

STUDI PENGALIHAN ALUR SUNGAI ARAREN DI DESA PINASUNGKULAN KOTA BITUNG

David Endro Tomici Sukarno

Liany A. Hendratta, Isri R. Mangangka

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

email: dTomici75@gmail.com

ABSTRAK

Pengalihan alur sungai sudah sering kali dilakukan untuk alasan kegiatan pertambangan dan sebagainya, dalam penelitian ini dilakukan studi mengenai bagaimana mengalihkan suatu alur sungai berdasarkan kaidah-kaidah teknis yang berlaku. Studi ini dibuat agar kerusakan-kerusakan yang mungkin saja terjadi pada saat pengalihan alur sungai dapat diminimalisir sampai pada batas yang sudah ditentukan.

Metode penelitian dilakukan dengan cara melakukan pemetaan Geodesi untuk mengetahui profil sungai kemudian analisis hidrologi dan hidrolika. Hasil analisis menunjukkan profil sungai penampang existing terjadi luapan banjir pada STA 0 dan STA 300 pada debit banjir rencana kala ulang 25, 50 dan 100 tahun.

Penampang teknis sungai yang baru di buat untuk mengalihkan alur sungai Araren yang direncanakan mampu menampung debit banjir pada kala ulang 100 tahun. Alur sungai Araren akan dialihkan ke alur sungai terdekat yaitu sungai Kayuwale, pengalihan alur sungai akan dilakukan sepanjang 500 meter.

Kata Kunci: *Pengalihan alur sungai, Debit banjir rencana, Penampang Teknis Sungai.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sungai merupakan sumber air yang sangat penting untuk menunjang kehidupan manusia. Ketika aliran air di sungai terganggu oleh berbagai sebab akibat aktivitas manusia, maka aliran air di sungai menuju laut akan terganggu, sehingga memungkinkan dapat merusak lingkungan dan dapat merusak badan sungai itu sendiri.

Pengalihan alur sungai dibutuhkan untuk pembangunan konstruksi jembatan, konstruksi bendung, penanggulangan banjir dan areal penambangan. Sungai Araren yang terletak di desa Pinasungkulan kecamatan Ranowolu Kota Bitung merupakan areal pertambangan emas. Untuk menyediakan alur sungai pengganti maka terlebih dahulu harus dilakukan kajian teknis hal-hal berkaitan dengan peta situasi sungai, potongan memanjang dan potongan melintang sungai, penyelidikan geodetic, hidrologi dan hidrolika aliran sungai.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan masalah apabila pengalihan alur sungai terlebih dahulu tidak dilakukan kajian teknis, kajian lingkungan dan kajian sosial

ekonomi, maka dapat menyebabkan dampak kerusakan lingkungan bahkan kerusakan alur sungai itu sendiri.

Pembatasan Penelitian

1. Lokasi penelitian di Alur Sungai Araren Desa Pinasungkulan Kota Bitung sepanjang 300 m.
2. Analisis Geodesi meliputi peta topografi, potongan memanjang dan potongan melintang sungai.
3. Analisis hidrologi berkaitan dengan debit banjir rencana periode ulang 25, 50 dan 100 tahun, analisis hidrolika dihitung menggunakan bantuan aplikasi HEC-RAS.
4. Sedimen transport dan morfologi sungai tidak dihitung.
5. Dalam penelitian ini hanya dibahas kajian teknis.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah pengalihan alur sungai Araren ke alur sungai baru sudah memenuhi kaidah-kaidah teknis, agar debit air banjir rencana bisa mengalir pada alur sungai baru menuju muara sungai.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di desa Pinasungkulan kecamatan Ranowolu kota Bitung

secara geografis terletak pada 1° 33' 34.5" Lintang Utara dan 125° 06' 42.2" Bujur Timur.

Manfaat Penelitian

1. Sebagai pustaka yang dapat digunakan untuk pedoman pelaksanaan pengalihan alur sungai baru di tempat lain.
2. Hasil penelitian dapat dijadikan referensi bagi instansi terkait hal berkaitan dengan pelaksanaan pengalihan alur sungai baru.

LANDASAN TEORI

Siklus Hidrologi

Air di bumi terbagi menjadi tiga jenis yaitu air hujan, air permukaan dan air tanah. Jumlah air di bumi diperkirakan sebagian besar berada di laut yaitu sebesar 97% dan air tawar hanya 3%. Air di bumi menjadi komponen utama dalam siklus hidrologi. Siklus hidrologi merupakan proses yang terjadi terus-menerus di alam dimana air menguap dari bumi dan naik ke atmosfer kemudian pada suhu tertentu berubah menjadi partikel hujan melalui proses kondensasi yang disebabkan oleh pemanasan dari sinar matahari (evaporasi) dan oleh pemanasan yang berasal dari jaringan makhluk hidup (transpirasi).

Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung/pegunungan di mana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik atau stasiun yang ditinjau (Triatmodjo, 2009).

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 hidrolis 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 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 (Cs_{log}):

Bila $Cs_{log} > 0,4$, maka: uji data outlier tinggi, koreksi data, uji data outlier rendah, koreksi data.

Bila $Cs_{log} < -0,4$, maka: uji data outlier rendah, koreksi data, uji data outlier tinggi, koreksi data.

Jika $-0,4 < Cs_{log} < 0,4$, maka: uji data outlier tinggi dan rendah, koreksi data.

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

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

- d. Distribusi Log Pearson Tipe III

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

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

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

- b. Uji Smirnov – Kolmogorov

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

Hujan Efektif Metode SCS - CN

The Soil Conservation Service (SCS, 1972, dalam Chow 1988) telah mengembangkan metode untuk menghitung hujan efektif dari hujan deras, dalam bentuk persamaan berikut:

$$P_e = \frac{(P - 0,2 S)^2}{P + 0,8 S}$$

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 dipermukaan DAS dengan intensitas tetap dalam suatu durasi tertentu (Triadmodjo, 2008).

Hidrograf Satuan Sintesis

Hidrograf satuan adalah hidrograf limpasan langsung (limpasan permukaan) yang dihasilkan oleh hujan satuan. Apabila tidak cukup tersedia data hujan dan data debit maka penurunan hidrograf satuan suatu DAS dilakukan dengan cara sintesis. Hasilnya disebut dengan Hidrograf Satuan Sintesis (HSS).

Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Snyder

$$Qp = \frac{qp \times A}{1000}$$

Metode Rasional Jepang

$$Q = \frac{\alpha \times I \times A}{3.6}$$

Analisis Hidrolika

Dalam analisis hidrolika, profil muka air dihitung dengan menggunakan beberapa data dari analisis hidrologi untuk mendapatkan tinggi dan lebar permukaan air banjir. Analisis ini juga menggunakan bantuan dari program HEC-RAS.

METODOLOGI PENELITIAN

Pengumpulan Data

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

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

Data Sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi-instansi swasta maupun instansi pemerintah dan dari pihak-pihak lain, juga dapat di peroleh dari literatur, laporan atau catatan dari pihak yang berhubungan dengan penelitian pengalihan alur sungai.

Analisis Data

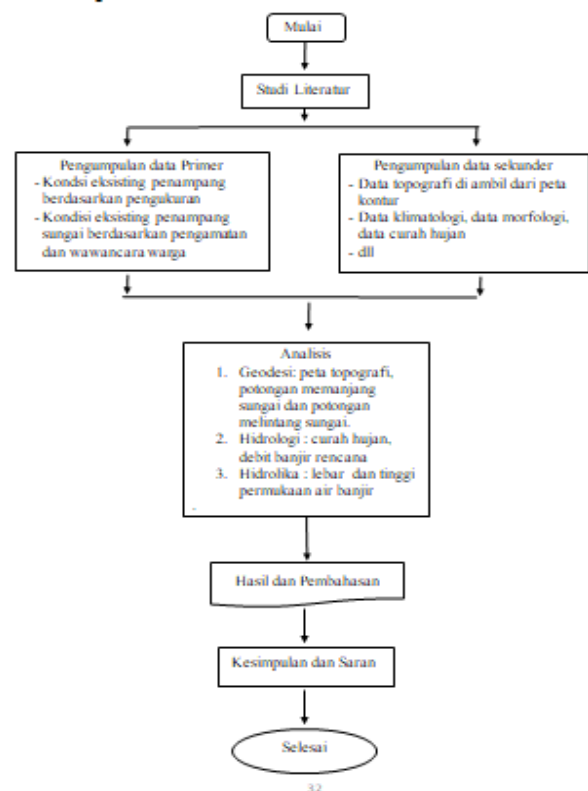
Analisis Hidrologi

Data curah hujan yang telah diperoleh dari stasiun curah hujan diolah untuk mendapatkan data curah hujan rancangan dan debit banjir rencana.

Analisis Hidrolika

Debit banjir berdasarkan kala ulang 25, 50 dan 100 tahun disimulasikan dengan menggunakan aplikasi HEC-RAS untuk mendapatkan informasi tentang tinggi dan lebar permukaan air banjir, sehingga dapat diketahui profil muka air banjir dan estimasi kedalaman dasar sungai.

Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Data Curah Hujan

Data curah hujan yang diperoleh merupakan data curah hujan harian maksimum stasiun Pinenek yang berasal dari BWSS I (Balai Wilayah Sungai Sulawesi I) Provinsi Sulawesi Utara dengan jumlah pengamatan selama 16 tahun (2002 – 2017).

Tabel 1. Curah hujan maksimum stasiun Pinenek

NO	TAHUN	CURAH HUJAN
		(mm)
1	2002	188.2
2	2003	137.3
3	2004	102.3
4	2005	97.6
5	2006	95.8
6	2007	96.9
7	2008	71.9
8	2009	78.1
9	2010	83
10	2011	75.8
11	2012	121.2
12	2013	117.3
13	2014	76.5
14	2015	152
15	2016	68.1
16	2017	265.5

Analisis Kualitas Data

a. Rata-rata (*central tendency*)

$$\log \bar{X} = \frac{\sum \log x_i}{n} = 2.058 \text{ mm}$$

b. Standar deviasi data pengamatan

$$S_{\log} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \log(x_i - \bar{x})^2} = 0.167$$

c. Koefisien skweness data pengamatan

$$C_{s_{\log}} = \frac{n \sum \log(x_i - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S_{\log}^3} = 0.37509$$

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh $C_{S_{\log}} = 0.375 < 0.4$. Maka uji outlier rendah terlebih dahulu lalu uji outlier tinggi.

Diketahui : $X_i \text{ min} = 68.1$ dan $X_i \text{ max} = 265.5$ (untuk jumlah data 16 nilai $Kn = 2.279$).

Uji outlier rendah

$$\log X_l = \log \bar{X} - Kn \times S_{\log} = 1.676$$

$$X_l = 47.425$$

Karena $X_{\text{min}} > X_l = 68.1 > 47.425$ maka tidak ada data outlier rendah

Uji outlier tinggi

$$\log X_h = \log \bar{X} + Kn \times S_{\log} = 2.439$$

$$X_h = 274.932$$

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

Analisis Data Probabilitas Curah hujan

a. Rata-rata (*central tendency*)

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n} = 114.188 \text{ mm}$$

$$\log \bar{X} = \frac{\sum \log x_i}{n} = 2.058 \text{ mm}$$

b. Standar deviasi data pengamatan

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 51.957$$

$$S_{\log} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \log(x_i - \bar{x})^2} = 0.167$$

c. Koefisien variasi

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} = 0.455$$

$$CV_{\log} = \frac{S_{\log}}{\log \bar{X}} = 0.081$$

d. Koefisien skweness data pengamatan

$$C_s = \frac{n \sum (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3} = 1.932$$

$$C_{s_{\log}} = \frac{n \sum (\log x_i - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S_{\log}^3} = 0.375$$

e. Koefisien kurtosis data pengamatan

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 = 7.351$$

Analisis Curah Hujan Rancangan

Tabel 2. Hasil Analisis Curah Hujan Rancangan

TR	1/TR%	K	$\log X_{TR}$	X_{TR}
25	4	1.872	2.371	235.029
50	2	2.249	2.434	271.723
100	1	2.597	2.493	310.832

ANALISIS DEBIT BANJIR

Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman

Pola distribusi hujan jam-jaman di Kota Manado dan Minahasa Utara terjadi dalam waktu 8-10 jam (Sumarauw, 2017)

Tabel 3. Pola Distribusi Hujan Kota Manado dan Minahasa Utara

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8
% Distribusi Hujan	50.83	25.17	8.64	4.93	2.93	1.35	2.43	1.24

Sumber: Sumarauw, 2017

Hasil perhitungan untuk tiap kala ulang adalah sebagai berikut:

Kala Ulang 25 Tahun
 P = 235.029 mm

Tabel 4. Distribusi Hujan Rencana
 Kala Ulang 25 Tahun

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8
% Distribusi Hujan	50.83	25.17	8.64	4.93	2.93	1.35	2.43	1.24
p (mm)	119.47	59.16	20.31	11.59	6.89	3.17	5.71	2.91

Kala Ulang 50 Tahun
 P = 271.723 mm

Tabel 5. Distribusi Hujan Rencana
 Kala Ulang 50 Tahun

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8
% Distribusi Hujan	50.83	25.17	8.64	4.93	2.93	1.35	2.43	1.24
p (mm)	138.12	68.39	23.48	13.40	7.96	3.67	6.60	3.37

Kala Ulang 100 Tahun
 P = 310.832mm

Tabel 6. Distribusi Hujan Rencana
 Kala Ulang 100 Tahun

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8
% Distribusi Hujan	50.83	25.17	8.64	4.93	2.93	1.35	2.43	1.24
p (mm)	158.00	78.24	26.86	15.32	9.11	4.20	7.55	3.85

**Analisis Curah Hujan Efektif
 Metode SCS-CN**

Hujan efektif dihitung dengan menggunakan metode SCS Curve Number dengan Nilai CN rata-rata untuk tiap tutup lahan dengan persentase luas lahan terhadap luas total. DAS Araren didapat persentase luas tutup lahan sebagai berikut:

Tabel 7. Perhitungan Nilai CN Rata-Rata
 DAS Araren

Jenis Tutup Lahan	Luas (km ²)	Presentase %	CN Tiap Lahan	CN
Pemukiman (25% kedap air)	3.50	17.875	80	13.6787
Hutan (Penutup baik)	9.40	47.956	70	35.5274
tanah yang diolah dan di tanami (Tanpa konservasi)	3.48	17.737	62	10.5190
Tempat terbuka sedang/rumput menutup 60%)	3.11	15.872	69	10.4756
Total	19.597	100%		70.512

Tabel 9. Jenis dan Luas Tutup Lahan DAS Araren

Kala Ulang 25 tahun			Kala Ulang 50 tahun			Kala Ulang 100 tahun		
Hujan Jam-jaman	Hujan Efektif (Pe)		Hujan Jam-jaman	Hujan Efektif (Pe)		Hujan Jam-jaman	Hujan Efektif (Pe)	
Jam ke-	(mm)	(mm)	Jam ke-	(mm)	(mm)	Jam ke-	(mm)	(mm)
1	119.465	107.6003	1	138.117	126.1394	1	157.996	145.9267
2	59.157	48.0778	2	68.393	57.1132	2	78.236	66.7904
3	20.307	11.4769	3	23.477	14.2589	3	26.856	17.3006
4	11.587	4.4580	4	13.396	5.8028	4	15.324	7.3137
5	6.886	1.4739	5	7.961	2.0700	5	9.107	2.7697
6	3.173	0.0942	6	3.668	0.1959	6	4.196	0.3381
7	5.711	0.9054	7	6.603	1.3281	7	7.553	1.8361
8	2.914	0.0547	8	3.369	0.1306	8	3.854	0.2423

Nilai CN rata-rata untuk DAS Araren didapat dengan menjumlahkan hasil kali antara nilai CN tiap tutup lahan dengan persentase luas lahan terhadap luas total.

Nilai CN rata-rata untuk DAS Araren adalah 70.512, selanjutnya dilakukan perhitungan hujan efektif dengan persamaan sebagai berikut.

Kemampuan Penyimpanan Maksimum

$$S = \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) 2.54 = 10.622$$

Perhitungan dilakukan hujan pada kala ulang 25 tahun jam ke-1 = 119.47 mm

$$P_e = \frac{(P - 0,2 S)^2}{P + 0,8 S} = 107.60 \text{ mm}$$

Perhitungan hujan efektif selanjutnya dilakukan dalam bentuk perhitungan tabel sebagai berikut.

Tabel 8. Hujan efektif tiap kala ulang

Jenis Tutup Lahan	Luas (km ²)	Presentase %
Pemukiman (25% kedap air)	3.50	17.875
Hutan (Penutup baik)	9.40	47.956
tanah yang diolah dan di tanami (Tanpa konservasi)	3.48	17.737
Tempat terbuka sedang/rumput menutup 60%)	3.11	15.872
Total	19.597	100%

Metode Snyder

- Diasumsikan satuan curah hujan dan durasi hujan sebagai berikut

$$H = 1 \text{ mm}$$

$$T_r = 8 \text{ jam}$$

- Menentukan nilai Ct dan Cp

$$C_t = 0.75 - 3.00$$

$$C_p = 0.90 - 1.40$$

$$\text{Diambil } C_t = 1.5 \text{ dan } C_p = 1.3$$

- Menentukan waktu dari titik berat hujan ke debit puncak (tp)

$$t_p = C_t \times (L_c \times L)^3 = 4.6505 \text{ jam}$$

- Menentukan waktu capai puncak (Tp)
Lamanya hujan efektif (tr')

$$tr' = \frac{tp}{5.5} = 0.84554$$

Karena $tr' < tr$ asumsi maka:

$$Tp = tp + \frac{tr}{2} = 8.6505 \text{ jam}$$

- Menentukan debit puncak hidrograf satuan (qp)

$$qp = Cp \times \frac{275}{Tp} = 41.3271 \text{ m}^3/\text{detik}/\text{km}^2$$

- Menentukan debit puncak (Qp)

$$Qp = \frac{qp \times A}{1000} = 0.8099 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Qb = 0,4751 \times A^{0,6444} \times D^{0,9430} = 14.7456 \text{ m}^3/\text{detik}$$

- Menentukan hubungan grafik antara Q dan t berdasarkan persamaan Alexsevery

$$Ys = 10^{-a \left(\frac{(1-X)^2}{X} \right)}$$

$$\lambda = \frac{Qp \times Tp}{1000 \times H \times A} = 0.000358$$

$$a = (1.32 \times \lambda^2) + (1.5 \times \lambda) + 0.045 = 0.0455$$

$$Ys = 10^{-0,0455 \left(\frac{(1-X)^2}{X} \right)}$$

$$t = X \times Tp$$

$$X = \frac{t}{Tp} = \frac{t}{8.6505}$$

$$Q = y \times Qp = y \times 0.8099$$

Metode Rasiona Jepang

$$Q = \frac{\alpha \times I \times A}{3.6}$$

Dengan:

$$V = 72 \times \left(\frac{\Delta H}{L} \right)^{0,6} = 9.904 \text{ m}/\text{detik}$$

$$tc = \frac{L}{V} = \frac{9.96}{9.904} = 0.977 \text{ jam}$$

$$I = \left(\frac{R24}{24} \right) \times \left(\frac{24}{tc} \right)^{2/3} = 82.73 \text{ mm}/\text{jam}$$

$$\alpha = 0.425$$

$$A = 19.597 \text{ km}^2$$

Maka debit banjir dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = \frac{0.425 \times 82.73 \times 19.597}{3.6} = 191.41 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Hasil yang didapatkan di atas adalah hasil Q banjir untuk periode ulang 25 tahun. Perhitungan debit banjir untuk periode ulang 50 dan 100 tahun dengan rumus yang sama dilakukan perhitungan dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Tabel 10. Tabel debit banjir metode Rasional Jepang

Periode	R (mm)	I (mm/jam)	Q (m ³ /det)
25	235.03	82.73	191.41
50	271.72	95.65	221.29
100	310.83	109.42	253.14

KALIBRASI DEBIT TERUKUR

Analisis Debit Regional

Data debit sungai Araren dapat diperkirakan dengan cara metode analisis regional. Data hujan dan data debit sungai yang digunakan adalah data tahun 2014. Data debit sungai yang digunakan sebagai perbandingan adalah data debit sungai Talawaan. Berikut adalah data debit sungai Talawaan pada tahun 2014.

Tabel 11. Data Debit Sungai Talawaan Tahun 2014 (m³/det)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nop
1	2.212	2.212	2.318	2.428	1.643	2.599	2.599	1.643	1.774	1.913	1.643
2	2.059	2.059	2.109	2.212	1.600	2.599	2.373	1.643	1.643	1.774	1.643
3	1.913	1.961	1.961	2.109	1.643	2.657	2.059	1.686	1.643	1.643	1.600
4	2.059	1.866	1.866	1.961	1.643	2.428	1.961	1.686	1.600	1.600	1.774
5	1.913	1.913	1.866	1.961	1.600	2.160	1.866	1.643	1.558	1.558	1.820
6	1.866	1.961	1.866	1.913	1.643	2.010	1.820	1.643	1.558	1.558	1.866
7	1.866	2.010	1.820	1.820	1.600	1.961	1.820	1.643	1.558	1.558	1.866
8	2.900	2.059	1.774	1.774	1.643	1.866	1.730	1.600	1.686	1.517	1.961
9	5.496	1.961	1.730	1.774	1.600	1.820	1.730	1.643	1.774	1.517	2.109
10	5.030	1.961	1.774	1.774	2.160	1.774	1.913	1.686	1.643	1.517	1.961
11	4.341	2.059	1.866	1.774	1.866	1.774	2.318	1.730	1.600	1.517	1.730
12	3.718	2.838	1.730	1.730	3.225	2.541	1.913	1.686	1.961	1.477	2.109
13	3.027	2.838	1.686	1.774	2.599	2.428	1.820	1.686	1.913	1.477	2.059
14	2.838	2.265	1.643	2.010	3.431	2.212	1.820	1.686	1.686	1.477	1.961
15	2.657	2.657	1.643	2.010	4.179	2.109	2.160	1.643	1.558	1.477	1.961
16	7.291	2.657	1.961	2.318	3.158	2.428	1.820	1.686	1.558	1.477	2.541
17	5.213	2.373	1.961	2.010	2.777	2.160	1.730	1.643	1.600	1.477	2.838
18	3.501	2.484	1.820	1.820	3.027	2.109	1.730	1.643	1.558	1.437	2.373
19	2.777	2.109	1.730	1.774	3.645	2.010	2.964	1.643	1.558	1.437	2.059
20	2.964	2.059	1.686	1.774	3.027	1.913	2.428	1.643	1.558	1.437	1.866
21	2.964	2.059	1.643	1.730	2.541	1.913	2.109	1.600	1.774	1.437	2.318
22	2.838	1.913	1.774	1.686	2.265	1.866	1.866	1.558	1.686	1.558	2.160
23	3.718	1.913	1.686	1.643	2.900	1.820	1.866	1.517	1.686	1.600	1.913
24	4.260	1.913	1.643	1.774	2.717	1.774	1.774	1.558	1.866	1.558	1.820
25	3.361	1.913	1.643	1.643	2.318	1.730	1.774	1.558	1.730	1.643	2.838
26	5.030	1.820	1.643	1.820	2.109	1.730	1.730	1.600	1.686	1.600	2.717
27	3.225	1.774	2.059	1.730	1.961	2.059	1.730	1.686	1.643	1.558	2.428
28	2.484	3.092	2.318	1.686	2.109	3.092	1.686	1.686	2.484	1.517	2.160
29	2.599		3.718	1.643	2.777	3.027	1.643	1.600	2.059	1.774	2.059
30	2.373		3.573	1.600	2.777	2.484	1.643	1.643	1.866	1.730	2.212
31	2.265		2.541		2.160		1.600	1.686		1.600	

Sumber: Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1

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 :

Q_2 = Debit DAS Araren

A_2 = Luas DAS Araren

A_1 = Luas DAS Talawaan

Q_1 = Debit Terukur DAS Talawaan

Data diketahui :

A_2 = 19.597 km²

A_1 = 34 km²

Q_1 = 2.212 m³/s (1 Januari 2014)

maka :

$$Q = \frac{19.597}{34} \times 2.212 = 1.275 \text{ m}^3/\text{s}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan debit terukur dengan menggunakan cara yang sama pada data debit sesaat harian periode 1 Januari 2014 sampai 31 Desember 2014 , hasil debit dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 12. Data debit terukur sungai Araren

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nop	Dec
1	0.05	0.05	2.34	0.05	0.05	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.67
2	1.57	0.05	0.05	0.05	0.05	0.02	0.05	0.05	0.05	0.05	0.99	0.43
3	0.02	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.24	0.05	0.05	0.05	0.01	0.05
4	0.01	0.05	0.00	0.01	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
5	0.05	0.05	0.00	0.40	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.95	0.06
6	0.05	2.91	0.05	0.05	0.05	0.05	0.01	0.05	0.05	0.05	0.05	0.21
7	2.76	0.05	0.05	0.05	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	2.72	0.00
8	3.08	0.98	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.08	0.05	0.01	0.05	0.05
9	1.38	0.18	0.01	0.95	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.01	0.05
10	0.00	0.05	0.02	0.05	1.16	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00
11	0.23	1.56	0.05	0.05	0.05	0.02	0.12	0.04	0.05	0.05	0.71	0.05
12	0.01	0.34	0.05	0.03	0.06	0.05	0.44	0.00	0.30	0.05	0.08	0.08
13	0.06	0.01	0.05	0.67	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00
14	5.00	6.51	0.01	0.01	1.21	0.05	0.63	0.37	0.05	0.05	0.00	0.05
15	4.40	0.00	0.01	1.41	0.05	0.05	1.72	0.02	0.05	0.05	0.00	0.03
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.05	0.00	0.13	0.05	0.05	0.24	0.01
17	0.00	0.01	0.01	0.00	0.05	0.08	0.01	0.05	0.05	0.05	0.05	0.87
18	0.05	0.24	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.67
19	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	4.51	0.01	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
20	0.00	0.01	0.05	0.05	0.05	0.12	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.02
21	0.04	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.01	0.83	3.73	0.05
22	0.34	0.05	0.03	0.12	0.05	0.05	0.18	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05
23	1.52	0.01	0.05	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.13	0.44	0.05
24	1.70	0.15	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.05	0.05	3.35	0.05
25	1.02	0.04	0.05	0.05	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.57	0.02
26	0.01	0.05	0.00	3.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	2.20	0.05
27	0.05	1.66	0.30	0.05	0.05	0.05	1.17	0.05	0.05	0.05	0.00	0.05
28	0.05	0.08	3.58	0.05	0.01	0.05	0.05	0.05	1.52	0.05	0.01	0.05
29	0.00	0.05	4.40	0.05	0.10	0.05	0.03	0.01	0.05	2.39	0.55	5.82
30	0.05	0.05	0.03	0.05	0.26	0.05	0.00	0.83	0.05	1.38	0.24	0.10
31	0.05	0.05	0.00	0.05	0.03	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.00

Kalibrasi Parameter HSS-Snyder

Analisis debit dari parameter HSS-Snyder dibuat untuk mengkalibrasi dengan cara uji koefisien determinasi.

Tabel 13. Data curah hujan MRG Araren-Pinenek periode 1 Januari - 31 Desember 2014

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nop	Dec
1	0.00	0.00	33.50	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.50
2	25.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	18.50	11.30
3	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.50	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
4	3.10	0.00	1.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	2.00	11.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.00	5.00
6	0.00	39.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	8.00
7	37.90	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37.50	2.50
8	41.30	18.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.50	0.00	1.00	0.00
9	23.00	7.50	1.00	18.00	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	1.00
10	1.50	0.00	0.90	0.00	20.50	0.00	0.00	4.70	0.00	0.00	2.50	2.30
11	8.30	25.00	0.00	0.00	0.00	0.90	6.30	4.50	0.00	0.00	15.00	0.00
12	3.40	10.00	0.00	0.50	5.00	0.00	11.50	2.40	9.50	0.00	5.50	5.50
13	5.00	1.00	0.00	14.50	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50
14	61.10	76.50	1.00	1.00	21.00	0.00	14.10	10.50	0.00	0.00	2.50	0.00
15	55.00	2.40	3.00	23.30	0.00	0.00	26.80	3.50	0.00	0.00	1.50	4.00
16	2.50	1.50	1.50	2.00	13.00	0.00	1.50	6.50	0.00	0.00	8.50	3.30
17	1.50	1.00	1.00	1.50	0.00	5.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00
18	0.00	8.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	14.50
19	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	56.10	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	1.50	1.00	0.00	0.00	0.00	6.30	4.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90
21	4.50	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	16.50	48.10
22	10.00	0.00	0.50	6.40	0.00	0.00	7.40	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00
23	24.50	1.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.50	11.50
24	26.50	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	44.10
25	18.80	4.40	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.30	0.90
26	1.00	0.00	2.50	41.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.00	0.00
27	0.00	26.10	9.50	0.00	0.00	0.00	20.60	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00
28	0.00	5.50	46.50	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	24.50	0.00	1.00	0.00
29	1.50	0.00	55.00	0.00	6.00	0.00	0.50	1.30	0.00	34.00	13.00	69.50
30	0.00		0.50	0.00	8.90	0.00	2.50	16.50	0.00	23.00	8.50	6.00
31	0.00		2.00		4.00		0.00	0.30		0.00		1.50

Tabel 14. Debit Hitungan HSS-Snyder periode 1 Januari - 31 Desember 2014

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nop	Dec
1	1.28	1.28	1.34	1.40	0.95	1.50	1.50	0.95	1.02	1.10	0.95	1.50
2	1.19	1.19	1.22	1.28	0.92	1.50	1.37	0.95	0.95	1.02	0.95	1.34
3	1.10	1.13	1.13	1.22	0.95	1.53	1.19	0.97	0.95	0.95	0.92	1.53
4	1.19	1.08	1.08	1.13	0.95	1.40	1.13	0.97	0.92	0.92	1.02	1.31
5	1.10	1.10	1.08	1.13	0.92	1.25	1.08	0.95	0.90	0.90	1.05	1.22
6	1.08	1.13	1.08	1.10	0.95	1.16	1.05	0.95	0.90	0.90	1.08	1.19
7	1.08	1.16	1.05	1.05	0.92	1.13	1.05	0.95	0.90	0.90	1.08	1.25
8	1.67	1.19	1.02	1.02	0.95	1.08	1.00	0.92	0.97	0.87	1.13	1.22
9	3.17	1.13	1.00	1.02	0.92	1.05	1.00	0.95	1.02	0.87	1.22	1.19
10	2.90	1.13	1.02	1.02	1.25	1.02	1.10	0.97	0.95	0.87	1.13	1.28
11	2.50	1.19	1.08	1.02	1.08	1.02	1.34	1.00	0.92	0.87	1.00	1.13
12	2.14	1.64	1.00	1.00	1.86	1.46	1.10	0.97	1.13	0.85	1.22	1.08
13	1.74	1.64	0.97	1.02	1.50	1.40	1.05	0.97	1.10	0.85	1.19	1.16
14	1.64	1.31	0.95	1.16	1.98	1.28	1.05	0.97	0.97	0.85	1.13	1.10
15	1.53	1.53	0.95	1.16	2.41	1.22	1.25	0.95	0.90	0.85	1.13	1.02
16	4.20	1.53	1.13	1.34	1.82	1.40	1.05	0.97	0.90	0.85	1.46	1.05
17	3.00	1.37	1.13	1.16	1.60	1.25	1.00	0.95	0.92	0.85	1.64	1.10
18	2.02	1.43	1.05	1.05	1.74	1.22	1.00	0.95	0.90	0.83	1.37	1.02
19	1.60	1.22	1.00	1.02	2.10	1.16	1.71	0.95	0.90	0.83	1.19	0.97
20	1.71	1.19	0.97	1.02	1.74	1.10	1.40	0.95	0.90	0.83	1.08	0.95
21	1.71	1.19	0.95	1.00	1.46	1.10	1.22	0.92	1.02	0.83	1.34	1.31
22	1.64	1.10	1.02	0.97	1.31	1.08	1.08	0.90	0.97	0.90	1.25	1.40
23	2.14	1.10	0.97	0.95	1.67	1.05	1.08	0.87	0.97	0.92	1.10	1.34
24	2.46	1.10	0.95	1.02	1.57	1.02	1.02	0.90	1.08	0.90	1.05	1.25
25	1.94	1.10	0.95	0.95	1.34	1.00	1.02	0.90	1.00	0.95	1.64	1.16
26	2.90	1.05	0.95	1.05	1.22	1.00	1.00	0.92	0.97	0.92	1.57	1.37
27	1.86	1.02	1.19	1.00	1.13	1.19	1.00	0.97	0.95	0.90	1.40	1.19
28	1.43	1.78	1.34	0.97	1.22	1.78	0.97	0.97	1.43	0.87	1.25	

Nilai uji koefisien determinasi (r^2) berkisar antara $-\infty$ sampai 1, Jika nilainya adalah 1 ($r^2 = 1$), data hitungan dan data terukur sangatlah mirip. Nilai uji koefisien determinasi yang >0.6 dianggap bisa memenuhi ketentuan untuk tingkat kemiripan. Pada dasarnya, jika nilai koefisien determinasi (r^2) mendekati 1 maka semakin akurat data debit hasil hitungan.

$$r = \frac{n(\Sigma XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{\sqrt{\{n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2\}\{n(\Sigma Y^2) - (\Sigma Y)^2\}}}$$

dengan:

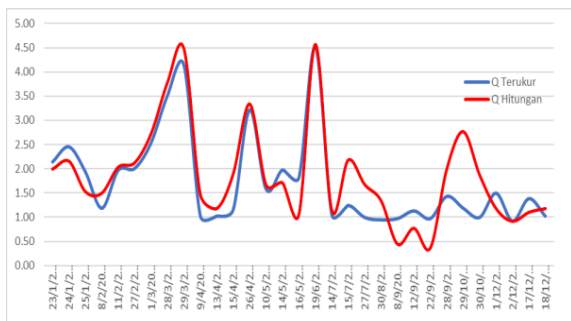
X = Debit terukur

Y = Debit hitungan

kalibrasi dilakukan pada debit saat hujan terjadi sebagai berikut.

Tabel 15. Uji Koefisien Determinasi

No	Tgl	Q Terukur (X)	Q Hitungan (Y)	XY	X ²	Y ²	r	r ²
1	23/1/2014	2.14	2.00	4.3	4.6	4.0	0.936	0.876
2	24/1/2014	2.46	2.16	5.3	6.0	4.7		
3	25/1/2014	1.94	1.53	3.0	3.8	2.3		
4	8/2/2014	1.19	1.50	1.8	1.4	2.2		
5	11/2/2014	1.97	2.04	4.0	3.9	4.1		
6	27/2/2014	2.01	2.13	4.3	4.0	4.5		
7	1/3/2014	2.54	2.73	6.9	6.5	7.4		
8	28/3/2014	3.52	3.79	13.3	12.4	14.3		
9	29/3/2014	4.14	4.48	18.5	17.1	20.1		
10	9/4/2014	1.02	1.47	1.5	1.0	2.1		
11	13/4/2014	1.02	1.18	1.2	1.0	1.4		
12	15/4/2014	1.16	1.90	2.2	1.3	3.6		
13	26/4/2014	3.22	3.34	10.8	10.4	11.1		
14	10/5/2014	1.58	1.67	2.6	2.5	2.8		
15	14/5/2014	1.98	1.71	3.4	3.9	2.9		
16	16/5/2014	1.82	1.06	1.9	3.3	1.1		
17	19/6/2014	4.52	4.57	20.7	20.4	20.9		
18	14/7/2014	1.05	1.15	1.2	1.1	1.3		
19	15/7/2014	1.25	2.18	2.7	1.6	4.8		
20	27/7/2014	1.00	1.68	1.7	1.0	2.8		
21	30/8/2014	0.95	1.34	1.3	0.9	1.8		
22	8/9/2014	0.97	0.45	0.4	0.9	0.2		
23	12/9/2014	1.13	0.77	0.9	1.3	0.6		
24	22/9/2014	0.97	0.37	0.4	0.9	0.1		
25	28/9/2014	1.43	2.00	2.9	2.0	4.0		
26	29/10/2014	1.19	2.77	3.3	1.4	7.7		
27	30/10/2014	1.00	1.87	1.9	1.0	3.5		
28	1/12/2014	1.50	1.18	1.8	2.2	1.4		
29	2/12/2014	0.92	0.92	0.8	0.8	0.8		
30	17/12/2014	1.38	1.10	1.5	1.9	1.2		
31	18/12/2014	1.02	1.18	1.2	1.0	1.4		



Gambar 2. Kurva debit

Kalibrasi Metode Rasional Jepang

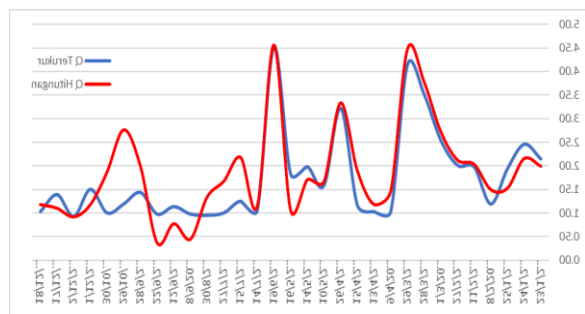
Analisis debit dari metode Rasional Jepang dibuat untuk mengkalibrasi dengan cara uji koefisien determinasi

Tabel 16. Data curah hujan MRG Araren-Pinenek periode 1 Januari - 31 Desember 2014

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nop	Dec
1	0.00	0.00	2.73	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.18
2	2.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	1.51	0.92
3	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00
4	0.25	0.00	0.12	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.16	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.47	0.41
6	0.00	3.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.65
7	3.09	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.05	0.20
8	3.36	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.08	0.00
9	1.87	0.61	0.08	1.47	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.08
10	0.12	0.00	0.07	0.00	1.67	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.20	0.19
11	0.68	2.04	0.00	0.00	0.00	0.07	0.51	0.37	0.00	0.00	1.22	0.00
12	0.28	0.81	0.00	0.04	0.41	0.00	0.94	0.20	0.77	0.00	0.45	0.45
13	0.41	0.08	0.00	1.18	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12
14	4.98	6.23	0.08	0.08	1.71	0.00	1.15	0.86	0.00	0.00	0.20	0.00
15	4.48	0.20	0.24	1.90	0.00	0.00	2.18	0.29	0.00	0.00	0.12	0.33
16	0.20	0.12	0.12	0.16	1.06	0.00	0.12	0.53	0.00	0.00	0.69	0.27
17	0.12	0.08	0.08	0.12	0.00	0.45	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	1.38
18	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	1.18
19	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	4.57	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.12	0.08	0.00	0.00	0.00	0.51	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
21	0.37	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	1.34	3.92
22	0.81	0.00	0.04	0.52	0.00	0.00	0.60	0.00	0.37	0.00	0.00	0.00
23	2.00	0.08	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.94	
24	2.16	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	3.59
25	1.53	0.36	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.08	0.07
26	0.08	0.00	0.20	3.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.61	0.00
27	0.00	2.13	0.77	0.00	0.00	0.00	1.68	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00
28	0.00	0.45	3.79	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.08	0.00
29	0.12	0.00	4.48	0.00	0.49	0.00	0.04	0.11	0.00	2.77	1.06	5.66
30	0.00	0.00	0.04	0.00	0.72	0.00	0.20	1.34	0.00	1.87	0.69	0.49
31	0.00	0.00	0.16	0.00	0.33	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.12

Tabel 17. Uji Koefisien Determinasi

No	Tgl	Q Terukur (X)	Q Hitungan (Y)	XY	X ²	Y ²	r	r ²
1	23/1/2014	2.14	1.52	3.3	4.6	2.3	0.925	0.855
2	24/1/2014	2.46	1.70	4.2	6.0	2.9		
3	25/1/2014	1.94	1.02	2.0	3.8	1.0		
4	8/2/2014	1.19	0.98	1.2	1.4	1.0		
5	11/2/2014	1.97	1.56	3.1	3.9	2.4		
6	27/2/2014	2.01	1.66	3.3	4.0	2.8		
7	1/3/2014	2.54	2.34	6.0	6.5	5.5		
8	28/3/2014	3.52	3.58	12.6	12.4	12.8		
9	29/3/2014	4.14	4.40	18.2	17.1	19.4		
10	9/4/2014	1.02	0.95	1.0	1.0	0.9		
11	13/4/2014	1.02	0.67	0.7	1.0	0.4		
12	15/4/2014	1.16	1.41	1.6	1.3	2.0		
13	26/4/2014	3.22	3.05	9.8	10.4	9.3		
14	10/5/2014	1.58	1.16	1.8	2.5	1.4		
15	14/5/2014	1.98	1.21	2.4	3.9	1.5		
16	16/5/2014	1.82	0.55	1.0	3.3	0.3		
17	19/6/2014	4.52	4.51	20.4	20.4	20.3		
18	14/7/2014	1.05	0.63	0.7	1.1	0.4		
19	15/7/2014	1.25	1.72	2.1	1.6	3.0		
20	27/7/2014	1.00	1.17	1.2	1.0	1.4		
21	30/8/2014	0.95	0.83	0.8	0.9	0.7		
22	8/9/2014	0.97	0.08	0.1	0.9	0.0		
23	12/9/2014	1.13	0.30	0.3	1.3	0.1		
24	22/9/2014	0.97	0.04	0.0	0.9	0.0		
25	28/9/2014	1.43	1.52	2.2	2.0	2.3		
26	29/10/2014	1.19	2.39	2.8	1.4	5.7		
27	30/10/2014	1.00	1.38	1.4	1.0	1.9		
28	1/12/2014	1.50	0.67	1.0	2.2	0.4		
29	2/12/2014	0.92	0.43	0.4	0.8	0.2		
30	17/12/2014	1.38	1.10	1.5	1.9	1.2		
31	18/12/2014	1.02	0.67	0.7	1.0	0.4		



Gambar 3. Kurva Debit

Metode Rasional Jepang dianggap sudah lebih mendekati nilai kemiripan dari data debit terukur, maka metode rasional jepang akan digunakan dalam perhitungan Hidrolika.

Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika menggunakan program komputer HEC-RAS membutuhkan data masukan yaitu penampang saluran, karakteristik saluran untuk nilai koefisien *manning* dan data debit banjir untuk perhitungan aliran langgeng (*steady flow*). Analisis ini dilakukan untuk mengetahui tinggi muka air banjir dan lebar muka air banjir pada kala ulang 25, 50, dan 100 tahun. Untuk pengukuran sungai Araren dilakukan pengukuran sepanjang 300 m.

Desain Penampang Lintang Ekonomis Sungai Baru

Perancangan tampang teknis sungai yang baru memerlukan informasi lebar rata-rata dasar sungai *existing*, kemiringan dasar sungai, koefisien kecepatan berdasarkan kondisi dinding sungai dan informasi lainnya. Informasi-informasi tersebut akan dimasukkan dalam metode tampang lintang ekonomis penampang trapezium sungai.

Tabel 18 Lebar dasar sungai

Segmen	Lebar Dasar Sungai Existing
SA.1	13.4736
SA.2	20.7989
SA.3	30.0502
SA.4	41.4836
SA.5	14.9508
SA.6	15.9263
SA.7	23.2338

Didapatkan lebar rata-rata dasar sungai adalah 22.84 m \approx 23 m.

Tabel 19. Kemiringan dasar sungai

Segmen	S
SA.1	0.011227
SA.2	0.011393
SA.3	0.07396
SA.4	0.045019
SA.5	0.011122
SA.6	0.052053
SA.7	0.044978

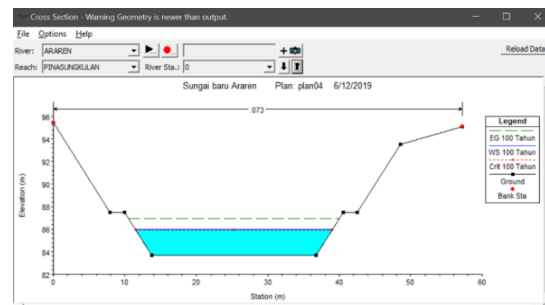
Perhitungan debit pada penampang baru dengan menggunakan nilai h dicoba-coba untuk mendapatkan profil penampang yang mampu menampung debit 253.14 m³/s yaitu debit banjir

kala ulang 100 tahun. Perhitungan dilakukan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

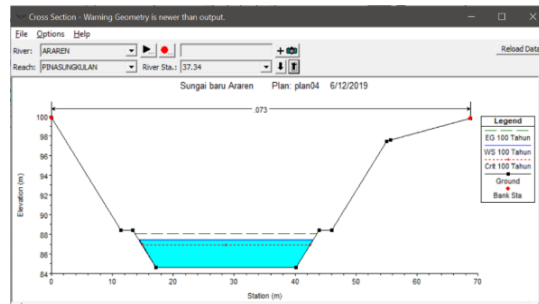
Tabel 20. Desain penampang teknis sungai

Nama	STA	V	A (m ²)	m	h (m)	B (m)	T (m)	P (m)	R (m)	n	I
SB 10	487.32	4.247	60.96	1	2.4	23	27.8	29.7882	2.0464	0.073	0.037
SB 9	452.86	4.247	60.96	1	2.4	23	27.8	29.7882	2.0464	0.073	0.037
SB 8	386.27	4.247	60.96	1	2.4	23	27.8	29.7882	2.0464	0.073	0.037
SB 7	336.03	4.247	60.96	1	2.4	23	27.8	29.7882	2.0464	0.073	0.037
SB 6	270	4.247	60.96	1	2.4	23	27.8	29.7882	2.0464	0.073	0.037
SB 5	228.03	4.247	60.96	1	2.4	23	27.8	29.7882	2.0464	0.073	0.037
SB 4	162.11	4.247	60.96	1	2.4	23	27.8	29.7882	2.0464	0.073	0.037
SB 3	100.72	4.247	60.96	1	2.4	23	27.8	29.7882	2.0464	0.073	0.037
SB 2	37.34	4.247	60.96	1	2.4	23	27.8	29.7882	2.0464	0.073	0.037
SB 1	0	4.247	60.96	1	2.4	23	27.8	29.7882	2.0464	0.073	0.037

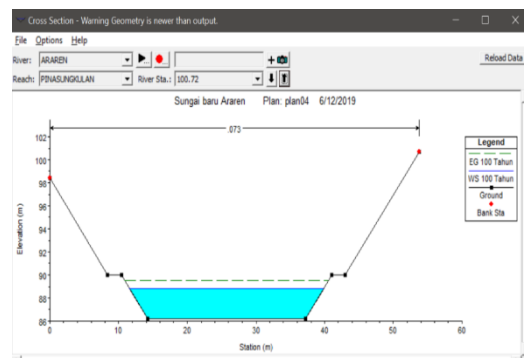
Hasil analisis tinggi dan lebar muka air banjir penampang sungai baru.



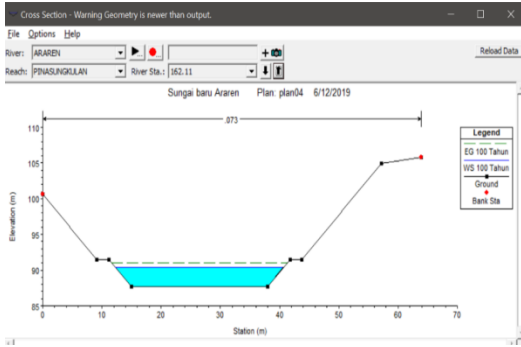
Gambar 4. Rekapitulasi tinggi muka air penampang baru STA 0



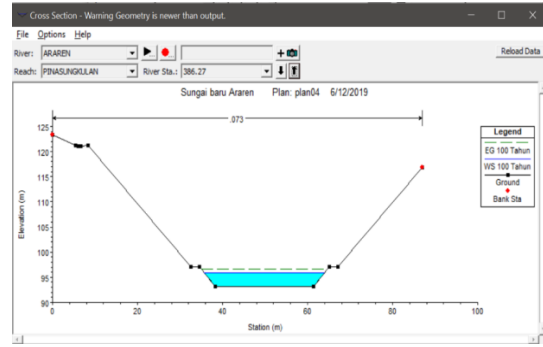
Gambar 5. Rekapitulasi tinggi muka air penampang baru STA 37.34



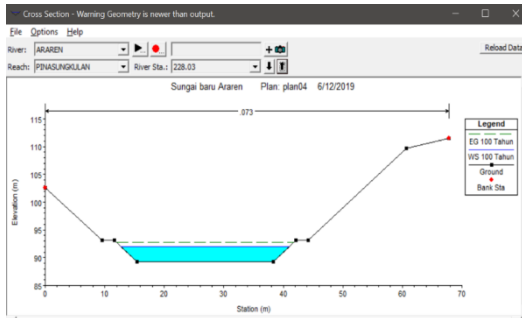
Gambar 6. Rekapitulasi tinggi muka air penampang baru STA 100



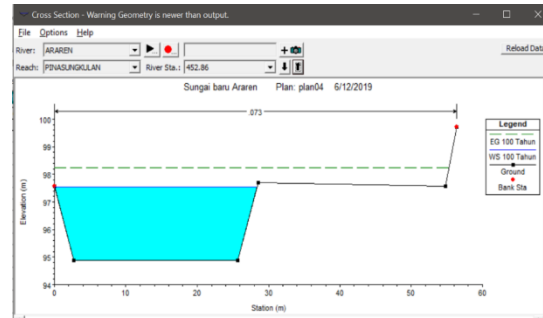
Gambar 7. Rekapitulasi tinggi muka air penampang baru STA 162



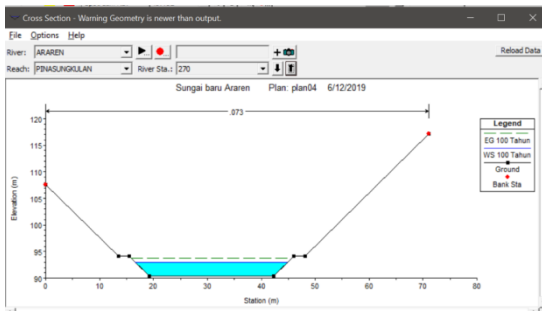
Gambar 11. Rekapitulasi tinggi muka air penampang baru STA 386



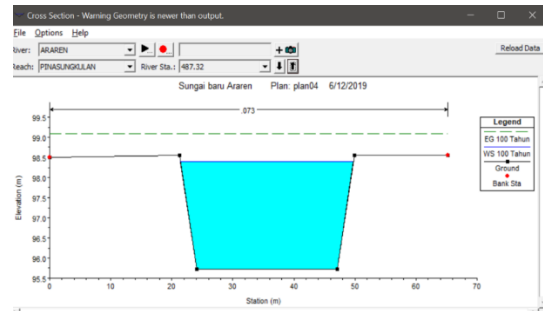
Gambar 8. Rekapitulasi tinggi muka air penampang baru STA 228



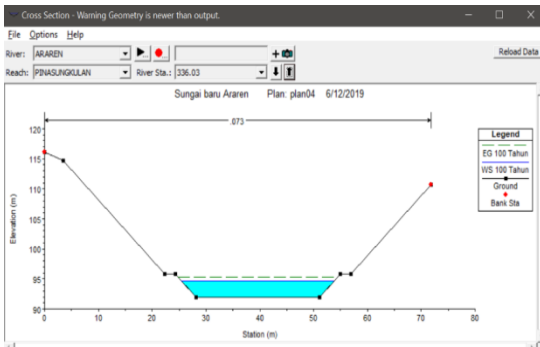
Gambar 12. Rekapitulasi tinggi muka air penampang baru STA 452



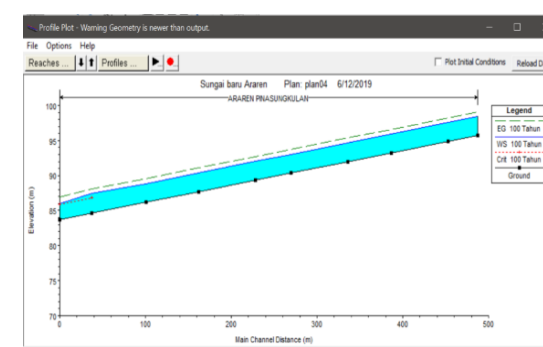
Gambar 9. Rekapitulasi tinggi muka air penampang baru STA 270



Gambar 13. Rekapitulasi tinggi muka air penampang baru STA 487



Gambar 10. Rekapitulasi tinggi muka air penampang baru STA 336



Gambar 14. Rekapitulasi tinggi muka air potongan memanjang penampang baru

PEMBAHASAN

Analisis hidrologi dilakukan berdasarkan beberapa metode debit banjir rencana pada kala ulang 25, 50 dan 100 tahun, untuk menentukan besaran debit yang akan digunakan dari beberapa besaran debit yang didapatkan. Metode debit banjir Rasional Jepang dipilih menjadi debit banjir rencana yang akan dipakai dalam analisis hidrolika. Analisis hidrolika dilakukan setelah debit banjir rencana didapatkan, kemudian debit banjir di simulasikan pada penampang sungai yang ada menggunakan program HEC-RAS untuk mengetahui tinggi dan lebar muka air banjir pada kala ulang 25, 50 dan 100 tahun.

Analisis hidrolika dilakukan untuk mengetahui tinggi dan lebar muka air banjir pada penampang sungai *existing*, terjadi beberapa luapan air banjir pada sungai Araren. kapasitas penampang sungai sudah tidak mampu menampung debit banjir yang disimulasikan pada segmen sungai tersebut. Studi pengalihan alur sungai dilakukan untuk mendapatkan profil melintang dan memanjang sungai yang baru yang akan di aliri debit yang sama, pada perencanaan debit sungai akan dialihkan pada sungai terdekat yaitu sungai Kayuwale.

Perencanaan profil sungai yang baru dibuat dengan dimensi penampang teknis saluran menggunakan metode tampang lintang ekonomis sungai. Desain penampang sungai baru dilakukan dengan kemiringan yang tetap, kemiringan dasar sungai ditentukan dari rata-rata kemiringan sungai *existing* yang telah disimulasikan sebelumnya. Perhitungan debit penampang dilakukan untuk mendapatkan luas basah saluran yang dibutuhkan untuk menampung debit banjir

pada kala ulang 100 tahun, hal ini dilakukan dengan cara tinggi profil penampang sungai dicoba-coba hingga kapasitas penampang mampu menampung debit banjir pada kala ulang 100 tahun.

Analisis tinggi dan lebar muka air banjir selanjutnya dilakukan pada pengalihan alur sungai baru yang dilakukan dengan menggunakan program HEC-RAS. Kapasitas penampang sungai yang baru harus mampu menampung debit banjir yang disimulasikan.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Analisis debit banjir yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan Metode Rasional Jepang sebagai debit banjir rencana.
2. Hasil analisis hidrolika profil sungai *existing* mendapatkan hasil, terdapat luapan banjir sungai di beberapa segmen sungai existing pada debit banjir dengan kala ulang 25, 50 dan 100 tahun.
3. Pengalihan alur sungai Araren dialihkan ke alur sungai Kayuwale.
4. Profil penampang teknis sungai yang baru direncanakan mampu untuk menampung debit banjir sampai pada kala ulang 100 tahun.

Saran

1. Perencanaan pengalihan alur sungai harus dilakukan dengan mempertimbangkan rekomendasi teknik.
2. Dalam pengalihan alur sungai harus memperhatikan kondisi sungai *existing* terlebih dahulu.

DAFTAR PUSTAKA

_____. *Data Debit Harian Sungai Talawaan*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.

_____. *Data Hujan Harian Pos Hujan Araren-Pinenek*. Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1, Manado.

Abdulhalim, Dwiki Fahrezi., Lambertus Tanudjaja, Jeffry S. F. Sumarauw. 2018. *Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Talawaan di Titik 250m Sebelah Hulu Bendung Talawaan*. Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.5 Mei 2018 (269-276) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Akbar, Moh., Mangangka, Isri., 2016. *Analisis Debit Banjir Sungai Molompar Kabupaten Minahasa Tenggara*, Jurnal Sipil Statik Vol. 6 No.15 Januari 2015 (38-45) ISSN:2335-6731, Manado

Chow V. T., 1988. *Applied Hydrology*, McGraw- Hill, Singapore.

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 S. F., 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. *Hidraulika II*. Beta Ofset, Yogyakarta.