analisa uji distribusi

Tahun	Curah Hujan X_i (mm)	$X_i - \bar{X}_{rata}$	$(X_i - \bar{X}_{rata})^2$	$(X_i - \bar{X}_{rata})^3$	$(X_i - \bar{X}_{rata})^4$
2009	64	-12,37	153,02	-1892,82	23414,17
2010	80	3,33	11,09	36,93	122,96
2011	64	-12,37	153,02	-1892,82	23414,17
2012	88	11,63	135,26	1573,04	18294,43
2013	91	14,63	214,04	3131,36	45811,79

Tahun	Curah Hujan X_i (mm)	$X_i - \bar{X}_{rata}$	$(X_i - \bar{X}_{rata})^2$	$(X_i - \bar{X}_{rata})^3$	$(X_i - \bar{X}_{rata})^4$
2014	20	-56,37	3177,58	179120,01	10096994,96
2015	86	9,63	92,74	893,06	8600,13
2016	108	31,63	1000,46	31644,45	1000914,01
2017	124	47,63	2268,62	108054,22	5146622,64
2018	39	-37,37	1396,52	-52187,84	1950259,45
Σ	764		8602,32	-89760,43	18314448,72

4.1.1. Distribusi Log Person III

Perhitungan Distribusi log person III

Dari tabel 4.3 diperoleh data sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \log \bar{X} (\log X_{\text{Rata-rata}}) &= 1,96\text{mm} \\ \sigma \log X (\text{Standar Deviasi}) &= 0,08 \\ C_v (\text{Koefisien Keragaman}) &= 0,041 \\ C_s (\text{Koefisien Kemencengan}) &= -0,660 \\ C_k (\text{Koefisien Kurtosis}) &= 0,027 \end{aligned}$$

Untuk kala ulang 2 tahun nilai $K = 0,099$, maka:

$$\begin{aligned} Y &= \bar{Y} + k \times S \\ \log Y &= 2,05 + 0,099 \times 0,24 \\ Y &= 10^{(2,05 + 0,099 \times 0,24)} \\ Y &= 92,118\text{mm} \end{aligned}$$

Untuk kala ulang 50 tahun nilai $K = 1,720$ maka:

$$\begin{aligned} Y &= \bar{Y} + k \times S \\ \log Y &= 2,05 + 1,720 \times 0,24 \\ Y &= 10^{(2,05 + 1,720 \times 0,24)} \\ Y &= 124,275\text{mm} \end{aligned}$$

Hasil analisis frekuensi curah hujan rencana periode kala ulang berdasarkan distribusi frekwensi Metode Distribusi Normal, Distribusi Gumbel I, Distribusi Log Normal, Distribusi Log Pearson III dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Rekapitulasi analisa uji distribusi

Kala Ulang	Curah Hujan			
	Metode Normal	Metode Log Normal	Metode Log Pearson III	Metode Gumbel
2	76,370	90,449	92,118	70,226
5	102,340	105,631	105,963	109,080
25	127,073	122,452	119,945	162,005
50	139,748	132,086	124,275	187,282
100	148,405	139,098	128,003	210,014

Untuk menentukan distribusi yang tepat dalam menghitung curah hujan rencana dengan periode ulang t tahun, maka perlu diperhatikan syarat-syarat dalam Tabel.

Tabel 4. Rekapitulasi penentuan pemenuhan persyaratan pemilihan distribusi

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$	-0,422 3,978	Tidak Memenuhi Memenuhi
2	Normal	$C_s = 0,210$	-0,422	Tidak Memenuhi

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
		$C_v \sim 0,06$	0,405	Tidak Memenuhi
3	Log Normal	$C_s = 3 C_v + C_v^2 = 0,104$	-0,660	Tidak Memenuhi
		$C_v \sim 0,06$	0,041	Tidak Memenuhi
4	Log Pearson III	$C_s \neq 0$	-0,660	Memenuhi

4.2. Uji Kesesuaian Pemilihan Distribusi

Dalam studi ini digunakan dua macam uji kesesuaian distribusi yaitu: Uji Smirnov Kolmogorov dan Chi-Square

4.2.1. Uji Smirnov Kolmogorov

Hasil pengujian dengan uji Smirnov Kolmogorov sebagai berikut:

N (jumlah data)	= 10
Signifikan (%)	= 5 %
Δ kritis	= 0,41
Δ maksimum	= 1,358

4.2.2. Uji Chi-Square

Hasil pengujian dengan uji Chi-Square sebagai berikut:

Jumlah Kelas	= $K = 1 + 3,322 \text{ Log } n = 1 + 3,322 \text{ Log } 10 = 4,322$ ($K = 4$)
Derajat Bebas	= $K - h - 1$, $DK = 4 - 2 - 1 = 1$
Signifikan	= 5 %
ΔX^2 kritis	= 3,841
ΔX^2 maksimum	= 1,200
$\Delta X^2_{\text{kritis}} < \Delta X^2_{\text{maksimum}}$	<i>distribusi Log pearson III Tidak Memenuhi.</i>

Berdasarkan pengujian kesesuaian distribusi frekuensi dari uji horizontal dan uji vertikal hanya uji horizontal yang dapat diterima. Berdasarkan hasil pengujian tersebut di atas maka digunakan Metode Log Pearson III, untuk menentukan Curah Hujan Rancangan.

4.3. Perhitungan Distribusi Curah Hujan Rencana

Data-data:

Nilai rata-rata (Log x)	= 1,96
Deviasi standar (Sx)	= 0,08
Koefisien <i>Skewnees</i> (Cs)	= -0,660
Nilai K untuk 2 tahun	= 0,099
Nilai K untuk 10 tahun	= 1,200
Nilai K untuk 25 tahun	= 1,528
Nilai K untuk 50 tahun	= 1,720
Nilai K untuk 100 tahun	= 1,880

Untuk perhitungan kala ulang 10 tahun:

$$Y = \text{Log} X_r + S \text{Log} X \times K = 1,96 + 0,08 \times 1,200 = 2,338$$

$$\begin{aligned} X &= 10^Y \\ &= 10^{2,338} \\ &= 217,771 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhitungan kala ulang selanjutnya dapat dilakukan dengan cara yang sama, berikut tabel rekapitulasi hasil perhitungan curah hujan rencana dengan distribusi Log Pearson III.

4.4. Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Untuk mendapatkan intensitas curah hujan suatu wilayah, diperlukan data curah hujan jangka pendek atau jam-jaman. Namun data yang tersedia untuk penelitian ini adalah data curah hujan harian. Maka intensitas curah hujan dapat dihitung dengan persamaan *Mononobe*. Hal ini sesuai dengan Loebis (1992) dalam (Dewy, 2013), yang menyatakan bahwa intensitas curah hujan (mm/jam) dapat diturunkan dari data curah hujan harian dengan menggunakan metode *Mononobe*.

Perhitungan kala ulang 2 tahun dalam 1 jam

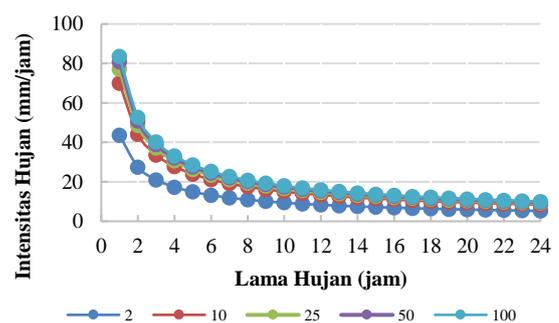
Data-data:

R_{24}	= Nilai kala ulang 2 tahun ($R_{24}=118,511$)
t	= 1 jam

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = \frac{118,511}{24} \left(\frac{24}{1} \right)^{\frac{2}{3}} = 41,086 \text{ mm/jam}$$

Hasil perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel dan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik IDF

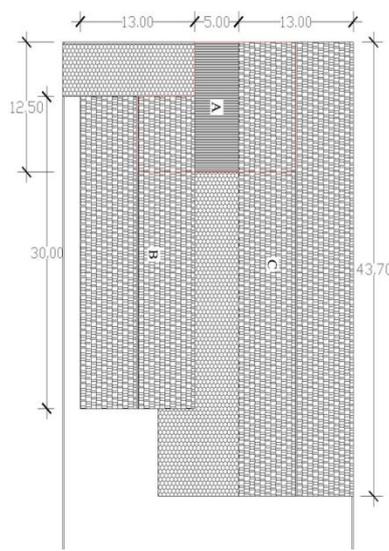
Hasil analisis intensitas curah hujan dengan durasi dan periode ulang tertentu dapat dihubungkan ke dalam Kurva *Intensity Duration Frequency* (IDF). Kurva IDF dapat menggambarkan hubungan antara durasi dan intensitas hujan. Kurva IDF juga dapat dimanfaatkan dalam analisis debit puncak dengan metode rasional. Hal ini sesuai dengan

pernyataan Sosrodarsono dan Takaeda (2003), yang mengatakan bahwa lengkung kurva IDF dapat digunakan dalam menghitung debit puncak dengan metode rasional untuk menentukan intensitas curah hujan rata-rata dari waktu konsentrasi yang dipilih.

4.5. Perencanaan Debit Air Rencana Untuk Tangki PAH (500L)

Untuk mengetahui debit air yang dapat tertampung pada tangki PAH (500L), aka digunakanlah rumus rasional (Agus Maryono, 2015):

4.5.1. Perhitungan Luas Atap



Gambar 5. Model atap

- Luas atap B:
 $P \times L = 6,50 \times 7,25 = 47,125 \text{ m}^2$
- Luas atap A dan C:
 $P \times L = 12,50 \times 11,50 = 143,75 \text{ m}^2$
Total luasan atap:
 $L_{\text{total}} = 47,125 + 143,75 = 190,875 \text{ m}^2$

Adapun data-data yang diperoleh dari analisa lapangan dan analisa perhitungan CH. Max untuk memnentukan besaran debit yang dapat ditampung pada sebuah tangki yang ada dipasaran (dipakai 500L):

$\alpha : 0,95$ (Tabel 2.2. Koef. Run-off (Suripin. 2004)

Intensitas hujan rata-rata yang ingin dicari adalah kala ulang 2 tahun:

$I : 10,72630591 \text{ mm/hari} = 0,01072631 \text{ m/hari}$

Perhitungan:

$$Q = 0,95 \times 0,01072631 \times 190,875 \text{ m}^3$$

$$= 1,9450152 \text{ m}^3/\text{hari} (1945,02 \text{ liter/hari})$$

Dari analisa yang didapat dengan luas atap yang digunakan untuk menangkap air hujan untuk rata-rata intensitas hujan pada kala ulang 2 tahun dalam 1 hari adalah 1945,02 liter/hari, **TIDAK CUKUP** untuk menampung curah hujan yang dipanen. Maka dengan itu air hujan yang tertampung tang dialirkan langsung pada pembuangan melalui pipa dalam tangka tampungan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan dari penelitian yang dilakukan di SDN 066656 Padang Bulan, Medan dengan menganalisis data yang primer dan sekunder, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pola distribusi curah hujan yang tepat untuk kota Medan adalah distribusi Log Pearson Type III.
2. Berdasarkan analisis frekuensi dengan distribusi Log Pearson Type III diperoleh curah hujan rencana periode ulang 2, 10, 25, 50 dan 100 tahun yaitu 92,118 mm, 105,963 mm, 119,945mm, 124,275 mm, dan 128,003 mm.
3. Berdasarkan kurva IDF, intensitas hujan yang tinggi di kota Medan berlangsung dalam waktu yang cepat yaitu 1-6 jam pada setiap periode ulang.
4. Dalam mencari intensitas hujan dengan metode *mononobe* pada kala uang 2 tahun rata-rata debit hujan yang diperoleh adalah 10,72630591 liter/hari.
5. Debit air yang ditangkap oleh atap sekolah dalam 1 hari tidak cukup untuktangki yang digunakan yakni, 500L sementara debit air hujan yang diperoleh dalam 1 hari adalah 1945,02 liter/hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Maryono, 2015, *Memanen Air Hujan, Rainwater harvesting*. UGM Press, Yogyakarta.
- Bambang Triatmojo, 2010, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Jakarta.
- C. T. Haan. 1997, *Statistical Methods in Hydrology*, Iowa State University Press, United Stated of America.
- Robert J. Kodoatie, Roestam Sjarief. 2008, *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*, Andi, Yogyakarta.
- Soemarto, C.D. 1993. *Hidrologi Teknik*. Erlangga, Jakarta.

- Soewarno, 1995, Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data, Prayogi, Medan.
- Standar Nasional Indonesia 2415, 2016. Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana, Badan Standarisasi Nasional (BSN), Jakarta.
- Suripin, 2003. Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan, Andi, Yogyakarta.

INFORMASI UNTUK PENULISAN NASKAH

JURNAL TEKNIK SIPIL UBL

Persyaratan Penulisan Naskah

1. Tulisan/naskah terbuka untuk umum sesuai dengan bidang teknik sipil.
2. Naskah dapat berupa :
 - a. Hasil penelitian, atau
 - b. Kajian yang ditambah pemikiran penerapannya pada kasus tertentu, yang belum dipublikasikan,

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris. Naskah manuskrip yang sudah memenuhi petunjuk penulisan jurnal (dalam format MS Word, gunakan template artikel ini) . Naskah manuskrip harus ditulis sesuai template artikel ini dalam bentuk siap cetak (Camera ready). Artikel harus ditulis dengan ukuran bidang tulisan A4 (210 x 297 mm) dan dengan format margin kiri 25 mm, margin kanan 20 mm, margin bawah 20 mm, dan margin atas 30 mm. Naskah harus ditulis dengan jenis huruf Times New Roman dengan ukuran font 11 pt (kecuali judul artikel), berjarak satu spasi, dan dalam format dua kolom (kecuali bagian judul artikel, nama penulis, dan abstrak). Jarak antar kolom adalah sejauh 10 mm.

Tata Cara Penulisan Naskah

1. Sistematika penulisan disusun sebagai berikut :
 - a. Bagian Awal : judul, nama penulis, alamat penulis dan abstrak (dalam dua bahasa : Indonesia dan Inggris)
 - b. Bagian Utama : pendahuluan (latar belakang, permasalahan, tujuan) , tulisan pokok (tinjauan pustaka, metode, data dan pembahasan.), kesimpulan (dan saran)
 - c. Bagian Akhir : catatan kaki (kalau ada) dan daftar pustaka.

Judul tulisan sesingkat mungkin dan jelas, seluruhnya dengan huruf kapital dan ditulis secara simetris.

2. Nama penulis ditulis :
 - a. Di bawah judul tanpa gelar diawali huruf kapital, huruf simetris, jika penulis lebih dari satu orang, semua nama dicantumkan secara lengkap.
 - b. Di catatan kaki, nama lengkap dengan gelar (untuk memudahkan komunikasi formal) disertai keterangan pekerjaan/profesi/instansi (dan kotanya,); apabila penulis lebih dari satu orang, semua nama dicantumkan secara lengkap.
3. Abstrak memuat semua inti permasalahan, cara pemecahannya, dari hasil yang diperoleh dan memuat tidak lebih dari 200 kata, diketik satu spasi (font size 11).
4. Teknik penulisan :

Untuk kata asing dituskan huruf miring.

- a. Alinea baru dimulai pada ketikan kelima dari batas tepi kiri, antar alinea tidak diberi tambahan spasi.
 - b. Batas pengetikan : tepi atas tiga centimeter, tepi bawah dua centimeter, sisi kiri tiga centimeter dan sisi kanan dua centimeter.
 - c. Tabel dan gambar harus diberi keterangan yang jelas.
 - d. Gambar harus bisa dibaca dengan jelas jika diperkecil sampai dengan 50%.
 - e. Sumber pustaka dituliskan dalam bentuk uraian hanya terdiri dari nama penulis dan tahun penerbitan. Nama penulis tersebut harus tepat sama dengan nama yang tertulis dalam daftar pustaka.
5. Untuk penulisan keterangan pada gambar, ditulis seperti : gambar 1, demikian juga dengan Tabel 1., Grafik 1. dan sebagainya.
 6. Bila sumber gambar diambil dari buku atau sumber lain, maka di bawah keterangan gambar ditulis nama penulis dan tahun penerbitan.
 7. Daftar pustaka ditulis dalam urutan abjad nama penulisan dan secara kronologis : nama, tahun terbit, judul (diketik miring), jilid, edisi, nama penerbit, tempat terbit.