



Analisis Neraca Air Sungai Malalayang Di Titik Pengamatan Instalasi Pengolahan Air (IPA) Pancuran IX, Winangun, Kota Manado

Mattheuw D. Taju^{#a}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#b}, Tiny Mananoma^{#c}

Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^amattheuwtaju@gmail.com; ^bjeffrysumarauw@unsrat.ac.id; ^ctmananoma@yahoo.com

Abstrak

Masyarakat Manado memanfaatkan air sungai Malalayang untuk pemenuhan kebutuhan air, yang diolah oleh PDAM Kota Manado. Berdasarkan hal ini maka perlu dilakukan analisis neraca air untuk mendapatkan nilai keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air. Analisis neraca air dilakukan dengan menganalisis ketersediaan air DAS IPA Pancuran IX menggunakan metode NRECA (*Natural Rural Electric Cooperative Association*) untuk mencari nilai Q90% sebagai kebutuhan air bersih. Nilai kebutuhan air yang dihitung merupakan nilai kebutuhan pengambilan air oleh IPA Pancuran IX dan IPA Lotta Pineleng serta kebutuhan air Q95% sesuai dengan peraturan pemerintah untuk pemeliharaan sungai. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai kebutuhan air bersih dan kebutuhan pemeliharaan sungai Q95% tidak dapat tercukupi dikarenakan debit sungai hasil hitung Q90% yang relatif kecil.

Kata kunci - sungai Malalayang, metode NRECA, PDAM, neraca air

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Sungai Malalayang merupakan sungai yang berlokasi di Malalayang memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan sebagai salah satu alternatif penyelesaian masalah kebutuhan air. Pemanfaatan Sungai Malalayang umumnya digunakan sebagai sumber penyediaan air bersih bagi masyarakat. Untuk menunjang kebutuhan air bersih masyarakat terdapat beberapa titik penampungan air yang ada di sungai Malalayang, antara lain di IPA Lotta serta IPA Pancuran IX. Selain penampungan air, sungai Malalayang ini juga digunakan untuk pemenuhan kebutuhan air irigasi untuk lahan pertanian. Bertambahnya jumlah penduduk akan memberikan pengaruh terhadap banyaknya kebutuhan air yang diperlukan.

Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan analisis neraca air untuk dapat menggambarkan secara jelas seberapa besar ketersediaan air di sungai, serta dapat memberikan jumlah kebutuhan air seperti kebutuhan air minum serta air bersih masyarakat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dari penelitian ini maka perlu dilakukan identifikasi terhadap permasalahan utama yang terjadi, antara lain;

- Ketersediaan air DAS Malalayang pada titik pengamatan IPA Pancuran IX
 - Kebutuhan air masyarakat sekitar DAS IPA Pancuran IX
- Keseimbangan antara ketersediaan air dengan kebutuhan air di DAS IPA Pancuran IX menggunakan metode neraca air.

1.3 Batasan Penelitian

Untuk mencapai sasaran penelitian yang tepat dalam pembahasan penelitian ini, perlu dilakukan pembatasan dalam proses penelitian ini.

- Menganalisis besaran debit aliran menggunakan pendekatan metode NRECA
- Analisis evapotranspirasi menggunakan metode Penman-Modifikasi, dan analisis debit andalan menggunakan metode Weibull

1.4 Maksud dan Tujuan

- Mendapatkan besaran ketersediaan air sungai Malalayang pada titik pengamatan IPA Pancuran IX
- Mendapatkan nilai kebutuhan air masyarakat yang tinggal di sekitar DAS IPA Pancuran IX
- Menghitung neraca air sungai Malalayang dengan titik kontrol IPA Pancuran IX

1.5 Manfaat Penelitian

Melalui penelitian diperoleh besaran ketersediaan air sungai Malayang sehingga dapat dimanfaatkan untuk pemenuhan kebutuhan air, serta mengetahui nilai neraca air sungai Malalayang dengan titik kontrol yang digunakan adalah IPA Pancuran IX.

2. Metode

2.1. Lokasi Penelitian

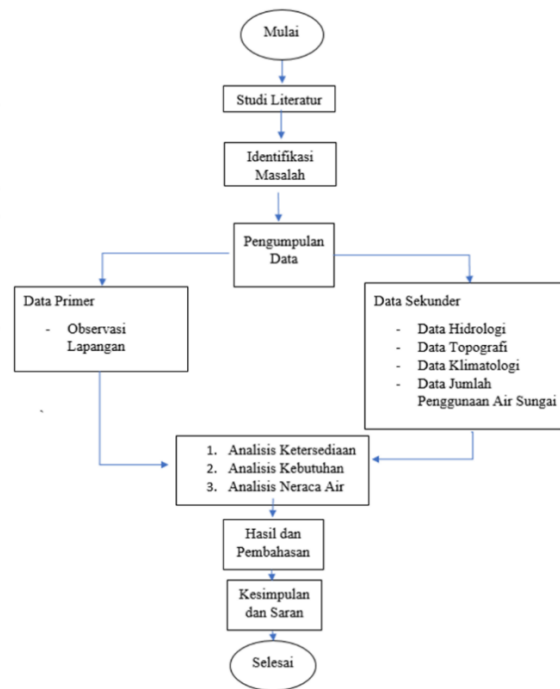
Penelitian ini akan dilaksanakan di wilayah DAS Malalayang yang berhilir di daerah Malalayang tepatnya melewati kelurahan Bahu dan juga Malalayang Satu Timur, serta titik pengamatan ada di IPA Pancuran IX, Winangun, Kota Manado serta titik koordinat $1^{\circ}26'01.53''$ N $124^{\circ}50'18.11''$ E. Dengan topografi daerah di sekitar DAS umumnya berupa daerah perbukitan serta daerah datar di bagian hilir sungai.



Gambar 1. Lokasi Pengamatan IPA Pancuran IX (Google Earth PRO, 2022)

2.2. Bagan Alir Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Kajian literatur

3.1. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan parameter penting dalam pemodelan debit, untuk menghitung besar evapotranspirasi diperlukan data klimatologi, diantaranya suhu udara, kelembaban relatif, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin (Permana & Susetyaningsih, 2022).

Evapotranspirasi adalah gabungan dari 2 proses yaitu evaporasi yang merupakan proses penguapan dari suatu badan air dan transpirasi yang merupakan penguapan sebagai hasil proses dari pertumbuhan tanaman (Sumarauw, 2022b) Evaporasi atau penguapan merupakan peristiwa berubahnya air menjadi jenis uap dan bergerak dari permukaan tanah dan air ke udara (Sosrodarsono, 1967). Data klimatologi yang digunakan merupakan data rerata selama 20 tahun pengamatan Analisis evapotranspirasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan metode Penman-Modifikasi dengan persamaan yang digunakan:

$$ET_0 = C[W R_n + (1 - W)f(u)(e_a - e_d)$$

dimana:

ET₀ = evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

c = Faktor Penyesuaian

W = faktor penimbang

1-W = Faktor temperatur dan ketinggian

R_n = radiasi matahari neto (mm/hari)

f(u) = Faktor kecepatan angin

e_a = Tekanan uap udara (mbar)

e_d = Tekanan uap jenuh (mbar)

3.2. Pemodelan Debit Bulanan Metode NRECA

Metode NRECA digunakan untuk memperhitungkan debit bulanan yang berdasar pada hujan bulanan (Sumarauw, 2022c). Model NRECA membagi aliran bulanan menjadi dua, yaitu

limpasan langsung (limpasan permukaan dan bawah permukaan) dan aliran dasar (Limantara & Putra, 2016). Analisis debit bulanan menggunakan data curah hujan selama 20 tahun pengamatan yang nanti akan dimodelkan menjadi debit per bulan selama 20 tahun pengamatan. Perhitungan menggunakan metode Nreca merupakan cara pemodelan yang sederhana Perhitungan metode NRECA dapat digunakan untuk melaksanakan pemodelan debit bulanan, Perhitungan dengan metode ini menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = P - AE + \Delta s$$

dimana:

Q/R0 = Nilai aliran permukaan

AE = *Actual evaporation*/penguapan aktual

P/Rb = Persipitasi

Δs = *Delta storage*/perubahan Tampungan

3.3 Kalibrasi Debit

Hasil dari perhitungan menggunakan metode NRECA tidak bisa langsung dapat digunakan, karena masih diragukan tingkat kebenaran dari hasil perhitungan.

Perhitungan kalibrasi dilakukan dengan 2 cara penentuan, menggunakan metode koefisien determinasi dan NSE. Tujuan dari kalibrasi adalah untuk mendapatkan nilai hubungan yang paling optimal dari data debit terukur dan data debit hasil hitung, sehingga nantinya debit hasil hitung dapat digunakan untuk keperluan analisis ketersediaan debit

1). Koefisien Determinasi

Analisis koefisien determinasi bertujuan untuk mengukur seberapa jauh kemampuan model dalam menerangkan variasi variabel dependen. Proses hitung itu menggunakan persamaan koefisien determinasi yaitu:

$$r^2 = \left(\frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n(\sum X^2) - (\sum X)^2][n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2]}} \right)^2$$

dimana:

r = Nilai uji koefisien determinasi

Y = Debit analisis

X = Debit terukur

n = jumlah data

Nilai uji koefisien determinasi (r^2) berkisar antara tak hingga – satu. Jika nilai dari $r^2=1$ maka data dikategorikan hasil debit analisis dengan hasil debit terukur memiliki nilai yang sangat mirip, dengan kata lain jika nilai r^2 mendekati 1 maka perbedaan nilai akan semakin kecil.

Tabel 1. Kriteria Nilai Korelasi R^2

Kategori	Nilai
Sangat Kuat	0.80 – 1
Kuat	0.60 – 0.799
Cukup Kuat	0.40 – 0.599
Rendah	0.20 – 0.399
Sangat Rendah	0.00 – 0.199

2). Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)

Uji NSE ini digunakan untuk kekuatan prediksi dari model debit hidrologi yang menggambarkan akurasi model. Dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$NSE = 1 - \frac{\sum(Q_{Obs} - Q_{Model})^2}{\sum(Q_{Obs} - Q_{Obs})^2}$$

dimana:

Q_{Obs} = Nilai Debit Terukur

Q_{Model} = Nilai Debit Analisis

Tabel 2. Kriteria Nilai Nash – Sutcliffe Efficiency

Interpretasi	Nilai NSE
Kuat	$NSE > 0,75$
Moderat/sedang	$0,36 < NSE < 0,75$
Lemah	$NSE < 0,36$

3.4 Ketersediaan Air

Ketersediaan air adalah jumlah air yang tersedia pada suatu wilayah sungai, DAS atau daerah layanan air. Besarnya ketersediaan air diestimasi melalui debit andalan, yaitu debit yang kejadiannya dihubungkan dengan probabilitas atau kala ulang tertentu (Kurniasari et al., 2021)

Analisis ketersediaan dalam hal ini debit andalan dihitung dengan pendekatan metode Weibull. Nilai debit andal yang diperlukan adalah Q90% dan Q95%. Analisis kebutuhan air yang digunakan berdasarkan data pengambilan air untuk keperluan air bersih PDAM Kota Manado. Titik IPA yang dimaksud merupakan IPA Lotta Pineleng serta IPA Pancuran IX.

3.5 Kebutuhan Air

Kebutuhan air adalah sejumlah air yang digunakan untuk berbagai peruntukkan atau kegiatan masyarakat dalam wilayah tertentu (Sari & Koswara, 2019).

Kebutuhan air berbanding lurus dengan jumlah penduduk yang ada di suatu daerah. Semakin besar jumlah penduduk maka semakin besar jumlah kebutuhan air di suatu daerah. Untuk nilai kebutuhan digunakan kebutuhan untuk air bersih masyarakat serta kebutuhan pemeliharaan sungai Q95% pada sungai Malalayang di titik pengamatan.

3.6 Debit Andalan

Besaran debit yang bisa diandalkan, yang tersedia di suatu sungai yang kejadiannya dihubungkan dengan probabilitas tertentu (Sumarauw, 2022a). Debit andalan adalah banyaknya air yang tersedia untuk keperluan tertentu (seperti irigasi, air baku, PLTA, dan lain-lain) sepanjang tahun dengan risiko kegagalan yang telah diperhitungkan (Mauliana et al., 2022)

Tingkat keandalan dari debit air dihitung menggunakan persamaan Weibull, berdasarkan nilai probabilitas dari debit air sungai. Dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P(\%) = \frac{m1}{n + 1} \times 100\%$$

3.7 Neraca Air

Neraca air merupakan nilai keseimbangan dari total penggunaan air dengan jumlah debit total ketersediaan air. Jika hasil perhitungan merupakan nilai positif maka terdapat kelebihan ketersediaan air, dan sebaliknya jika nilai neraca air itu negatif maka terjadi kekurangan air.

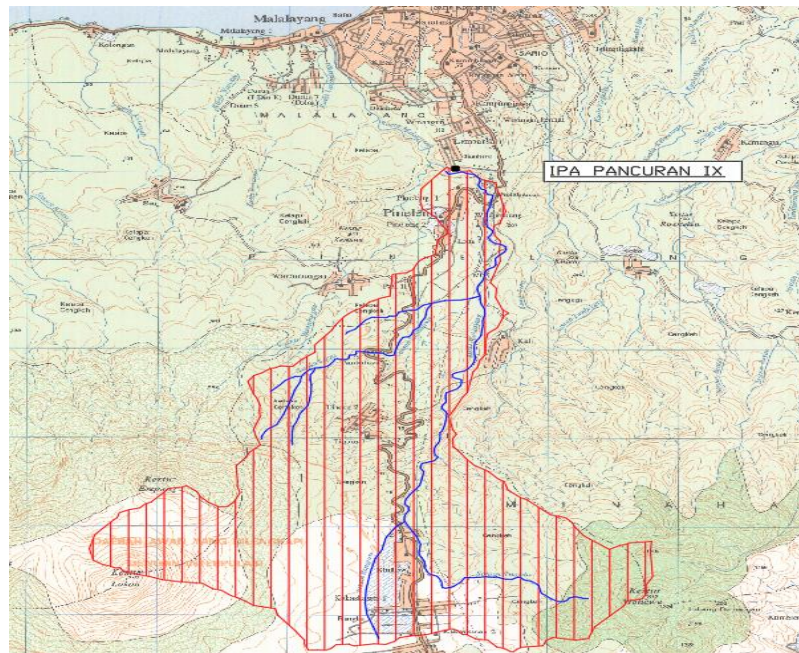
Neraca air merupakan neraca masukan dan keluarnya air di suatu wilayah pada periode tertentu (Chairunnisa et al., 2021). Hal tersebut maka dapat digunakan untuk mengetahui jumlah surplus (kelebihan) dan defisit (kekurangan) air. Perhitungan neraca air menggunakan persamaan:

$$\text{Neraca Air} = Q_{\text{tersedia}} - Q_{\text{kebutuhan}}$$

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Luasan DAS Pengamatan

Luas DAS pengamatan, DAS IPA Pancuran IX didapatkan dengan bantuan aplikasi Arcgis 10.8 menggunakan data *Digital Elevation Model* (DEM) yang diperoleh dari DEMNAS. Diperoleh luas *catchment area* sebesar 35 km².



Gambar 3. Catchment area IPA Pancuran IX

Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data rerata dari 2 stasiun pengamatan yang berada dekat dengan DAS yang akan diamati.

Dengan luasan pengaruh pos terhadap DAS yang akan di amati adalah

Pos Malalayang – Tinoor	= 24,1325 (68,95%)
Pos Malalayang – Kakaskasen	= 10,8675 (31,05%)

4.2 Perbandingan Luas DAS

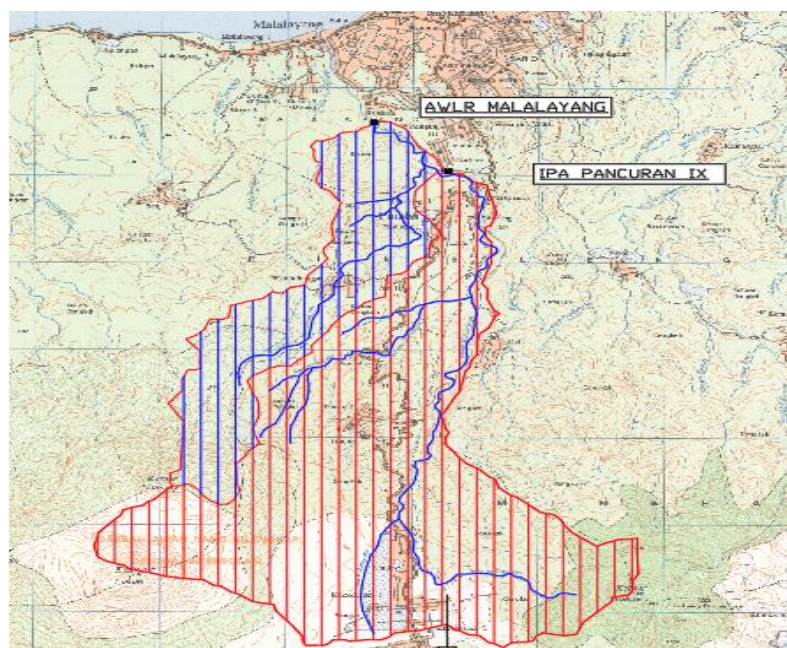
Dikarenakan perbedaan luas DAS pengamatan dengan DAS sungai Malalayang yang digunakan untuk pemodelan debit bulanan pada sungai, maka dilakukan perbandingan luas DAS.

Luas DAS pengamatan = 35 Km²

*Arsiran warna merah

Luas DAS Malayang = 50 Km²

*Arsiran warna merah ditambah arsiran warna biru



Gambar 4. DAS pengamatan dan DAS AWLR

Untuk data debit terukur menggunakan data yang dikeluarkan BWSS1 menggunakan *Automatic Water Level Recorder* di pos duga air Sungai Malalayang. Untuk data debit terukur merupakan data debit rerata bulanan selama 1 tahun yaitu pada tahun 2009.

Tabel 3. Debit Sungai Malalayang Pada Titik AWLR Malalayang

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
Debit AWLR Malalayang	4.39	3.61	3.13	2.43	2.53	3.21	2.85	1.92	1.95	1.97	2.06	5.55

Dilakukan dengan menggunakan persamaan;

$$Q_m = \left(\frac{35}{50}\right) \times 4.39$$

$$Q_m = 3.07$$

Tabel 4. Debit Sungai Malalayang Pada Titik IPA Pancuran IX

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Ags	Sept	Okt	Nov	Des
Debit Pada IPA Pancuran IX	3.07	2.53	2.19	1.70	1.77	2.24	1.99	1.35	1.37	1.38	1.45	1.79

4.3 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi ditujukan untuk mendapatkan gambaran mengenai nilai penguapan yang terjadi di DAS IPA Pancuran IX.

Tabel 5. Data Klimatologi

SUHU RATA RATA (C)		RH		KECEPATAN ANGIN (KM/HARI)		PENYINARAN MATAHARI (JAM/HARI)	
Bulan	Rerata Tahunan	Bulan	Rerata Tahunan	Bulan	Rerata Tahunan	Bulan	Rerata Tahunan
JAN	26.121	JAN	98.00	JAN	32.99	JAN	3.11
FEB	26.522	FEB	98.00	FEB	35.48	FEB	3.56
MAR	26.691	MAR	97.97	MAR	31.44	MAR	4.02
APR	26.822	APR	96.92	APR	24.48	APR	4.38
MEI	27.089	MEI	98.03	MEI	22.12	MEI	4.75
JUNI	26.740	JUNI	97.93	JUNI	31.20	JUNI	4.44
JULI	26.148	JULI	97.97	JULI	35.29	JULI	4.68
AGS	26.776	AGS	97.83	AGS	41.48	AGS	5.54
SEP	27.093	SEP	98.00	SEP	35.66	SEP	5.35
OKT	26.908	OKT	97.52	OKT	31.00	OKT	4.37
NOV	26.715	NOV	97.80	NOV	27.44	NOV	3.94
DES	26.743	DES	97.94	DES	29.09	DES	3.77

Data tabel merupakan data klimatologi yang didapatkan dari BWS Sulawesi 1, dari Pos pengamatan klimatologi Peleloan Tondano selama 20 tahun pengamatan yang kemudian dirata – ratakan.

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan untuk penguapan terbesar terjadi pada bulan Oktober. Dengan nilai penguapan yang bervariasi per bulan akan mengakibatkan perbedaan terhadap debit bulanan di sungai Malalayang.

4.4. Pemodelan Debit Bulanan Metode NRECA

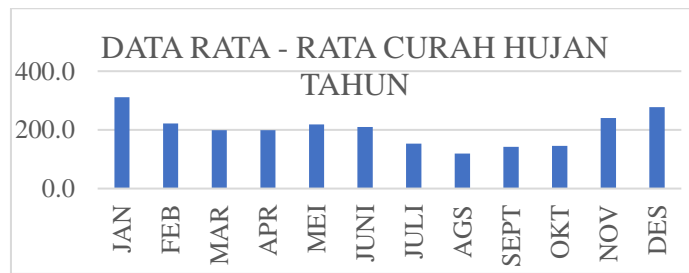
Nilai debit bulanan pada sungai didapatkan dengan mengolah data curah hujan bulanan selama 20 tahun pengamatan, dimana data tersebut diolah dengan menggunakan pendekatan metode NRECA.

Gambar 5 menunjukkan variasi nilai curah hujan per bulan, dimana untuk keperluan pemodelan debit nilai curah hujan yang digunakan merupakan debit per bulan dan bukan rerata selama tahun pengamatan. data curah hujan diolah menjadi debit bulanan dengan pemodelan curah hujan.

Pemodelan debit sungai dilakukan dengan menghitung dengan metode NRECA, dan dilanjutkan dengan proses kalibrasi dengan cara koefisien determinasi. Untuk perbandingan menggunakan data debit pada titik IPA Pancuran IX.

Tabel 6. Perhitungan Evapotranspirasi

No	DESCRIPTION	EVAPOTRANSPIRASI											
		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUNI	JULI	AGS	SEP	OKT	NOV	DES
1	Temperature (T) Data	26,12	26,52	26,69	26,82	27,09	26,74	26,15	26,78	27,09	26,91	26,72	26,74
2	Saturation Vapour Pressure (ea) --->Table.1	33,85	34,70	35,05	35,33	35,89	35,15	33,91	35,23	35,89	35,51	35,10	35,16
3	Relative Humidity (RH)	0,98	0,98	0,98	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
4	Vapour Pressure (ed) = (ea x RH)	33,18	34,00	34,34	34,24	35,18	34,43	33,22	34,46	35,18	34,63	34,33	34,43
5	Diff. Vapour Pressure (ea - ed)	0,68	0,69	0,71	1,09	0,71	0,73	0,69	0,77	0,72	0,88	0,77	0,72
6	Wind Velocity (U) Km/day	33,0	35,5	31,4	24,5	22,1	31,2	35,3	41,5	35,7	31,0	27,4	29,1
7	f(U) = 0.27(1+(U/100))	0,359	0,366	0,355	0,336	0,330	0,354	0,365	0,382	0,366	0,354	0,344	0,349
8	Weighting Factor = W ----> Table.2	0,751	0,755	0,757	0,758	0,761	0,757	0,751	0,758	0,761	0,759	0,757	0,757
9	Weighting Factor for Wind = 1 - W	0,249	0,245	0,243	0,242	0,239	0,243	0,249	0,242	0,239	0,241	0,243	0,243
10	Aerodynamic Factor = (1-W).f(U).(ea-ed)	0,06	0,06	0,06	0,09	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,08	0,06	0,06
11	Extra Terrestrial Radiation (Ra) ----> Table.3	14,85	15,40	15,65	15,30	14,65	14,05	14,20	14,85	15,30	15,35	14,95	14,60
12	Sunshine (n) (Jam/hari)	3,11	3,76	4,40	3,68	3,94	3,78	4,37	3,63	7,23	7,46	7,78	7,73
13	N ----> Table.4	11,96	11,98	12,00	12,04	12,06	12,08	12,06	12,06	12,02	12,00	11,98	11,96
14	Sunshine (n/N)	0,26	0,31	0,37	0,31	0,33	0,31	0,36	0,30	0,60	0,62	0,65	0,65
15	Short Wave Solar Radiation (Rs) =(0.25+0.5n/N)Ra	5,64	6,26	6,78	6,17	6,06	5,71	6,12	5,95	8,43	8,61	8,59	8,37
16	Incom.Short Wave Solar Radiation (Rns) =0.75.Rs	4,23	4,70	5,08	4,62	4,54	4,28	4,59	4,46	6,32	6,45	6,44	6,27
17	Effect of Temperature on Rnl= f(T) ----> Table.5	15,92	16,00	16,04	16,06	16,12	16,05	15,93	16,06	16,12	16,08	16,04	16,05
18	Effect of (ed) on Rnl = f(ed) = 0.34 - 0.04.Ved	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,11	0,11
19	Effect of (n/N) on Rnl = f(n/N) = 0.1 + 0.9 n/N	0,33	0,38	0,43	0,38	0,39	0,38	0,43	0,37	0,64	0,66	0,68	0,68
20	Net Long Wave Radiation Rnl = f(T).f(ed).f(n/N)	0,58	0,65	0,73	0,64	0,65	0,64	0,74	0,63	1,06	1,11	1,16	1,15
21	Net Radiation Rn = Rns - Rnl	3,65	4,05	4,36	3,99	3,89	3,64	3,85	3,84	5,26	5,35	5,28	5,12
22	Effect W on Rn = W . Rn	2,74	3,06	3,30	3,02	2,96	2,76	2,89	2,91	4,00	4,06	4,00	3,88
23	Adjustment Factor = C ----> Table.6	0,9915	1,0450	1,0550	1,0493	1,0489	0,9953	1,0428	0,9920	1,0787	1,0832	1,0843	1,0803
24	Evapotranspiration (ETo) =C.(W.Rn+(1-W)(f(u).ea-ed)	2,78	3,26	3,54	3,26	3,16	2,80	3,08	2,95	4,38	4,48	4,41	4,26
25	Monthly E ₀ (mm/days)	86,13	91,21	109,85	97,91	98,06	84,15	95,50	91,56	131,54	138,78	132,21	132,01



Gambar 5. Rata – Rata Curah Hujan Bulanan Selama 20 Tahun

Tabel 7. Perhitungan Debit Metode NRECA Januari 2009 Sebelum Kalibrasi

BULAN	HARI	PRECIP	PET	MOIST STORAGE	STORAGE RATIO	PRECIP/ PET	AET/ PET	AET	WATER BALANCE	X	EXCESS MOIST STORAGE	EXCESS MOIST	DELTA STORAGE	RECHARGE TO GW	GROUND WATER			TOTAL MONTHLY DISCHARGED		
															STORAGE		FLOW		DIRECT FLOW	TOTAL DISC
															BEGIN	END				
JAN	31	408.55	86.13	986.19	1.68	4.74	1.00	86.13	322.42	1.31	0.93	300.44	21.98	270.40	91.77	362.17	181.09	30.04	211.13	2.76
FEB	28	237.20	91.21	1008.17	1.72	2.60	1.00	91.21	145.99	1.38	0.94	137.30	8.70	123.57	181.09	304.65	152.33	13.73	166.06	2.40
MAR	31	199.48	109.85	1016.87	1.73	1.82	1.00	109.85	89.64	1.41	0.94	84.58	5.06	76.12	152.33	228.45	114.22	8.46	122.68	1.60
APR	30	157.03	97.91	1021.93	1.74	1.60	1.00	97.91	59.12	1.42	0.95	55.89	3.24	50.30	114.22	164.52	82.26	5.59	87.85	1.19
MEI	31	192.97	98.06	1025.17	1.75	1.97	1.00	98.06	94.92	1.44	0.95	89.83	5.09	80.84	82.26	163.11	81.55	8.98	90.54	1.18
JUNI	30	126.60	84.15	1030.26	1.75	1.50	1.00	84.15	42.46	1.45	0.95	40.25	2.21	36.22	81.55	117.78	58.89	4.02	62.91	0.85
JULI	31	229.64	95.50	1032.47	1.76	2.40	1.00	95.50	134.14	1.46	0.95	127.26	6.88	114.53	58.89	173.42	86.71	12.73	99.44	1.30
AGS	31	54.77	91.56	1039.34	1.77	0.60	0.95	87.34	-32.57	1.48	0.00	0.00	-32.57	0.00	86.71	86.71	43.36	0.00	43.36	0.57
SEPT	30	4.35	131.54	1006.77	1.71	0.03	0.86	113.41	-109.06	1.37	0.00	0.00	-109.06	0.00	43.36	43.36	21.68	0.00	21.68	0.29
OKT	31	66.27	138.78	897.71	1.53	0.48	0.88	121.71	-55.44	1.02	0.00	0.00	-55.44	0.00	21.68	21.68	10.84	0.00	10.84	0.14
NOV	30	162.89	132.21	842.27	1.43	1.23	1.00	132.21	30.68	0.84	0.84	25.83	4.85	23.25	10.84	34.08	17.04	2.58	19.62	0.26
DES	31	225.92	132.01	847.12	1.44	1.71	1.00	132.01	93.91	0.85	0.85	79.45	14.46	71.51	17.04	88.55	44.28	7.95	52.22	0.68

Hujan Tahunan = 2435,27; Nominal = 587,05; PSUB = 0,9; GWF = 0,5; GWS = 1000; CROPF = 1; SMS = 1000

Pemodelan debit pada awalnya menggunakan parameter yang ditentukan sebelumnya. Namun hasil debit yang didapatkan dengan menggunakan parameter ini tidak langsung dapat dipercaya dan perlu dilakukan kalibrasi untuk mendapatkan nilai hubungan yang paling mendekati debit hasil ukur pada titik pengamatan. Untuk mendapatkan nilai hubungan, dilakukan perhitungan koefisien determinasi serta NSE.

Tabel 8. Hasil Hitung Nilai Hubungan

n	OBS MONTHLY DISCHARGED (X)	MONTHLY DISCHARGED (Y)	R2	NSE
1	3.073	3.81	0.813	0.79
2	2.529	2.786		
3	2.194	1.952		
4	1.706	1.608		
5	1.773	1.662		
6	2.247	1.211		
7	1.997	1.755		
8	1.347	0.715		
9	1.367	0.591		
10	1.377	0.457		
11	1.445	0.622		
12	1.786	1.043		
Σ	22.842	18.211		

Hasil perhitungan sebelum kalibrasi menunjukkan nilai NSE sebesar 0.813 dan NSE sebesar 0.79, nilai hubungan ini perlu dilakukan pemaksimalan nilai untuk mendapatkan nilai debit terukur pada sungai yang lebih akurat dengan mengganti beberapa parameter yang telah ditentukan sebelumnya, adapun parameter yang dimaksud seperti hujan Tahunan, nominal, PSUB, GWF, GWS, SMS. Perhitungan kalibrasi dilakukan dengan beberapa iterasi dengan bantuan aplikasi MS Excel, data perhitungan setelah dikalibrasi dapat dilihat dalam Tabel 9.

Tabel 9. Perhitungan NRECA Tahun 2009 Sesudah Kalibrasi

BULAN	HARI	PRECIP	PET	MOIST STORAGE	STORAGE RATIO	PRECIP/PET	AET/PET	AET	WATER BALANCE	X	EXCESS MOIST STORAGE	EXCESS MOIST	DELTA STORAGE	RECHARGE TO GW	GROUND WATER			TOTAL DISC	TOTAL MONTHLY DISCHARGED	
															STORAGE		DIRECT FLOW			
															BEGIN	END				
JAN	31	408.55	87.48	1200.00	2.34	4.67	1.00	87.48	321.07	2.57	0.99	319.21	1.85	159.61	500.00	659.61	131.92	159.61	291.53	3.81
FEB	28	237.20	91.32	1201.85	2.34	2.60	1.00	91.32	145.88	2.58	0.99	145.05	0.83	72.53	527.69	600.21	120.04	72.53	192.57	2.79
MAR	31	199.48	110.01	1202.69	2.34	1.81	1.00	110.01	89.47	2.58	0.99	88.96	0.51	44.48	480.17	524.65	104.93	44.48	149.41	1.95
APR	30	157.03	98.11	1203.19	2.34	1.60	1.00	98.11	58.92	2.59	0.99	58.58	0.33	29.29	419.72	449.01	89.80	29.29	119.09	1.61
MEI	31	192.97	100.25	1203.52	2.35	1.92	1.00	100.25	92.73	2.59	0.99	92.20	0.52	46.10	359.21	405.31	81.06	46.10	127.16	1.66
JUNI	30	126.60	85.03	1204.05	2.35	1.49	1.00	85.03	41.58	2.59	0.99	41.34	0.23	20.67	324.25	344.92	68.98	20.67	89.66	1.21
JULI	31	229.64	97.05	1204.28	2.35	2.37	1.00	97.05	132.58	2.59	0.99	131.84	0.74	65.92	275.94	341.86	68.37	65.92	134.29	1.75
AGS	31	54.77	92.01	1205.02	2.35	0.60	1.00	92.01	-37.24	2.59	0.00	0.00	-37.24	0.00	273.49	273.49	54.70	0.00	54.70	0.71
SEPT	30	4.35	133.23	1167.78	2.28	0.03	1.00	133.23	-128.88	2.45	0.00	0.00	-128.88	0.00	218.79	218.79	43.76	0.00	43.76	0.59
OKT	31	66.27	138.65	1038.89	2.02	0.48	1.00	138.65	-72.37	1.97	0.00	0.00	-72.37	0.00	175.03	175.03	35.01	0.00	35.01	0.46
NOV	30	162.89	131.83	966.52	1.88	1.24	1.00	131.83	31.05	1.70	0.97	30.05	1.00	15.02	140.02	155.05	31.01	15.02	46.03	0.62
DES	31	225.92	131.25	967.53	1.89	1.72	1.00	131.25	94.68	1.70	0.97	91.63	3.04	45.82	124.04	169.86	33.97	45.82	79.79	1.04

Hujan Tahunan = 2065,67; Nominal = 513,13; PSUB = 0,5; GWF = 0,2; GWS = 500; CROPF = 1; SMS = 1200

Tabel 10. Hasil Hitung Nilai Hubungan

n	OBS MONTHLY DISCHARGED (X)	TOTAL MONTHLY DISCHARGED (Y)	R2	NSE
1	3.073	3.810	0.8730082	0.95
2	2.529	2.786		
3	2.194	1.952		
4	1.706	1.608		
5	1.773	1.662		
6	2.247	1.211		
7	1.997	1.755		
8	1.347	0.715		
9	1.367	0.591		
10	1.377	0.457		
11	1.445	0.622		
12	1.786	1.043		
Σ	22.842	18.211		

Setelah dilakukan perbandingan antara debit terukur pada titik pengamatan dan debit hasil hitung setelah kalibrasi didapatkan nilai koefisien yang lebih mendekati debit terukur pada titik IPA Pancuran IX. Parameter – parameter yang digunakan dalam perhitungan sesudah kalibrasi ini digunakan kembali saat perhitungan debit selama 20 tahun pengamatan. Dengan nilai hubungan koefisien determinasi sebesar 0.873 yang dikategorikan sebagai korelasi sangat kuat. Tabel 11 merupakan debit hasil hitung sesudah kalibrasi selama 20 tahun pengamatan.

Tabel 11. Rekapitulasi Debit Hasil Hitung Tabel

DEBIT PER BULAN SELAMA 20 TAHUN PENGAMATAN												
THN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUNI	JULI	AGS	SEPT	OKT	NOV	DES
2002	2.48	1.33	1.42	1.49	0.74	0.91	0.51	0.41	0.34	0.26	0.22	0.17
2003	0.47	0.60	0.39	0.17	0.14	0.11	0.17	0.08	0.07	0.05	0.18	0.86
2004	0.51	0.19	0.36	0.14	0.76	1.52	1.09	0.35	0.29	0.23	0.19	0.14
2005	0.58	0.17	0.36	0.64	0.45	0.47	0.18	0.14	0.12	0.14	0.37	0.10
2006	0.68	2.25	0.65	0.46	1.02	1.27	0.38	0.30	0.25	0.19	0.33	0.56
2007	1.43	0.80	1.32	0.47	0.70	0.98	0.35	1.46	0.38	0.64	0.79	0.51
2008	1.23	1.13	0.47	1.32	0.99	0.39	1.90	1.05	1.49	0.87	2.23	1.01
2009	2.88	2.00	1.39	1.15	1.30	0.92	1.50	0.53	0.44	0.34	0.49	0.87
2010	2.50	1.33	0.72	2.51	1.52	1.56	2.36	2.37	1.34	1.69	1.83	2.93
2011	2.21	2.86	2.21	2.90	3.04	2.48	1.03	1.56	1.08	0.64	1.71	2.49
2012	1.17	0.69	1.68	2.02	1.64	1.86	1.22	0.69	0.51	0.40	1.49	0.82
2013	2.10	1.60	0.55	0.65	0.46	0.32	0.75	0.27	0.64	0.59	2.02	1.01
2014	5.06	2.11	1.34	1.63	1.74	3.25	1.21	1.59	0.94	0.60	1.87	3.38
2015	4.10	3.08	1.32	1.21	0.76	1.10	0.55	0.44	0.36	0.28	0.98	0.59
2016	1.54	1.76	0.47	0.73	2.67	3.05	1.69	1.07	2.23	1.62	1.55	3.08
2017	3.52	3.08	3.08	1.75	3.93	4.29	2.16	2.24	2.15	2.14	2.68	1.76
2018	1.30	2.53	2.92	2.24	2.11	1.24	1.72	0.85	0.64	0.70	1.73	2.85
2019	3.45	2.55	0.93	3.28	0.92	1.34	0.66	0.53	0.44	1.14	0.74	0.35
2020	1.40	2.44	1.78	1.47	1.39	1.55	1.06	0.84	1.13	0.96	0.63	2.95
2021	2.73	1.60	1.96	1.19	2.74	2.76	1.81	1.97	3.16	0.95	2.35	4.03

4.5 Debit Andalan

Perhitungan debit andalan dilakukan dengan mengurutkan data per bulan dari terbesar sampai data terkecil, untuk hasil perhitungan debit andalan dapat dilihat dalam Tabel 12. Nilai Q90 dan Q95 didapat dengan melakukan interpolasi dari data yang ada. Debit terbesar perbulannya untuk kebutuhan air bersih terdapat pada bulan Januari sebesar 0.521 m³/det.

4.6 Kebutuhan Air

Kebutuhan air pada DAS IPA Pancuran IX umumnya adalah kebutuhan air oleh PDAM kota Manado, dimana terdapat 2 IPA utama yang berlokasi dalam DAS IPA Pancuran IX. Dimana IPA yang dimaksud adalah IPA Lotta Pineleng dan juga IPA Pancuran IX. Untuk IPA Lotta Pineleng sistem distribusi air yang digunakan adalah sistem gravitasi dan untuk IPA pancuran IX digunakan sistem pompa air. Untuk perincian data kebutuhan air dilampirkan dalam Tabel 13.

Tabel 12. Perhitungan Debit Andalan

PERHITUNGAN DEBIT ANDALAN													
NO	PERSENTASE %	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUNI	JULI	AGS	SEPT	OKT	NOV	DES
1	4.762	5.06	3.08	3.08	3.28	3.93	4.29	2.36	2.37	3.16	2.14	2.68	4.03
2	9.524	4.10	3.08	2.92	2.90	3.04	3.25	2.16	2.24	2.23	1.69	2.35	3.38
3	14.286	3.52	2.86	2.21	2.51	2.74	3.05	1.90	1.97	2.15	1.62	2.23	3.08
5	23.810	3.45	2.55	1.96	2.24	2.67	2.76	1.81	1.59	1.49	1.14	2.02	2.95
4	19.048	2.88	2.53	1.78	2.02	2.11	2.48	1.72	1.56	1.34	0.96	1.87	2.93
6	28.571	2.73	2.44	1.68	1.75	1.74	1.86	1.69	1.46	1.13	0.95	1.83	2.85
8	38.095	2.50	2.25	1.42	1.63	1.64	1.56	1.50	1.07	1.08	0.87	1.73	2.49
10	47.619	2.48	2.11	1.39	1.49	1.52	1.55	1.22	1.05	0.94	0.70	1.71	1.76
9	42.857	2.21	2.00	1.34	1.47	1.39	1.52	1.21	0.85	0.64	0.64	1.55	1.01
7	33.333	2.10	1.76	1.32	1.32	1.30	1.34	1.09	0.84	0.64	0.64	1.49	1.01
11	52.381	1.54	1.60	1.32	1.21	1.02	1.27	1.06	0.69	0.51	0.60	0.98	0.87
12	57.143	1.43	1.60	0.93	1.19	0.99	1.24	1.03	0.53	0.44	0.59	0.79	0.86
13	61.905	1.40	1.33	0.72	1.15	0.92	1.10	0.75	0.53	0.44	0.40	0.74	0.82
15	71.429	1.30	1.33	0.65	0.73	0.76	0.98	0.66	0.44	0.38	0.34	0.63	0.59
14	66.667	1.23	1.13	0.55	0.65	0.76	0.92	0.55	0.41	0.36	0.28	0.49	0.56
16	76.190	1.17	0.80	0.47	0.64	0.74	0.91	0.51	0.35	0.34	0.26	0.37	0.51
17	80.952	0.68	0.69	0.47	0.47	0.70	0.47	0.38	0.30	0.29	0.23	0.33	0.35
18	85.714	0.58	0.60	0.39	0.46	0.46	0.39	0.35	0.27	0.25	0.19	0.22	0.17
19	90.476	0.51	0.19	0.36	0.17	0.45	0.32	0.18	0.14	0.12	0.14	0.19	0.14
20	95.238	0.47	0.17	0.36	0.14	0.14	0.11	0.17	0.08	0.07	0.05	0.18	0.10
Q (M3)	90	0.521	0.227	0.364	0.203	0.448	0.329	0.194	0.153	0.130	0.148	0.190	0.147
Q (M3)	95	0.476	0.172	0.360	0.143	0.151	0.122	0.169	0.083	0.069	0.056	0.178	0.103

Tabel 13. Data Pengambilan Air PDAM

Data Kebutuhan Air	Satuan	Jenis IPA	Jumlah Alat	Kapasitas Maks (l/det)	Kapasitas Maks (m3/det)	Total Kapasitas Maks (m3/det)
IPA Lotta PINELENG	(l/det)	Gravitasi	1	250	0,25	0,25
IPA Pancuran IX	(l/det)	Pompa air	2	125	0,125	0,205
				80	0,08	

4.7 Analisis Neraca Air

Analisis neraca air dalam penelitian ini memperhitungkan kebutuhan masing – masing IPA yang ada di sekitar sungai Malalayang serta kebutuhan untuk pemeliharaan air sungai. Perhitungan neraca air di titik IPA Pancuran IX dapat dilihat dalam Tabel 14.

Tabel 14. Perhitungan Neraca Air

ANALISIS NERACA AIR TOTAL						
BULAN	KETERSEDIAAN AIR BERSIH (Q90) (M3/DET)	KEBUTUHAN AIR			KEBUTUHAN AIR TOTAL (M3/DET)	NERACA AIR
		IPA Lotta Pineleng	IPA Pancuran IX	PEMELIHARAAN SUNGAI (Q95) (M3/DET)		
JANUARI	0.521	0.25	0.205	0.476	0.931	-0.4108
FEBRUARY	0.227	0.25	0.205	0.172	0.627	-0.3995
MARET	0.364	0.25	0.205	0.360	0.815	-0.4508
APRIL	0.203	0.25	0.205	0.143	0.598	-0.3955
MEI	0.448	0.25	0.205	0.151	0.606	-0.1582
JUNI	0.329	0.25	0.205	0.122	0.577	-0.2481
JULI	0.194	0.25	0.205	0.169	0.624	-0.4302
AGUSTUS	0.153	0.25	0.205	0.083	0.538	-0.3848
SEPTEMBER	0.130	0.25	0.205	0.069	0.524	-0.3940
OKTOBER	0.148	0.25	0.205	0.056	0.511	-0.3630
NOVEMBER	0.190	0.25	0.205	0.178	0.633	-0.4425
DESEMBER	0.147	0.25	0.205	0.103	0.558	-0.4108

5. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil analisis ketersediaan air menggunakan metode NRECA didapatkan

- bahwa debit maksimum DAS IPA Pancuran IX terjadi pada bulan Januari tahun 2014 = 5,06 m³/det dan debit minimum terjadi pada bulan Oktober tahun 2003 = 0,07 m³/det
2. Dari hasil analisis kebutuhan air untuk perawatan sungai serta data pengambilan air dari PDAM yang ada di bantaran sungai didapatkan nilai kebutuhan air maksimum terdapat pada bulan Januari sebesar 0,931 m³/det serta untuk nilai kebutuhan minimum terdapat pada bulan Oktober sebesar 0,511 m³/det
 3. Hasil analisis neraca air pada sungai Malalayang di titik pengamatan IPA Pancuran IX menunjukkan bahwa ketersediaan air pada sungai Malalayang tidak dapat mencukupi kebutuhan air bersih di sepanjang tahun.

Referensi

- Agnesia, C., Suryadi, E., & Perwitasari, S. D. N. (2021). Analisis Ketersediaan dan Kebutuhan Air Berdasarkan Neraca Air di Sub DAS Cikeruh Jawa Barat. *Jurnal Agritech* Vol. 14 No. 2 April 2022 Universitas Hasanuddin. ISSN: 2656-2413
- Allen, R.G, dkk. 1998, *Crop Evapotranspiration, Guideline for Computing Crop Water Requirments*. Roma: FAO *Irrigation and Drainage Paper* no.56.
- Author. 1997. Air Bersih. Direktorat Jendral Cipta Karya Dinas PU, Jakarta
- Bella, Bryan Joelio, Eveline M. Wuisan, Tiny Mananoma. 2018. Analisis Neraca Air Di Titik Bendung Toraut, Desa Toraut Utara, Kecamatan Dumoga Barat, Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal Sipil Statik* Vol.6 No.5 April 2018, Universitas Sam Ratulangi. ISSN: 2337-6732
- C. D. Soemarto. 1987. Hidrologi Teknik. Usaha Nasional. Surabaya
- Chairunnisa, N., Arif, C., Perdinan, & Wibowo, A. (2021). Analisis Neraca Air di Pulau Jawa-Bali sebagai Upaya Antisipasi Krisis Air. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan* Vol. 6 No.2. Juli 2021 Institut Pertanian Bogor. EISSN:2549-1407
- Kundimang, V.I, Liany A. Hendratta, Eveline M. 2015. Analisis Ketersediaan Air
- Limantara L.M., & Putra, W. R. (2016). Analisa Keandalan Tampunguan Waduk Di Embung Tambak Pocok Bangkalan. *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 23 No.2. Institut Agustus 2016 Teknologi Bandung. ISSN 0853-2982
- Limantara L.M., 2010. Hidrologi Praktis. Lubuk Agung. Bandung.
- Mentang, Risky S, Tiny Mananoma, Jeffry S.F Sumarauw. 2017. Analisis Neraca Air Sungai Paniki Dengan Titik Pengamatan Jembatan Paniki. *Jurnal Sipil Statik* Vol.5 No.3 2017 Mei 2017. Universitas Sam Ratulangi ISSN: 2337-6732
- Motovilov, et.al, 1999. *Validation of a distributed Hydrological Modelling Against Spatial Observations*. Elseiver *Agricultural and Forest Meteorology*. 98 : 257-277
- Sari, S. A., & Koswara, A. Y. (2019). Analisis Ketersediaan dan Kebutuhan Air Kecamatan Prigen, Kabupaten Pasuruan Berdasarkan Neraca Air. *Jurnal Teknik ITS*. Volume 8 No.2. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. ISSN: 2337-3520
- Sosrodarsono, Suryono. 2003. Hidrologi Untuk Pengairan. Permas, Jakarta
- Sugiyono. 2017. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabeta
- Sumarauw, Jeffry S.F. 2022. Debit Andalan. Manado: Universitas Sam Ratulangi
- Sumarauw, Jeffry S.F. 2022. Metode Penghitungan Evapotranspirasi. Manado: Universitas Sam Ratulangi
- Sumarauw, Jeffry S.F. 2022. Model *Rainfall-Runoff* NRECA. Manado: Universitas Sam Ratulangi
- Supit, C.J., Jeffry D. Mamoto. 2016. Prediksi Perubahan Karakteristik Hidrologi Akibat Perubahan Penggunaan Lahan Sebagai Usaha Mitigasi Banjir di Manado. *Jurnal TEKNO* Vol. 14 No. 66 Desember 2016, Universitas Sam Ratulangi Manado. ISSN : 0215-9617
- Wahongan E.W. Jeffry S.F Sumarauw, Tiny Mananoma.2020. Analisis Neraca Air Sungai Tendeki Di Titik Bendung Tendeki Kota Bitung. *Jurnal Sipil Statik* Vol.8 No.2 Februari 2020 (275-282), Universitas Sam Ratulangi. ISSN: 2337-6732
- Zulfikar, Indra, et.al. 2012. Analisis Debit Sungai Munte Dengan Metode Mock Dan Metode NRECA Untuk Kebutuhan Pembangkit Listrik Tenaga Air. *Jurnal Sipil Statik* Vol.1 No.1, November 2012 (34-38) 34, Universitas Sam Ratulangi