

Analisis Debit Banjir Di Sungai Tondano Berdasarkan Simulasi Curah Hujan Rencana

Tommy

Tiny Mananoma, Lambertus Tanudjaja

Universitas Sam Ratulangi Fakultas Teknik Jurusan Sipil Manado

Email: tommy11091992@gmail.com

ABSTRAK

Sungai Tondano merupakan sungai ketiga terpanjang di Propinsi Sulawesi Utara. Memiliki panjang 39,9 km, dengan luas DAS 544,75 km². Sungai Tondano adalah salah satu sungai yang berpotensi banjir. Salah satu penyebab terjadi banjir yaitu intensitas curah hujan dengan durasi yang panjang. Mengingat intensitas curah hujan merupakan faktor alam yang tak dapat dihindari, maka diperlukan suatu analisis debit banjir berdasarkan simulasi data curah hujan yang ada. Penentuan debit banjir ini menggunakan metode rasional yang kemudian dibuat suatu simulasi curah hujan rencana. Berdasarkan simulasi curah hujan rencana ini kemudian kombinasikan periode ulang tertentu tiap-tiap stasiun. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh besaran debit banjir rencana dengan beberapa kombinasi periode ulang yang disesuaikan dengan pola hujan di DAS Tondano. Untuk menghitung debit banjir di Sungai Tondano digunakan data hujan harian maksimum selama 20 tahun dari 6 stasiun yaitu, Stasiun Rumengkor, Stasiun Kaleosan, Stasiun Sawangan, Stasiun Noongan, Stasiun Paleloan, dan Stasiun Molompar dengan periode pencatatan tahun 1995 s/d 2014 dan menggunakan peta topografi skala 1:200.000. Berdasarkan kombinasi yang ada diperoleh total 30 kombinasi debit rencana, dengan 22 alternatif berbeda. Hasil penelitian diperoleh bahwa dari data pola curah hujan yang ada (Tahun 2010-2014) memberikan kombinasi terbesar pada tanggal 15 Januari tahun 2014, dengan perolehan debit rencana terbesar adalah 783,62891 m³/det (alternatif 20).

Kata kunci : sungai Tondano, debit banjir, curah hujan

I. PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Sungai Tondano merupakan sungai ketiga terpanjang di Sulawesi Utara, setelah Sungai Poigar dan Sungai Ranoyapo. Memiliki panjang 39,9 km, luas DAS 544,75 km² (sumber data : BPDAS Manado), dan bermuara di teluk Manado. Sungai ini mempunyai peranan penting guna menunjang kehidupan masyarakat Tondano, Manado dan sekitarnya antara lain sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) di Tonsea Lama serta Tanggari I dan II, sebagai sumber utama air minum untuk masyarakat Kota Manado dan Minahasa (PDAM Manado dan Minahasa).

Sungai Tondano adalah salah satu sungai yang berpotensi banjir. Pada tanggal 15 Januari 2014, Sungai Tondano meluap dan menyebabkan banjir di Kota Manado dan sekitarnya, yang disebabkan oleh salah satu faktor alam yaitu intensitas curah hujan dengan durasi yang panjang. Banjir ini menyebabkan begitu banyak kerugian, baik kerugian materil maupun non-materil.

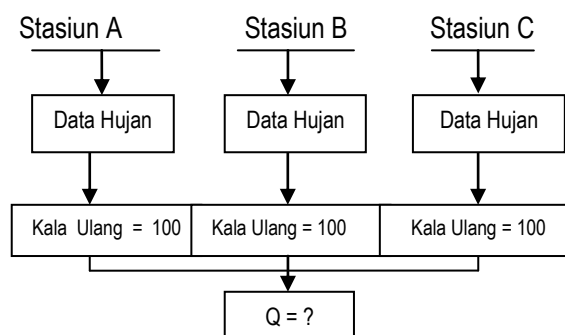
Mengingat intensitas curah hujan merupakan faktor alam yang tak dapat dihindari, dan juga salah satu penyebab terjadi banjir, karena itu perlu suatu analisis debit banjir berdasarkan simulasi data curah hujan yang ada. Karena keterbatasan akan data, penentuan debit banjir yang terjadi dapat melalui beberapa metode analisis debit.

Pada dasarnya, perhitungan debit banjir rencana diperoleh dengan menggunakan periode ulang hujan

rencana untuk masing-masing stasiun. Tetapi dalam perhitungan ini, seringkali kita selalu mengambil periode-periode ulang yang sama untuk setiap stasiun.

Pada kenyataannya yang terjadi di dalam kehidupan kita tidaklah demikian. Oleh karena itu, debit banjir yang diperoleh dari hasil perhitungan nantinya akan terlalu besar jika dibandingkan dengan debit banjir yang benar-benar terjadi.

Misalnya ada 3 stasiun dengan suatu data curah hujan tertentu. Stasiun A, B, dan C memiliki data curah hujan maksimum tertentu.



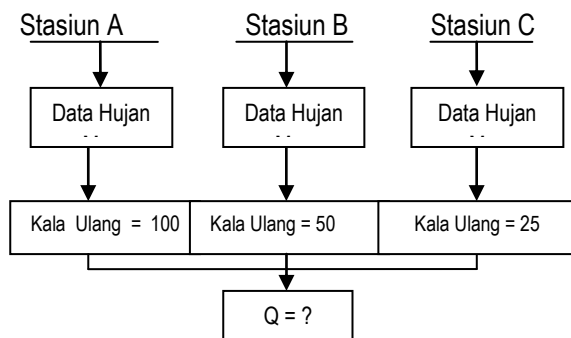
Gambar 1.1. Contoh Struktur Analisis Debit Banjir 1.

Dengan melihat data curah hujan maksimum yang ada, kemudian di tentukan periode ulang yang akan digunakan untuk masing-masing stasiun. Seringkali kita menggunakan periode ulang yang sama untuk

tiap-tiap stasiun. Sehingga, hasil perhitungan debit banjir rencana (Q) diperoleh tidak bisa kita katakan salah tetapi hasil ini akan sangat besar jika dibandingkan dengan debit banjir yang benar-benar terjadi.

Hal seperti ini seharusnya tidak kita dilakukan pada penentuan debit banjir rencana. Karena curah hujan yang terjadi tidak secara merata, kita harus melihat dan membandingkan curah-curah hujan yang terjadi di tiap stasiun. Dengan adanya kecenderungan curah hujan yang terjadi, maka kita akan bisa menentukan periode ulang yang akan dipakai dalam perhitungan debit nantinya. Dengan demikian, diharapkan debit banjir rencana yang diperoleh bisa lebih mendekati dengan debit yang sebenarnya terjadi.

Misalnya ada 3 stasiun dengan suatu data curah hujan tertentu. Stasiun A memiliki besaran curah hujan maksimum tertentu. Stasiun B dan stasiun C memiliki besaran curah hujan yang kecil dan bukan maksimum. Selanjutnya kombinasi akan dibuat sebagai berikut.



Gambar 1.2. Contoh Struktur Analisis Debit Banjir 2.

Berdasarkan simulasi curah hujan ini kita akan mengkombinasikan periode ulang tertentu tiap-tiap stasiun. Penentuan periode ulang itu sendiri harus berdasarkan kecenderungan-kecenderungan curah hujan yang pernah terjadi. Kemudian, akan dibuat sebanyak mungkin kombinasi yang memungkinkan berdasarkan kecenderungan yang ada.

Misalnya curah hujan stasiun hujan pertama lebih kecil dari stasiun kedua, maka periode ulang stasiun hujan pertama akan lebih kecil pula dari stasiun kedua. Pada intinya, jika curah hujan harian maksimum yang terjadi semakin besar maka periode ulang yang digunakan semakin besar. Sebaliknya jika curah hujan semakin kecil maka periode ulang semakin kecil.

Penentuan periode ulang ini dengan melihat dan membandingkan data curah hujan harian maksimum tiap stasiun yang disesuaikan pada tanggal dan tahun yang sama pula. Disamping itu, akan digunakan data curah hujan selama 20 tahun untuk tiap stasiun.

I.2 Rumusan Masalah

Bagaimana memperoleh besaran debit banjir rencana yang mendekati debit aktual?

I.3 Batasan Masalah

1. Analisis hidrologi menggunakan data hujan harian maksimum selama 20 tahun dari 6 stasiun yaitu, Stasiun Rumengkor, Stasiun Kaleosan, Stasiun Sawangan, Stasiun Noongan, Stasiun Paleloan, dan Stasiun Molompar.
2. Titik kontrol di lokasi AWLR di Kairagi.
3. Kala ulang rencana pada 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun.
4. Perhitungan debit rencana maksimum menggunakan Metode Rasional.

I.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk : memperoleh besaran debit banjir rencana dengan beberapa kombinasi periode ulang yang disesuaikan dengan pola hujan di DAS.

I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi kepada pihak-pihak yang terkait mengenai hasil dari penelitian, sehingga dapat berguna untuk menanggulangi masalah banjir di Sungai Tondano.
2. Sebagai informasi kepada masyarakat di Tondano dan Manado mengenai kondisi sungai Tondano yang rawan terhadap banjir.

II. LANDASAN TEORI

II.1 Daerah Aliran Sungai

Sri Harto (1993) mendefinisikan Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah di mana semua airnya mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan.

II.2 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi dapat diterapkan untuk data debit sungai atau data hujan. Data yang digunakan adalah data debit atau hujan maksimum tahunan, yaitu data terbesar yang terjadi selama satu tahun, yang terukur selama beberapa tahun (Triatmodjo, 2008).

II.3 Parameter Statistik

Dalam analisis data hidrologi diperlukan ukuran-ukuran numerik yang menjadi ciri data tersebut. Parameter yang digunakan dalam analisis susunan data dari suatu variabel disebut dengan parameter statistik (Triatmodjo, 2008). Parameter statistik yang digunakan dalam analisis data hidrologi yaitu: rata-rata hitung, simpangan baku (*standar deviasi*), koefisien variasi, kemencengan (*koefisien skewness*) dan koefisien *kurtosis*.

Pengukuran Central Tendency

Pengukuran central tendency adalah pengukuran yang mencari nilai rata-rata kumpulan variabel (*mean*). Persamaan untuk mencari *mean* atau nilai rata-rata, diperlihatkan pada persamaan :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2.1)$$

Untuk perhitungan nilai Log maka persamaan diatas harus diubah dahulu ke dalam bentuk logaritmik, sehingga berubah menjadi :

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Log } X_i \quad (2.2)$$

Simpangan Baku (Standar Deviasi)

Standar deviasi adalah suatu nilai pengukuran dispersi terhadap data yang dikumpulkan. Standar deviasi adalah parameter pengukuran variabilitas yang paling cocok dalam analisis statistik. Standar deviasi dapat dihitung dengan rumus:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{rt})^2}{n-1}} \quad (2.3)$$

Untuk perhitungan nilai Log maka persamaan diatas harus diubah dahulu ke1 dalam bentuk logaritmik, sehingga berubah menjadi:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{\log(X_i) - \log(X_{rt})\}^2}{n-1}} \quad (2.4)$$

Koefisien Kemencengan (skewness)

Kemencengan (*skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak-simetrisan dari suatu bentuk distribusi. Dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - X_{rt})^3 \quad (2.5)$$

Untuk perhitungan nilai Log maka persamaan diatas harus diubah dahulu ke dalam bentuk logaritmik, sehingga berubah menjadi:

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)S_{log}^3} \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } X_{rt})^3 \quad (2.6)$$

Koefisien Variasi

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitungan suatu distribusi. Koefisien variasi dapat dihitung dengan persamaan :

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \quad (2.7)$$

Koefisien Kurtosis

Dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{S^4} \quad (2.8)$$

Untuk perhitungan nilai Log maka persamaan diatas harus diubah dahulu ke dalam bentuk logaritmik, sehingga berubah menjadi:

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log X_{rt})^4}{S^4} \quad (2.9)$$

Pemilihan Tipe Distribusi Berdasarkan Parameter Statistik

Penentuan jenis distribusi yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter statistik dengan syarat masing-masing jenis distribusi.

Jenis Sebaran	Persyaratan
Normal	$Cs \approx 0$
	$Ck \approx 3$
Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3Cv$
	$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$
Gumbel	$Cs \approx 1,14$
	$Ck \approx 5,4$
Log Pearson Type III	Selain dari nilai diatas
	Selain dari nilai diatas

Sumber : Triatmodjo, 2008

II.4 Distribusi Harga Ekstrim

Tujuan teori statistik tentang distribusi harga ekstrim antara lain untuk menganalisis hasil pengamatan harga-harga ekstrim untuk meramal harga-harga ekstrim berikutnya. Analisis frekuensi dapat dilakukan dengan seri data yang diperoleh dari rekaman data (data historik) baik data hujan maupun data debit. (Limantara, 2010).

Dalam statistik dikenal beberapa jenis distribusi frekuensi. Yang banyak dikenal dalam hidrologi antara lain :

1. Distribusi Gumbel
2. Distribusi Normal
3. Distribusi Log Normal
4. Distribusi Log Person III

Distribusi Gumbel

$$X_{Tr} = \bar{X} + SxK \quad (2.10)$$

$$K = \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \quad (2.11)$$

$$Y_t = -\ln \left[\ln \frac{Tr}{Tr-1} \right] \quad (2.12)$$

Distribusi Normal

$$X_{Tr} = \bar{X} + K_T x S \quad (2.13)$$

Distribusi Log Normal

$$\text{Log } X_{Tr} = \text{Log } \bar{X} + K_T x S_{log} \quad (2.14)$$

Distribusi Log Pearson III

$$\text{Log } X_{Tr} = \text{Log } \bar{X} + K_T x S_{log} \quad (2.15)$$

Hujan rencana kala ulang T (tahun) dihitung dengan menggunakan antilog dari Log XT atau bisa ditulis dengan persamaan:

$$X_{Tr} = (10^{\text{Log } X_{Tr}}) \quad (2.16)$$

II.5 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit terbesar yang mungkin terjadi pada sungai bersangkutan. Ada beberapa metode untuk memperkirakan debit banjir. Metode yang dipakai pada suatu lokasi lebih banyak ditentukan oleh ketersediaan data. Metode yang umum dipakai adalah metode hidrograf banjir dan metode rasional. (Suripin, 2003).

Metode Rasional

Metode rasional banyak digunakan untuk memperkirakan debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan deras pada daerah tangkapan (DAS). Metode ini sangat simpel dan mudah penggunaannya, namun penggunaannya terbatas untuk DAS dengan ukuran kecil ($\leq 2,5 \text{ km}^2$). Jika ukuran daerah pengaliran $> 2,5 \text{ km}^2$ maka koefisien pengaliran bisa dipecah-pecahkan sesuai tata guna lahan yang bersangkutan. (Triatmodjo, 2008).

Untuk memperkirakan besarnya air larian puncak (*peak runoff*, Q_p) metode rasional (*U.S Soil Conversation Service*, 1973) adalah salah satu metode teknik yang dianggap baik. Metode ini merupakan salah satu metode yang dikategorikan praktis dalam memperkirakan besarnya Q_p untuk merancang bangunan pencegah banjir, erosi dan sedimentasi.

Analisis debit puncak dengan menggunakan persamaan :

$$Q_p = 0,278 C \cdot I \cdot A \quad (2.17)$$

$$Q_p = 0,00278 C \cdot I \cdot A \quad (2.18)$$

dimana :

Q_p = Debit banjir rancangan (m^3/det)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas DAS (km^2 atau ha)

Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien aliran permukaan (C) didefinisikan sebagai laju puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor utama yang mempengaruhi nilai C adalah laju infiltrasi tanah, tanaman penutup tanah, dan intensitas hujan (Suripin, 2003).

Menurut Suripin (2003), untuk DAS dengan tata guna lahan yang tidak homogen nilai debit puncak (Q_p) dapat dihitung sebagai berikut :

$$Q_p = 0,278 I \sum C_i \cdot A_i \quad (2.19)$$

Tabel Mononobe Koefisien Aliran Permukaan

Kondisi Daerah Pengaliran dan Sungai	Koefisien Limpasan
Daerah pegunungan yang curam	0,75-0,90
Daerah pegunungan tersier	0,70-0,80
Tanah bergelombang dan hutan	0,50-0,75
Tanah dataran yang ditanami	0,45-0,60
Persawahan yang diairi	0,70-0,80
Sungai di daerah pegunungan	0,75-0,85
Sungai kecil di dataran	0,45-0,75
Sungai besar yang lebih dari setengah daerah pengalirannya terdiri dari daratan	0,50-0,75

Intensitas Curah hujan (I)

Intensitas hujan adalah kedalaman air hujan atau tinggi air hujan per satuan waktu. Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe. Dengan persamaan sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{tc}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.20)$$

dengan:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

R_{24} = curah hujan harian maksimum selama 24 jam (mm)

tc = lamanya hujan / waktu konsentrasi (jam)

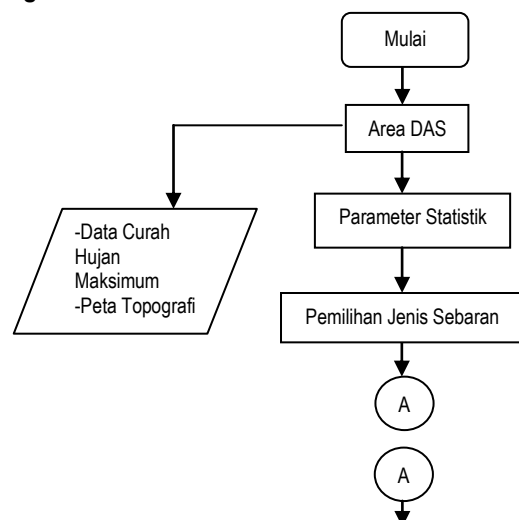
Waktu Konsentrasi (tc)

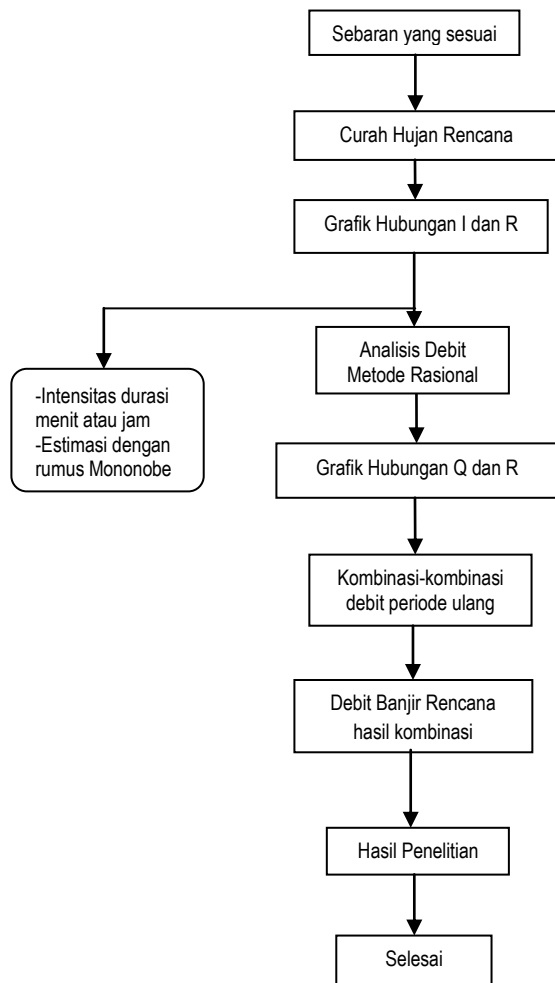
Waktu konsentrasi tc (*time of concentration*) adalah waktu perjalanan yang diperlukan oleh air dari tempat yang paling jauh (hulu DAS) sampai ke titik pengamatan aliran air (*outlet*). Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk menghitung tc yang paling umum dilakukan adalah persamaan matematik yang dikembangkan oleh Kirpich (1940), persamaannya :

$$tc = \left(\frac{0,87 \cdot L^2}{1000 \cdot S}\right)^{0,385} \quad (2.21)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

Bagan Alir Penelitian





Gambar 4. Bagan Alir Penelitian.



Gambar 4.1. Daerah Pengaruh Tiap Stasiun

Pemilihan Jenis Sebaran

Tabel 4. Parameter Pemilihan Distribusi Data Debit

Jenis Sebaran	Persyaratan	Hasil Perhitungan	Keterangan
Normal	$Cs \approx 0$	$Cs = 0,0001409$	Memenuhi
	$Ck \approx 3$	$Ck = 0,00002517$	Tidak Memenuhi
Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3Cv = 0,129$	$Cs = 0,406$	Tidak Memenuhi
	$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3 = 3,03$	$Ck = 2,586$	Tidak Memenuhi
Gumbel	$Cs \approx 1,14$	$Cs = 0,0001409$	Tidak Memenuhi
	$Ck \approx 5,4$	$Ck = 0,00002517$	Tidak Memenuhi
Log Pearson Type III	Selain dari nilai diatas	$Cs = 0,406$	Memenuhi
	Selain dari nilai diatas	$Cv = 0,043$	Memenuhi

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Catchment Area

Tabel 1. Luas Daerah Pengaruh

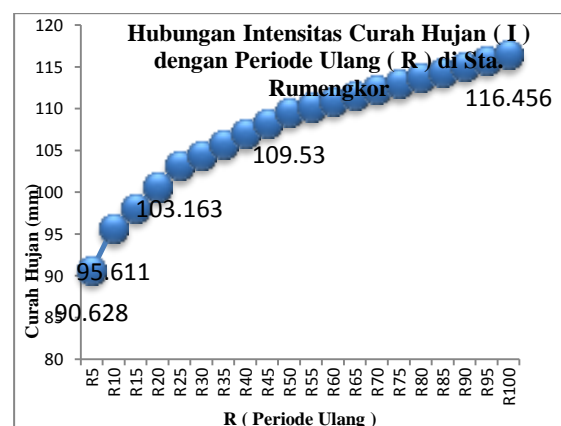
Nama Stasiun	Luas Daerah Pengaruh (Km ²)	Luas Total (Km ²)	Persentase Daerah Pengaruh (%)
		527,745	
Sta. Rumengkor	124,26	527,745	23,545
Sta. Kaleosan	76,62		14,518
Sta. Sawangan	69,71		13,209
Sta. Noongan	83,29		15,782
Sta. Paleloan	162,705		30,830
Sta. Molompar	11,16		2,115
Total	527,745		100

Hubungan Intensitas Curah Hujan (I) dan Periode Ulang (R)

1. Stasiun Rumengkor

Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana Sta. Rumengkor

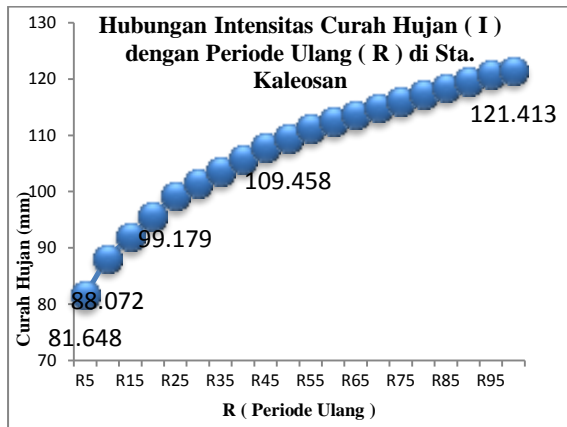
Periode Ulang	Curah Hujan Rencana (mm)
R ₅	90,628
R ₁₀	95,611
R ₂₅	103,163
R ₅₀	109,53
R ₁₀₀	116,456



2. Stasiun Kaleosan

Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana Sta. Kaleosan

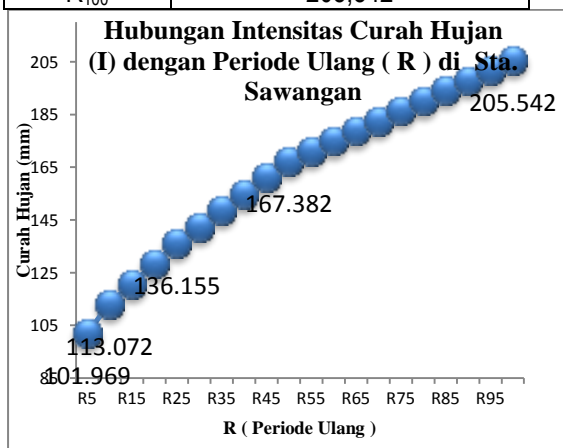
Periode Ulang	Curah Hujan Rencana (mm)
R ₅	81,648
R ₁₀	88,072
R ₂₅	99,179
R ₅₀	109,458
R ₁₀₀	121,413



3. Stasiun Sawangan

Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana Sta. Sawangan

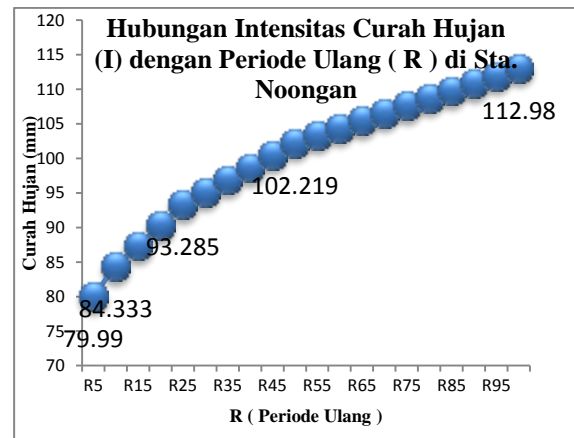
Periode Ulang	Curah Hujan Rencana (mm)
R ₅	101,969
R ₁₀	113,072
R ₂₅	136,155
R ₅₀	167,382
R ₁₀₀	205,542



4. Stasiun Noongan

Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana Sta. Noongan

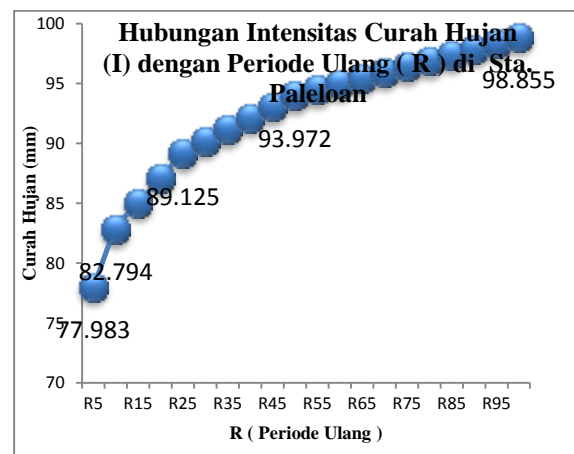
Periode Ulang	Curah Hujan Rencana (mm)
R ₅	79,99
R ₁₀	84,333
R ₂₅	93,285
R ₅₀	102,219
R ₁₀₀	112,98



5. Stasiun Paleloan

Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana Sta. Paleloan

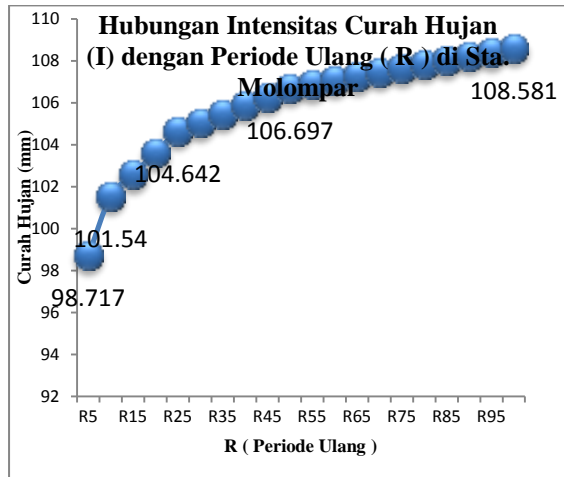
Periode Ulang	Curah Hujan Rencana (mm)
R ₅	77,983
R ₁₀	82,794
R ₂₅	89,125
R ₅₀	93,972
R ₁₀₀	98,855



6. Stasiun Molompar

Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana Sta. Molompar

Periode Ulang	Curah Hujan Rencana (mm)
R ₅	98,717
R ₁₀	101,54
R ₂₅	104,642
R ₅₀	106,697
R ₁₀₀	108,581



Kontribusi Debit Banjir Rencana Metode Rasional

Hasil Perhitungan Debit rencana Sta. Rumengkor

Periode Ulang	Debit Rencana (m/det)
Q ₅	162,36284
Q ₁₀	171,29004
Q ₂₅	184,81968
Q ₅₀	196,22636
Q ₁₀₀	208,6345

Hasil Perhitungan Debit Rencana Sta. Kaleosan

Periode Ulang	Debit Rencana (m/det)
Q ₅	90,194613
Q ₁₀	97,291054
Q ₂₅	109,56069
Q ₅₀	120,91566
Q ₁₀₀	134,12207

Hasil Perhitungan Debit Rencana Sta. Sawangan

Periode Ulang	Debit Rencana (m/det)
Q ₅	102,48402
Q ₁₀	113,6431
Q ₂₅	136,84268
Q ₅₀	168,2274
Q ₁₀₀	206,58014

Hasil Perhitungan Debit Rencana Sta. Noongan

Periode Ulang	Debit Rencana (m/det)
Q ₅	96,055328
Q ₁₀	101,27058
Q ₂₅	112,02052
Q ₅₀	122,74884
Q ₁₀₀	135,6711

Hasil Perhitungan Debit Rencana Sta. Paleloan

Periode Ulang	Debit Rencana (m/det)
Q ₅	182,93371
Q ₁₀	194,21943
Q ₂₅	209,07078
Q ₅₀	220,44095
Q ₁₀₀	231,89556

Hasil Perhitungan Debit Rencana Sta. Molompar

Periode Ulang	Debit Rencana (m/det)
Q ₅	15,883604
Q ₁₀	16,337826
Q ₂₅	16,836939
Q ₅₀	17,167589
Q ₁₀₀	17,470725

Hasil kombinasi Debit Rencana Dalam Angka (Tahun 2010-2014)

Tahun	Tanggal	Debit Total (m ³ /det)	Keterangan
2010	13-Feb	465,2513	alternatif 1
	06-Agu	695,42869	alternatif 2
	10-Des	408,51574	alternatif 3
	09-Okt	559,7195	alternatif 4
	23-Jul	447,78057	alternatif 5
	08-Sep	200,40444	alternatif 6

Tahun	Tanggal	Debit Total (m ³ /det)	Keterangan
2011	24-Mar	559,7195	
	21-Feb	651,50124	alternatif 7
	16-Jun	296,57681	alternatif 8
	26-Mei	274,38336	alternatif 9
	24-Mar	559,7195	
	13-Sep	667,46643	alternatif 10
2012	22-Dec	560,67284	alternatif 11
	18-Jul	273,12832	alternatif 12
	15-Mei	285,41773	alternatif 13
	20-Apr	559,7195	
	03-Jan	457,23548	alternatif 14
	06-Dec	651,50124	
2013	26-Jan	364,49639	alternatif 15
	17-Feb	553,29466	alternatif 16
	17-Feb	553,29466	
	19-Nop	306,20469	alternatif 17
	08-Apr	487,55128	alternatif 18
	21-Feb	386,65438	alternatif 19
2014	15-Jan	783,62891	alternatif 20
	14-Jan	414,85253	alternatif 21
	15-Jan	783,62891	
	20-Jul	552,64535	alternatif 22
	12-Jun	457,23548	
	12-Mei	651,50124	

V. PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penelitian, dapat ditarik kesimpulan yaitu : data pola curah hujan yang ada (Tahun 2010-2014) memberikan kombinasi terbesar pada tanggal 15 Januari tahun 2014, dengan perolehan debit rencana terbesar adalah 783,62891 m³/det (alternatif 20).

Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai debit banjir berdasarkan simulasi curah hujan ini di sungai-sungai lainnya sebagai bahan perbandingan.
2. Perlu adanya stasiun dan data pola hujan yang lebih banyak, lengkap serta akurat. Mengingat pembacaan alat pengukuran curah hujan biasanya tidak tersedia karena disebabkan stasiun belum beroperasi, alat macet, alat rusak, alat belum dikalibrasi, serta data biasanya bersifat rahasia.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Triatmodjo, 2008. *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta. Hal.141;195;211.
- Harter, Leon, 1969, *Tables Of K Values Appendix 3*, Technometrics, Vol 11 & Vol 13. Hal 177-187 dan Hal 203-304.
- Limantara, Lily Montarich, 2010. *Hidrologi Praktis*, CV. Lubuk Agung, Bandung. Hal 54-57;59;64.
- Rapar, Sharon. (2014). *Analisis Debit Banjir Sungai Tondano Menggunakan Metode HSS Gama I dan HSS Limantara*. Vol.2 : 13-21.
- Robot, Jeffier. (2014). *Analisis Debit Banjir Sungai Ranoyapo Menggunakan Metode HSS Gama-I dan HSS Limantara*. Vol.2 : 1-12.
- Soemarto, (1986). *Hidrologi teknik*. Penerbit Usaha Nasional, Surabaya. Hal 123.
- Sri Harto, 1993. *Analisis Hidrologi*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. Hal 5-6
- Suripin, 2003. *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*, Andi, Yogyakarta. Hal 75.
- _____. Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Tondano.
- _____. Balai Wilayah Sungai Sulawesi Utara I.