

ANALISIS KAPASITAS PENAMPANG SUNGAI ONGKAG DUMOGA DENGAN METODE HSS ITB DAN HEC-RAS

Febrian Taslim

Sukarno, Liany A. Hendratta

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email : taslimfebrian3@gmail.com

ABSTRAK

Sungai Ongkag merupakan sungai jenis sungai parenial yang ada di Kabupaten Bolaang Mongondow yang pernah meluap dan membanjiri Kawasan yang berada langsung di hilir sungai. Kawasan sekitar hilir tersebut sebagian merupakan tempat pemukiman masyarakat dan jalan sebagai sarana masyarakat, maka dari itu perlu dibutuhkan analisis debit banjir dan tinggi muka air untuk mengetahui keadaan debit pada saat terjadinya musim hujan.

Metode penelitian dilakukan analisis hidrologi, pemetaan Geodesi, dan analisis hidrolika pada segmen sungai yang ditinjau. Hasil analisis menunjukkan simulasi debit banjir rencana pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun dan tinggi Muka Air banjir. Analisis Curah hujan dilakukan dengan mencari frekuensi hujan menggunakan metode Log Person III. Adapun data hujan yang digunakan adalah data hujan sekunder yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I (BWSS-1) Manado, Sulawesi Utara yang berupa data curah hujan maksimum dari tahun 2008 s/d 2017.

Perhitungan Debit banjir menggunakan Metode HSS ITB yang di kalibrasikan dengan debit terukur untuk menghitung kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun pada sungai Ongkag Dumoga. Hasil kala ulang banjir di simulasikan melalui program HEC-RAS.

Kata Kunci: Analisis Hidrologi, Debit Banjir Rencana, Tinggi Muka Air Banjir, HEC-RAS.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan pokok bagi setiap makhluk hidup yang berfungsi sebagai sarana penunjang kehidupan baik dalam bidang irigasi, Pengembangan Sumber Daya Air, Pembangkit tenaga listrik, bidang Industri, dan lain Sebagainya. Selain manfaat air sangat besar, air juga berpotensi menyebabkan bencana yang mengganggu aktivitas manusia seperti halnya bencana banjir.

Banjir merupakan suatu peristiwa biasanya terjadi karena luapan sungai-sungai, waduk, danau, dan menggenangi dataran rendah atau cekungan yang biasanya tidak terendam air. Banjir juga dapat terjadi bukan karena luapan tetapi air hujan yang terperangkap dalam suatu cekungan yang menjadi genangan. Banjir dapat terjadi pada setiap kejadian hujan, musim penghujan atau beberapa kali musim hujan.

Sungai Ongkag Dumoga adalah sungai yang berada di provinsi Sulawesi Utara, dan terletak di Kabupaten Bolaang Mongondow. Sungai Ongkag Dumoga mengalir dari

sumber air yang ada di Gunung Tumpa Kabupaten Bolaang Mongondow kemudian masuk dalam wilayah Taman Nasional Dumoga Bone. Sungai ini menjadi hulu dari beberapa sungai kecil, selanjutnya bertemu dengan Sungai Ongkag Mongondow (Sungai Tanoyan) di Kecamatan Bolaang dan bermuara di pantai Inobonto Kabupaten Bolaang Mongondow.

Akibat dari intensitas curah hujan yang sangat tinggi menyebabkan meluapnya air di Sungai Ongkag Dumoga hingga merendam beberapa titik di Kabupaten Bolaang Mongondow. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya debit banjir yang dihasilkan akibat dari intensitas curah hujan yang tinggi pada kapasitas penampang Sungai Ongkag Dumoga.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan masalah pada saat hujan dengan intensitas tinggi terjadi, debit air sungai Ongkag Dumoga akan meluap dan menyebabkan banjir, sehingga perlu dilakukan analisis kapasitas penampang sungai Ongkag Dumoga sebagai acuan untuk

melakukan pengendalian banjir di Sungai Ongkag Dumoga.

Pembatasan Penelitian

1. Melakukan analisis debit banjir untuk periode ulang dibatasi pada 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun dengan data hujan stasiun.
2. Analisis Hidrolika Meliputi tinggi dan lebar permukaan air banjir rencana pada alur sungai yang dialihkan dihitung dengan bantuan aplikasi HEC-RAS.
3. Penampang melintang sungai ditinjau pada interval sepanjang 600 m yang berjarak 50 m antara potongan.
4. Penyelidikan Sedimentasi sungai tidak dilakukan dalam studi ini.
5. Data-data lain yang dibutuhkan menggunakan data sekunder.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi pada tinggi permukaan air banjir rencana disungai Ongkag Dumoga didesa Totabuan Kecamatan Lolak kabupaten Bolaang Mongondow dengan menggunakan Metode Hidrograph Satuan Sintesis (HSS) ITB.

Manfaat Penelitian

1. Sebagai pustaka yang dapat digunakan untuk menjadi pedoman bagi pihak-pihak yang membutuhkan.
2. Hasil penelitian dapat dijadikan sebagai bahan informasi bagi instansi yang berwenang dalam melakukan penanggulangan masalah banjir di wilayah sungai Ongkag Dumoga.
3. Dapat menjadi bahan referensi bagi peneliti-peneliti berikutnya dalam pembuatan karya ilmiah.

LANDASAN TEORI

Siklus Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebarannya, sifat – sifatnya dan hubungan dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup (*Triatmodjo, 2008:1*). Siklus hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi.

Air di permukaan tanah, sungai, danau, dan air laut menguap ke udara.

Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) (catchment, basin, watershed) merupakan daerah dimana semua airnya mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi, yaitu merupakan tempat tertinggi (punggung bukit) sehingga air hujan yang jatuh didalamnya akan selalu menuju tempat hilirnya (bagian yang lebih rendah).

Analisis Hidrologi

Hidrologi adalah suatu bagian analisis awal dalam perencanaan bangunan-bangunan hidraulik. Di dalam hidrologi, salah satu aspek analisis yang diharapkan dihasilkan untuk menunjang perancangan-perancangan bangunan hidrolik adalah penetapan besaran-besaran rancangan, baik hujan, banjir maupun hidrologi lainnya. Hal ini merupakan satu masalah yang cukup rumit, karena disatu pihak dituntut hasil yang memadai, namun di pihak lain sarana yang diperlukan untuk itu sering tidak memadai. Analisis hidrologi diperlukan untuk menentukan debit banjir berdasarkan kala ulang, perhitungan profil tinggi muka air banjir dan estimasi kedalaman gerusan dasar sungai.

Analisis Curah Hujan Rata-Rata

Untuk mendapatkan curah hujan rata-rata dari hasil pengukuran hujan di beberapa stasiun pengukuran, ada beberapa metode perhitungan.

a. Metode Aljabar

Metode ini adalah yang paling sederhana untuk menghitung hujan rata-rata pada suatu daerah. Pengukuran ini dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah stasiun.

b. Metode Poligon Thiessen

Curah hujan rata-rata dengan cara polygon Thiessen dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

c. Koefisien Variasi

Isohyet adalah garis yang menghubungkan titik –titik dengan keadaan hujan yang sama, metode isohyet, dianggap hujan pada suatu daerah di antara dua garis

isohyet adalah merata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis isohyet.

Analisis Parameter Statistik

Analisis parameter statistik yang digunakan dalam analisis data hidrologi yaitu: *central tendency*, standar deviasi, koefisien variasi, kemencengan (*skewness*) dan koefisien puncak.

Uji Kualitas Data

Syarat untuk pengujian data outlier berdasarkan koefisien skewness (C_{slog}). Bila $C_{slog} \geq 0,4$, maka : uji data outlier tinggi, koreksi data, uji data outlier rendah, koreksi data. Bila $C_{slog} \leq -0,4$, maka : uji data outlier rendah, koreksi data, uji data outlier tinggi, koreksi data. Jika $-0,4 \leq C_{slog} \leq 0,4$, maka : uji data outlier tinggi dan rendah, koreksi data

a. Uji Data Outlier Tinggi

$$\log X_h = \log X + K_n S_{log}$$

b. Uji Data Outlier Rendah

$$\log X_l = \log X - K_n S_{log}$$

Analisis Curah Hujan Rancangan

a. Distribusi Normal

$$X_{TR} = \bar{X} + S \cdot K_T$$

b. Distribusi Gumbel

$$X_{TR} = \bar{X} + S \cdot K_{TR}$$

c. Distribusi Log Normal 2 Parameter

$$\log X_{TR} = \log \bar{X} + S_{log} \cdot K$$

d. Distribusi Log Pearson Tipe III

$$\log X_{TR} = \log \bar{X} + S_{log} \cdot K_{TR,CS}$$

Penentuan Distribusi Dengan Uji Kecocokan

Untuk menentukan kecocokan distribusi frekwensi dilakukan uji kecocokan dengan menggunakan dua metode yaitu uji metode Chi-Kuadrat dan metode Smirnov-Kolmogorov.

a. Chi - Kuadrat

$$\chi^2_{hitung} = \sum_{i=1}^K \frac{(EF - OF)^2}{EF}$$

b. Uji Smirnov - Kolmogorov

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$

Hidrograf Satuan

Hidrograf satuan didefinisikan sebagai hidrograf limpasan langsung (tanpa aliran dasar) yang tercatat di ujung hilir DAS yang ditimbulkan oleh hujan efektif sebesar 1 mm yang terjadi secara merata di permukaan DAS dengan intensitas tetap dalam suatu durasi tertentu (Triadmodjo, 2008).

Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) ITB

Konsep dasar perhitungan hidrograf satuan sintetis dengan cara ITB, pertama kali dipublikasikan oleh Dantje K. Natakusumah dalam Seminar Nasional Teknik Sumber Daya Air di Bandung, 2009. Selanjutnya melalui program riset peningkatan kapasitas ITB 2010, metoda tersebut selanjutnya dikembangkan lebih jauh oleh D.K. Natakusumah (ITB), W.Hatmoko (Puslitbang Air, Kementrian Pekerjaan Umum) dan Dhemi Harlan (ITB).

Analisis Hidrolika

Analisis debit banjir berdasarkan kala ulang dengan menggunakan metode yang ada, dan hasil dari debit banjir berdasarkan kala ulang tersebut akan dilakukan analisis hidrolika dengan menggunakan aplikasi atau *software HEC-RAS* sehingga dapat diketahui profil muka air banjir, dan estimasi kedalaman gerusan dasar sungai.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian secara administrasi terletak di desa Totabuan Kecamatan Lolak Kabupaten Bolaang Mongondow dan secara Geografis terletak pada $0^{\circ}47'19.6''$ Lintang Utara ; $124^{\circ}06'22.7''$ Bujur Timur.

Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder.

a. Data Primer

Data Primer merupakan data yang diperoleh langsung dari lokasi penelitian, dengan pengukuran, pengamatan dan wawancara.

b. Data Sekunder

Data Sekunder merupakan data yang di peroleh dari instansi-instansi dan pihak-pihak

yang dianggap perlu, serta dapat di peroleh dari literatur, laporan atau catatan dari pihak yang berhubungan dengan penelitian.

Analisis Data

a. Analisis Hidrologi

Data curah hujan yang telah diperoleh dari stasiun curah hujan menghasilkan data curah hujan rata-rata, setelah itu dilakukan perhitungan curah hujan rencana berdasarkan Distribusi Probabilitas dan dilanjutkan dengan menghitung intensitas curah hujan rancangan serta menghitung debit banjir rencana.

b. Analisis Hidrolika

Analisis debit banjir berdasarkan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun dengan menggunakan metode yang ada, dan hasil dari debit banjir berdasarkan kala ulang tersebut akan dilakukan analisis hidrolika dengan menggunakan aplikasi HEC-RAS sehingga dapat diketahui profil muka air banjir, dan estimasi dasar sungai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

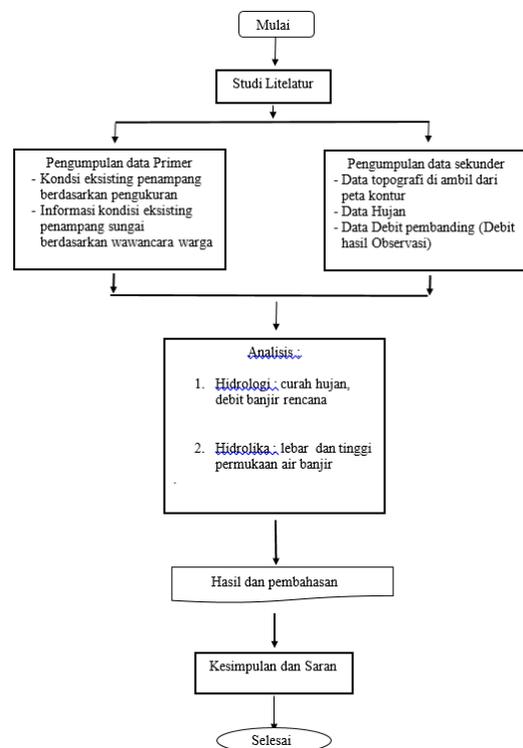
Analisis Daerah Aliran Sungai

Analisis daerah aliran sungai (DAS) dilakukan untuk mengetahui luas DAS Ongkag Dumoga. Perhitungan luas DAS dilakukan dengan bantuan program komputer *Google Earth & Global Mapper* dengan menggunakan data yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi-I. Sehingga diperoleh luas DAS Ongkag Dumoga sebesar 1.158,0164 Km².



Gambar 2. DAS Ongkag Dumoga
Sumber : Balai Wilayah Sungai Sulawesi I (BWSSI)

Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Data Curah Hujan

Data curah hujan dan Debit terukur yang diperoleh merupakan data sekunder yang berasal dari BWSS I (Balai Wilayah Sungai Sulawesi I) Provinsi Sulawesi utara dengan durasi pengamatan selama 10 tahun (2008 – 2017). Berikut merupakan data curah hujan.

Tabel 1. Data Curah Hujan

Tahun	Stasiun			
	Toraut (mm)	Konarom (mm)	Matayangan (mm)	Pusian (mm)
2008	70.5	68.2	95.5	158.2
2009	70.7	109.5	71	96.3
2010	108.5	49.5	174.4	64.5
2011	92	96.7	239.6	160
2012	170.3	119.7	157.5	58
2013	115.5	126.8	206	50.2
2014	53.5	85.3	101	120.4
2015	56	72.7	53	31
2016	105	95	98.5	88.4
2017	94.4	85	113	71

Sumber: Balai Wilayah Sungai Sulawesi I (BWSSI)

Analisis Curah Hujan Metode Poligon Thiessen

Analisis Curah Hujan rerata digunakan untuk mendapatkan nilai dari hasil daerah luas pengaruh Perhitungan digunakan Metode Poligon Thiessen dimana:

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

Untuk A didapat:

A1 : 437.577 km²

A2 : 312.4 km²

A3 : 117.0256 km²

A4 : 300.013 km²

Maka Hasil Analisis sebagai berikut :

Tabel 2. Analisis Curah Hujan Rerata Maksimum

Tahun	Stasiun				A1 (km ²)	A2 (km ²)	A3 (km ²)	A4 (km ²)	R (mm)
	Toront	Konwrom	Matayamean	Pusian					
2008	70.5	68.2	95.5	158.2	437.577	312.4	117.026	300.013	94.94
2009	70.7	109.5	71	96.3					87.7
2010	108.5	49.5	174.4	64.5					88
2011	92	96.7	239.6	160					125.54
2012	170.3	119.7	157.5	58					126.6
2013	115.5	126.8	206	50.2					110.81
2014	53.5	85.3	101	120.4					83.97
2015	56	72.7	53	31					65
2016	105	95	98.5	88.4					97.4
2017	94.4	85	113	71					87.73

Analisis Kualitas Data

a. Rata-rata (*central tendency*)

$$\log \bar{X} = \frac{\sum \log x_i}{n} = 1,978 \text{ mm}$$

b. Standar deviasi data pengamatan

$$Slog = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \log(x_i - \bar{x})^2} = 0,167$$

c. Koefisien skweness data pengamatan

$$Cslog = \frac{n \sum \log(x_i - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)Slog^3} = -0,16$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh Cslog= -0,16 > -0,4 maka uji outlier tinggi terlebih dahulu lalu uji outlier rendah.

Berdasarkan Tabel 2 diketahui : $X_{i_{min}} = 65$ dan $X_{i_{max}} = 126.6$ (untuk jumlah data 10 nilai Kn = 2,036 berdasarkan tabel).

Juji outlier rendah

$$\log X_l = \log \bar{X} - Kn \times Slog$$

$$\log X_l = 1,978 - 2,036 \times 0,087$$

$$\log X_l = 1,80054$$

$$X_l = 63,17$$

Karena $X_{min} > X_l = 63,17 > 63,2$
 Karena $X_{min} > X_l$ maka tidak ada data outlier rendah

Juji outlier tinggi

$$\log X_h = \log \bar{X} + Kn \times Slog$$

$$\log X_h = 1,9779 + 2,036 \times 0,087$$

$$\log X_h = 2,155364195$$

$$X_h = 143,0$$

Karena $X_{max} < X_h$ maka tidak ada data outlier tinggi

Analisis Data Probabilitas Curah hujan

a. Rata – rata (*central tendency*)

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n} = 96,77038 \text{ mm}$$

$$\log \bar{X} = \frac{\sum \log x_i}{n} = 1,978 \text{ mm}$$

b. Standar deviasi data pengamatan

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 19,243$$

$$Slog = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \log(x_i - \bar{x})^2} = 0,087$$

c. Koefisien variasi

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} = 0,277$$

$$CVlog = \frac{Slog}{\log \bar{X}} = 0,044$$

d. Koefisien skweness data pengamatan

$$Cs = \frac{n \sum (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3} = 0,33$$

$$Cslog = \frac{n \sum (\log x_i - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)Slog^3} = -0,16$$

e. Koefisien kurtosis data pengamatan

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4$$

$$Ck = \frac{10^2}{(10-1)(10-2)(10-3)19,243^4} \times 2580884,01$$

$$Ck = 3,7353$$

Analisis Curah Hujan Rancangan

Tabel 3. Hasil Analisis Curah Hujan Rancangan

Tr	1/Tr(%)	Log \bar{x}	Slog	Cs log	Kt	Log Xtr	Xtr
2	50	1.978	0.087137	-0.164	0.027305	1.980333	95.5724
5	20	1.978	0.087137	-0.164	0.845016	2.051586	112.612
10	10	1.978	0.087137	-0.164	1.262272	2.087944	122.446
25	4	1.978	0.087137	-0.164	1.692815	2.12546	133.493
50	2	1.978	0.087137	-0.164	1.964578	2.149141	140.975
100	1	1.978	0.087137	-0.164	2.204342	2.170033	147.922

ANALISIS DEBIT BANJIR

Pola Distribusi Hujan Jam–Jaman

Distribusi hujan jam-jaman merupakan pembagian intensitas hujan berdasarkan pola hujan suatu daerah. Dalam penelitian ini digunakan pola hujan Kabupaten Bolaang Mongondou dan sekitarnya. Pola distribusi hujan jam-jaman di Kabupaten Bolaang

Mongondow dan sekitarnya dalam waktu 4-6 jam (Kairupan, 2017).

Tabel 4. Pola Distribusi Hujan Kabupaten Bolaang Mongondow

Jam ke-	1	2	3	4	5	6
% Distribusi Hujan	33	28	15	9	6	5

Sumber: Kairupan, 2017

Hasil perhitungan untuk tiap kala ulang adalah sebagai berikut:

Kala Ulang 2 Tahun
 $P = 95,5724 \text{ mm}$

Tabel 5. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 2 Tahun

Jam ke-	1	2	3	4	5	6
% Distribusi Hujan	33	28	15	9	6	5
P(mm)	31.539	26.760	14.336	8.601	5.734	4.779

Kala Ulang 5 Tahun
 $P = 112,612 \text{ mm}$

Tabel 6. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 5 Tahun

Jam ke-	1	2	3	4	5	6
% Distribusi Hujan	33	28	15	9	6	5
P(mm)	37.162	31.531	16.892	10.135	6.757	5.631

Kala Ulang 10 Tahun
 $P = 122,446 \text{ mm}$

Tabel 7. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 10 Tahun

Jam ke-	1	2	3	4	5	6
% Distribusi Hujan	33	28	15	9	6	5
P(mm)	40.407	34.285	18.367	11.020	7.347	6.122

Kala Ulang 25 Tahun
 $P = 133,493 \text{ mm}$

Tabel 8. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 25 Tahun

Jam ke-	1	2	3	4	5	6
% Distribusi Hujan	33	28	15	9	6	5
P(mm)	44.053	37.378	20.024	12.014	8.010	6.675

Kala Ulang 50 Tahun
 $P = 140,975 \text{ mm}$

Tabel 9. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 50 Tahun

Jam ke-	1	2	3	4	5	6
% Distribusi Hujan	33	28	15	9	6	5
P(mm)	46.522	39.473	21.146	12.688	8.459	7.049

Kala Ulang 100 Tahun
 $P = 112,612 \text{ mm}$

Tabel 10. Distribusi Hujan Rencana Kala Ulang 100 Tahun

Jam ke-	1	2	3	4	5	6
% Distribusi Hujan	33	28	15	9	6	5
P(mm)	48.814	41.418	22.188	13.313	8.875	7.396

Hujan Efektif

Dari distribusi hujan jam-jaman yang telah diperoleh di atas, kemudian dihitung hujan efektif yang merupakan hujan yang menyebabkan limpasan langsung. Hujan efektif diperoleh dengan cara mengurangi hujan jam-jaman dengan indeks infiltrasi yang dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut :

$$Re = R - \Phi$$

Hasil perhitungan hujan efektif untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun dapat dilihat pada tabel

Tabel 11. Hujan Efektif pada Kala Ulang

2 TAHUN			5 TAHUN			10 TAHUN			25 TAHUN			50 TAHUN			100 TAHUN		
P	Φ	Re	P	Φ	Re	P	Φ	Re	P	Φ	Re	P	Φ	Re	P	Φ	Re
31.54	21.95	37.16	27.57	40.41	30.82	44.05	34.46	46.52	36.93	48.81	39.22	41.51	43.79	46.06	48.81	51.48	54.22
26.76	17.17	31.53	21.94	34.28	24.69	37.38	27.79	39.47	29.88	41.42	31.83	33.88	35.83	37.78	39.73	41.68	43.63
14.34	4.75	16.89	7.30	18.37	8.78	20.02	10.43	21.15	11.56	22.19	12.60	13.73	14.77	15.80	16.83	17.86	18.89
8.60	0.00	10.14	0.55	11.02	0.99	12.01	1.42	12.69	1.85	13.31	1.72	2.42	2.69	2.96	3.23	3.50	3.77
5.73	0.00	6.76	0.00	7.35	0.00	8.01	0.00	8.46	0.00	8.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.78	0.00	5.63	0.00	6.12	0.00	6.67	0.00	7.05	0.00	7.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Kalibrasi Model Metode HSS ITB

Kalibrasi model merupakan suatu proses mengoptimalkan atau secara sistematis menyesuaikan nilai parameter model untuk mendapatkan satu set parameter yang memberikan estimasi terbaik dari debit sungai yang diamati. Dengan kata lain, proses optimalisasi nilai parameter untuk meningkatkan koherensi antara respons hidrologi DAS yang teramati dan tersimulasi.

Dalam penelitian ini, Balai Wilayah Sungai Sulawesi I (BWSS-I) memiliki data hidrologi daerah yang diamati (data terukur). Kalibrasi model sangat bermanfaat dalam penetapan keefisien HSS yang lebih valid diantaranya (Penetapan: C_T dan C_P) untuk Metode HSS ITB.

Berikut merupakan data sekunder debit terukur yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I (BWSS1).

Tabel 12. Debit Terukur

Stasiun	Debit maksimum (m ³ /s)											
	Nama	Luas (km ²)	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Konarom	264,19	33.159	39.274	5.617	9.562	19.460	10.506	10.506	3.396	9.564	12.130	
Kosinggolan-Matayangan	131,53	91.693	17.501	56.646	81.898	42.781	83.087	18.512	9.740	39.059	33.752	
Toraut	257,64	27.812	17.463	32.676	45.080	35.669	49.483	95.067	44.805	78.683	154.537	
Pusian	126,03	104.636	7.271	6.967	21.646	24.041	17.030	71.083	4.451	12.986	24.028	
Σ =	779,39											

Sumber : Balai Wilayah Sungai Sulawesi I

Metode Analisis Regional

Data debit Sungai Ongkag dapat diperkirakan dengan cara metode analisis regional. Diperlukan data debit sungai terdekat dari lokasi pengukuran yang mempunyai daerah aliran sungai yang mirip kondisi fisiknya, sehingga debit sungainya dapat dibandingkan dengan perbandingan luas DAS. Berikut adalah data debit Pos Toraut pada tahun 2014

Tabel 13. Data Debit Pos Toraut Tahun 2014 (m³/s)

DEBIT TORAUT BENDUNG 2014												
DAY	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	11,03	6,98	6,20	7,82	10,34	9,67	8,12	6,98	9,67	5,47	8,72	7,54
2	9,67	6,72	5,95	9,67	10,34	11,75	7,82	6,98	9,67	5,47	8,72	6,98
3	13,66	6,46	5,71	8,41	9,35	14,89	11,39	6,72	9,03	5,24	11,39	14,89
4	10,68	6,46	5,71	6,46	8,41	12,88	9,35	6,72	8,72	5,24	10,00	9,03
5	9,67	6,46	5,71	5,95	6,98	9,35	8,72	6,72	8,41	5,24	8,41	7,54
6	9,67	6,46	5,71	5,95	6,98	9,03	8,41	9,35	8,12	5,24	7,82	7,82
7	9,67	6,46	5,47	5,95	6,72	9,03	7,82	7,54	7,82	5,24	7,54	8,72
8	10,68	6,46	5,47	5,95	6,46	12,12	7,82	6,98	9,67	5,01	14,07	7,26
9	9,67	6,98	5,24	5,95	6,20	9,67	7,26	6,98	11,75	5,01	11,75	6,98
10	13,66	7,82	5,24	5,71	6,20	9,35	11,39	7,82	8,72	5,01	12,49	7,26
11	14,89	8,12	5,24	5,71	6,46	10,00	10,34	8,72	8,12	5,01	21,48	6,72
12	11,39	7,82	5,24	6,72	6,72	10,00	8,72	17,54	7,82	5,01	18,96	6,46
13	9,67	7,82	5,24	6,72	12,12	9,67	9,03	13,27	7,54	5,01	15,32	6,46
14	9,03	7,54	5,24	5,95	13,66	9,35	9,67	8,12	7,26	4,79	15,75	6,20
15	8,41	6,98	5,47	5,71	18,01	9,03	10,00	95,06	6,72	4,79	13,66	5,95
16	8,12	6,72	5,71	5,71	16,63	17,08	8,72	54,56	6,72	4,58	12,12	8,41
17	7,82	6,72	5,71	5,71	15,75	15,75	7,82	25,88	6,46	4,58	9,67	13,66
18	7,82	6,46	5,47	5,71	13,27	11,75	7,26	59,15	6,46	4,37	8,41	11,03
19	7,82	6,46	5,47	11,03	10,68	10,34	8,72	29,50	6,46	4,37	7,82	10,34
20	7,54	6,46	5,24	10,00	15,32	10,34	11,03	15,75	6,20	4,17	8,41	11,39
21	7,26	6,20	5,31	8,72	21,48	10,00	10,68	12,88	5,95	4,17	8,72	11,75
22	7,26	6,20	5,71	14,07	21,48	11,39	11,03	10,34	5,95	3,97	8,41	10,68
23	7,26	6,20	5,71	19,45	14,48	10,34	10,34	9,67	5,95	3,97	18,96	10,00
24	7,26	6,20	6,20	12,12	12,12	9,35	8,72	9,67	6,46	3,78	9,67	23,07
25	7,26	5,95	6,20	8,12	11,39	9,03	8,12	9,35	5,71	3,78	7,54	16,19
26	6,98	5,95	6,46	6,98	11,03	8,41	8,12	9,67	5,71	4,79	17,54	13,66
27	6,98	5,71	6,20	9,67	10,34	9,67	7,82	11,03	5,47	5,71	18,01	15,75
28	6,98	6,20	6,46	12,12	9,35	10,34	7,82	12,49	5,47	4,58	12,12	14,07
29	6,98	10,34	11,03	9,03	8,72	7,54	11,03	5,47	7,82	10,34	9,67	
30	6,98		9,35	9,67	10,68	8,41	7,26	10,00	5,47	11,39	8,41	9,67
31	6,98		8,41		10,00		6,98	9,03		10,00		20,96

Data debit terukur dijadikan debit pada lokasi penelitian dengan menggunakan metode debit regional, perbandingan luas DAS sebagai berikut:

$$Q_2 = \frac{Q_1}{A_1} \times A_2$$

Dengan:

- Q₂ = Debit Sungai Ongkag
- A₂ = Luas DAS Ongkag
- A₁ = Luas DAS Toraut
- Q₁ = Debit Terukur Toraut

Data diketahui :

$$A_2 = 257,64 \text{ km}^2$$

$$A_1 = 1158,016 \text{ km}^2$$

$$Q_1 = 11,03 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (1 Januari 2014)}$$

maka:

$$Q = \frac{11,03}{1158,03} \times 257,64 = 49,58 \text{ m}^3/\text{s}$$

Untuk Perhitungan berikutnya dapat jabarkan kedalam tabel berikut ini

Data Debit Sungai Ongkag Dumoga Tahun 2014 (m³/s)

DEBIT ONGKAG DUMOGA 2014													
DAY	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
1	49,58	31,40	27,87	35,17	46,46	43,47	36,48	31,40	43,47	24,59	39,19	33,88	
2	43,47	30,19	26,75	43,47	46,46	52,81	35,17	31,40	43,47	24,59	39,19	31,40	
3	61,42	29,02	25,66	37,82	42,01	66,95	51,18	30,19	40,58	23,55	51,18	66,95	
4	48,00	29,02	25,66	29,02	37,82	57,88	42,01	30,19	39,19	23,55	44,95	40,58	
5	43,47	29,02	25,66	26,75	31,40	42,01	39,19	30,19	37,82	23,55	37,82	33,88	
6	43,47	29,02	25,66	26,75	31,40	40,58	37,82	42,01	36,48	23,55	35,17	35,17	
7	43,47	29,02	24,59	26,75	30,19	40,58	35,17	33,88	35,17	23,55	33,88	39,19	
8	48,00	29,02	24,59	26,75	29,02	54,47	35,17	31,40	43,47	22,54	63,23	32,62	
9	43,47	31,40	23,55	26,75	27,87	43,47	32,62	31,40	52,81	22,54	52,81	31,40	
10	61,42	35,17	23,55	25,66	27,87	42,01	51,18	35,17	39,19	22,54	56,16	32,62	
11	66,95	36,48	23,55	25,66	29,02	44,95	46,46	39,19	36,48	22,54	96,53	30,19	
12	51,18	35,17	23,55	30,19	30,19	44,95	39,19	78,85	35,17	22,54	85,24	29,02	
13	43,47	35,17	23,55	30,19	54,47	43,47	40,58	59,63	33,88	22,54	68,85	29,02	
14	40,58	33,88	23,55	26,75	61,42	42,01	43,47	36,48	32,62	21,55	70,79	27,87	
15	37,82	31,40	24,59	25,66	80,95	40,58	44,95	427,25	30,19	21,55	61,42	26,75	
16	36,48	30,19	25,66	25,66	74,76	76,79	39,19	245,23	30,19	20,58	54,47	37,82	
17	35,17	30,19	25,66	25,66	70,79	70,79	35,17	116,32	29,02	20,58	43,47	61,42	
18	35,17	29,02	24,59	25,66	59,63	52,81	32,62	265,87	29,02	19,65	37,82	49,58	
19	35,17	29,02	24,59	49,58	48,00	46,46	39,19	132,59	29,02	19,65	35,17	46,46	
20	33,88	29,02	23,55	44,95	68,85	46,46	49,58	70,79	27,87	18,73	37,82	51,18	
21	32,62	27,87	23,86	39,19	96,53	44,95	48,00	57,88	26,75	18,73	39,19	52,81	
22	32,62	27,87	25,66	63,23	96,53	51,18	49,58	46,46	26,75	17,85	37,82	48,00	
23	32,62	27,87	25,66	87,43	65,07	46,46	46,46	43,47	26,75	17,85	85,24	44,95	
24	32,62	27,87	27,87	54,47	54,47	42,01	39,19	43,47	29,02	16,99	43,47	103,70	
25	32,62	26,75	27,87	36,48	51,18	40,58	36,48	42,01	25,66	16,99	33,88	72,76	
26	31,40	26,75	29,02	31,40	49,58	37,82	36,48	43,47	25,66	21,55	78,85	61,42	
27	31,40	25,66	27,87	43,47	46,46	43,47	35,17	49,58	24,59	25,66	80,95	70,79	
28	31,40	27,87	29,02	54,47	42,01	46,46	42,01	46,46	43,47	25,66	21,55	78,85	63,23
29	31,40		46,46	49,58	40,58	39,19	33,88	49,58	24,59	35,17	46,46	43,47	
30	31,40		42,01	43,47	48,00	37,82	32,62	44,95	24,59	51,18	37,82	43,47	
31	31,40		37,82		44,95		31,40	40,58		44,95		94,20	

Dalam proses kalibrasi diambil debit terukur hasil analisis regional pada tanggal 24 desember 2014 yaitu sebesar 103,70 (m³/s) selanjutnya debit tersebut dianalisis dengan metode HSS ITB untuk mendapatkan parameter yang sesuai.

Metode HSS ITB

Diasumsikan satuan curah hujan dan durasi hujan sebagai berikut
H = 1 mm dan Tr = 4 jam

Penentuan nilai C_P dan C_T Untuk HSS ITB-1

C_P = 0,2057 (Hasil Kalibrasi)

C_T = 1,75 (Hasil Kalibrasi)

Penentuan nilai C_P dan C_T Untuk HSS ITB-2

C_P = 0,5029 (Hasil Kalibrasi)

C_T = 1,75 (Hasil Kalibrasi)

Untuk HSS ITB-1 dengan kurva dasar NRCS harga default α=3,7 sedangkan untuk HSS ITB-2 harga default α=2,4 dan β = 0,86. Jika sangat diperlukan harga koefisien α dan β dapat dirubah atau dapat juga dengan

merubah harga koefisien Cp. Harga standar koefisien Cp adalah 1.0 (sebelum kalibrasi)

Sebelum Kalibrasi			Sesudah Kalibrasi		
C _{T=1}	C _{P=1}	α= 3,7	C _{T=1,75}	C _{P=0,2057}	α= 3,7
Q _{Rata-rata}	419,51 m3/s		103,70 m3/s		

Sumber : HSS ITB Dantje K. Natakusumah, 2009.

- Jika harga debit puncak perhitungan lebih kecil dari debit puncak pengamatan, maka harga diambil Cp > 1.0 akan membuat harga debit puncak membesar,
- Jika debit puncak perhitungan lebih besar dari hasil pengamatan maka harga diambil Cp < 1.0 agar harga debit puncak mengecil.

a) Time Lag (T_L)

Untuk HSS ITB-1 dan NRCS-ITB

besarnya time lag adalah

$$T_L = Ct \cdot 0.81225 L^{0.6} = 1,75 \times 0,81225 \times 17,974 = \mathbf{25,83 \text{ jam}}$$

Untuk HSS ITB-2 besarnya time lag adalah

$$T_L = Ct (0.0394 L + 0.201 L^{0.5}) = 1,75 \times (0,0394 \times 123,33 + 0,201 \times 123,33^{0.5}) = \mathbf{12,41 \text{ jam}}$$

b) Time to Peak (T_p)

Untuk HSS ITB-1 besarnya Time to Peak adalah

$$T_p = T_L + 0.50 T_r = 25,83 + 0.5 \times 4,0 = \mathbf{27,83 \text{ Jam}}$$

Untuk HSS ITB-2 besarnya Time to Peak adalah

$$T_p = 1.6 \times T_L = 1.6 \times 12,41 = \mathbf{19,856 \text{ Jam}}$$

c) Time Base (T_b)

Untuk HSS ITB-1 dan HSS ITB-2 besarnya Time to Base adalah

$$T_b = \mathbf{10 T_p \text{ (tiap HSS)}}$$

d) Luas HSS (A_{HSS})

Untuk Luas ITB-1 dengan ket. α = 3,7

$$A_{HSS} = \frac{e^{3.7} \Gamma(3.7 + 1,0)}{3.7^{3.7+1}} = \mathbf{2,41}$$

Untuk Luas ITB-2 dengan ket. α = 2,4 dan β = 0,86

$$A_{HSS} = \int_0^{\infty} q(t) dt = \int_0^1 t^m dt + \int_1^{\infty} \exp\{1-t^n\} dt = \frac{1}{m+1} + \frac{e \Gamma(\frac{1}{n}, 1^n) \cdot 1}{n \cdot (1^n)^{\frac{1}{n}}}$$

$$A_{HSS} = \mathbf{6,29}$$

e) Faktor debit puncak (K_p)

untuk HSS ITB- 1 dengan bentuk kurva dasar NRCS dapat dihitung secara eksak

$$K_p = \frac{1}{3.6 \cdot A_{HSS}} = \mathbf{0,115 \text{ (m3 per s/km2/mm)}}$$

untuk HSS ITB- 2 dapat dihitung secara eksak

$$K_p = \frac{1}{3.6 \cdot A_{HSS}} = \mathbf{0,044 \text{ (m3 per s/km2/mm)}}$$

f) Perhitungan Debit puncak

$$Q_p = \frac{R}{3.6 T_p} \frac{A_{DAS}}{A_{HSS}} \quad \text{Atau} \quad Q_p = \frac{K_p A_{DAS} R}{T_p}$$

Sehingga :

$$Q_p \text{ ITB-1 : } \mathbf{4,850 \text{ m3/s}}$$

$$Q_p \text{ ITB-2 : } \mathbf{2,574 \text{ m3/s}}$$

g) Menghitung volume hujan efektif satu satuan yang jatuh di DAS

$$V_{DAS} = 1000 R \text{ ADAS}$$

h) Tinggi Limpasan (DRO)

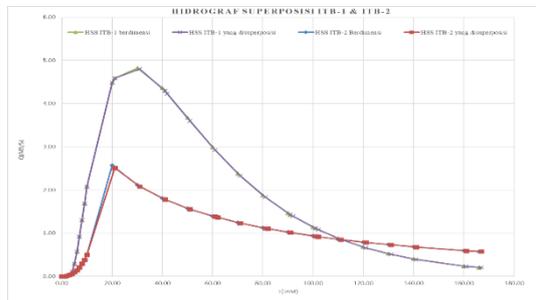
Jika VHSS dibagi Luas DAS (ADAS) didapat tinggi limpasan langsung DRO (Direct Run Off), yang nilainya harus mendekati R=1 mm (tinggi hujan satuan) Menentukan debit puncak (Qp).

$$DRO = \frac{V_{HSS}}{A_{DAS}} \approx 1.00$$

Untuk HSS ITB-1 didapat DRO=1.000, artinya kesalahan relatifnya terhadap tinggi hujan satuan (R=1.00 mm) adalah 0.000%, sedang untuk HSS ITB-2 didapat DRO=0.999 kesalahan relatifnya adalah 0,099%, yang besarnya sama dengan kesalahan AHSS tertulis pada bagian-III baris terakhir kolom 4.

Artinya kesalahan AHSS mewakili kesalahan relative VHSS dan DRO.

PERBANDINGAN HSS ITB-1 DAN ITB-2



Gambar 3. Grafik Perbandingan HSS ITB-1 dan ITB-2

Perhitungan Debit banjir kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun dilanjutkan menggunakan Rumus HSS ITB – 1 dengan ketetapan $\alpha = 3,7$.

Berikut Merupakan hasil Rekapitulasi Q banjir untuk periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun

KALA ULANG	Debit (m ³ /detik)
2	212,65
5	278,05
10	318,54
25	364,02
50	394,82
100	423,42

Analisis Hidrolika Penampang Sungai Existing

Analisis dilakukan terhadap kondisi sungai untuk mendapatkan informasi tinggi muka air, kemiringan dasar saluran dan informasi-informasi lainnya pada kondisi banjir dengan kala ulang yang ditentukan. Sungai dimodelkan akan dilewati debit banjir metode HSS ITB 1 pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun dengan menggunakan software HEC-RAS.

PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis hidrologi selanjutnya debit banjir untuk kala ulang 2

tahun ,5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun dihitung dengan menggunakan HSS ITB. Perhitungan HSS ITB-1 & ITB-2 dimaksudkan untuk mencari grafik superposisi dengan ketetapan α dan β yang berbeda . ITB-1 dengan ketentuan $\alpha= 3,7$ sedangkan ITB-2 $\alpha= 2,4$ dan $\beta = 0,86$.

Hasil Gambar 3. menunjukkan bahwa debit puncak (Qp) tidak diperhitungkan dalam proses superposisi hidrograf. Simulasi debit banjir rencana selanjutnya di analisis dengan ITB-1 dengan ketetapan $\alpha=3,7$. Dan untuk $C_T = 1,25$; $C_P= 0,3834$ (Hasil Kalibrasi).

Analisis hidrolika dilakukan setelah didapatkan debit rencana untuk mengetahui tinggi muka air banjir rencana berdasarkan debit banjir yang dihitung sebelumnya pada setiap kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun menggunakan program HEC-RAS. Hasil simulasi HEC-RAS menunjukkan bahwa beberapa kapasitas penampang sungai Ongkag Dumoga sudah tidak mampu untuk menampung debit yang telah dianalisis menggunakan HSS ITB-1.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Analisis debit banjir rencana kala ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun menggunakan metode HSS ITB-1 dengan ketentuan C_T dan C_P yang merupakan hasil Kalibrasi dari debit terukur.
2. Hasil analisis tinggi dan lebar muka air banjir menggunakan program HEC-RAS menunjukkan keadaan air meluap pada beberapa penampang sungai untuk STA yang berbeda untuk kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100 tahun.

Saran

Perlu adanya partisipasi masyarakat dalam pembinaan, pengendalian, dan penanggulangan terhadap banjir secara

DAFTAR PUSTAKA

Chow V. T., et al, 1988. *Applied Hydrology*, McGraw- Hill, Singapore.
 Chow, V. T., 1985. *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulic)*
 Harto, S., 1993. *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka. Jakarta

- Natakusumah, Dantje K., 2009. *Prosedure Umum Penentuan Hidrograf Satuan Sintetis untuk Perhitungan Hidrograf Banjir Rencana, Seminar Nasional Teknik Sumber Daya Air, Peran Masyarakat, Pemerintah dan Swasta sebagai Jejaring, dalam Mitigasi Bahaya Banjir*, Bandung, 11 Agustus.
- Soemarto, C. D., 1987. *Hidrologi Teknik*. Edisi Kedua. Erlangga. Jakarta
- Soewarno, 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Bandung.
- Sukarno, 2000. *Koefisien Limpasan DAS Simpang Lima Kota Semarang*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Sukarno. Liany A. Hendratta, Hanny Tangkudung . 2017. *Studi Aliran Banjir Pada Pertemuan Muara Sungai Tondano Dan Sungai Sawangan*, Jurnal Sipil Statik Vol. 5 No 10 2017 (10-16) ISSN:2337-6732. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2013. *Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2017. *Analisis Frekwensi Hujan*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2017. *Hidrograf Satuan Sintetis*. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2017. *Pola Distribusi Hujan Jam-jaman Daerah Manado, Minahasa Utara dan Minahasa*. Jurnal Sipil Statik Vol.10 Desember 2017 (669-678) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Triadmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta.
- Triadmodjo, Bambang. 2009. *Hidrulika II*. Beta Ofset. Yogyakarta.
- Wilson, E. M., 1993. *Hidrologi Teknik*. ITB. Bandung.
- Wiyono, A., 2012. *Pengembangan Sumber Daya Air*. ITB. Bandung.