

ANALISIS DEBIT PUNCAK BANJIR SUNGAI TOLU DENGAN BEBERAPA METODE UNTUK MENDAPATKAN BATAS DAERAH KEPERCAYAAN PERIODE ULANG TERTENTU

Intan Puspitaningrum.¹, Heri Sulistiyono², Humairo Saidah³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

Jurusan Teknik, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

INTISARI

Alat pencatat curah hujan otomatis maupun alat pengukur debit otomatis belum tersebar secara merata di DAS – DAS yang ada, sedangkan pada masa kini akan banyak dibangun bangunan-bangunan air untuk mencukupi kebutuhan lahan pertanian disetiap daerah. Karena keterbatasan ini diperlukanlah proses kalibrasi untuk mencari nilai debit puncak kala ulang tertentu pada DAS maupun Sub DAS dengan DAS terdekat yang memiliki alat pengukur debit otomatis.

Untuk mengatasi masalah ini, setelah dilakukannya kalibrasi diperlukan suatu batas daerah kepercayaan debit puncak banjir yang dapat dipakai dalam jangka waktu yang cukup lama. Untuk membuat batas daerah kepercayaan debit puncak diperlukan data yang cukup banyak agar memperoleh kemungkinan-kemungkinan yang lebih luas, maka digunakanlah metode statistik dalam membangkitkan data yang tersedia dengan parameter data asli tersebut. Selain itu, akan digunakan beberapa metode analisis untuk mengetahui metode manakah yang paling tepat dan juga penggunaan *software* untuk mempercepat pekerjaan analisis data.

Metode analisis debit puncak banjir yang dipakai adalah metode Nakayasu, sedangkan untuk pengolahan data dilakukan secara analitis dan dengan bantuan *software* Minitab. Metode Nakayasu menghasilkan nilai korelasi rerata (r) = 0,861, NSE = 0,417 dan jam puncak yang mendekati jam puncak hidrograf observasi, yakni $t_p = 3,122$ jam. Batas daerah kepercayaan yang didapatkan dengan bantuan *software* sebesar $10,799 < \mu < 12,889$ (m³/dt) dengan Δ sebesar 2,090. Sedangkan untuk cara analitis $10,067 < \mu < 12,177$ (m³/dt) dengan Δ 2,110 m³/dt. Selisih hasil perhitungan debit puncak banjir dengan bantuan *software* Minitab dan Analitis sebesar 8,56%.

Kata kunci: Nakayasu, *Software* Minitab, batas daerah kepercayaan debit puncak banjir, kalibrasi debit puncak

PENDAHULUAN

Pengelolaan sumber daya air yang tepat sangat diperlukan bagi daerah-daerah dengan kondisi iklim yang kering. Salah satu daerah dengan curah hujan yang tidak merata seperti pada Desa Ndano Na'e dimana apabila di musim penghujan, hujan yang terjadi sangat lebat sekali waktu, dan hujan sangat sedikit bahkan tidak turun sama sekali di waktu yang lainnya. Sungai yang melintasi Desa Ndano Na'e adalah sungai Tolu yang merupakan sumber daya air yang sangat vital bagi para warga desa. Sungai Tolu termasuk dalam kategori sungai periodik, dimana sungai ini hanya memiliki debit pada musim penghujan saja. Hal ini menyebabkan tidak adanya aliran debit yang

tetap untuk menunjang kegiatan warga Desa Ndano Na'e. Sementara dilain waktu hujan turun dengan derasnya, sehingga dapat menyebabkan banjir. Debit saat banjir yang cukup besar ini dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan debit dikala musim kemarau, sehingga diperlukannya bangunan air seperti embung untuk menampung debit yang melimpah saat musim penghujan. Dari kondisi yang digambarkan secara singkat diatas maka adanya bangunan air sebagai tampungan akan sangat membantu penduduk desa untuk memaksimalkan produksi pertanian dari lahan yang tersedia. Untuk merencanakan bangunan air yang berfungsi sebagai tampungan air sepanjang tahun diperlukan data debit puncak banjir.

Dalam analisis debit puncak banjir dibutuhkan data curah hujan dan data debit. Namun tidak semua DAS maupun Sub DAS memiliki data curah hujan dan data debit yang baik. Beberapa DAS maupun Sub DAS tidak dilengkapi dengan AWLR (*Automatic Water Level Recorder*). Maka dari itu, digunakanlah DAS maupun Sub DAS lainnya dengan memperhatikan karakteristik DAS maupun Sub DAS yang ditinjau, dimana DAS maupun Sub DAS tersebut memiliki alat pengukuran lebih lengkap untuk dilakukannya proses kalibrasi guna mencari parameter yang diyakini mewakili karakteristik DAS maupun Sub DAS yang ditinjau. Parameter tersebut berupa koefisien pengaliran (C). Dimana nilai C adalah faktor kehilangan air, yang biasanya menggambarkan kondisi fisik suatu DAS maupun Sub DAS.

Keterbatasan data-data untuk analisis yang ada dari waktu ke waktu yang diakibatkan faktor teknis maupun non teknis dan perbedaan pengambilan kurun waktu dalam analisis debit puncak banjir menyebabkan perbedaan hasil analisis, sehingga dibutuhkan nilai batas daerah kepercayaan debit puncak pada DAS. Batas daerah kepercayaan ini diperoleh dari data asli curah hujan yang akan dibangkitkan, sehingga dengan jumlah data yang cukup banyak diharapkan membantu peneliti dalam memprediksi debit banjir pada kala ulang tertentu dengan lebih akurat. Selain itu, untuk mempercepat proses pengerjaan penggunaan *software* bisa menjadi pilihan dengan hasil yang cukup akurat dibandingkan dengan cara manual.

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui debit puncak banjir dari dari kala ulang 100 tahun dengan menggunakan metode Nakayasu baik dengan bantuan *software* Minitab ataupun perhitungan secara manual.

2. Untuk mengetahui besarnya nilai C yang akan digunakan pada perhitungan Sub DAS Tolu.
3. Untuk mengetahui batas daerah kepercayaan Q_{p100} .

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, yakni mengetahui batas daerah kepercayaan Q_{p100} pada Sub DAS Tolu sehingga dapat dimanfaatkan untuk perencanaan bangunan air pada DAS tersebut. Mengetahui nilai C yang tepat untuk DAS Tolu sehingga nilai ini bisa dimanfaatkan untuk perhitungan selanjutnya pada DAS tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

Setiap DAS memiliki karakteristik masing-masing. Setiap metode juga memiliki parameter masing-masing. Oleh karena itu tiap metode tidak dapat digunakan untuk menghitung semua DAS yang ada dengan berbagai karakteristiknya. Sehingga semua metode banjir rancangan dianggap baik (Afrizal, 2015).

Nilai variat perkiraan pada periode ulang tertentu yang dihitung berdasarkan data tahun 1950-1990 akan berbeda dengan yang dihitung dari tahun 1930-1970, walaupun jumlah data kedua sampel adalah sama. Oleh karena itu, diperlukan suatu nilai yang menunjukkan batas ketidak-pastian (*margin of uncertainty*), Soewarno (1995).

Koefisien air larian (C) adalah bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya air larian terhadap besarnya curah hujan. Angka koefisien air larian ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan apakah suatu DAS mengalami gangguan (fisik). Nilai C yang besar menunjukkan bahwa lebih banyak hujan yang menjadi air larian. Dimana hal ini kurang menguntungkan dari segi pencagaran sumber daya air karena besarnya air tanah akan menjadi berkurang. Selain itu, ancaman

terhadap erosi dan banjir semakin besar pula (Asdak, 1995).

Pemeriksaan Konsistensi Data

Data curah hujan yang diperoleh dari alat pencatat bisa jadi tidak pangah dikarenakan alat pernah rusak, alat pernah berpindah tempat, lokasi alat terganggu, maupun akibat data yang tidak sah. Sehingga perlu dilakukan pengujian kekonsistensian terhadap data agar hasil analisa menjadi lebih baik.

Analisis Distribusi Frekwensi

Hujan rancangan merupakan suatu kemungkinan tinggi hujan yang terjadi dalam kala ulang tertentu sebagai hasil dari analisis hidrologi yang disebut analisis frekwensi.

Uji Kecocokan Distribusi

Untuk uji kecocokan distribusi digunakan Uji Chi-Kuadrat yang dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Parameter uji Chi-Kuadrat dapat dihitung dengan rumus (Soewarno, 1995) :

$$X^2 = \sum_{i=0}^n \frac{(Of-Ef)^2}{Ef} \quad (1)$$

dengan :

X^2 = nilai Chi-Kuadrat terhitung,

N = jumlah sub kelompok dalam satu grup,

Of = frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama,

Ef = frekuensi (banyak pengamatan) yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya.

Individual Distribution Identification (IDI)

Fungsi ini terdapat dalam *software* Minitab dapat dipakai untuk menentukan besarnya curah hujan rancangan. IDI berfungsi untuk menganalisis jenis distribusi yang terdapat pada suatu kumpulan data. Kebenaran statistik pada pengujian bergantung pada jenis

distribusi yang diasumsikan. Penggunaan IDI dimaksudkan untuk mencocokkan data terhadap 14 jenis distribusi.

Display Descriptive Statistics

Fungsi ini menunjukkan parameter-parameter statistik untuk *diinput* dalam perhitungan lebih lanjut. Parameter statistic yang ditunjukkan antara lain nilai rata-rata (mean), standar deviasi, koefisien kemencengan, koefisien kurtosis, koefisien variasi, dan lainnya.

Nilai α (derajat kepercayaan)

Nilai α menunjukkan batas nilai kesalahan suatu data untuk dilakukannya pengujian. Nilai α yang biasanya dipilih yakni 0.1, 0.05, 0.01, 0.02, dan 0.002. Nilai α 0.05 berarti batas kesalahan yang dapat diterima sebesar 5% dengan kebenaran data yang dapat diterima sebesar 95%.

P-Value

P-Value menunjukkan besarnya kesalahan aktual yang terjadi dalam proses penentuan jenis distribusi ataupun yang lainnya. Apabila diambil α sebesar 0.05 maka nilai P tidak boleh kurang dari 0.05. Jika nilai P kurang dari 0.05 hal ini menunjukkan adanya ketidakcocokan atau perbedaan, sehingga hasil pengujian tersebut tidak dapat diterima.

Fungsi Probability Plot

Fungsi ini digunakan untuk mencari nilai dari suatu data berdasarkan periode ulang (peluang yang terjadi). Besarnya nilai suatu data pada periode ulang tertentu ini ditunjukkan dalam grafik dan angka.

Random Data

Berfungsi untuk memunculkan data (membangkitkan data) berdasarkan jenis distribusi dan parameter-parameter data yang telah dicari sebelumnya dalam fungsi *Descriptive Statistics* dengan *menginput* data yang telah dianalisis.

Hidrograf Banjir Rancangan

Hidrograf dapat didefinisikan sebagai penyajian grafis antara salah satu unsur aliran dengan waktu. Hidrograf ini menunjukkan tanggapan menyeluruh DAS tertentu. Sesuai dengan sifat dan perilaku DAS yang bersangkutan, hidrograf aliran selalu berubah sesuai dengan besaran dan waktu terjadinya masukan..

Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Daerah dimana data hidrologi tidak tersedia untuk menurunkan hidrograf satuan, maka dibuatlah hidrograf satuan sintetis yang didasarkan pada karakteristik fisik DAS.

HSS (Hidrograf Satuan Sintetis) Nakayasu merupakan salah satu metode yang sering digunakan. HSS Nakayasu dikembangkan berdasarkan beberapa sungai di Jepang (Soemarto,1987):

$$Q_p = \frac{C.A.R_o}{3,6 (0,3 T_p + T_{0,3})} \quad (2)$$

dengan :

Q_p = debit puncak banjir ($m^3/detik$),

C = koefisien pengaliran,

A = luas daerah tangkapan sampai outlet,

R_o = hujan satuan (mm),

T_p = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam),

$T_{0,3}$ = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30% debit puncak (jam).

Untuk menentukan T_p dan $T_{0,3}$ digunakan pendekatan rumus sebagai berikut :

$$T_p = t_g + 0,8 t_r \quad (3)$$

$$T_{0,3} = \alpha.t_g \quad (4)$$

$$t_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \quad (5)$$

t_r = waktu satuan hujan (jam)

α = koefisien hidrograf

dengan :

$\alpha = 2$ untuk daerah pengaliran biasa,

$\alpha = 1,5$ untuk bagian naik hidrograf yang lambat dan bagian menurun

yang cepat,

$\alpha = 3$ untuk bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat.

Atau dapat dihitung dengan persamaan:

$$\alpha = \frac{0,47(A.L)^{0,25}}{t_g} \quad (6)$$

t_g adalah waktu konsentrasi. t_g dihitung dengan ketentuan sebagai berikut :

Untuk sungai dengan $L \geq 15$ km

$$t_g = 0,40 + 0,058L \quad (7)$$

Untuk sungai dengan $L < 15$ km

$$t_g = 0,21.L^{0,7} \quad (8)$$

1. Pada waktu kurva naik : $0 \leq t \leq T_p$

$$Q_a = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \quad (9)$$

2. Pada waktu kurva turun

a. Limpasan saat lengkung turun I (Q_{d1})

$$T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$$

$$Q_{d1} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p)}{T_{0,3}}} \quad (10)$$

b. Limpasan saat lengkung turun II (Q_{d2})

$$(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3})$$

$$Q_{d2} = Q_p \cdot 0,3^{\left(\frac{(t-T_p)+(0,5T_{0,3})}{1,5T_{0,3}} \right)} \quad (11)$$

c. Limpasan saat lengkung turun III (Q_{d3})

$$t > (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3})$$

$$Q_{d3} = Q_p \cdot 0,3^{\left(\frac{t-T_p+1,5T_{0,3}}{2T_{0,3}} \right)} \quad (12)$$

Intensitas Durasi Frekwensi

Apabila yang tersedia data hujan harian digunakan persamaan Mononobe (Triatmodjo, 2008) untuk menurunkan kurva IDF.

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (13)$$

Dengan :

I_t = Intensitas curah hujan untuk lama hujan t (mm/jam)

t = Lamanya curah hujan (jam)

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

Menghitung Batas Daerah Kepercayaan

Menurut Soewarno (1995), penentuan batas daerah kepercayaan dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

- a. Untuk sampel besar, $N \geq 30$
 Batas daerah kepercayaan untuk nilai rata-rata μ pada derajat kepercayaan α adalah:

$$\bar{X} - t\alpha \frac{S}{\sqrt{N}} < \mu < \bar{X} + t\alpha \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (14)$$

dengan:

- \bar{X} = rata-rata sampel
- $t\alpha$ = variat standar normal
- S = deviasi standar sampel
- N = jumlah sampel
- μ = rata-rata populasi

- b. Untuk sampel kecil, $N < 30$
 Interval kepercayaan untuk nilai rata-rata μ pada derajat kepercayaan α adalah:

$$\bar{X} - t\alpha \frac{S}{\sqrt{N}} < \mu < \bar{X} + t\alpha \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (15)$$

dengan:

- \bar{X} = rata-rata sampel
- $t\alpha$ = nilai student's-t
- S = deviasi standar sampel
- N = jumlah sampel
- μ = rata-rata populasi

Tabel 1 Nilai $t\alpha$ untuk pengujian distribusi normal

Derajat kepercayaan α	0.1	0.05	0.01	0.015	0.002
uji satu sisi	-1.28	-1.645	-2.33	-	-2.88
	atau	atau	atau	atau	atau
	1.28	1.645	2.33	2.58	2.88
uji dua sisi	-1.645	-1.96	-2.58	-	-3.08
	atau	atau	atau	atau	atau
	1.645	1.96	2.58	2.81	3.08

(Sumber: Soewarno, 1995)

Kalibrasi debit hasil analisa hidrologi dengan debit berdasarkan data AWLR (Automatic Water Level Recorder)

Debit yang didapat dari hasil analisis hidrologi dikalibrasi dengan debit berdasarkan data AWLR untuk mendapatkan nilai C, Ct, Cp, dan n sehingga debit dari hasil perhitungan akan mendekati besaran debit dari pencatatan AWLR.

Debit dan curah hujan dipilih pada tanggal dan tahun yang sama. Data curah hujan yang ada kemudian dimasukkan kedalam rumus Mononobe untuk didapatkan hujan jam-jaman. Setelah itu hasil yang diperoleh dapat dimasukkan ke dalam rumus HSS Nakayasu dan HSS Snyder yang kemudian untuk nilai C pada kedua persamaan di atas dilakukan *trial and error* hingga didapatkan debit yang besarnya mendekati besaran debit yang tercatat pada AWLR.

Penilaian kedekatan (*goodness of fit test*)

a. Koefisien korelasi, r

Koefisien korelasi adalah ukuran hubungan linier antara dua peubah S dan O. Untuk mengukur hubungan antara dua peubah S dan O dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut (Jaya Al-Aziz dalam Kesuma, 2013: 472) :

$$r = \frac{[n \sum_{i=0}^n Q_s Q_o] - [\sum_{i=0}^n Q_s][\sum_{i=0}^n Q_o]}{\sqrt{[n \sum_{i=0}^n Q_s^2 - (\sum_{i=0}^n Q_s)^2][n \sum_{i=0}^n Q_o^2 - (\sum_{i=0}^n Q_o)^2]}} \quad (16)$$

c. NSE (Nash-Sutcliffe Efficiency)

Menurut Nash and Sutcliffe (1970), persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai NSE adalah sebagai berikut (Moriassi, et al, 2007) :

$$NSE = 1 - \left[\frac{\sum_{i=0}^n (Q_o - Q_s)^2}{\sum_{i=0}^n (Q_o - \bar{Q}_o)^2} \right] \quad (17)$$

dengan :

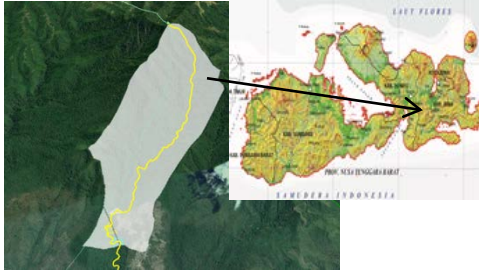
- r = koefisien korelasi,
- n = jumlah data,
- Q_o = debit observasi periode ke-i ($m^3/detik$),

Q_s = debit sintetik periode ke-i
($m^3/detik$)

METODE PENELITIAN

1. Lokasi Penelitian

Lokasi yang menjadi obyek penelitian adalah Sub DAS Tolu di Desa Ndano Na'e, Kecamatan Donggo, Kabupaten Bima, dan DAS Rababaka yang terletak di Kabupaten Dompu, Provinsi Nusa Tenggara Barat.



Gambar 1 Sub DAS Tolu



Gambar 2 DAS Rabaka

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang lengkap dan relevan sangat dibutuhkan dalam suatu penelitian. Data-data tersebut dapat diperoleh dari studi terdahulu maupun badan/instansi terkait.

a. Peta Topografi

Penetapan daerah tangkapan (*catchment area*) dilakukan berdasarkan peta topografi yang dikelola oleh Balai Sumber Daya Air Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Nusa Tenggara Barat

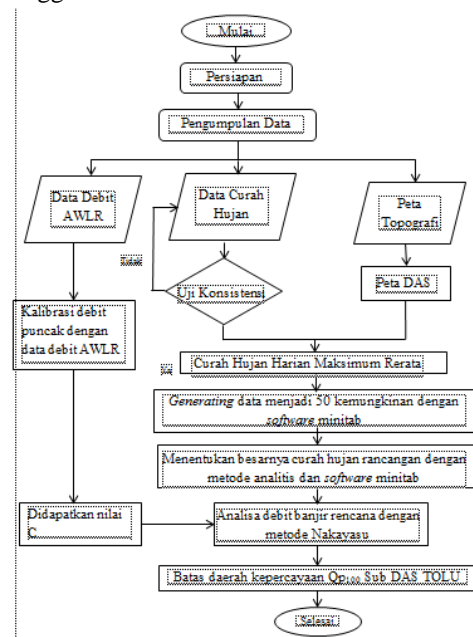
b. Data curah hujan

Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan selama 13 tahun (2002-2014) yang diperoleh dari BPTPH (Balai

Proteksi Tanaman Pangan dan Holtikultura) dan BISDA (Balai Informasi Sumber Daya Air). Adapun stasiun hujan terdekat yang berpengaruh pada DAS, yaitu stasiun hujan Keramabura, stasiun hujan Donggo, dan stasiun hujan Rababaka.

c. Data debit AWLR

Data debit AWLR yang digunakan adalah data debit sungai Matua dari tahun 2002-2014 yang diperoleh dari stasiun Matua. Data ini dikelola oleh Balai Informasi Sumber Daya Air Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Nusa Tenggara Barat.



Gambar 3 Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalibrasi debit hasil simulasi dengan observasi

1. Metode Nakayasu

Kalibrasi dilakukan dengan mengubah data curah hujan harian pada tanggal yang telah ditetapkan menjadi data curah hujan jam-jam dengan metode Mononobe, kemudian analisis debit puncak banjir dilakukan dengan metode Nakayasu untuk mendapatkan nilai C

Tabel 2 debit hasil kalibrasi

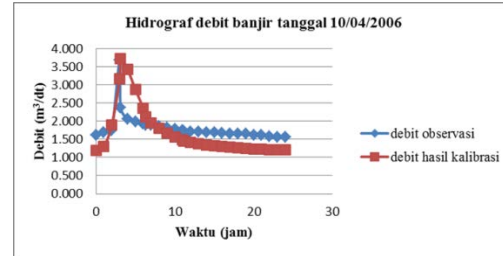
waktu (jam)	debit (m ³ /dt)			
	10/4/2006	13/12/2006	19/01/2007	17/12/2007
0	1,182	1,182	1,182	1,182
1	1,309	1,396	1,300	1,393
2	1,887	2,368	1,840	2,355
3	3,160	4,506	3,026	4,471
3,122	3,725	5,456	3,553	5,412
4	3,423	4,948	3,271	4,909
5	2,871	4,021	2,757	3,991
6	2,353	3,150	2,274	3,129
6,323	2,118	2,755	2,054	2,738
7	1,951	2,475	1,899	2,461
8	1,803	2,227	1,761	2,216
9	1,673	2,007	1,639	1,998
10	1,564	1,824	1,538	1,817
11	1,479	1,681	1,459	1,676
11,126	1,448	1,629	1,430	1,624
12	1,410	1,566	1,395	1,562
13	1,376	1,509	1,363	1,506
14	1,344	1,454	1,333	1,451
15	1,316	1,407	1,307	1,405
16	1,293	1,369	1,285	1,367
17	1,274	1,337	1,268	1,335
18	1,258	1,310	1,253	1,309
19	1,245	1,288	1,241	1,287
20	1,234	1,270	1,230	1,269
21	1,225	1,255	1,222	1,254
22	1,218	1,242	1,215	1,241
23	1,211	1,232	1,209	1,231
24	1,206	1,223	1,205	1,223
nilai C	0,030	0,140	0,040	0,040

Tabel 3 debit hasil observasi

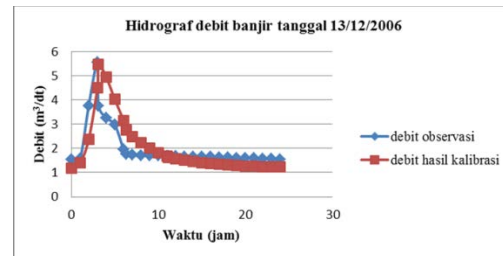
waktu (jam)	debit (m ³ /dt)			
	10/4/2006	13/12/2006	19/01/2007	17/12/2007
0	1.182	1.182	1.182	1.182
1	1.309	1.396	1.300	1.393
2	1.887	2.368	1.840	2.355
3	3.160	4.506	3.026	4.471
3.122	3.725	5.456	3.553	5.412
4	3.423	4.948	3.271	4.909
5	2.871	4.021	2.757	3.991
6	2.353	3.150	2.274	3.129
6.323	2.118	2.755	2.054	2.738
7	1.951	2.475	1.899	2.461
8	1.803	2.227	1.761	2.216
9	1.673	2.007	1.639	1.998
10	1.564	1.824	1.538	1.817
11	1.479	1.681	1.459	1.676
11,12	1.448	1.629	1.430	1.624
12	1.410	1.566	1.395	1.562
13	1.376	1.509	1.363	1.506
14	1.344	1.454	1.333	1.451
15	1.316	1.407	1.307	1.405
16	1.293	1.369	1.285	1.367
17	1.274	1.337	1.268	1.335
18	1.258	1.310	1.253	1.309
19	1.245	1.288	1.241	1.287
20	1.234	1.270	1.230	1.269
21	1.225	1.255	1.222	1.254
22	1.218	1.242	1.215	1.241
23	1.211	1.232	1.209	1.231
24	1.206	1.223	1.205	1.223
nilai C	0.030	0.140	0.040	0.040
nilai NSE	-0.646	0.409	-0.179	0.425
nilai r	0.730	0.802	0.947	0.920
nilai c rerata	0.090			

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, diambil nilai C dengan nilai NSE > 0,36 dan nilai

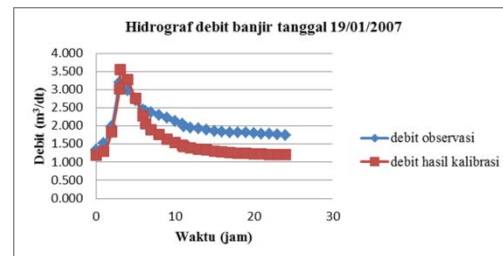
korelasi > 0,5 sehingga yang memenuhi syarat yakni hasil kalibrasi tanggal 13/12/2006 dan 17/12/2007.



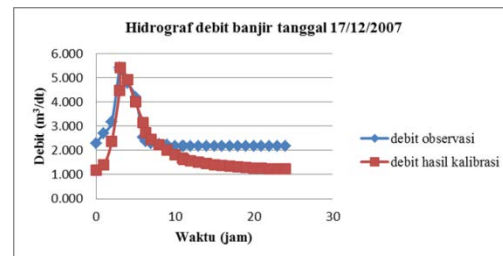
Gambar 4 Hidrograf debit banjir hasil kalibrasi tanggal 10/04/2006



Gambar 5 Hidrograf debit banjir hasil kalibrasi tanggal 13/12/2006



Gambar 6 Hidrograf debit banjir hasil kalibrasi tanggal 19/01/2007



Gambar 7 Hidrograf debit banjir hasil kalibrasi tanggal 17/12/2007

Pembangkitan data curah hujan maksimum rerata dengan bantuan *software* Minitab

Adapun langkah-langkah pengerjaannya sebagai berikut:

1. Menentukan jenis distribusi data asli CH Harian Maksimum Rerata dengan fungsi *IDI (Individual Distribution Identification)* diperoleh jenis distribusi yakni Lognormal
2. Melihat parameter statistik data berdistribusi Lognormal tersebut dengan fungsi *Display Descriptive Statistics*
3. Memasukan nilai parameter statistik ke dalam fungsi *Random Data*

Tabel 5 data asli CH harian maksimum rerata

Tahun	CH Maks (mm)	Tahun	CH Maks (mm)
2002	33.113	2008	39.872
2003	24.860	2009	22.658
2004	23.252	2010	13.291
2005	30.379	2012	18.987
2006	37.012	2013	100.379
2007	22.885	2014	48.608

Tabel 6 Data curah hujan hasil bangkitan dengan *software* Minitab

no	1	2	3	4	5	6
1	43.2	30.9	37.2	36.0	44.5	21.7
2	22.4	84.1	7.7	36.4	20.2	44.8
3	65.8	45.1	26.9	25.4	39.2	16.5
4	27.8	54.8	13.9	10.8	17.3	37.8
5	35.9	13.1	40.7	28.2	23.6	65.5
6	44.1	52.7	29.3	60.7	27.2	16.5
7	22.7	94.3	25.0	9.8	13.2	28.4
8	34.2	37.3	39.7	38.9	37.5	38.6
9	20.4	63.1	38.8	52.5	86.8	17.2
10	28.6	19.2	45.2	69.8	27.5	34.2
11	22.1	52.5	20.7	22.8	53.7	35.2
12	47.7	45.4	44.9	94.1	43.6	44.9
no	7	8	9	10	11	12
1	24.8	20.0	27.2	88.1	19.4	76.6
2	30.6	12.9	63.6	86.9	26.4	50.7
3	27.1	58.1	67.3	24.6	31.0	44.0
4	68.7	43.6	20.5	18.7	28.3	23.6
5	42.3	15.5	28.9	54.9	112.3	24.8
6	55.7	30.1	22.8	25.0	38.1	9.0
7	17.2	14.8	50.3	27.3	28.5	18.2
8	43.2	54.1	32.7	16.3	35.2	26.2
9	32.7	28.5	46.3	38.0	62.9	11.1
10	36.4	28.7	28.0	33.2	27.6	9.9
11	20.8	56.4	22.5	191.6	34.2	23.5
12	50.3	41.1	52.2	26.6	40.1	23.0
no	13	14	15	16	17	18
1	26.8	32.4	45.6	16.5	15.9	12.2
2	19.6	75.7	36.1	32.9	25.7	30.9
3	17.9	51.3	15.5	45.8	16.3	23.4

4	51.5	17.1	25.7	93.0	17.4	18.4
5	27.3	18.0	49.4	15.5	17.0	31.3
6	27.7	56.9	22.0	53.1	34.8	17.9
7	13.6	35.3	18.9	21.0	30.0	21.6
8	45.2	25.9	25.7	19.2	24.2	61.0
9	17.0	32.2	26.9	37.9	38.6	32.8
10	14.7	43.0	31.3	34.2	25.4	52.3
11	15.7	39.7	32.0	14.9	16.0	56.4
12	23.2	55.0	75.7	43.7	30.2	20.9
no	19	20	21	22	23	24
1	50.2	10.3	14.3	70.6	23.0	34.3
2	8.2	42.5	54.7	28.7	18.4	69.7
3	24.1	25.7	87.7	19.7	17.6	42.8
4	21.6	20.3	17.5	32.2	16.1	27.3
5	21.7	52.7	57.2	29.4	34.3	33.7
6	40.3	61.6	35.4	37.6	60.2	30.0
7	39.1	34.2	50.1	26.4	28.0	17.4
8	43.9	31.4	74.5	48.4	39.1	35.8
9	28.2	44.1	25.9	30.8	34.7	41.4
10	32.7	43.2	29.7	46.9	75.7	37.1
11	25.0	21.0	38.3	45.8	24.0	28.1
12	43.8	16.3	23.0	14.4	27.6	42.1
no	25	26	27	28	29	30
1	16.7	34.6	44.7	42.8	35.3	60.0
2	25.3	62.8	48.3	37.3	27.7	21.2
3	26.8	42.7	26.0	30.5	52.8	44.3
4	28.6	33.2	25.0	19.3	31.9	17.9
5	40.5	43.9	29.3	43.0	13.6	23.7
6	32.5	25.4	14.8	83.8	37.4	26.4
7	17.7	91.7	63.4	16.9	38.6	40.9
8	16.1	11.8	33.4	30.9	15.7	35.6
9	40.6	49.7	44.7	57.7	32.4	29.7
10	38.3	13.1	49.0	26.6	13.3	61.4
11	26.9	73.7	15.4	144.0	15.5	11.2
12	41.6	44.8	56.5	37.7	39.1	51.3
no	31	32	33	34	35	36
1	46.5	21.6	28.2	35.9	52.9	18.2
2	23.1	11.7	25.6	29.4	36.7	18.0
3	158.0	33.8	86.8	26.5	22.7	91.0
4	28.4	21.0	54.5	21.9	33.9	26.2
5	23.0	20.5	26.5	27.8	13.2	80.5
6	26.4	39.6	97.9	28.8	31.5	40.7
7	29.3	32.0	50.3	47.3	18.7	29.3
8	31.7	38.5	15.1	52.1	28.1	27.5
9	49.1	21.8	15.1	36.4	25.0	47.6
10	19.7	27.7	40.6	48.3	43.9	71.5
11	20.9	54.4	48.1	27.6	62.7	71.1
12	41.7	136.8	21.9	18.0	49.5	28.3
no	37	38	39	40	41	42
1	13.0	28.8	33.7	71.9	16.4	56.8
2	46.7	27.3	50.7	46.0	33.4	47.1
3	55.6	20.7	15.9	16.1	24.5	12.6
4	48.0	23.0	25.7	35.5	31.6	16.4
5	23.9	19.2	53.6	19.7	21.2	27.1
6	26.2	15.8	16.6	12.0	35.2	31.7
7	18.5	25.3	15.1	31.3	39.1	20.5
8	29.0	32.5	47.5	25.6	54.4	84.4
9	14.2	84.2	55.6	63.9	20.7	21.6
10	102.2	22.8	14.2	64.6	31.2	23.8
11	43.6	49.5	27.8	22.5	44.5	22.4
12	90.8	51.0	31.4	35.9	16.7	91.8
no	43	44	45	46	47	48
1	18.4	22.1	33.7	23.9	78.2	20.2
2	24.1	57.6	51.4	49.3	74.2	16.4
3	39.2	36.4	27.1	29.2	44.7	49.7
4	20.2	36.8	109.7	26.6	31.2	66.3
5	27.6	38.8	41.5	27.4	38.3	47.7
6	26.4	30.0	8.9	40.7	27.1	20.8
7	23.9	30.3	28.5	32.1	27.8	24.3
8	28.7	26.0	28.1	39.8	42.8	26.6
9	33.3	63.6	35.6	12.3	31.7	8.9
10	43.1	53.8	12.0	16.2	31.0	44.8

11	10.2	19.6	26.7	49.5	38.9	44.4
12	41.5	50.2	49.9	31.6	13.3	80.5
no	49	50				
1	31.1	27.1				
2	75.0	21.2				
3	19.4	31.3				
4	34.1	25.5				
5	39.3	49.0				
6	21.0	49.6				
7	50.0	23.3				
8	20.1	19.4				
9	48.9	47.5				
10	72.1	24.6				
11	36.3	35.6				
12	33.2	42.2				

Analisis Frekwensi

1. Mencari CHR₁₀₀ menggunakan *software* Minitab dengan fungsi *probability plot*
2. Mencari CHR₁₀₀ secara analitis menggunakan distribusi Lognormal

Tabel 7 Curah Hujan Rancangan 100 tahun

no	CHR ¹⁰⁰ (mm)	
	<i>software</i> Minitab	<i>Manual</i>
1	76.572	77.803
2	162.892	128.581
3	161.579	147.884
4	165.599	128.824
5	108.269	105.815
6	87.003	80.923
7	90.641	86.296
8	104.713	89.578
9	94.900	92.470
10	218.551	247.225
11	88.927	99.294
12	106.331	100.509
13	61.593	65.195
14	105.743	96.077
15	85.240	89.328
16	115.695	114.918
17	49.273	48.320
18	90.551	86.965
19	90.749	70.139
20	102.301	85.114
21	137.570	121.237
22	89.542	84.827
23	90.006	95.264
24	75.256	75.757
25	62.681	58.114
26	160.867	124.555
27	104.595	88.665
28	158.602	178.341
29	72.192	68.306
30	105.765	89.845
31	111.162	104.543
32	130.087	164.127
33	150.047	138.372
34	67.592	66.368
35	92.043	83.019
36	150.765	135.924
37	165.984	147.408
38	90.506	101.508
39	96.776	85.535
40	122.213	106.983
41	70.071	67.201
42	136.999	135.521

43	67.043	58.504
44	88.171	84.013
45	143.028	132.721
46	77.512	68.110
47	107.523	102.597
48	141.062	113.169
49	104.830	101.390
50	69.227	67.924

Analisis debit puncak banjir rencana dengan kala ulang 100 tahun menggunakan Metode Nakayasu

1. Berdasarkan CHR₁₀₀ dari *software* Minitab
2. Berdasarkan CHR₁₀₀ dari perhitungan secara analitis

Tabel 8 debit puncak banjir hasil analisa

no	debit puncak (m ³ /dt)		no	debit puncak (m ³ /dt)	
	<i>software</i> Minitab	<i>Analitis</i>		<i>software</i> Minitab	<i>Analitis</i>
1	8.248	8.380	26	17.246	13.370
2	17.462	13.800	27	11.240	9.539
3	17.322	15.860	28	17.004	19.111
4	17.751	13.826	29	7.781	7.366
5	11.632	11.370	30	11.364	9.665
6	9.632	8.713	31	11.940	11.234
7	9.750	9.286	32	13.961	17.594
8	11.252	9.637	33	16.091	14.845
9	10.205	9.945	34	7.290	7.159
10	23.404	26.464	35	9.900	8.936
11	9.567	10.674	36	16.168	14.584
12	11.425	10.803	37	17.792	15.810
13	17.322	15.860	38	9.736	10.910
14	11.236	10.330	39	10.377	9.309
15	9.713	9.610	40	13.120	11.494
16	12.424	12.341	41	7.554	7.248
17	5.334	5.232	42	14.698	14.541
18	9.740	9.358	43	7.231	6.320
19	9.762	7.562	44	9.486	9.042
20	10.995	9.160	45	15.342	14.244
21	14.759	13.016	46	8.349	7.345
22	9.633	9.129	47	11.552	11.026
23	9.682	10.244	48	15.132	12.155
24	8.108	8.161	49	11.265	10.897
25	6.765	6.278	50	7.464	7.325

Pada tabel di atas dapat dilihat perbedaan hasil debit puncak kala ulang 100 tahun akibat perbedaan metode dalam mencari CHR₁₀₀ tahun. Hasilnya tidak berbeda jauh. Selisih rata-rata besaran debit puncak yakni 8.56%

Batas daerah kepercayaan debit puncak kala ulang 100 tahun (Qp₁₀₀)

Batas daerah kepercayaan Qp₁₀₀ yakni:

Untuk CHR₁₀₀ dengan bantuan *software* Minitab

$$\bar{x} - t\alpha \frac{s}{\sqrt{N}} < \mu < \bar{x} + t\alpha \frac{s}{\sqrt{N}}$$

$$11,844 - 1,96 \frac{3,770}{\sqrt{50}} < \mu < 11,844 + 1,96 \frac{3,770}{\sqrt{50}}$$

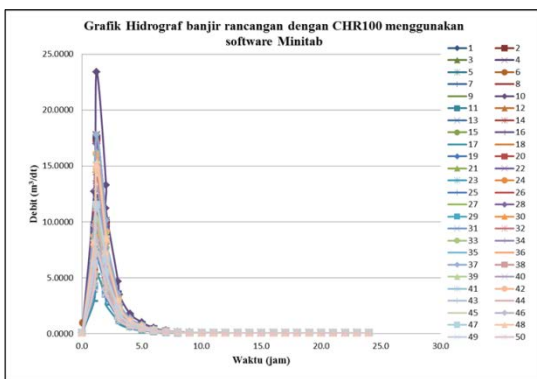
$$10,799 < \mu < 12,889 \text{ (m}^3/\text{dt)}$$

$$\Delta \text{ (selisih interval)} = 12,889 - 10,799 \\ = 2,090$$

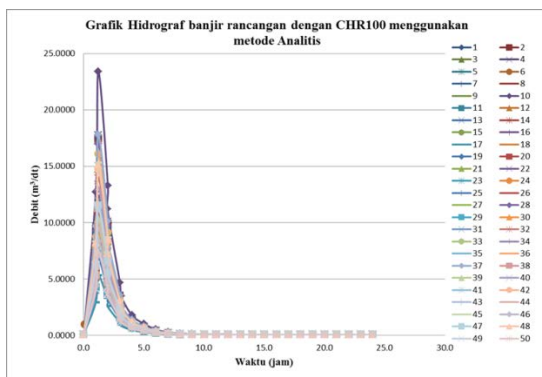
Dengan cara yang sama, didapatkan interval kepercayaan debit puncak dengan metode analitis yakni sebesar :

$$10,067 < \mu < 12,177 \text{ (m}^3/\text{dt)}$$

$$\Delta \text{ (selisih interval)} = 2,110$$



Gambar 8 Hidrograf Q_{p100} dengan CHR_{100} menggunakan *software* Minitab



Gambar 9 Hidrograf Q_{p100} dengan CHR_{100} menggunakan cara analitis

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari hasil analisis pada bab pembahasan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk nilai debit puncak banjir menggunakan metode Nakayasu terdapat dalam tabel 8. Selisih nilai hasil analisis debit puncak banjir yang menggunakan bantuan *software* minitab dengan analitis sebesar 8.56%. Selisih sangat kecil sehingga lebih baik dipakai bantuan *software* untuk mempercepat pekerjaan.
2. Nilai C yang dipakai untuk analisa Q_{p100} pada Sub DAS tolu sebesar 0,09 yang diperoleh berdasarkan metode Nakayasu
3. Nilai batas daerah kepercayaan Q_{p100} yang menggunakan bantuan *software* Minitab adalah $10,799 < \mu < 12,889$ (m^3/dt) dengan Δ batas daerah kepercayaan sebesar 2,090 (m^3/dt), sedangkan untuk metode analitis sebesar $10,067 < \mu < 12,177$ (m^3/dt) dengan Δ batas daerah kepercayaan sebesar 2,110. Perbedaan pada hasil pada kedua metode tersebut sangat dekat.

SARAN

1. Pentingnya mempelajari *software* – *software* tertentu untuk penelitian – penelitian seperti ini agar memudahkan peneliti saat berhadapan dengan data yang banyak.
2. Perlunya pembenahan terhadap pos-pos pengamatan stasiun hujan dan debit banjir agar data yang didapat menjadi

lebih konsisten dan lengkap agar memudahkan peneliti dalam proses kalibrasi.

DAFTAR PUSTAKA

Afrizal, Arief Nur. 2014. "Hidrograf Satuan Sintetik". (Online). https://www.academia.edu/7651308/HIDROGRAF_SATUAN_SINTETIK_HSS_synthetic_unit_of_hydrograph (diunduh pada tanggal 12 Agustus 2015)

Asdak, Chay. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Harto, Sri. 1993. *Analisa Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Kesuma, Raras Phusty, Agus Hari Wahyudi, dan Suyanto. 2013. "Aplikasi Metode Mock, NRECA, Tank Model, dan Rainrun di Bendung Trani, Wonoto, Sudangan dan Walikan". *E-Journal MATRIKS Teknik Sipil*. Vol 1. No.4

Moriasi, D. N., et al. 2007. "Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations". *Transaction of the ASABE*. Vol. 50(3): 885-900.

Soemarto, C.D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Edisi ke-2. Surabaya: Usaha Nasional.

Soewarno, 1995 : *Hidrologi, Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Bandung: Nova

Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.

