



Analisis Neraca Air Sungai Ranowangko Di Titik Bendung Ranowangko 2 Kelurahan Kayawu Kota Tomohon

Jonathan R. Kawet^{#a}, Jeffrey S. F. Sumarauw^{#b}, Tiny Mananoma^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^arobertkawet.1@gmail.com, ^bjeffreysumarauw@unsrat.ac.id, ^ctmananoma@yahoo.com

Abstrak

Sungai Ranowangko, di Sulawesi Utara, Indonesia, mengalir melewati beberapa kelurahan di Kota Tomohon dan sejumlah desa di Kabupaten Minahasa. Bendung Ranowangko 2, yang terletak di Kelurahan Kayawu, menjadi salah satu titik pengelolaan sumber daya air. Untuk memberikan pemahaman terkait distribusi air dan bagaimana ketersediaan air di daerah tersebut, dilakukan suatu analisis terkait neraca air. Analisis Neraca Air melibatkan perbandingan antara ketersediaan air dan kebutuhan air. Ketersediaan air dihitung dengan data debit tahun 2008–2021 yang didapatkan dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. Metode NRECA merupakan metode yang digunakan untuk menghitung kebutuhan air yang berfokus pada kebutuhan air irigasi. Setelah melakukan analisis neraca air, hasil yang diberikan menunjukkan bahwa debit sungai yang tersedia masih mampu melayani lahan irigasi pada periode Jan I, Feb I, Feb II, Mar I, Mar II, Apr I, Apr II, Mei I, Jun I, Jun II, Jul I, Oct II, Nov I, Nov II, Des I, Des II. Sementara itu, pada periode Jan II, Mei II, Jul II, Ags I, Ags II, Sep I, Sep II, Okt I debit sungai yang tersedia belum mampu melayani lahan irigasi karena ketersediaan air masih lebih kecil dari kebutuhan.

Kata kunci: Sungai Ranowangko, Metode NRECA, Neraca Air

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Sungai Ranowangko, di Sulawesi Utara, Indonesia, mengalir melewati beberapa kelurahan di Kota Tomohon dan sejumlah desa di Kabupaten Minahasa. Sungai Ranowangko ini bermuara di Tanawangko, Kabupaten Minahasa, mengalir ke laut Sulawesi. Manfaat utama sungai ini terletak pada perannya dalam irigasi pertanian. Penggunaan air sungai ini melalui bendung Ranowangko 2 sebagai sumber air irigasi menjadi kunci bagi produktivitas pertanian khususnya di beberapa kelurahan di Kota Tomohon.

Bendung Ranowangko 2, yang terletak di Kelurahan Kayawu, menjadi salah satu titik pengelolaan sumber daya air. Oleh karena itu, diperlukan suatu analisis terkait neraca air di area tersebut. Neraca air menjadi instrumen penting dalam memahami bagaimana aliran air dipengaruhi oleh variabel-variabel lingkungan, seperti curah hujan dan evapotranspirasi.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman terkait distribusi air di Sungai Ranowangko dan bagaimana ketersediaan air di daerah tersebut. Hasil analisis neraca air diharapkan dapat bermanfaat untuk kelanjutan pengelolaan air, yang melibatkan berbagai pihak, termasuk pemerintah daerah, masyarakat setempat, dan pihak terkait lainnya.

Dengan melakukan penelitian ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi positif dalam menjaga keberlanjutan pengelolaan sumber daya air di Sungai Ranowangko.

Uraian di atas menjadi dasar untuk penulis melakukan penelitian yang berjudul Analisis Neraca Air Sungai Ranowangko di Titik Bendung Ranowangko 2 Kelurahan Kayawu Kota Tomohon.

1.2. Rumusan Masalah

1. Berapa besar debit andalan Sungai Ranowangko?
2. Berapa besar kebutuhan air dari lahan irigasi yang dilayani oleh Sungai Ranowangko?
3. Apakah ketersediaan air dari Sungai Ranowangko dapat mencukupi kebutuhan air irigasi dan untuk pemeliharaan sungai?

1.3. Batasan Penelitian

1. Debit andalan yang diteliti adalah Q80 dan Q95.
2. Kebutuhan air untuk irigasi di lahan sawah yang hanya dilayani oleh Bendung dilayani oleh Bendung Ranowangko 2.
3. Mengetahui neraca air sungai Ranowangko di titik bendung Ranowangko 2.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan berapa besar debit andalan Q80 dan Q95 pada Sungai Ranowangko di titik bendung Ranowangko 2.
2. Mengetahui berapa besar kebutuhan air untuk irigasi di lahan sawah yang dilayani oleh Bendung Ranowangko 2.
3. Mengetahui neraca air sungai Ranowangko di titik bendung Ranowangko 2

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan mengetahui neraca air di Bendung Ranowangko 2 melalui penelitian ini, diharapkan dapat bermanfaat bagi pihak-pihak terkait dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan sungai Ranowangko.

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Daerah aliran Sungai Ranowangko di Bendung Ranowangko 2. Bendung Ranowangko 2 terletak di kelurahan Kayawu Kecamatan Tomohon Utara Kota Tomohon dengan koordinat lokasi $1^{\circ}19'33''$ LU - $124^{\circ}48'23''$ BT.



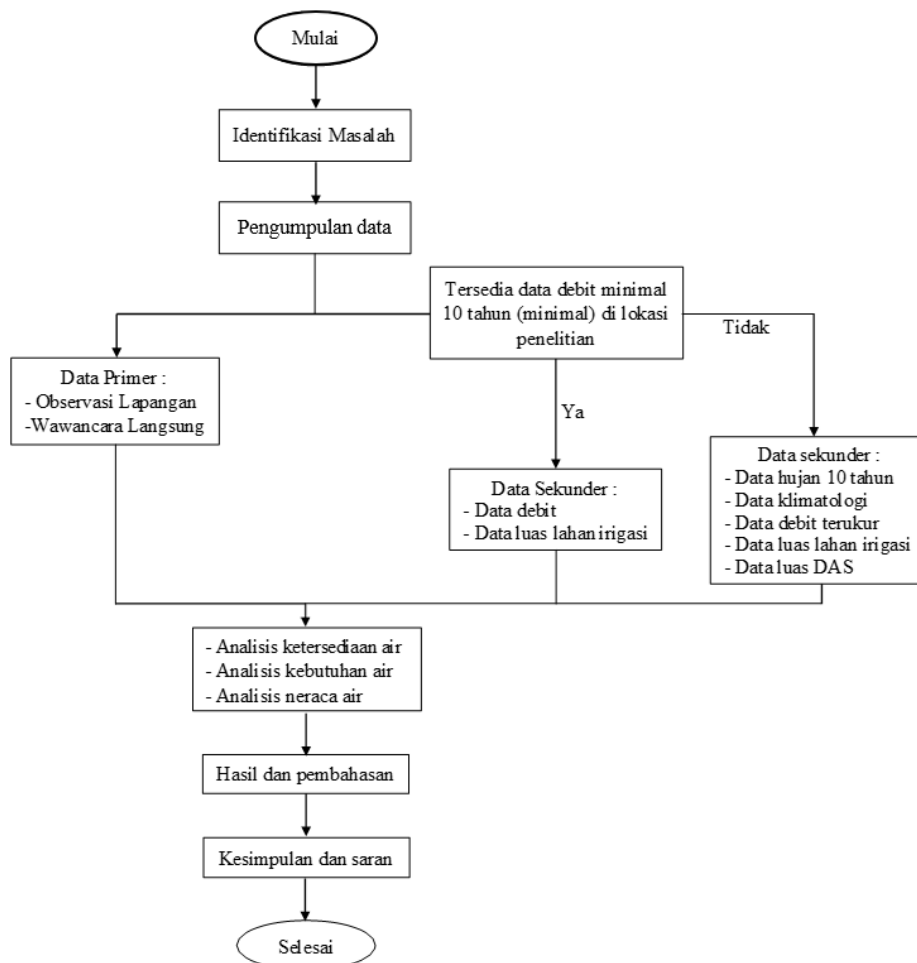
Gambar 1. Lokasi Penelitian (Sumber : Google Earth)



Gambar 2. Bendung Ranowanko 2

2.2. Bagan Alir

Tahap-tahap dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan Alir

3. Kajian Literatur

3.1. Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai (DAS) adalah deyang dibatasi oleh punggung-punggung gunung/pegunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau (Bambang Triatmodjo, 2008).

3.2. Teori Perbandingan DAS

Untuk mencari data debit yang akan dimodelkan, dapat digunakan persamaan berikut:

$$Q_{\text{Model}} = \frac{Q_{\text{observed}} \times A_{\text{model}}}{A_{\text{observed}}}$$

3.3. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah jumlah air total yang dikembalikan lagi ke atmosfer dari permukaan tanah, badan air dan vegetasi oleh adanya pengaruh faktor-faktor iklim dan fisiologis vegetasi (Asdak, 2014). Perhitungan evapotranspirasi dengan metode Penman yang telah dimodifikasi adalah :

$$ET_0 = c[WR_n + (1 - W)f(u)(e_a - e_d)]$$

3.4. Transformasi Hujan-Aliran Metode NRECA

Persamaan dasar keseimbangan air yang digunakan pada metode NRECA adalah:

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

3.5. Debit Andalan

Debit andalan adalah besaran debit yang bisa diandalkan, yang tersedia di suatu sungai yang kejadiannya dihubungkan dengan probabilitas tertentu (Sumarauw, 2022). Tingkat keandalan debit dihitung berdasarkan nilai probabilitas kejadian mengikuti rumus Weibull sebagai berikut

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

3.6. Uji Validasi Dan Kalibrasi Model

- a. Uji Koefisien Determinasi R² Pada dasarnya, nilai uji koefisien determinasi adalah sebagai penanda seberapa kuat antara data yang dibangkitkan dengan data sebenarnya (Supit, 2013). Nilai koefisien determinasi berkisar antara 0 sampai 1. Jika nilai R² mendekati mendekati 1 maka semakin akurat debit hasil hitungan NRECA.

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

- b. Uji Efisiensi Nash-Sutcliffe Uji efisiensi Nash-Sutcliffe menunjukkan tingkat ketelitian dari korelasi hubungan antara data yang terukur dan terhitung. Pada penelitian ini uji efisiensi Nash-Sutcliffe untuk mengevaluasi keakuratan debit hasil hitungan NRECA.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X - Y)^2}{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2}$$

3.7. Kebutuhan Air Irigasi

Perhitungan kebutuhan air irigasi pada penelitian ini mengacu pada Kriteria Perencanaan Irigasi bagian Jaringan Irigasi (KP-01)

- a. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan

$$NFR^* = IR - Re$$

b. *Kebutuhan air selama masa tanam*

$$\text{NFR}^{**} = \text{ETc} + \text{P} - \text{Re} + \text{WLR}$$

3.8. *Neraca air*

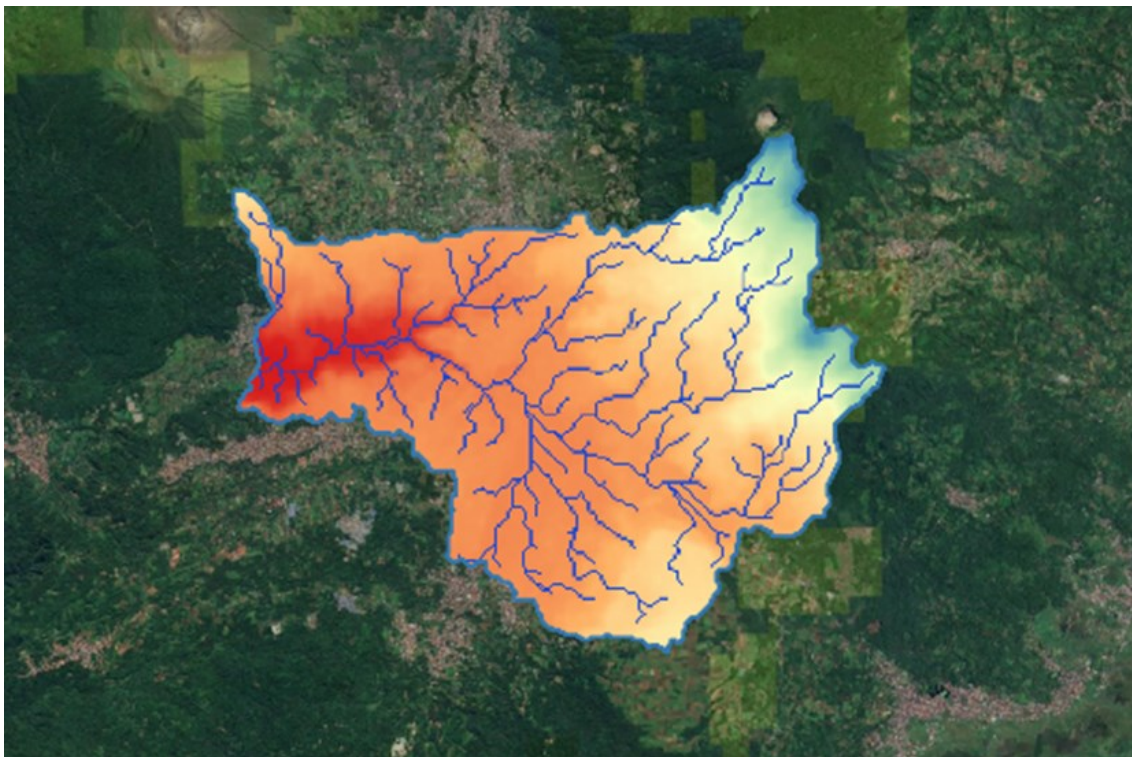
Neraca air merupakan suatu perbandingan antara ketersediaan air dengan kebutuhan air di suatu DAS dalam periode tertentu

$$\text{Neraca Air} = \text{Qtersedia} - \text{Qkebutuhan}$$

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Analisis Luas DAS

Penentuan *catchment area* menggunakan bantuan program *Quantum GIS 3.14* dengan menggunakan data *Digital Elevation Model (DEM)*. Diperoleh luas *catchment area* sebesar 27,57 km².



Gambar 4. *Catchment area* Bendung Ranowangko 2

4.2. Curah Hujan Kawasan

Stasiun hujan yang digunakan sebanyak 2 pos hujan yang berada di sekitar Sungai Ranowangko, yaitu Pos Hujan MRG Ranowangko – Tara-tara dengan pencatatan hujan dari tahun 2008-2021, Pos Hujan MRG Malalayang – Kakaskasen dengan pencatatan hujan dari tahun 2008-2021. Data hujan yang didapat berupa data hujan harian kemudian dijadikan data setengah bulanan. Analisis hujan kawasan menggunakan metode Poligon Thiessen. Analisis curah hujan selengkapnya tahun 2008-2021 dapat dilihat pada Tabel 1.

4.3. Analisis Data Debit

Data debit yang digunakan merupakan hasil dari teori perbandingan DAS dengan pos duga air Nimanga. Analisis data debit dapat dilihat pada Tabel 2.

4.4. Perhitungan Evapotranspirasi

Data klimatologi yang didapat dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I digunakan untuk menghitung evapotranspirasi dengan metode Penman yang telah dimodifikasi.

Tabel 1. Hasil Analisis Hujan Kawasan

Bulan		Curah Hujan (mm)													
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Jan	I	122,1	129,39	121,21	131,55	58,59	27,05	587,36	358,55	73,54	174,47	94,92	285,16	172,02	88,92
	II	231,94	184,14	65,65	164,28	53,72	29,48	115,24	148,15	186,71	227,44	64,3	103,81	39,42	203,6
Feb	I	202,59	72,23	83,89	153,13	40,17	30,58	109,55	250,12	40,86	140,38	220,96	141,77	202,51	69
	II	75,31	97,63	69,59	81,97	18,8	17,2	75,44	81,79	170,79	160,6	83,18	91,3	95,85	80,47
Mar	I	63,96	93,67	0,47	77,77	95,77	11,78	47,45	23,44	57,91	160,97	155,84	64,3	117,5	129,02
	II	77,38	37,69	31,86	164,77	54,22	13,22	120,92	49,49	29,41	211,08	118,79	34,82	104,45	141,02
Apr	I	75,67	78,13	59,71	123,41	84,36	10,65	138,13	25,54	57,89	83,21	69,65	55,81	24,34	89,6
	II	165,84	62,21	116,1	335,23	110,08	28,86	59,33	117,31	78,74	34,54	211,71	366,34	132,88	49,95
May	I	131,88	22,54	202,13	251,47	113,39	17,9	76,1	49,76	198,43	126,59	128,53	23,81	130,59	234,14
	II	25,39	57,81	267,33	141,47	88,81	6,53	107,11	12,08	236,74	323,66	88,54	43,8	77,88	98,83
Jun	I	24,21	6,85	68,02	252,58	166,63	17,68	324,47	75,55	213,11	341,44	67,94	68,64	125,4	137
	II	64,3	39,49	58,87	7,54	80,76	8,34	134,51	49,38	195,99	170,08	40,34	58,64	52,1	204,87
Jul	I	120,7	66,49	71,59	51,73	85,03	33,21	105,85	0	75,71	78,82	104,53	23,16	50,14	90,75
	II	73,41	83,98	157,06	34,23	54,88	34,32	17,09	35,55	130,88	110,48	106,68	20,49	56,1	114,08
Aug	I	90,04	0,2	249,26	118,09	0,04	18,96	118,16	0	131,16	30,2	55,1	0	116,21	99,47
	II	70,42	12,79	38,06	43,79	93,69	9,88	59,14	5,01	15,62	105,72	31,4	42,02	2	86,25
Sep	I	146,81	0	66,34	95,82	62,64	83,26	43,24	0	150,28	74,72	101,05	4,02	90,34	144,45
	II	106,59	13,66	79,69	50,51	12,13	87,41	137,83	0	173,75	141,64	46,82	9,76	109,58	283,22
Oct	I	13,1	34,51	135,73	77,12	41,2	98,16	0	0	105,42	173,25	84,41	128,92	130,67	37,81
	II	141,06	26,01	240,43	53,28	86,86	86,98	106,09	2,93	177,3	78,18	80,32	86,52	72,97	64,82
Nov	I	202,96	36,55	218,75	157,87	103,01	117,09	136,93	138,07	171,8	186,16	199,58	71,65	47,46	262,64
	II	256,1	80,31	23,99	82,99	175,2	294,42	168,29	91,81	112,79	184,83	94,6	95,54	78,16	90,01
Dec	I	65,97	66,22	239,65	145,56	68,16	105,1	218,35	73,29	266,24	105,25	234,28	43,01	132,43	256,26
	II	85,55	115,8	95,05	146,64	68,31	78,79	287,23	58,33	182,37	74,47	186,94	31,93	334,92	275,66
Hujan Tahunan		2633,26	1418,3	2760,41	2942,78	1816,45	1266,85	3293,78	1646,16	3233,41	3498,15	2670,41	1895,21	2495,92	3331,84
Rata-rata		2493,07													

Tabel 2. Analisis Data Debit

Bulan		Debit (m ³ /dt)													
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Jan	I	4,73	4,87	2,99	1,28	1,39	4,2	9,3	2,4	0,63	0,24	1,02	1,17	1,54	1,29
	II	3,01	6,14	2,55	1,4	2,17	6,34	8,59	0,68	0,64	0,24	0,32	1,57	0,72	1,51
Feb	I	4,91	5,53	2,01	2,96	0,36	3,36	4,92	0,67	0,63	0,16	2,07	1,39	0,78	1,29
	II	3,18	5,37	1,69	3,18	1,32	4,85	4,57	0,69	0,63	0,13	1,11	0,9	0,67	1,42
Mar	I	3,1	4,69	1,52	1,52	1,81	2,98	4,32	0,73	0,62	0,12	1,25	0,88	0,93	1,32
	II	3,32	4,24	1,58	3,67	0,09	2,84	4,17	0,73	0,62	0,12	1,27	0,83	0,85	1,35
Apr	I	4,08	3,86	1,67	2,23	3,92	3,01	4,22	0,69	0,63	0,09	0,98	0,74	0,72	1,31
	II	3,92	3,87	1,97	2,26	1,82	3,26	4,44	0,68	0,65	0,05	1,53	1,18	1	1,46
May	I	4,73	2,76	2,62	2,11	1,85	2,59	4,39	0,68	0,68	0,06	1,12	0,82	1,2	1,67
	II	3,55	3,5	2,56	2,15	1,37	3,03	4,44	0,68	0,69	0,15	0,84	0,94	0,91	2,37
Jun	I	2,79	2,85	1,82	1,28	1,64	2,59	4,62	0,68	0,45	0,15	0,78	0,85	1,07	1,79
	II	2,62	2,53	1,81	1,54	1,14	2,65	4,08	0,63	0,62	0,14	0,7	0,77	0,86	1,57
Jul	I	2,62	2,72	1,6	0,86	1,25	2,58	3,97	0,62	0,53	0,13	1,11	0,7	0,85	1,48
	II	3,53	2,37	1,85	0,83	1,58	3,88	3,82	0,62	0,1	0,04	0,94	0,7	0,73	1,4
Aug	I	2,51	2	2	0,83	1,05	2,82	3,74	0,61	0,07	0,03	0,86	0,61	0,81	1,47
	II	2,33	2,01	1,85	0,7	1,09	2,45	3,31	0,61	0,05	0,03	0,81	0,61	0,67	1,45
Sep	I	2,54	1,92	2,34	0,79	0,86	2,23	3,01	0,61	0,05	0,02	0,79	0,56	0,73	1,41
	II	2,53	1,94	1,63	0,9	0,88	2,41	2,82	0,61	0,05	0,04	0,79	0,6	0,74	1,66
Oct	I	2,1	1,97	1,44	0,84	0,73	2,3	2,47	0,59	0,05	0,05	0,79	0,69	0,97	1,43
	II	2,98	2,02	1,77	0,64	0,86	2,33	2,52	0,59	0,1	0,03	0,83	0,81	1,08	1,32
Nov	I	3,09	2,1	1,9	0,75	1,09	2,49	2,37	0,63	0,05	0,03	2,21	0,67	0,78	1,31
	II	4,49	3,15	1,74	2,08	2,29	2,8	2,48	0,66	0,11	0,08	1	0,73	0,78	1,95
Dec	I	3,86	2,73	2,56	2,86	1,95	2,81	3,85	0,63	0,12	0,1	2,68	0,8	1,33	1,75
	II	5,3	3,95	2,08	2,69	2,49	2,82	4,54	0,65	0,15	0,14	2,2	0,73	1,79	1,59

Tabel 3. Perhitungan Evapotranspirasi

No	DESCRIPTION	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	Temperature (T)	26,12	26,48	26,74	26,74	27,13	26,74	26,2	26,9	27,24	27,11	26,94	26,87
2	Saturation Vapour Pressure (ea)	33,85	34,61	35,16	35,15	35,97	35,16	34,03	35,5	36,2	35,93	35,57	35,44
3	Relative Humidity (RH)	0,85	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,86	0,82	0,8	0,85	0,85	0,87
4	Vapour Pressure (ed) = (ea x RH)	28,92	30,08	30,49	30,54	31,27	30,43	29,14	28,98	29,12	30,54	30,37	30,73
5	Diff. Vapour Pressure (ea - ed)	4,93	4,53	4,67	4,6	4,71	4,73	4,89	6,52	7,07	5,39	5,21	4,7
6	Wind Velocity (U) Km/day	32,95	35,33	32,88	25,75	21,81	30,84	37,35	44,74	37,63	32,52	28,05	30,16
7	f(U) = 0.27(1+(U/100))	0,36	0,37	0,36	0,34	0,33	0,35	0,37	0,39	0,37	0,36	0,35	0,35
8	Weighting Factor = W	0,75	0,75	0,76	0,76	0,76	0,76	0,75	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
9	Weighting Factor for Wind = 1 - W	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,24	0,25	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
10	Aerodynamic Factor = (1-W).f(U).(ea-ed)	0,44	0,41	0,41	0,38	0,37	0,41	0,45	0,61	0,62	0,46	0,43	0,4
11	Extra Terrestrial Radiation (Ra)	14,82	15,38	15,64	15,3	14,7	14,08	14,22	14,86	15,3	15,34	14,92	14,56
12	Sunshine (n) (%)	0,57	0,3	0,32	0,37	0,37	0,37	0,38	0,48	0,65	0,37	0,34	0,35
13	Sunshine (n) (Jam/hari)	4,58	2,44	2,55	2,93	2,99	2,94	3	3,84	5,23	2,98	2,7	2,83
14	N	11,95	11,98	12	12,05	12,07	12,1	12,07	12,07	12,02	12	11,98	11,95
15	Sunshine (n/N)	0,38	0,2	0,21	0,24	0,25	0,24	0,25	0,32	0,43	0,25	0,23	0,24
16	Short Wave Solar Radiation (Rs) =(0.25+0.5n/N)Ra	6,54	5,41	5,57	5,68	5,49	5,23	5,32	6,08	7,15	5,74	5,41	5,37
17	Incom.Short Wave Solar Radiation (Rns) =0.75.Rs	4,91	4,06	4,18	4,26	4,12	3,92	3,99	4,56	5,36	4,31	4,06	4,02
18	Effect of Temperature on Rnl= f(T)	15,92	16	16,05	16,05	16,13	16,05	15,94	16,08	16,15	16,12	16,09	16,07
19	Effect of (ed) on Rnl = f(ed) = 0.34 - 0.04.ed ^{0.5} /2	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
20	Effect of (n/N) on Rnl = f(n/N)= 0.1 + 0.9 n/N	0,44	0,28	0,29	0,32	0,32	0,32	0,32	0,39	0,49	0,32	0,3	0,31
21	Net Long Wave Radiation Rnl = f(T).f(ed).f(n/N)	0,88	0,55	0,56	0,61	0,61	0,61	0,64	0,77	0,99	0,62	0,58	0,6
22	Net Radiation Rn = Rns - Rnl	4,02	3,51	3,62	3,66	3,51	3,31	3,35	3,79	4,38	3,69	3,48	3,43
23	Effect W on Rn = W. Rn	3,02	2,65	2,74	2,77	2,68	2,51	2,52	2,87	3,34	2,81	2,64	2,6
24	Adjustment Factor = C	1,05	1,03	1,04	1,04	1,04	1,03	1,03	1,04	1,06	1,04	1,04	1,03
25	Evapotranspiration (ETo) =C.[W.Rn+(1-W)(f(u)(ea-ed)]	3,64	3,15	3,26	3,28	3,17	3,01	3,06	3,62	4,19	3,39	3,18	3,1

4.5. Transformasi Hujan-Aliran dengan Metode NRECA

Tabel 4. Parameter NRECA

Parameter	Nilai	Satuan
\bar{R}	2493,07	mm
c	0,2	
NOMINAL	598,613	
PSUB	0,5	
GWF	0,5	
Luas DAS	27,52	Km ²
CROPF	1,1	
SMS	200	mm
GWS	200	mm

Tabel 5. Perhitungan Debit dengan NRECA setelah Kalibrasi Tahun 2018

TAHUN	BULAN	HARI	PRECIP (mm)	PET	MOIST STORAGE	STORGE RATIO	PRECIP/PET	AET/PET	AET	WATER BALANCE	X	EXCESS MOIST RATIO	EXCESS MOIST	DELTA STORAGE	RECHARGE TO GW	GROUNDWATER STORAGE		DIRECT FLOW	TOTAL DISCHARGE	TOTAL MONTHLY DISCHARGE	
																BEGIN	END				
																FLOW					
2018	JAN I	15	94,92	54,55	1066,10	1,78	1,74	1,00	60,01	34,91	1,50	0,95	33,26	1,65	16,63	24,46	41,09	20,55	16,63	37,18	0,79
	JAN II	16	64,30	58,19	1067,75	1,78	1,11	1,00	64,01	0,30	1,51	0,95	0,28	0,01	0,14	20,55	20,69	10,34	0,14	10,49	0,21
	FEB I	14	220,96	44,15	1067,77	1,78	5,00	1,00	48,56	172,40	1,51	0,95	164,33	8,06	82,17	10,34	92,51	46,26	82,17	128,42	2,92
	FEB II	15	83,18	47,30	1075,83	1,80	1,76	1,00	52,03	31,15	1,53	0,96	29,76	1,39	14,88	46,26	61,14	30,57	14,88	45,45	0,97
	MAR I	15	155,84	48,90	1077,22	1,80	3,19	1,00	53,79	102,05	1,54	0,96	97,55	4,51	48,77	30,57	79,34	39,67	48,77	88,44	1,88
	MAR II	16	118,79	52,16	1081,72	1,81	2,28	1,00	57,38	61,41	1,55	0,96	58,77	2,64	29,39	39,67	69,06	34,53	29,39	63,92	1,27
	APR I	15	69,65	49,16	1084,36	1,81	1,42	1,00	54,08	15,57	1,56	0,96	14,91	0,66	7,46	34,53	41,99	20,99	7,46	28,45	0,60
	APR II	15	211,71	49,16	1085,02	1,81	4,31	1,00	54,08	157,63	1,56	0,96	151,00	6,63	75,50	20,99	96,49	48,25	75,50	123,74	2,63
	MEI I	15	128,53	47,55	1091,65	1,82	2,70	1,00	52,30	76,23	1,58	0,96	73,15	3,08	36,58	48,25	84,82	42,41	36,58	78,99	1,68
	MEI II	15	88,54	47,55	1094,73	1,83	1,86	1,00	52,30	36,24	1,59	0,96	34,81	1,44	17,40	42,41	59,81	29,91	17,40	47,31	1,00
	JUN I	15	67,94	45,10	1096,17	1,83	1,51	1,00	49,61	18,33	1,60	0,96	17,61	0,72	8,81	29,91	38,71	19,36	8,81	28,16	0,60
	JUN II	15	40,34	45,10	1096,89	1,83	0,89	0,99	49,17	-8,83	1,60	0,00	0,00	-8,83	0,00	19,36	19,36	9,68	0,00	9,68	0,21
	JUL I	15	104,53	45,86	1088,06	1,82	2,28	1,00	50,45	54,08	1,57	0,96	51,85	2,23	25,92	9,68	35,60	17,80	25,92	43,72	0,93
	JUL II	16	106,68	48,92	1090,29	1,82	2,18	1,00	53,81	52,87	1,58	0,96	50,71	2,15	25,36	17,80	43,16	21,58	25,36	46,94	0,93
	AUG I	15	55,10	54,25	1092,44	1,82	1,02	1,00	59,67	-4,57	1,59	0,00	0,00	-4,57	0,00	21,58	21,58	10,79	0,00	10,79	0,23
	AUG II	16	31,40	57,86	1087,87	1,82	0,54	0,96	60,99	-29,59	1,57	0,00	0,00	-29,59	0,00	10,79	10,79	5,39	0,00	5,39	0,11
	SEP I	15	101,05	62,89	1058,28	1,77	1,61	1,00	69,17	31,88	1,48	0,95	30,30	1,58	15,15	5,39	20,54	10,27	15,15	25,42	0,54
	SEP II	15	46,82	62,89	1059,86	1,77	0,74	0,97	67,15	-20,33	1,48	0,00	0,00	-20,33	0,00	10,27	10,27	5,14	0,00	5,14	0,11
	OKT I	15	84,41	50,87	1039,54	1,74	1,66	1,00	55,96	28,45	1,42	0,94	26,87	1,58	13,43	5,14	18,57	9,29	13,43	22,72	0,48
	OKT II	16	80,32	54,26	1041,12	1,74	1,48	1,00	59,69	20,63	1,42	0,94	19,49	1,14	9,75	9,29	19,03	9,52	9,75	19,26	0,38
	NOV I	15	199,58	47,74	1042,25	1,74	4,18	1,00	52,52	147,07	1,43	0,95	139,03	8,04	69,51	9,52	79,03	39,51	69,51	109,03	2,32
	NOV II	15	94,60	47,74	1050,29	1,75	1,98	1,00	52,52	42,08	1,45	0,95	39,89	2,19	19,95	39,51	59,46	29,73	19,95	49,67	1,05
	DES I	15	234,28	46,54	1052,48	1,76	5,03	1,00	51,19	183,09	1,46	0,95	173,68	9,40	86,84	29,73	116,57	58,29	86,84	145,13	3,08
	DES II	16	186,94	49,64	1061,89	1,77	3,77	1,00	54,60	132,34	1,49	0,95	125,92	6,42	62,96	58,29	121,24	60,62	62,96	123,58	2,46

4.6. Uji Koefisien Determinasi dan Uji Efisiensi NSE

Tabel 6. Perhitungan Uji R2 dan Uji NSE Data Debit Tahun 2018

n	Q OBS	Q NRECA	X.Y	X ²	Y ²	r	r ²	NSE
1	1,02	0,83	0,85	1,04	0,69	0,916	0,839	0,999
2	0,32	0,22	0,07	0,10	0,05			
3	2,07	3,07	6,34	4,28	9,40			
4	1,11	1,01	1,12	1,22	1,02			
5	1,25	1,97	2,45	1,55	3,86			
6	1,27	1,33	1,69	1,62	1,77			
7	0,98	0,63	0,62	0,95	0,40			
8	1,53	2,74	4,21	2,35	7,53			
9	1,12	1,75	1,95	1,25	3,06			
10	0,84	1,05	0,88	0,71	1,10			
11	0,78	0,62	0,49	0,61	0,39			
12	0,70	0,21	0,15	0,48	0,05			
13	1,11	0,97	1,08	1,24	0,94			
14	0,94	0,97	0,92	0,89	0,95			
15	0,86	0,24	0,21	0,74	0,06			
16	0,81	0,11	0,09	0,66	0,01			
17	0,79	0,57	0,45	0,63	0,32			
18	0,79	0,11	0,09	0,63	0,01			
19	0,79	0,51	0,40	0,63	0,26			
20	0,83	0,41	0,34	0,69	0,16			
21	2,21	2,45	5,40	4,86	6,00			
22	1,00	1,11	1,12	1,01	1,24			
23	2,68	3,25	8,71	7,19	10,56			
24	2,20	2,59	5,70	4,85	6,70			
Jumlah	28,01	28,72	45,32	40,19	56,51			
Rata-rata	1,17	1,20	1,89	1,67	2,35			

Hasil uji koefisien determinasi didapat $r^2 = 0,839$ sehingga dapat disimpulkan hubungan antara debit NRECA dan debit terukur sudah kuat. Hasil uji efisiensi Nash-Sutcliffe didapat NSE = 0,999 sehingga dapat disimpulkan hubungan antara debit NRECA dan debit terukur sudah kuat.

4.7. Analisis Debit Andalan

Pada penelitian ini, diambil nilai $Q_{80\%}$ untuk kebutuhan air irigasi sesuai dengan Kriteria Perencanaan (KP-01) dan diambil $Q_{95\%}$ untuk pemeliharaan sungai.

Tabel 7. Urutan Data dan Perhitungan P (%) untuk Perhitungan Debit Andalan

Ranking Data	P	Debit (m ³ /d)																							
		Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Ags		Sep		Okt		Nov		Des	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	6,67	99,199	48,698	29,5	13,32	6,698	3,388	2,045	5,031	4,11	4,626	5,52	3,129	1,529	1,713	3,385	0,825	1,495	3,711	2,122	2,95	3,54	4,097	3,865	4,44
2	13,33	8,725	3,069	4,359	2,357	2,309	2,844	1,6	4,862	3,04	3,912	4,602	3,119	1,377	1,58	1,572	0,643	1,404	1,982	1,384	2,083	3,261	3,778	3,693	4,107
3	20	5,71	2,569	3,065	2,075	1,966	1,821	1,505	2,744	2,566	3,374	3,968	2,905	1,27	1,35	1,167	0,61	1,338	1,277	1,347	1,322	2,669	2,596	3,376	4,011
4	26,67	4,263	2,447	2,798	1,438	1,458	1,558	1,165	2,688	2,425	2,418	3,312	2,194	1,231	1,295	1,045	0,506	0,567	1,162	1,224	0,794	2,449	2,156	3,249	2,649
5	33,33	2,557	2,23	2,391	1,186	1,375	1,33	0,953	1,405	2,018	1,296	2,093	0,921	1,185	0,974	1,004	0,381	0,531	0,853	1,164	0,687	2,397	2,127	3,126	2,588
6	40	1,829	2,109	2,292	1,16	0,909	1,123	0,632	1,077	1,749	1,047	1,793	0,907	0,968	0,52	0,948	0,258	0,424	0,743	0,739	0,583	2,387	1,52	1,734	1,717
7	46,67	1,59	1,91	2,205	1,032	0,719	1,03	0,545	1,019	1,531	1,032	1,45	0,604	0,846	0,494	0,657	0,256	0,343	0,339	0,719	0,544	1,721	1,252	1,623	1,248
8	53,33	1,409	1,887	2,024	1,011	0,695	0,263	0,504	1,004	1,397	0,846	1,108	0,381	0,589	0,441	0,419	0,199	0,305	0,328	0,51	0,458	1,522	1,114	1,457	0,986
9	60	1,34	1,472	1,022	0,993	0,561	0,228	0,3	0,456	1,177	0,757	0,623	0,362	0,474	0,24	0,239	0,163	0,224	0,124	0,399	0,419	1,363	0,853	1,405	0,878
10	66,67	1,176	0,3	0,926	0,991	0,539	0,201	0,168	0,438	0,858	0,586	0,517	0,302	0,264	0,216	0,123	0,112	0,136	0,114	0,228	0,414	1,174	0,82	1,044	0,854
11	73,33	0,829	0,271	0,748	0,822	0,473	0,2	0,14	0,428	0,57	0,429	0,464	0,214	0,168	0,113	0,104	0,049	0,11	0,055	0,216	0,406	0,883	0,787	0,683	0,71
12	80	0,427	0,219	0,393	0,441	0,372	0,117	0,134	0,288	0,203	0,13	0,293	0,094	0,103	0,048	0,026	0,012	0,026	0,013	0,028	0,082	0,473	0,748	0,57	0,44
13	86,67	0,309	0,2	0,114	0,053	0,127	0,06	0,122	0,254	0,084	0,101	0,036	0,018	0,047	0,022	0,012	0,006	0,006	0,003	0,006	0,003	0,174	0,495	0,313	0,213
14	93,3	0,162	0,076	0,043	0,02	0,01	0,005	0,003	0,001	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0,003	0,001	0,001	0	0,002	0,443	0,182	0,085
15	100	0,151	0,071	0,041	0,019	0,009	0,004	0,002	0,001	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0,003	0,001	0,001	0	0,002	0,414	0,17	0,079

Tabel 8. Nilai Debit Andalan

P	Debit (m ³ /dt)																							
	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Ags		Sep		Okt		Nov		Des	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
80	0,427	0,219	0,393	0,441	0,372	0,117	0,134	0,288	0,203	0,13	0,293	0,094	0,103	0,048	0,026	0,012	0,026	0,013	0,028	0,082	0,473	0,748	0,57	0,44
95	0,159	0,075	0,043	0,02	0,01	0,005	0,002	0,001	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0,003	0,001	0,001	0	0,002	0,436	0,179	0,084

4.8. Analisis Kebutuhan Air Irigasi

Pemanfaatan air di Sungai Ranowanko untuk memenuhi kebutuhan air di Daerah Irigasi Ranowanko dengan luas total lahan sawah 84 ha. Kebutuhan air irigasi dihitung untuk 3 kali masa tanam dalam jangka waktu 1 tahun yaitu dengan pola padi-padi-padi.

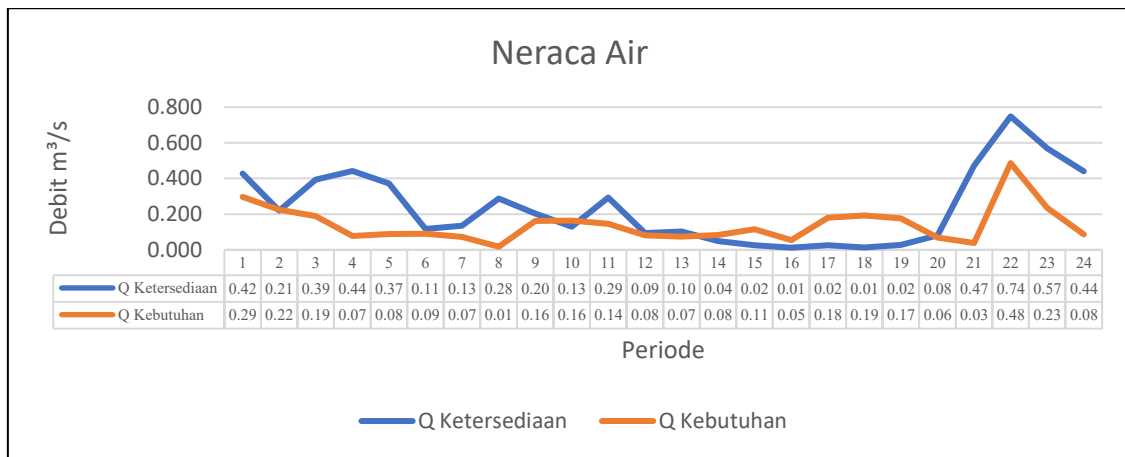
4.9. Analisis Neraca Air

Neraca air untuk lahan fungsional dengan memperhitungkan Q_{95%}

- Ketersediaan air Q_{80%}
- Kebutuhan air untuk lahan irigasi fungsional 86 ha
- Kebutuhan air untuk pemeliharaan sungai Q_{95%}

Tabel 9. Kebutuhan Air Lahan Irigasi fungsional (86 ha)

NO	URAIAN	satuan	Jan		Feb		Mar		Apr		May		Jun		Jul		Aug		Sep		Oct		Nov		Dec			
			I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II		
1	Pola Tanam	mm/hari	LP		Padi				LP		Padi				LP		Padi											
2	Jumlah Hari		15	16	14	15	15	16	15	15	15	15	15	15	16	15	16	15	15	15	16	15	15	15	15	16		
3	ET ₀	mm/hari	3,64	3,64	3,15	3,15	3,26	3,26	3,28	3,28	3,17	3,17	3,01	3,01	3,06	3,06	3,62	3,62	4,19	4,19	3,39	3,39	3,18	3,18	3,10	3,10		
4	Perkolasi (P)	mm/hari	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50		
Water Layer Replacement																												
5	WLR 1					3,33		3,13						3,33		3,13							3,13		3,33			
6	WLR 2					3,33		3,33						3,33		3,33							3,33		3,33			
7	WLR				1,67	1,67	1,56	1,67					1,67	1,67	1,56	1,67						1,56	1,67	1,67	1,67			
Koefisien Tanaman																												
8	C1		LP	LP	1,1	1,1	1,05	1,05	0,95		LP	LP	1,1	1,1	1,05	1,05	0,95		LP	LP	1,1	1,1	1,05	1,05	0,95			
9	C2		LP	LP	1,1	1,1	1,05	1,05	0,95		LP	LP	1,1	1,1	1,05	1,05	0,95		LP	LP	1,1	1,1	1,05	1,05	0,95			
10	Kc		LP	LP	LP	1,100	1,075	1,050	1,000	0,475	LP	LP	LP	1,100	1,075	1,050	1,000	0,475	LP	LP	LP	1,100	1,075	1,050	1,000	0,475		
11	ETc = ET ₀ x Kc					3,47	3,50	3,42	3,28	1,56				3,31	3,29	3,21	3,62	1,72					3,73	3,42	3,34	3,10	1,47	
Penyiapan Lahan																												
12	Eo = 1,1 x Eto	mm/hari	4,00	3,47	3,47						3,49	3,31	3,31								4,61	3,73	3,73					
13	M = Eo + P	mm/hari	6,50	5,97	5,97						5,99	5,81	5,81								7,11	6,23	6,23					
14	k = MT/S		0,650	0,597	0,597						0,599	0,581	0,581								0,711	0,623	0,623					
15	e ^k		1,92	1,82	1,82						1,82	1,79	1,79								2,04	1,86	1,86					
16	IR = M.e ^k /(e ^k -1)	mm/hari	13,600	13,280	13,280						13,290	13,183	13,183								13,974	13,437	13,437					
Curah Hujan Efektif																												
17	Re	mm/hari	4,45	3,22	3,45	3,77	2,37	1,74	2,79	2,97	2,49	2,19	3,40	2,02	2,51	1,72	0,01	0,64	2,16	0,68	1,73	3,24	5,15	4,15	3,41	3,72		
Kebutuhan bersih air di sawah																												
18	Kebutuhan air total		13,600	13,280	13,280	7,635	7,671	7,486	7,444	4,057	13,290	13,183	13,183	7,474	7,453	7,273	7,783	4,218	13,974	13,437	13,437	7,793	7,588	7,509	7,269	3,974		
19	NFR	mm/hari	9,154	10,064	9,830	3,870	5,299	5,745	4,654	1,090	10,802	10,993	9,786	5,457	4,946	5,557	7,773	3,578	11,812	12,753	11,711	4,552	2,438	3,359	3,861	0,250		
20	NFR	l/det/ha	1,059	1,165	1,138	0,448	0,613	0,665	0,539	0,126	1,250	1,272	1,133	0,632	0,572	0,643	0,900	0,414	1,367	1,476	1,355	0,527	0,282	0,389	0,447	0,029		
Kebutuhan Air Irigasi																												
21	DR (Efisiensi Total)	l/det/ha	1,630	1,792	1,750	0,689	0,944	1,023	0,829	0,194	1,923	1,957	1,743	0,972	0,881	0,989	1,384	0,637	2,103	2,271	2,085	0,811	0,434	0,598	0,687	0,045		
22	Qirigasi	m ³ /s	0,137	0,151	0,147	0,058	0,079	0,086	0,070	0,016	0,162	0,164	0,146	0,082	0,074	0,083	0,116	0,054	0,177	0,191	0,175	0,068	0,036	0,050	0,058	0,004		



Gambar 5. Grafik Neraca Air Lahan Fungsional dengan Memperhitungkan $Q_{95\%}$

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis neraca air pada Sungai Ranowanko di titik bendung ranowanko 2 dapat disimpulkan bahwa, debit sungai yang tersedia masih mampu melayani lahan irigasi pada periode Jan I, Feb I, Feb II, Mar I, Mar II, Apr I, Apr II, Mei I, Jun I, Jun II, Jul I, Oct II, Nov I, Nov II, Des I, Des II, akan tetapi pada periode Jan II, Mei II, Jul II, Ags I, Ags II, Sep I, Sep II, Okt I, belum mampu melayani lahan irigasi karena ketersediaan air masih lebih kecil dari kebutuhan air.

Referensi

- _____.Data Debit Harian AWLR Nimanga. Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, Sulawesi Utara
- _____.Data Hujan Harian MRG Kakaskasen-Malalayan. Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, Sulawesi Utara
- _____.Data Luas Lahan Daerah Irigasi Ranowanko. Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, Sulawesi Utara
- _____.Data Klimatologi, Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, Sulawesi Utara
- Adare, Demetrius R. Ch., Hendratta, Liany A., Sumarauw, Jeffry S.F. 2018. *Analisis Neraca Air Sungai Talawaan Di Titik Bendung Talawaan Kabupaten Minahasa Utara*, Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.3 Maret 2018 (153-162) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Adidarma, W. 1996. *Teknik Perhitungan Ketersediaan Air*, Bandung.
- Asdak, C. (2014). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada Press.
- Bambang Triatmodjo. 2008. *Hidrologi Terapan*. Betta Offset, Yogyakarta
- Chin, W.W. 1998. The Partial Least Squares Approach to Structural Equation Modelling. *Modern Methods for Business Reseach*. 295, 236
- Dengo, Dzul F., Sumarauw, Jeffry, F., Tangkudung, Hanny 2016. *Analisis Neraca Air Sungai Ranowanko*, Tekno Vol.14/No.65/April 2016 ISSN : 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Direktorat Irigasi dan Rawa . 2013. *Standar Perencanaan Irigasi - Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi KP-01*. Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta
- Imam Subarkah, 1980: *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*, Idea Dharma, Bandung.
- Motovilov, et.al, 1999. *Validation of a distributed Hydrological Modelling Against Spatial Observations. Elsevier Agricultural and Forest Meteorology*. 98 : 257-277
- Nayoan, Gerald C, A., Sumarauw, Jeffry, F., Hendratta, Liany, A. *Analisis Neraca Air Sungai Alopohu Di Titik Bendung Alopohu Kabupaten Gorontalo*, Tekno Volume 21, No. 84, Tahun 2023 p-ISSN: 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi Manado
- Sosrodarsono, S. Dan K, Takeda. 2003. *Hidrologi untuk Pengairan*. Editor: Sosrodarsono, S. Jakarta. Penerbit PT. Pradnya Paramita.
- Subramanya, K. 2008. *Engineering Hydrology*. Tata McGraw-Hill, New Delhi.
- Sumarauw, J. S. F. 2022. *Bahan Ajar Debit Andalan*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado
- Sumarauw, J. S. F. 2020. *Bahan Ajar Hujan*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado
- Sumarauw, J. S. F. 2022. *Bahan Ajar model Rainfall-Runoff NRECA*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado
- Sumarauw, J. S. F. 2022. *Bahan Ajar perhitungan Evapotranspirasi*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado
- Sumarauw, J. S., Mananoma, T., & Pandey, S. V. (2023). *Cross-Sectional Engineering for Lombagin*

- River Flood Management, Bolaang Mongondow Regency. *Tuijin Jishu/Journal of Propulsion Technology*, 44(6), 3244-3263.
- Sisvanto, Kenyo Sekardonya., Mananoma, Tiny., Sumarauw, Jeffry S.F. 2020. *Analisis Neraca Air Sungai Alo di Titik Bendung Alo Kabupaten Gorontalo*, Jurnal Sipil Statik Vol.8 No.4 Juli 2020 (565-578) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Soemarto, C.D.1999. *Hidrologi Teknik*. Penerbit Erlangga, Jakarta.