

STUDI NERACA AIR DI PULAU RUPAT

Vyronika Kristin¹⁾, Rinaldi²⁾, Manyuk Fauzi²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Km12,5 Simpang Baru Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : vyronika.kristin@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Rupat Island is one of the island that surrounded by oceans and the unavailability of water supply company cause the people of the island to rely on rain water to get clean water. Population growth, land use change, the behavior of hydrology and building infrastructure water inadequate affect the water availability relatively constant, which in the end feared will cause imbalance between the needs and availability. So, we need a study of water balance with the aim to analyze the needs, availability and water balance at Rupat Island. Analysis of the availability of water is conducted by rainfall data of half monthly period from 2006 to 2015 using National Rural Electric Cooperative Association (NRECA) and F.J. Mock with discharge comparison is from Automatic Water Level Recorder (AWLR) Pantai Cermin for calibration. From this calibration will be compared with finding the Root Mean Square Error (RMSE) value and obtained the better method is NRECA. The needs was calculated until 2035 with assuming all grades needs except domestic demand that is considered a constant. Analysis of water balance is based on the probability of 80%, 20% and average discharge from availability. The final result of this research showed that availability for Qinflow 80% condition going on deficit for particular months. However, for the others conditions going on excess water throughout the year and it will still be able to fulfill the needs of water until 2035 with assuming no significant changes of catchment area.

Keywords: Water Balance, NRECA, F.J. Mock.

A. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang mudah dijumpai dimanamana, tetapi untuk kuantitas masih terbatas ketersediaan baik dari letak geografis maupun pergantian musim suatu daerah. Sebagai salah satu pulau yang terletak di daerah perbatasan dan belum tersedianya PDAM, Pulau Rupat biasanya hanya mengandalkan air hujan untuk memperoleh air bersih dan apabila musim kemarau tiba maka akan terjadi kekeringan.

Berdasarkan Permen PUPR No, 04/PRT/M/2015 tentang Kriteria dan Penetapan Wilayah Sungai, Pulau Rupat dibagi menjadi 6 DAS meliputi Bengkenang, Titi Akar, Lematang, Raya, Padanggiri dan Batu Panjang. Masyarakat pada Pulau Rupat memerlukan air sebagai penunjang kebutuhan seperti domestik,

irigasi, perkebunan, perikanan, peternakan serta untuk aliran pemeliharaan sungai. Kebutuhan air meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk. Selain itu, perubahan tata guna lahan, perilaku hidrologi serta bangunan prasarana air yang tidak memadai untuk memenuhi kebutuhan juga mempengaruhi ketersediaan air yang relatif tetap yang dikhawatirkan akan menimbulkan ketidakseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan.

Melihat keadaan tersebut, maka diperlukan adanya suatu studi neraca air untuk melihat keseimbangan antara ketersediaan dan penggunaan air di Pulau Rupat sehingga nantinya kebutuhan air di daerah ini akan terus terpenuhi dari waktu ke waktu. Variabel utama dalam menghitung neraca air adalah variabel

ketersediaan dan variabel kebutuhan. Variabel ketersediaan dihitung dengan dua metode yaitu Metode NRECA dan Metode F.J. Mock. Hasil dari kedua metode tersebut dapat dipercaya apabila ada debit perbandingan terhadap hasil perhitungan. Sedangkan variabel kebutuhan dihitung berdasarkan Standar Cipta Karya Dinas PU.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis ketersediaan air, kebutuhan air serta keseimbangan air di wilayah DAS yang ada di Pulau Rupat.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Siklus Hidrologi

Inti dari proses hidrologi adalah pemanasan dari air laut oleh sinar matahari yang berjalan secara terus menerus. Siklus hidrologi dimulai dari proses penguapan dari bumi meliputi penguapan di samudera, laut, danau, rawa, sungai maupun bendungan dan beberapa tempat yang ada di permukaan tanah. Air yang ada di bumi akan berubah menjadi uap air karena pemanasan sinar matahari dan kemudian naik ke atmosfer oleh angin. Uap air yang naik ke atmosfer akan mengalami kondensasi yang merupakan proses perubahan uap air menjadi titik-titik air, titik-titik air tersebut akan jatuh ke permukaan laut maupun tanah. Pada permukaan tanah terjadi tahapan *Run Off* dimana air akan bergerak dari tempat yang tinggi menuju tempat yang rendah mengisi cekungan tanah maupun pergerakan yang terjadi melalui saluran-saluran air misalnya saluran drainase, danau, sungai dan laut. Sebagian dari air akan mengisi pori-pori tanah dan meresap ke dalam tanah (infiltrasi).

B.2 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan penguapan yang terjadi dari permukaan yang bervegetasi. Evapotranspirasi merupakan gabungan dari peristiwa evaporasi dan transpirasi yang berlangsung secara bersama-sama. Perhitungan evapotranspirasi tanaman

acuan menurut metode Penman-Monteith memerlukan data iklim.

Pengolahan data berdasarkan acuan dengan Metode Penman-Monteith adalah sebagai berikut (SNI 7745-2012):

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta R_n + \gamma \frac{900}{(T+273)} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1+0,34U_2)} \dots\dots\dots (1)$$

B.3 Ketersediaan Air

Komponen ketersediaan air melingkupi komponen air permukaan dan air tanah. Untuk analisis ketersediaan air permukaan akan digunakan sebagai acuan adalah debit andalan (dependable flow). Debit andalan adalah besaran debit pada suatu titik control (titik tinjau) di suatu sungai dimana debit tersebut merupakan gabungan antara limpasan langsung dan aliran dasar (Kansil, 2015).

B.3.1 Metode NRECA

Salah satu model hujan aliran yang relatif sederhana adalah model NRECA (*National Rural Electric Cooperative Association*). Model tersebut dikembangkan oleh Norman H. Crawford dan Steven M. Thurin (1981). Model NRECA digunakan untuk memperkirakan debit bulanan yang berdasarkan pada hujan bulanan. Parameter-parameter yang diperlukan dalam perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Persentase limpasan yang keluar dari DAS di *sub surface* atau infiltrasi (*PSUB*).
2. Persentase limpasan tampungan air tanah menuju ke sungai (*GWF*).
3. Nilai awal dari tampungan kelengasan (*Soil Moisture Storage*), nilai SMS tidak ada batasan, tapi perlu diperhatikan fluktuasinya agar seimbang.
4. Nilai awal tampungan awal (*Ground Water Storage*), nilai *GWF* tidak ada batasan, tetapi perlu diperhatikan agar seimbang.

B.3.2 Metode Mock

Metode F.J Mock ini dikembangkan oleh Dr. F. J Mock (1973). Perhitungan debit pada Metoda Mock mengacu pada prinsip kesetimbangan air (*water balance*), dimana sirkulasi dan distribusi air bervariasi, sedangkan volume air total yang ada di bumi tetap. Pada metode FJ Mock volume air yang masuk keluar dan yang disimpan dalam tanah diperhitungkan. Parameter yang diperlukan dalam perhitungan adalah sebagai berikut.

1. *Soil Moisture Capacity* (SMC) atau kapasitas kelembaban tanah merupakan kandungan air pada lapisan tanah permukaan (*surface soil*) per m²
2. *Exposed surface* (m%) merupakan persentase lahan yang terbuka atau tidak ditumbuhi vegetasi.
3. Koefisien nilai infiltrasi (*i*) diperkirakan berdasarkan kondisi porositas tanah dan kemiringan DAS.
4. Faktor resesi (*k*) adalah perbandingan antara aliran air tanah pada bulan ke-*n* dengan aliran air tanah pada awal bulan tersebut.

B.4 Kalibrasi Data

Kalibrasi merupakan proses pemilihan kombinasi parameter. Dengan kata lain, proses optimalisasi nilai parameter untuk meningkatkan koherensi antara respon hidrologi DAS yang teramati dan tersimulasi (Bloschl dan Grayson dalam Indarto, 2010:160). Koherensi dapat diamati secara kualitatif, misalnya dengan membandingkan hidrograf debit terukur dengan terhitung. Pada umumnya, koherensi ini dinilai secara kuantitatif (Indarto, 2010)

Ketepatan hasil kalibrasi data yang menyatakan seberapa jauh hasil ramalan mendekati kenyataan dinyatakan dengan *Root Mean Square Error* (RMSE) dari kedua metode yang akan dikalibrasi. Perhitungan RMSE dibutuhkan untuk indikator apakah hasil peramalan pada umumnya berada di atas atau di bawah data yang sebenarnya (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah,

2004), yang dihitung dengan persamaan berikut.

$$RMSE = \left[\frac{1}{n} \times \sum (Q_{\text{ramal}} - Q_{\text{data}})^2 \right]^{0,5} \dots\dots\dots (2)$$

dengan:

RMSE = *Root Mean Square Error*

Q_{ramal} = Debit hasil perhitungan

Q_{data} = Debit hasil pengamatan

B.5 Analisis Debit Andalan

Debit andalan adalah debit sungai yang diharapkan selalu ada sepanjang tahun. Perhitungan debit andalan dengan metode kurva durasi debit dirumuskan sebagai berikut (SNI 6738:2015):

$$P_I = \frac{m_I}{n_I + 1} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

dengan:

P_I = probabilitas terjadinya kumpulan nilai yang diharapkan selama periode pengamatan

m_I = nomor urut kejadian, dengan urutan variasi dari besar ke kecil.

n_I = jumlah data

B.6 Jumlah dan Pertumbuhan Penduduk

Gambaran mengenai jumlah penduduk secara berurutan biasanya disebut demografi. Dalam memperkirakan jumlah penduduk maka dilakukan analisis data dengan runtut waktu (*time series*) 20 tahun ke depan. Dalam menghitung proyeksi jumlah penduduk terdapat beberapa metode meliputi (Kisman, 2007).

1. Metode Aritmatik
2. Metode Geometrik
3. Metode Regresi Linier
4. Metode Eksponensial
5. Metode Logaritmik

B.7 Kebutuhan Air

Air memiliki hubungan yang erat dengan pertumbuhan penduduk dengan suatu daerah. Semakin tinggi tingkat pertumbuhan, maka akan semakin tinggi pula kebutuhan manusia akan air.

B.7.1 Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik merupakan kebutuhan air yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari-hari. Berdasarkan jenis kota dan jumlah penduduk dari suatu daerah tersebut sesuai dengan Standar Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas Pekerjaan Umum, 1996 maka dapat ditentukan standar kebutuhan air dan kriteria perencanaan air bersih yang dapat dilihat pada Tabel. 1.

Tabel 1. Standar Penentuan Kebutuhan Air Penduduk

Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa)				
	> 1000000	500000 s/d 1000000	100000 s/d 500000	20000 s/d 100000	< 20000
	Kota Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil	Desa
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
1. Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) (liter/org/hari)	> 150	120 - 150	90 - 120	80 - 120	60 - 80
2. Konsumsi Unit Hidran (HU) (liter/org/hari)	20 - 40	20 - 40	20 - 40	20 - 40	20 - 40
3. Konsumsi unit non domestik					
a. Niaga Kecil (liter/unit/hari)	600 - 900	600 - 900		600	
b. Niaga Besar (liter/unit/hari)	1000 - 5000	1000 - 5000		1500	
c. Industri Besar (liter/detik/ha)	0,2 - 0,8	0,2 - 0,8		0,2 - 0,8	
d. Pariwisata (liter/detik/ha)	0,1 - 0,3	0,1 - 0,3		0,1 - 0,3	
4. Kehilangan Air (%)	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20 - 30
5. Faktor Hari Maksimum	1,15 - 1,25 *harian	1,15 - 1,25 *harian	1,15 - 1,25 *harian	1,15 - 1,25 *harian	1,15 - 1,25 *harian
6. Faktor Jam Puncak	1,75 - 2,0 *hari maks	1,75 - 2,0 *hari maks	1,75 - 2,0 *hari maks	1,75 *hari maks	1,75 *hari maks
7. Jumlah Jiwa per SR (Jiwa)	5	5	5	5	5
8. Jumlah Jiwa per HU (Jiwa)	100	100	100	100 - 200	200
9. Sisa Tekan di Penyediaan Distribusi (meter)	10	10	10	10	10
10. Jam Operasi (jam)	24	24	24	24	24
11. Volume Reservoir (% Max Day Demand)	15 - 25	15 - 25	15 - 25	15 - 25	15 - 25
12. SR : HU	50 : 50 s/d 80 : 20	50 : 50 s/d 80 : 20	80 : 20	70 : 30	70 : 30
13. Cakupan Pelayanan (%)	90	90	90	90	70

B.7.2 Kebutuhan Air Irigasi

Perhitungan kebutuhan air irigasi pada umumnya digunakan dengan merujuk pada standar perhitungan Dirjen Pengairan (KP01). Menurut (Sukmanda, 2016), analisis kebutuhan air irigasi merupakan salah satu tahap penting yang diperlukan dalam perencanaan dan pengelolaan sistem irigasi. Besarnya kebutuhan air irigasi bergantung pada cara pengolahan lahan (Priyonugroho, 2014), perkolasi, curah hujan efektif, luas daerah irigasi, pola dan jadwal tanam, sistem golongan dan efisiensi saluran irigasi. Tahapan perhitungan kebutuhan irigasi terbagi menjadi dua yaitu:

1. Kebutuhan air saat penyiapan lahan

2. Kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman.

B.7.3 Kebutuhan Air Perkebunan

Kebutuhan air perkebunan dihitung berdasarkan jumlah dan jenis tanaman yang ada di daerah tersebut dengan tingkat kebutuhan masing-masing jenis tanaman. Faktor utama menentukan kebutuhan air perkebunan adalah dengan mengetahui luas area perkebunan dan kebutuhan air optimal untuk masing-masing tanaman. Kebutuhan air tanaman untuk kelapa sawit adalah 4,65 mm/hari sedangkan untuk tanaman karet adalah 3,56 mm/hari (Hidayat, et al., 2013).

B.7.4 Kebutuhan Air Perikanan

Kebutuhan air perikanan dihitung berdasarkan luas kolam dan tambak ikan yang ada di daerah penelitian. Menurut Sri Najiyaniti (1992) (dalam SNI, 2002) menjelaskan bahwa air yang diganti adalah kurang lebih sepertiga tinggi genangan kolam atau 7 mm/hari/ha. Rumus yang digunakan dalam perhitungan kebutuhan air perikanan adalah sebagai berikut.

$$Q = \frac{q}{1000} \times A \times 10.000 \dots\dots\dots (4)$$

dengan:

Q = kebutuhan air perikanan (m^3 /hari)

q = kebutuhan air pembilasan 1/3 tinggi genangan atau 7 mm/hari/ha

A = luas kolam (ha)

B.7.5 Kebutuhan Air Peternakan

Kebutuhan air peternakan dihitung berdasarkan jumlah ternak (ekor) dan besar kebutuhan air per ekor per harinya (SNI 19-6728.1-2002). Jenis ternak yang ada pada lokasi penelitian meliputi; sapi, kerbau, kambing, babi dan unggas.

B.7.6 Kebutuhan Air Pemeliharaan Sungai

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai, aliran pemeliharaan sungai adalah aliran air minimum yang harus tersedia di sungai untuk menjaga kehidupan ekosistem sungai. Perlindungan

aliran pemeliharaan sungai dilakukan dengan mengendalikan ketersediaan debit andalan 95% (SNI 6738:2015).

B.8 Analisis Neraca Air

Analisis neraca air di suatu daerah bertujuan untuk mengetahui jumlah netto dari air yang diperoleh sehingga dapat diupayakan pemanfaatannya sebaik mungkin. Neraca air menggambarkan sebuah prinsip bahwa selama periode tertentu, masukan air total sama dengan keluaran air total ditambah dengan perubahan air cadangan. Nilai perubahan air cadangan dapat bertanda positif atau negatif (Sari, Limantara, Montarcih, & Priyantoro Dwi, 2012).

C. METODOLOGI PENELITIAN

C.1 Lokasi Penelitian

Studi neraca air ini dilakukan pada Pulau Rupat dan terbagi menjadi 6 DAS yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Pembagian DAS

C.2 Data yang Diperlukan

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah berupa data-data sekunder meliputi:

1. Data demografi Pulau Rupat dari tahun 2010 – 2016 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Bengkulu.
2. Data pemanfaatan air yang digunakan untuk kebutuhan irigasi, industri, perkebunan, perikanan, dan

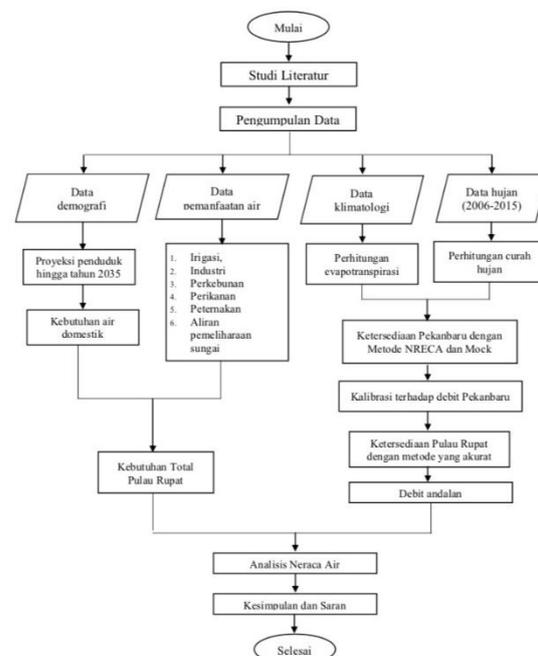
peternakan pada Pulau Rupat yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Bengkulu.

3. Data klimatologi Pulau Rupat dari tahun 2006 – 2015 dengan Stasiun Dumai yang mewakili.
4. Data curah hujan Pulau Rupat dari tahun 2006 – 2015 dengan Stasiun Dumai yang mewakili.
5. Data AWLR Pantai Cermin dari tahun 2006 – 2015.

C.3 Prosedur Penelitian

1. Studi Literatur
2. Pengumpulan Data
3. Menghitung ketersediaan air Pekanbaru dengan Metode NRECA dan Mock
4. Kalibrasi Data
5. Menghitung ketersediaan dengan Metode yang akurat untuk Pulau Rupat
6. Menghitung debit andalan
7. Menghitung kebutuhan air meliputi kebutuhan air domestic, irigasi, perkebunan, perikanan, peternakan dan pemeliharaan sungai.
8. Analisis neraca air

C.4 Flowchart Penelitian



D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1 Evapotranspirasi

Dalam menghitung evapotranspirasi pada penelitian ini, metode yang dipilih adalah Metode Penman Monteith dengan menggunakan data klimatologi untuk Stasiun Hidrologi Buatan dan Dumai yang dibantu oleh *Software Cropwat 8.0* sebagai contoh perhitungan Eto Stasiun Dumai pada Bulan Januari tahun 2006.

Tabel 2. Perhitungan Eto Stasiun Dumai dengan *Cropwat 8.0*

Day	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun %	Rad MJ/m ² /day	ETo mm/day
1	22	33	95	12	32	14,5	3,12
2	21	32	95	15	15	11,6	2,51
3	22,5	34	95	42	68	20,9	4,39
4	22	34	95	39	52	18,1	3,84
5	22	33,5	95	27	41	16,2	3,46
6	22,5	33,5	91	27	36	15,3	3,31
7	23	34	90	62	51	18	3,89
8	21,5	30	90	15	0	8,9	2,01
9	21	30	90	21	1	9,1	2,04
10	21,5	29	86	17	2	9,2	2,06
11	22,5	32,5	90	21	18	12,2	2,7
12	22,5	29	90	5	6	10	2,18
13	23	34	86	45	60	19,8	4,21
14	22	34,5	90	39	56	19	4,06
15	21,5	32	95	16	22	12,9	2,77
16	21	32,5	86	24	35	15,3	3,23
17	21	31,5	95	15	13	11,4	2,48
18	22	34,5	90	37	56	19,1	4,08
19	22	32	95	35	28	14,2	3,02
20	22,5	32	90	25	20	12,7	2,77
21	22	32	95	16	26	13,7	2,94
22	22	33,5	82	41	47	17,5	3,75
23	23	35	86	68	64	20,7	4,51
24	21,5	30,5	95	12	0	9,1	2,04
25	21	29,5	95	17	8	10,6	2,28
26	22	33,5	95	32	47	17,6	3,74
27	22	34,5	90	45	59	19,9	4,25
28	22,5	33,5	95	25	45	17,4	3,71
29	24	34,5	90	46	58	19,7	4,27
30	21	32,5	86	15	18	12,5	2,72
31	21,5	32	95	14	23	13,4	2,89
Average	22	32,5	91	28	32	14,9	3,2

D.2 Ketersediaan Air

Pengalihragaman data hujan menjadi debit dilakukan dikarenakan pada lokasi studi tidak tersedia debit hasil pengamatan dan menjadi kendala utama dalam penyelesaian pada analisa ketersediaan air. Pada penelitian ini debit pembanding hasil pengamatan yang digunakan adalah debit dari Pantai Cermin. Dalam menghitung ketersediaan air dapat beberapa metode, pada penelitian ini, dilakukan terlebih dahulu pencarian metode yang dianggap lebih akurat untuk mewakili perhitungan ketersediaan air di Pulau Rupa. Metode yang akan dibandingkan terlebih dahulu adalah Metode NRECA dan Metode Mock

dalam perhitungan ketersediaan dengan Pos Tangkapan Pantai Cermin.

D.2.1 Metode NRECA

Ketersediaan air dihitung berdasarkan curah hujan 15 harian untuk setiap bulannya. Rekapitulasi perhitungan ketersediaan air Pekanbaru dengan Pos Tangkapan Pantai Cermin dengan Metode NRECA dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Ketersediaan Pekanbaru dengan Metode NRECA Januari - Juni (m³/detik)

Tahun	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun	
2006	184,26	125,03	103,26	123,96	67,66	97,14	64,12	86,24	136,35	31,31	60,45	115,28
2007	175,78	121,24	102,61	132,93	88,20	97,26	146,65	100,21	145,32	45,92	64,07	26,88
2008	174,56	166,36	103,29	122,54	92,76	144,44	191,25	172,54	43,00	41,17	27,52	50,33
2009	186,28	166,36	176,69	122,54	141,33	144,44	223,53	172,54	93,98	41,17	35,82	50,33
2010	181,75	140,03	109,73	140,08	72,04	52,15	44,51	64,34	30,30	22,72	19,39	27,58
2011	158,89	137,46	102,92	95,00	65,87	49,40	51,66	40,93	27,88	23,34	18,01	14,40
2012	158,89	119,17	138,21	187,62	82,02	65,24	64,98	82,65	33,54	105,36	26,87	32,70
2013	158,89	119,17	101,69	93,87	65,08	48,81	41,65	33,32	26,66	19,99	17,06	13,65
2014	167,89	119,70	102,14	95,12	65,42	49,68	41,91	33,53	26,82	20,12	39,62	15,15
2015	158,89	119,17	101,69	93,87	65,08	81,86	43,88	35,10	28,08	21,06	38,49	15,67

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Ketersediaan Pekanbaru dengan Metode NRECA Juli - Desember (m³/detik)

Tahun	Jul		Agu		Sep		Okt		Nov		Des	
2006	24,60	18,45	15,74	33,30	71,83	13,03	66,95	36,74	74,28	12,98	80,37	175,16
2007	105,78	63,11	20,85	145,14	111,48	64,20	194,20	149,15	105,18	147,51	95,13	26,93
2008	20,16	63,16	14,33	138,31	64,27	54,24	80,70	146,56	171,88	30,23	58,12	93,14
2009	25,66	63,16	20,93	138,31	90,03	54,24	92,47	146,56	195,16	30,23	24,18	93,14
2010	47,60	90,36	20,30	11,88	10,14	10,44	6,63	4,98	4,25	15,31	3,47	8,13
2011	11,52	8,64	7,38	5,53	4,72	5,84	9,32	11,29	6,08	2,53	11,09	27,43
2012	102,35	18,43	15,72	30,39	15,24	53,86	10,26	119,22	165,38	113,65	119,63	54,33
2013	10,92	10,98	13,97	7,15	9,74	4,32	9,84	2,97	5,40	24,50	3,17	2,38
2014	12,12	23,31	8,72	6,54	5,58	4,46	21,81	39,50	5,61	26,46	4,98	10,44
2015	12,54	9,40	8,03	6,02	5,14	4,11	3,29	9,67	6,64	2,33	14,10	10,80

D.2.2 Metode Mock

Keluaran dari Metode Mock ini sama juga seperti metode sebelumnya yaitu debit tengah bulanan dalam m³/detik hanya parameter-parameternya yang berbeda. Ketersediaan air dihitung berdasarkan curah hujan 15 harian untuk setiap bulannya. Rekapitulasi perhitungan ketersediaan air Pekanbaru dengan Metode Mock dapat dilihat pada Tabel 5 dan 6.

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan Ketersediaan Pekanbaru dengan Metode Mock Januari - Juni (m³/detik)

Tahun	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun	
2006	104,72	85,31	73,12	88,42	62,26	73,52	74,33	84,17	109,54	86,34	88,06	105,37
2007	63,06	51,43	44,08	68,58	62,96	72,73	107,64	110,57	127,18	103,32	101,65	82,01
2008	108,97	91,59	79,85	82,63	73,88	94,10	139,13	140,86	114,09	88,54	77,98	78,11
2009	84,58	93,89	117,90	122,57	114,27	120,92	162,70	173,24	157,06	118,60	106,43	97,74
2010	90,72	84,67	80,99	100,86	76,31	57,49	49,06	57,90	47,30	38,99	33,47	37,35
2011	18,01	30,87	27,32	25,22	20,88	15,83	25,13	31,30	25,60	26,82	23,31	19,70
2012	24,48	18,37	48,36	99,02	79,77	65,41	67,63	75,60	63,58	81,07	71,05	65,83
2013	90,41	69,21	59,14	54,59	37,85	28,39	24,22	19,38	15,50	11,63	9,92	7,94
2014	33,21	25,38	21,66	25,35	17,82	18,02	16,43	13,19	10,55	7,91	34,32	28,91
2015	28,97	21,73	22,51	23,27	16,24	42,50	37,97	31,82	26,65	20,04	33,98	28,07

Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan Ketersediaan Pekanbaru dengan Metode Mock Juli - Desember (m³/detik)

Tahun	Jul		Agu		Sep		Okt		Nov		Des	
2006	90,01	69,33	59,35	55,17	71,05	58,07	69,06	63,90	78,09	63,68	74,91	109,74
2007	95,93	88,94	76,76	100,26	117,11	110,96	142,28	146,04	148,96	156,69	147,31	111,51
2008	67,33	61,55	53,13	74,40	85,36	79,50	89,11	70,34	111,25	97,14	94,35	71,57
2009	84,62	81,73	76,52	98,73	112,34	106,28	111,51	125,83	159,89	134,75	111,93	106,70
2010	49,96	74,70	71,23	53,69	45,81	42,66	36,71	27,82	23,75	28,68	27,28	27,46
2011	15,81	11,86	13,54	10,33	12,07	17,07	26,31	33,66	35,69	32,56	37,15	49,48
2012	88,05	67,76	58,58	55,09	53,79	63,43	53,61	81,29	122,03	132,06	139,17	118,50
2013	6,94	14,23	25,96	26,49	32,01	26,08	30,68	24,17	27,10	44,69	36,95	27,71
2014	23,13	34,50	30,40	22,80	19,46	15,56	34,90	57,18	50,47	55,59	45,27	40,49
2015	22,46	16,84	14,37	10,78	9,20	10,94	11,80	22,88	25,50	20,67	29,15	32,32

D.3 Kalibrasi

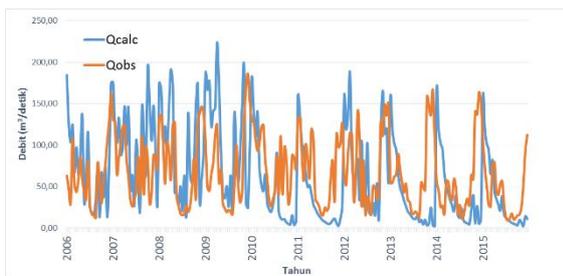
Hasil parameter kalibrasi untuk daerah tangkapan Pantai Cermin dengan Metode NRECA adalah sebagai berikut:

1. PSUB = 0,3
2. GWF = 0,2
3. SMS = 400 mm
4. GWS = 600 mm

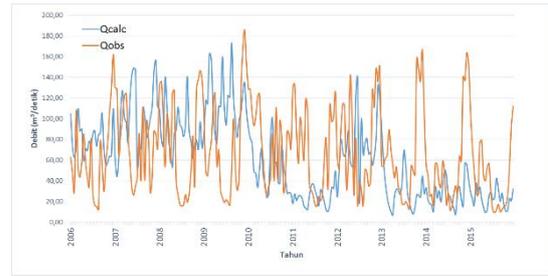
Hasil parameter kalibrasi untuk daerah tangkapan Pantai Cermin dengan Metode Mock adalah sebagai berikut:

1. SMC = 200 mm
2. M = 50%
3. $i = 0,9$
4. $k = 0,8$

Perbandingan debit perhitungan dan pengamatan dapat dilihat dengan kurva pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Perbandingan Debit Perhitungan Metode NRECA dengan Debit Pengamatan



Gambar 3. Perbandingan Debit Perhitungan Metode Mock dengan Debit Pengamatan

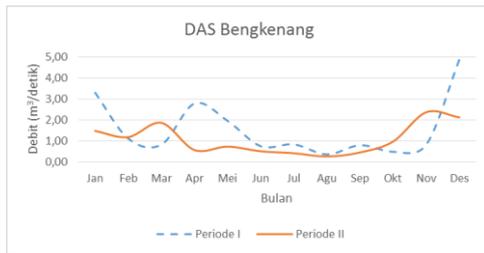
Tabel 7. Hasil Kalibrasi Metode NRECA dan Mock

Parameter	Metode NRECA	Metode Mock
RMSE	92,59	95,51
CORREL	0,32	0,31

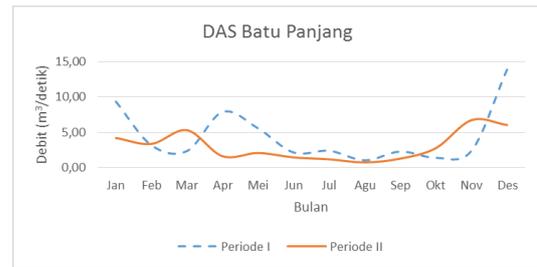
Perhitungan RMSE dan korelasi menunjukkan bahwa metode yang memiliki tingkat keakuratan lebih tinggi adalah Metode NRECA dikarenakan Nilai RMSE metode ini lebih kecil dan nilai korelasinya lebih tinggi daripada Metode Mock (Tabel 7). Maka, untuk perhitungan selanjutnya hanya menggunakan Metode NRECA.

D.4 Debit Andalan

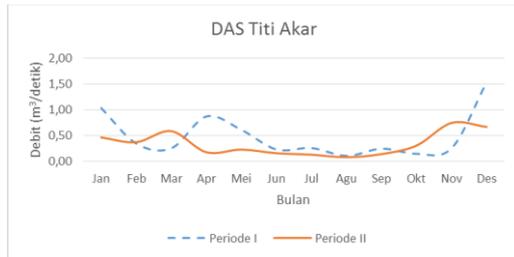
Perhitungan debit andalan dihitung berdasarkan probabilitas 80%, 90% dan 95% untuk masing-masing DAS yang ada di Pulau Rupa. Pada penelitian ini, perhitungan debit andalan dibagi menjadi dua periode. Periode I merupakan 15 harian pertama pada suatu bulan dan Periode II merupakan 15 harian setelah periode I pada bulan yang sama. Grafik perhitungan dengan debit andalan 80% untuk setiap DAS yang ada di Pulau rupa dapat dilihat pada Gambar 4, 5, 6, 7, 8 dan 9.



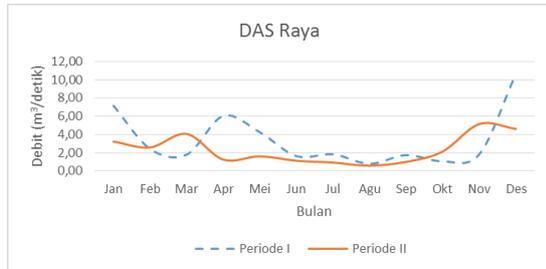
Gambar 4. Debit Andalan 80% DAS Bengkenang



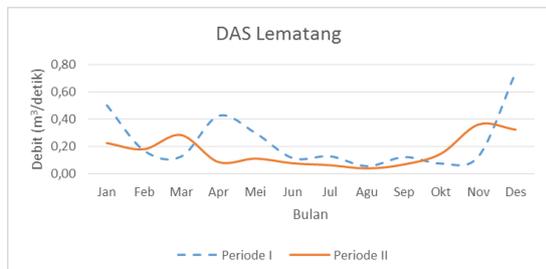
Gambar 9. Debit Andalan 80% DAS Batu Panjang



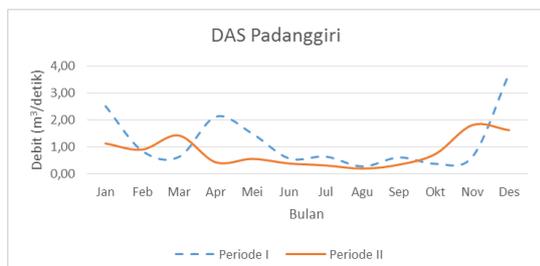
Gambar 5. Debit Andalan 80% DAS Titi Akar



Gambar 6. Debit Andalan 80% DAS Raya



Gambar 7. Debit Andalan 80% DAS Lematang



Gambar 8. Debit Andalan 80% DAS Padanggiri

Hasil perhitungan debit amdalan untuk probabilitas 80%, 90% dan 95% dihitung untuk masing-masing DAS yang ada di Pulau Rupat dan kemudian dijumlahkan sehingga diperoleh debit andalan Pulau Rupat dengan rekapitulasi perhitungan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi Debit Andalan Pulau Rupat

Bulan	Periode	Q 80%	Q 90%	Q 95%
Jan	I	23,83	13,16	7,12
	II	10,77	5,34	3,22
Feb	I	8,07	4,56	2,75
	II	8,64	4,20	2,54
Mar	I	5,99	2,92	1,76
	II	13,56	4,49	2,19
Apr	I	20,12	15,97	1,87
	II	4,19	4,10	1,49
Mei	I	14,16	12,97	4,22
	II	5,38	3,57	1,07
Jun	I	5,44	4,59	0,92
	II	3,77	3,67	0,73
Jul	I	6,09	2,94	0,59
	II	3,09	2,20	0,44
Agu	I	2,64	1,88	0,38
	II	1,98	1,41	0,28
Sep	I	5,81	1,20	0,24
	II	3,36	0,96	0,19
Okt	I	3,54	0,77	0,15
	II	7,13	0,58	0,12
Nov	I	6,09	4,91	0,57
	II	17,20	14,20	3,21
Des	I	35,38	7,94	5,08
	II	15,42	11,99	3,66

D.5 Kebutuhan Air

Kebutuhan air di Pulau Rupat yang dihitung meliputi kebutuhan domestic, irigasi, perikanan, perkebunan, peternakan dan pemeliharaan sungai.

D.5.1 Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik dihitung berdasarkan proyeksi jumlah penduduk dengan menggunakan metode Least Square dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Proyeksi Kebutuhan Air Domestik Pulau Rupat Hingga Tahun 2035

Tahun	Jumlah Pemakaian SR (lt/dt)	Jumlah Pemakaian HU (lt/dt)	Kebutuhan Sosial (%)	Total (lt/dt)
2016	46,540	6,648	7,978	61,167
2017	47,374	6,768	8,121	62,262
2018	48,078	6,868	8,242	63,188
2019	48,783	6,969	8,363	64,115
2020	49,489	7,070	8,484	65,042
2021	50,194	7,171	8,605	65,970
2022	50,900	7,271	8,726	66,897
2023	51,606	7,372	8,847	67,824
2024	52,310	7,473	8,967	68,750
2025	53,015	7,574	9,088	69,677
2026	53,721	7,674	9,209	70,604
2027	54,426	7,775	9,330	71,532
2028	55,132	7,876	9,451	72,459
2029	55,838	7,977	9,572	73,386
2030	56,542	8,077	9,693	74,312
2031	57,249	8,178	9,814	75,241
2032	57,953	8,279	9,935	76,166
2033	58,658	8,380	10,056	77,094
2034	59,364	8,480	10,177	78,021
2035	60,069	8,581	10,298	78,948

D.5.2 Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan irigasi pada Pulau Rupat dihitung berdasarkan KP-01 dengan pola tanam Padi-Padi-Bera dengan masa awal tanam dimulai pada Bulan November periode kedua. Rekapitulasi kebutuhan irigasi di Pulau Rupat dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Kebutuhan Air Irigasi

Bulan -Periode	Keb. Air (m ³ /detik)
Jan	I 0,35 II 0,15
Feb	I 0,15 II 0,85
Mar	I 0,74 II 0,38
Apr	I 0,30 II 0,41
Mei	I 0,33 II 0,19
Jun	I 0,11 II 0,00
Jul	I 0,00 II 0,00
Agu	I 0,00 II 0,00
Sep	I 0,00 II 0,00
Okt	I 0,00 II 0,73
Nov	I 0,70 II 0,30
Des	I 0,35 II 0,36

D.5.3 Kebutuhan Air Perkebunan

Pada penelitian ini tanaman perkebunan yang dihitung adalah karet dengan data total luas areal perkebunan yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik pada tahun 2013 untuk Kecamatan Rupat adalah sekitar 8945 ha dan kelapa sawit seluas 3.584 ha. Kebutuhan air tanaman karet = 0,41 liter/detik/ha sedangkan Kebutuhan air tanaman sawit = 0,54 liter/detik/ha. Sehingga perhitungannya menjadi:

$$Q_{karet} = \text{keb.air tanaman} \times A$$

$$Q_{karet} = 0,41 \times 8.945$$

$$Q_{karet} = 3.685,7 \text{ liter/detik}$$

$$Q_{karet} = 3,69 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_{sawit} = \text{keb.air tanaman} \times A$$

$$Q_{sawit} = 0,54 \times 3.584$$

$$Q_{sawit} = 1.935,36 \text{ liter/detik}$$

$$Q_{sawit} = 1,94 \text{ m}^3/\text{detik}$$

D.5.4 Kebutuhan Air Perikanan

Data yang diperlukan dalam menunjang perhitungan ini adalah luas areal (A) = 49,5 ha. Dengan data yang diperoleh maka dapat dihitung jumlah kebutuhan air untuk perikanan adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{q}{1000} \times A \times 10.000$$

$$Q = \frac{7}{1000} \times 49,5 \times 10.000$$

$$Q = 3465 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q = 0,0401 \text{ m}^3/\text{detik}$$

D.5.5 Kebutuhan Air Peternakan

Hasil perhitungan kebutuhan air peternakan dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11 Kebutuhan Air Peternakan

Jenis Ternak	Jumlah Ternak		Kebutuhan Air Ternak	
	(ekor)	Unit Kebutuhan Air (liter/ekor/hari)	liter/hari	m ³ /det
Sapi/Kerbau	3609	40	144360	0,001671
Kambing	3006	5	15030	0,000174
Babi	1159	6	6954	0,000080
Unggas	38201	0,6	22920,6	0,000265
Jumlah				0,002191

D.5.6 Kebutuhan Air Pemeliharaan Sungai

Perhitungan kebutuhan air untuk pemeliharaan sungai dihitung dengan mencari debit andalan 95% dari debit ketersediaan di lokasi penelitian.

D.6 Analisis Neraca Air

Analisis neraca air dihitung berdasarkan probabilitas 80%, 20% dan debit rata-rata untuk kondisi saat ini (2015) dan kondisi yang akan datang tahun 2035. Hasil perhitungan rekapitulasi kebutuhan total Pulau Rupert tahun 2015 dan 2035 dapat dilihat pada Tabel 12 dan Tabel 13.

Tabel 12. Kebutuhan Air Total Pulau Rupert Tahun 2015

Bulan - Periode	Kebutuhan					
	Q Domestik	Q Irigasi	Q Perikanan	Q Perkebunan	Q Peternakan	Q Total
Jan I	0,060	0,351	0,040	5,621	0,002	6,075
Jan II	0,060	0,150	0,040	5,621	0,002	5,874
Feb I	0,060	0,148	0,040	5,621	0,002	5,871
Feb II	0,060	0,852	0,040	5,621	0,002	6,575
Mar I	0,060	0,741	0,040	5,621	0,002	6,464
Mar II	0,060	0,380	0,040	5,621	0,002	6,103
Apr I	0,060	0,300	0,040	5,621	0,002	6,023
Apr II	0,060	0,409	0,040	5,621	0,002	6,133
May I	0,060	0,335	0,040	5,621	0,002	6,058
May II	0,060	0,186	0,040	5,621	0,002	5,909
Jun I	0,060	0,112	0,040	5,621	0,002	5,835
Jun II	0,060	0,000	0,040	5,621	0,002	5,723
Jul I	0,060	0,000	0,040	5,621	0,002	5,723
Jul II	0,060	0,000	0,040	5,621	0,002	5,723
Aug I	0,060	0,000	0,040	5,621	0,002	5,723
Aug II	0,060	0,000	0,040	5,621	0,002	5,723
Sep I	0,060	0,000	0,040	5,621	0,002	5,723
Sep II	0,060	0,000	0,040	5,621	0,002	5,723
Oct I	0,060	0,000	0,040	5,621	0,002	5,723
Oct II	0,060	0,729	0,040	5,621	0,002	6,453
Nov I	0,060	0,702	0,040	5,621	0,002	6,425
Nov II	0,060	0,301	0,040	5,621	0,002	6,024
Dec I	0,060	0,347	0,040	5,621	0,002	6,070
Dec II	0,060	0,362	0,040	5,621	0,002	6,085

Tabel 13. Kebutuhan Air Total Pulau Rupert Tahun 2035

Bulan - Periode	Kebutuhan					
	Q Domestik	Q Irigasi	Q Perikanan	Q Perkebunan	Q Peternakan	Q Total
Jan I	0,079	0,351	0,040	5,621	0,002	6,094
Jan II	0,079	0,150	0,040	5,621	0,002	5,893
Feb I	0,079	0,148	0,040	5,621	0,002	5,890
Feb II	0,079	0,852	0,040	5,621	0,002	6,594
Mar I	0,079	0,741	0,040	5,621	0,002	6,483
Mar II	0,079	0,380	0,040	5,621	0,002	6,122
Apr I	0,079	0,300	0,040	5,621	0,002	6,042
Apr II	0,079	0,409	0,040	5,621	0,002	6,152
May I	0,079	0,335	0,040	5,621	0,002	6,077
May II	0,079	0,186	0,040	5,621	0,002	5,928
Jun I	0,079	0,112	0,040	5,621	0,002	5,854
Jun II	0,079	0,000	0,040	5,621	0,002	5,742
Jul I	0,079	0,000	0,040	5,621	0,002	5,742
Jul II	0,079	0,000	0,040	5,621	0,002	5,742
Aug I	0,079	0,000	0,040	5,621	0,002	5,742
Aug II	0,079	0,000	0,040	5,621	0,002	5,742
Sep I	0,079	0,000	0,040	5,621	0,002	5,742
Sep II	0,079	0,000	0,040	5,621	0,002	5,742
Oct I	0,079	0,000	0,040	5,621	0,002	5,742
Oct II	0,079	0,729	0,040	5,621	0,002	6,472
Nov I	0,079	0,702	0,040	5,621	0,002	6,444
Nov II	0,079	0,301	0,040	5,621	0,002	6,043
Dec I	0,079	0,347	0,040	5,621	0,002	6,089
Dec II	0,079	0,362	0,040	5,621	0,002	6,104

Setelah diperoleh nilai total kebutuhan dan ketersediaan di lokasi penelitian maka rekapitulasi perhitungan

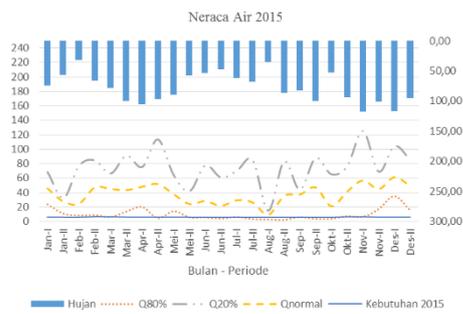
neraca air dapat dilihat dengan jelas pada Tabel 14 dan 15. Untuk lebih jelas dengan ketersediaan berdasarkan probabilitas 80%, 20% dan debit rata-rata dapat dilihat pada Gambar 10 dan 11.

Tabel 14. Neraca Air Prob.80% Tahun 2015 (m³/detik)

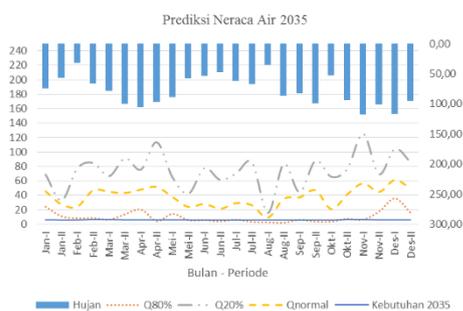
Bulan - Periode	Qinflow	Total Kebutuhan	Qoutflow	Qbaseflow	Sisa
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Jan I	23,829	6,075	17,754	7,117	10,637
Jan II	10,771	5,874	4,897	3,224	1,672
Feb I	8,069	5,871	2,197	2,752	-0,554
Feb II	8,642	6,575	2,067	2,540	-0,473
Mar I	5,992	6,464	-0,472	1,761	-2,233
Mar II	13,556	6,103	7,453	2,186	5,266
Apr I	20,119	6,023	14,096	1,866	12,231
Apr II	4,194	6,133	-1,938	1,493	-3,431
May I	14,156	6,058	8,097	4,222	3,876
May II	5,377	5,909	-0,533	1,075	-1,607
Jun I	5,438	5,835	-0,397	0,917	-1,314
Jun II	3,767	5,723	-1,957	0,734	-2,691
Jul I	6,090	5,723	0,367	0,587	-0,220
Jul II	3,093	5,723	-2,631	0,440	-3,071
Aug I	2,639	5,723	-3,084	0,376	-3,460
Aug II	1,979	5,723	-3,744	0,282	-4,026
Sep I	5,808	5,723	0,085	0,240	-0,155
Sep II	3,361	5,723	-2,363	0,192	-2,555
Oct I	3,540	5,723	-2,184	0,154	-2,337
Oct II	7,133	6,453	0,681	0,115	0,565
Nov I	6,087	6,425	-0,338	0,572	-0,910
Nov II	17,201	6,024	11,177	3,214	7,963
Dec I	35,382	6,070	29,311	5,081	24,231
Dec II	15,421	6,085	9,336	3,663	5,673

Tabel 15. Neraca Air Prob.80% Tahun 2035 (m³/detik)

Bulan - Periode	Qinflow	Total Kebutuhan	Qoutflow	Qbaseflow	Sisa
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Jan I	23,829	6,094	17,735	7,117	10,618
Jan II	10,771	5,893	4,878	3,224	1,653
Feb I	8,069	5,890	2,179	2,752	-0,573
Feb II	8,642	6,594	2,048	2,540	-0,492
Mar I	5,992	6,483	-0,491	1,761	-2,252
Mar II	13,556	6,122	7,434	2,186	5,248
Apr I	20,119	6,042	14,077	1,866	12,212
Apr II	4,194	6,152	-1,957	1,493	-3,450
May I	14,156	6,077	8,079	4,222	3,857
May II	5,377	5,928	-0,551	1,075	-1,626
Jun I	5,438	5,854	-0,416	0,917	-1,333
Jun II	3,767	5,742	-1,976	0,734	-2,709
Jul I	6,090	5,742	0,348	0,587	-0,239
Jul II	3,093	5,742	-2,650	0,440	-3,090
Aug I	2,639	5,742	-3,103	0,376	-3,479
Aug II	1,979	5,742	-3,763	0,282	-4,045
Sep I	5,808	5,742	0,066	0,240	-0,174
Sep II	3,361	5,742	-2,382	0,192	-2,574
Oct I	3,540	5,742	-2,202	0,154	-2,356
Oct II	7,133	6,472	0,662	0,115	0,546
Nov I	6,087	6,444	-0,357	0,572	-0,929
Nov II	17,201	6,043	11,158	3,214	7,944
Dec I	35,382	6,089	29,292	5,081	24,212
Dec II	15,421	6,104	9,317	3,663	5,654



Gambar 10. Neraca Air 2015



Gambar 11. Prediksi Neraca Air 2035

E. KESIMPULAN DAN SARAN

E.1 Kesimpulan

Hasil dari perhitungan dan analisis yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Kebutuhan air pada Pulau Rupert dihitung berdasarkan satu pulau dalam satuan $m^3/detik$. Kebutuhan domestik untuk tahun 2015 adalah sebesar 0,06 dan untuk 2035 sebesar 0,08. Kebutuhan air irigasi 0,85; perkebunan 5,621; perikanan 0,04; peternakan 0,002.
2. Ketersediaan air dihitung dengan menjumlahkan debit masing-masing DAS dalam satuan $m^3/detik$ berdasarkan Metode NRECA dengan ketersediaan air untuk probabilitas 80% adalah sebesar 9,652, probabilitas 20% sebesar 73,549 dan debit rata-rata sebesar 37,507.
3. Analisis neraca air kondisi 2015 dan 2035 yang dihitung berdasarkan probabilitas 80% hanya mengalami surplus pada bulan-bulan tertentu yaitu pada bulan Jan I, Jan II, Maret II, Apr I,

Mei I, Oct II, Nov II, Des I dan Des II, dengan total periode defisit 15 periode. Sedangkan pada debit rata-rata dan ketersediaan dengan probabilitas 20% untuk saat ini hingga 2035 mengalami surplus untuk sepanjang tahun.

E.2 Saran

1. Titik pengambilan di dalam Pulau Rupert seharusnya berdasarkan data rekomtek yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Provinsi. Namun, hingga saat ini belum ada data rekomtek dari instansi terkait tersebut.
2. Sehubungan dengan saran di atas, maka kajian ini masih fokus terhadap sungai-sungai yang ada di Pulau Rupert. Dalam data BWS III terdapat dua embung di Pulau Rupert yang dijadikan sebagai sumber air baku. Dapat dikembangkan kembali untuk penelitian selanjutnya tentang sumber daya air yang berasal dari embung tersebut.

F. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1986. *Standard Perencanaan Irigasi (Kriteria Perencanaan, KP)*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim. 1996. *Kriteria Perencanaan Pengolahan Air*. Ditjen Cipta Karya Dinas Pekerjaan Umum
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Bengkalis, 2016. *Kecamatan Rupert dalam Angka 2016*. Bengkalis: Badan Pusat Statistik.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Penyusunan Neraca Sumber Daya-Bagian 1: Sumber Daya Air Spasial*. (6728-2002). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Perhitungan Evapotranspirasi Tanaman Acuan dengan Metode Penman-Monteith* (7745-2012). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). *Peramalan Debit Andalan Sungai*

- dengan Kurva Durasi Debit (SNI 6738:2015). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Crawford, Norman, H., and thurin, Steven, M., 1981. *Hydrologic Estimates, National Rural Electric Cooperative Association*, Washington.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. (2004). *Pedoman Konstruksi dan Bangunan. Peramalan Debit Aliran Sungai*.
- Hidayat, T., Harahap, I., Pangaribuan, Y., Rahutomo, S., Harsanto, W., & Fauzi, W. (2013). *Air dan Kelapa Sawit*. Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS).
- Indarto. (2010). *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Kansil, G. R (2015). Analisis Neraca Air Sungai Akembuala di Kota Tahuna Kabupaten Sangihe. Manado: Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Samratulangi.
- Kisman. (2007). *Penentuan Kebutuhan Air Minum*. Bandung.
- Lee, R. (1998). *Hidrologi Hutan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Mock, F.J. (1973) *Land Capability Appraisal Indonesia: Water Availability Appraisal*. Basic study Prepared for the FAO/UNDP Land Capability Appraisal Project, AGL: SF/INS/72/011 Basic Study I. Bogor: FAO Of The United Nations.
- Peraturan Pemerintah No 04 Tahun 2015 tentang Kriteria dan Penetapan Wilayah Sungai
- Priyonugroho, A. (2014, September). Analisis Kebutuhan Air Irigasi (Studi Kasus pada Daerah Irigasi Sungai Air Keban Daerah Kabupaten Empat Lawang). 2, 1-32.
- Sari, N. Y. (2004). Optimasi Pola Tanam berdasarkan Ketersediaan Debit Air Irigasi di Daerah Irigasi Situbala Kabupaten Bogor, Jawa Barat.
- Sukmanda, B. (2016). *Analisa Ketersediaan dan Kebutuhan Air pada daerah aliran sungai percut untuk memenuhi kebutuhan air bersih di kabupaten deli serdang*. Medan: Universitas Sumatra Utara.