

ANALISA POTENSI WADUK RUKOH DALAM MEMENUHI KEBUTUHAN AIR DI KABUPATEN PIDIE, INDONESIA

ANALYSIS OF RUKOH RESERVOIR POTENCY FOR DETERMINING WATER REQUIREMENT IN PIDIE DISTRICT, INDONESIA

Siti Nurdhawata, Bambang Dwi Dasanto*

Laboratorium Klimatologi, Dept. Geofisika dan Meteorologi IPB
Gedung FMIPA Wing 19 Lv. 4 Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680
* Corresponding Author. E-mail: bambangdwi@scientist.com

Penyerahan Naskah: 18 Oktober 2010
Diterima untuk diterbitkan: 20 Mei 2011

ABSTRACT

Generally, reservoir can overcome problem of water availability in particular region. The reservoir collects excess water during rainy season to be used at the time of water shortage during dry season. In Pidie, the largest water sources are from Krueng Baro Geunik and Krueng Tiro. The reservoir is located at Krueng Rukoh with Krueng Tiro as the source of water supply. The reservoir provides water for irrigating and supplying domestic water in Baro (11.950 ha) and Tiro (6.330 ha) areas. There are 13 districts (216718 inhabitants) use the water from this reservoir. Given the population growing at rate of 0.52% then the water demand in the region increases. The aim of study was to estimate the volume of water entering the reservoir using the tank model. Calibration curve between the tank model output and observation data showed good correlation ($R^2 = 0.7$). The calibrated model was then used to calculate the discharge at Krueng Baro Geunik. A water balance analysis showed that the highest deficit occurred in September and the highest surplus in November. Based on this analysis, the capacity of Krueng Rukoh reservoir is able to fulfill its function assuming the rate of population growth and the irrigation area are constant.

Keywords : reservoir, tank model, water balance

PENDAHULUAN

Kabupaten Pidie merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam yang sering mengalami masalah dalam pengontrolan sumber air. Hal ini didasari oleh ketersediaan air yang sangat melimpah pada saat musim hujan dan susut pada musim kemarau. Ketersediaan air tersebut terkait dengan pengelolaan air pada suatu DAS dan ini mencakup sumberdaya air permukaan dan air tanah (García *et al.* 2008). Ketersediaan air yang bervariasi dapat menimbulkan masalah ketika sumber air tidak mampu menyediakan air yang cukup untuk memenuhi berbagai kebutuhan.

Air di Kabupaten Pidie sebagian besar berasal dan Krueng (Kr.) Baro dan Tiro. Ketersediaan air di sumber-sumber tersebut diharapkan mampu memenuhi kebutuhan air baku domestik 216718 jiwa (BPS, 2003) dan irigasi yang terdiri dari daerah

irigasi (DI) Baro 11950 ha dan DI Tiro 6331 ha (Dinas Sumber Daya Air, 2003).

Namun, terutama di musim kemarau ketersediaan air tersebut sangat kurang. Antisipasi pemerintah untuk menjaga ketersediaan air yaitu melalui pembangunan waduk. Tujuannya yaitu menampung kelebihan air pada musim hujan dan sebagai cadangan di saat kekurangan air. Cadangan air waduk yang terbatas secara potensial dapat menyebabkan kekurangan terutama jika musim selanjutnya terjadi kekeringan (Kuo *et al.* 2010). Cara mengatasi hal tersebut adalah melalui pemilihan letak waduk yang tepat – baik dari sisi teknis maupun kaidah hidrologi. Dalam studi ini, lokasi yang dipilih sebagai daerah tampungan yaitu Kr. Rukoh dimana Kr. Tiro berperan sebagai pencatu air, dan posisi waduk adalah di hilir Kr Rukoh.

Ketersediaan air menggambarkan kemampuan sumber air dalam memenuhi kebutuhan sehingga

perlu dilakukan analisa kebutuhan dan ketersediaan air. Dalam analisa tersebut diperlukan data aliran sungai (*stream flow*) atau debit. Informasi aliran sungai ini merupakan komponen pokok dalam pengelolaan sumberdaya air maupun kualitas air (Young 2006). Namun, di banyak Negara, terutama karena biaya perawatan maka kecenderungan yang ada sekarang adalah pengurangan jumlah stasiun penakar dalam suatu jaringan (Vörösmarty *et al.* 1999 dalam Getirana *et al.* 2009). Khusus di daerah penelitian data yang diperlukan juga tidak mencukupi. Cara mengatasi kendala tersebut beragam diantaranya adalah menggunakan data DAS terdekat yang mirip (*similar*) dan memiliki data aliran sungai atau debit yang lengkap, metode ini diberi istilah *analogue catchment* (Young 2006). Kendala keterbatasan data debit dapat juga diatasi dengan menggunakan pendekatan lain yaitu menggunakan model hidrologi, seperti *tank model*.

Tank model atau model tanki adalah model yang mampu mentransformasi data hujan menjadi data debit, dan model ini memerlukan parameterisasi sebelum digunakan. Tank model tersusun oleh beberapa tanki penampung air imajiner yang dapat disusun secara paralel ataupun seri (Sugawara 1979, Takanashi *et al.* 2011). Model ini menurut Takanashi *et al.* (2011) telah digunakan dalam sejumlah studi, dan dalam studi ini digunakan empat tanki imajiner. Model tanki memiliki beberapa kelebihan, yaitu dapat menjelaskan kehilangan awal curah hujan dan hubungannya dengan distribusi waktu curah hujan serta menggambarkan beberapa komponen pembentuk aliran limpasan. Berdasarkan permasalahan lapangan maka tujuan penelitian ini meliputi: 1. Menduga debit berdasarkan curah hujan dengan menggunakan model tanki. 2. Menduga ketersediaan air dan kebutuhan air domestik dan irigasi.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan meliputi data analog (seperti peta topografi, tata guna lahan, jenis tanah dan administrasi Pidie), dan data atribut (seperti data iklim, debit, kependudukan, dan luas daerah irigasi). Berdasarkan data penelitian tersebut maka langkah selanjutnya adalah melakukan pendugaan debit aliran sungai, dan menghitung neraca air wilayah penelitian.

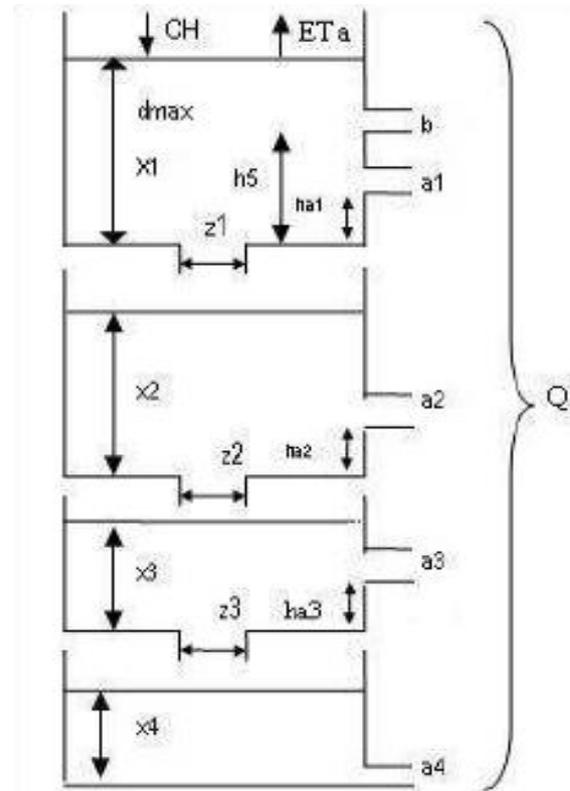
Pendugaan Debit Aliran Sungai

1. Data debit Kr. Rukoh sebagai lokasi tampungan dan Kr. Tiro sebagai penentu air waduk belum tersedia sehingga digunakan data debit yang

memiliki karakteristik DAS yang hampir sama, yaitu pos duga air Kr. Baro Geunik.

2. Perpanjangan data debit Kr. Baro menggunakan pendekatan model hidrologi, yaitu model tangki (Gambar 1). Tahap tahap yang dilakukan yaitu:
 - a. Pengumpulan data, terdiri dari data curah hujan harian, iklim dan debit.
 - b. Analisa data mencakup pemilihan stasiun curah hujan yang dapat mewakili DAS dan menentukan evapotranspirasi potensial (ET) serta evapotranspirasi aktual (ETa).
 - c. Pembentukan model tanki berdasarkan persamaan matematis yang menggambarkan proses terjadi limpasan di DAS. Prosesnya di mulai dari hujan, infiltrasi, evapotranspirasi, aliran permukaan, aliran antara, aliran sub-baseflow, hingga terbentuk aliran dasar. Total dari seluruh aliran merupakan debit sungai.

Dari parameter model dan input curah hujan diperoleh debit Kr. Baro Geunik selama 10 tahun, langkah selanjutnya adalah melakukan perbandingan luas DAS untuk mendapatkan debit Kr. Rukoh dan Tiro.



Gambar 1 Konsepsi model tanki (diadaptasi dari Setiawan *et al.* 2003).

Pendugaan Kebutuhan Air Domestik

Pendugaan kebutuhan air domestik ditentukan oleh jumlah penduduk, tingkat pertumbuhan penduduk, dan kebutuhan air perkapita.

Pendugaan Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi persatuan luas dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kebutuhan air untuk penyiapan lahan, pemakaian konsumtif tanaman, penggantian lapisan air, perkolasi, efisiensi irigasi, dan curah hujan efektif.

Neraca Air

Dari hasil penghitungan neraca air, diperoleh nilai simpanan yang menggambarkan keandalan waduk yang kemudian disusun berdasarkan peringkat. Hasilnya menunjukkan besar peluang kebutuhan yang ditetapkan selama umur waduk dan merupakan fungsi dari kapasitas waduk. Keandalan yang digunakan yaitu 80%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinjauan Lokasi

Kr. Rukoh merupakan lokasi tampungan waduk. Secara geografis, DAS Rukoh terletak pada $5^{\circ}20'00''$ LU dan $95^{\circ}9'00''$ BT. DAS tersebut memiliki *catchment area* sebesar 19.63 km^2 . Daerah aliran Kr. Rukoh memiliki *catchment area* yang kecil sehingga dibutuhkan pencatu air agar air yang tersimpan dalam waduk dapat memenuhi kebutuhan air. Kr. Tiro yang secara geografis berada pada $5^{\circ}11'00''$ LU dan $96^{\circ}2'00''$ BT berfungsi sebagai pencatu air waduk Kr. Rukoh. Sungai tersebut memiliki luas daerah aliran sungai yaitu 174.24 km^2 .

Di daerah aliran Kr. Rukoh dan Tiro belum terdapat pos duga air sehingga data debit yang digunakan untuk keperluan analisis yaitu pos duga air Kr. Baro Geunik ($5^{\circ}17'00''$ LU dan $95^{\circ}86'00''$ BT). Pemilihan Pos duga air Kr Baro karena DAS tersebut memiliki karakteristik yang hampir sama dengan Kr. Rukoh dan Tiro.

Batasan karakteristik DAS yang menjadi perhatian yaitu bentuk DAS, pola aliran, tutupan lahan, dan jenis tanah. Bentuk DAS yang terbentuk di Kr Tiro parallel terhadap Kr Rukoh. Berdasarkan hasil survey yang dilakukan Departemen Kimpraswil (2001), bagian hulu DAS Tiro dan Rukoh memiliki morfologi gelombang hingga terjal yang dikelilingi oleh perbukitan, sedangkan bagian hilirnya berupa dataran dengan kerniringan lereng sangat landai. Sama halnya seperti Kr. Rukoh dan Tiro, Kr Baro memiliki morfologi gelombang dan bentuk DAS parallel. Selain itu, bila dilihat dari pola aliran maka sungai-sungai tersebut memiliki pola aliran yang sama, yaitu dendritik. Jenis tanah di tiga daerah aliran tersebut didominasi oleh podzolik merah kuning dengan tutupan lahan terluas yaitu hutan.

Berdasarkan peta tutupan lahan, Hutan lebat mendominasi bagian hulu Kr Tiro, dan Baro,

sedangkan bagian hilir berupa sawah irigasi teknis, kebun dan perkotaan. Keberadaan sawah irigasi teknis dan perkotaan di bagian hilir kurang menguntungkan. Hal tersebut disebabkan oleh keterbatasan air yang dialirkan oleh Kr. Baro dan Kr. Tiro untuk memenuhi kebutuhan air irigasi di musim kemarau, sedangkan di musim hujan air sangat berlimpah bahkan dapat menyebabkan banjir di daerah hilir (perkotaan). Keadaan tersebut menimbulkan kerugian-kerugian yang tidak sedikit sehingga dilakukan upaya pengontrolan air melalui pembangunan waduk yang berlokasi di Kr. Rukoh.

Kr. Rukoh dipilih sebagai lokasi pembangunan waduk karena daerah aliran tersebut merupakan daerah pegunungan bergelombang dan memiliki cekungan di sepanjang alirannya sehingga cukup potensial sebagai daerah tampungan. Selain itu, Pemilihan Kr. Rukoh sebagai lokasi tampungan didukung oleh ketersediaan bahan material yang memberi keuntungan dari aspek biaya.

Hasil Model Tanki

Input Model

Input dalam model tanki terdiri dari curah hujan dan evapotranspirasi aktual. Letak stasiun curah hujan yang digunakan berada pada $5^{\circ}10'00''$ LU dan $95^{\circ}90'00''$ BT. Evapotranspirasi aktual yang juga merupakan input model tanki diperoleh dari evapotranspirasi potensial yang telah dikoreksi dengan koefisien tanaman sebesar 0.52.

Kalibrasi Model

Output yang diharapkan dan model tanki yaitu debit model dengan fluktuasi hampir mendekati debit observasi. Bila input model menghasilkan output yang jauh dari harapan maka perlu dilakukan parameterisasi. Parameter-parameter tersebut terdiri dari koefisien lubang bawah tanki, koefisien lubang samping tanki, nilai kandungan air tanah, dan simpanan maksimum dalam tanah. Nilai setiap parameter (Tabel 2) ditentukan secara coba ulang (*trial error*) dengan mengacu pada keadaan DAS, seperti sifat tanah, vegetasi, dan penggunaan lahan. Faktor-faktor tersebut memiliki pengaruh terhadap nilai parameter.

Berdasarkan peta jenis tanah, lokasi di daerah aliran Kr. Baro didominasi oleh jenis tanah podzolik merah - kuning (ultisol). Pada jenis tanah ini terjadi penimbunan liat dan memiliki kapasitas memegang air yang rendah tetapi memiliki daya serap air yang tinggi. Keadaan tersebut dapat dilihat dari nilai koefisien lubang bawah tanki ke-1 (z_1) yang besar (Tabel 2).

Faktor lainnya, seperti vegetasi dan penggunaan lahan memiliki peran sebagai penghambat, penyimpan, dan pengatur aliran permukaan. Pada daerah aliran Kr. Baro lahan yang digunakan untuk

hutan mencapai 81%. Lahan yang ditutupi hutan memiliki kemampuan perkolasi yang tinggi. Perkolasi yang tinggi menyebabkan air banyak tersimpan di dalam tanah sehingga seharusnya sumbangan dan aliran dasar (*baseflow*) menjadi besar. Namun kemampuan penyerapan air juga harus didukung oleh sifat fisik tanah. Tanah di lokasi daerah aliran Kr. Baro memiliki kapasitas memegang air yang rendah sehingga air tidak lama tersimpan. Hal ini mengakibatkan air yang menjadi aliran dasar (*baseflow*) lebih kecil dibandingkan dengan interflow walaupun tutupan lahan didominasi oleh hutan lebat (Tabel 1).

Tabel 1. Persentase sumbangan aliran

No	Aliran	Jumlah (%)
1	Surfaceflow	32.17
2	Interflow	51.79
3	Sub-baseflow	0.00
4	Baseflow	16.04

Uji Model

Menurut Setiawan *et al.* (2003), jika koefisien determinasi lebih dan 0.5 maka debit model dapat dikatakan telah mendekati debit observasi. Selain itu, debit model dikatakan dapat mewakili debit observasi jika memiliki pergerakan yang hampir sama (Gambar 2). Koefisien determinasi hasil kalibrasi debit model yaitu 0.83, sedangkan nilai

koefisien determinasi hasil validasi model sebesar 0.60 sehingga model telah dapat digunakan dengan asumsi bahwa kondisi DAS tetap.

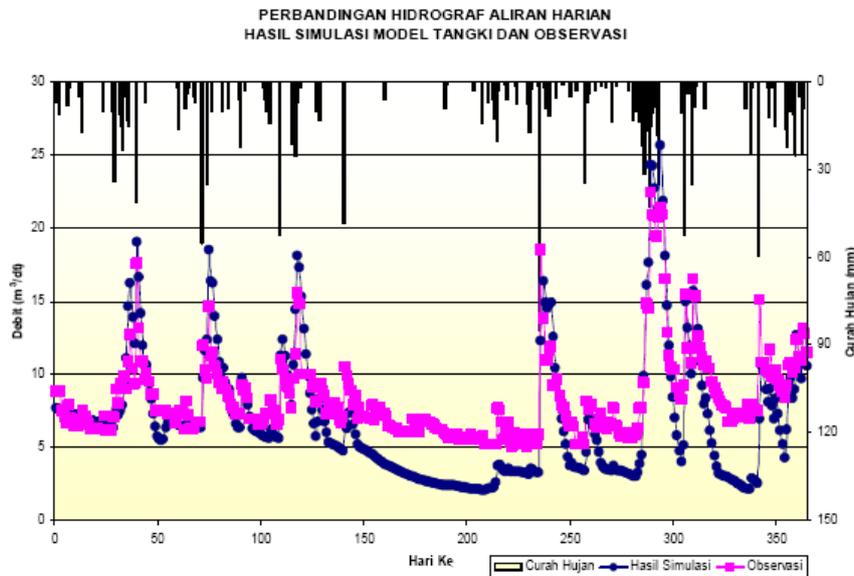
Analisa Kebutuhan Air Kebutuhan Air Domestik

Hasil survey yang dilakukan oleh Dinas sumber daya air (2000) menyatakan bahwa air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan domestik dengan penduduk kurang dan 500.000 jiwa yaitu sebesar 150 liter/orang/hari. Berdasarkan hal tersebut perkiraan jumlah air yang dibutuhkan oleh 216.718 jiwa di 13 kecamatan (Tabel 3) yaitu sebesar 150 liter/hari jiwa.

Selain jumlah air yang digunakan, terdapat satu faktor lagi yang mempengaruhi jumlah air yang harus tersedia, yaitu jumlah penduduk. Pada dasarnya jumlah penduduk akan mengalami perubahan sehingga perlu melakukan estimasi persentase penambahan penduduk. Menurut BPS (2003), umumnya penambahan penduduk di Kabupaten Pidie yaitu sebesar 0.52%. Jumlah penduduk yang terus meningkat menimbulkan efek pada air yang harus tersedia dengan asumsi bahwa jumlah air yang digunakan adalah sarna, yaitu 150 liter/hari/jiwa. Peningkatan penduduk menyebabkan terjadi peningkatan pemakaian air sehingga air yang harus tersedia pun mengalami peningkatan.

Tabel 2. Nilai parameter tanki

No	Tanki	Parameter	Simbol	Koefisien
1	Tank1	Lubang bawah	z1	0.101
		Lubang samping	a1	0.041
		Tinggi tampungan	b	0.033
			ha1	17.166
		Simpanan air tanah	h5	52.502
2	Tank2		X1	0.507
		Lubang bawah	z2	0.054
		Lubang samping	a2	0.819
		Tinggi tampungan	ha2	30.000
3	Tank3	Simpanan air tanah	X2	1.093
		Lubang bawah	z3	0.003
		Lubang samping	a3	0.482
4	Tank4	Tinggi tampungan	ha3	50.000
		Simpanan air tanah	X3	1.192
		Lubang samping	a4	0.007
		Simpanan air tanah	X4	812.861



Gambar 2 Hidrograf Krueng Baro Geunik 1994.

Tabel 3. Kecamatan dan jumlah penduduk

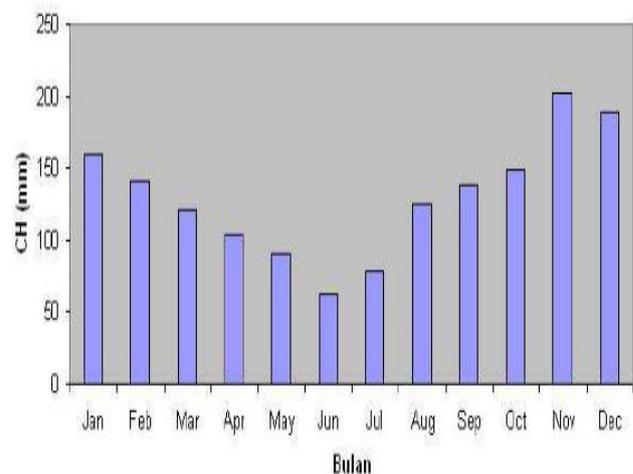
Kode	Kecamatan	Jumlah penduduk pada tahun	
		2003	2006
1	Glumpang Tiga	16037	16451
2	Glumpang Baro	9329	9518
3	Mutiara	17074	16030
4	Tiro Truseb	6646	6620
5	Titeua Keumala	13753	14679
6	Sakti	1.6065	18917
7	Mila	535	11015
8	Delima	1793	22035
9	Indrajaya	1.9536	20095
10	Peukan Baro	16779	16987
11	Kembang Tanjung	1657	20273
12	Simpang Tiga	19215	20007
13	Pidie	36652	35385
	Jumlah	216718	230918

Kebutuhan Air Irigasi

Penghitungan kebutuhan air irigasi dilakukan berdasarkan air yang dibutuhkan selama masa tanam. kebutuhan air selama masa tanam dihitung dari air yang dibutuhkan untuk penyiapan lahan dan pertumbuhan tanaman. Hal yang menjadi perhatian saat penyiapan lahan (30 hari) yaitu kebutuhan air untuk penjenuhan tanah, penggenangan perkolasi, evapotranspirasi, dan curah hujan efektif, sedangkan pada masa pertumbuhan tanaman memperhatikan kebutuhan air untuk perkolasi, evapotranspirasi aktual, dan curah hujan efektif.

Faktor lain yang menjadi perhatian dalam perkiraan kebutuhan air irigasi yaitu penyusunan pola tanam. Tujuan dari penyusunan pola tanam yaitu untuk mengatur waktu, tempat, jenis, dan luas daerah tanam di daerah irigasi dengan efektif dan efisien sehingga tanaman dapat tumbuh baik. Berdasarkan curah hujan, permulaan awal tanam dilakukan pada awal Agustus. Alasan dilakukan

penanaman tahap pertama di Bulan tersebut karena telah memasuki bulan basah (Gambar 3).



Gambar 3 Curah hujan andalan 80%.

Pada umumnya, pola tanam di Kabupaten Pidie yaitu padi - padi - palawija (Tabel 4). Hal tersebut dikarenakan path masa tanam kedua curah hujan masih mencukupi untuk ditanami padi, sedangkan

pada masa tanam ketiga curah hujan tidak lagi mencukupi untuk menanam padi tapi masih bisa untuk menanam palawija. Lahan akan dibiarkan bera setelah pemanenan palawija.

Tabel 4 Kebutuhan air irigasi

Bulan	Pola Tanam	Kebutuhan Air	
		Irigasi (l/dt/ha)	Intake (l/dt/ha)
September	I	0.75	1.15
	II	0.73	1.12
Oktober	I	0.5	0.77
	II	0.32	0.49
November	I	0	0
	II	0	0
Desember	I	0.4	0.62
	II	0.46	0.71
Januari	I	0.8	1.23
	II	0.45	0.7
Februari	I	0.49	0.75
	II	0.2	0.31
Maret	I	0.32	0.49
	II	0	0
April	I	0	0
	II	0	0
Mei	I	0.35	0.54
	II	0.66	1.02
Juni	I	0.64	0.98
	II	0.57	0.87
Juli	I	0.54	0.82
	II	0	0
Agustus	I	0.69	1.06
	II	0.71	1.09

Masa tanam pertama dilakukan saat mulai masuk musim hujan dimana debit air baru mulai bertambah sehingga pemberian air dilakukan secara bergiliran (sistem golongan). Keuntungan dari sistem golongan yaitu semua lahan dapat ditanami sehingga tidak ada yang dibiarkan bera. Wilayah daerah irigasi (DI) Baro dibagi menjadi 3 golongan, sedangkan DI Tiro dibagi 2 golongan (Tabel 5).

Tabel 5. Luas sawah berdasarkan golongan

Daerah Irigasi	Luas Golongan (ha)		
	I	II	III
Baro	2088	4101	5761
Tiro	2555	3776	

Selang waktu pemberian air dari satu golongan ke golongan berikutnya yaitu 15 hari. Tahapannya yaitu setelah masa pengolahan lahan 15 hari, area! tersebut telah ada yang menanam, dan untuk 15 hari

berikutnya telah ada yang menanam lagi sebagai tahap II, demikian seterusnya untuk 15 hari berikutnya sampai semua lahan terairi (Gambar 4).

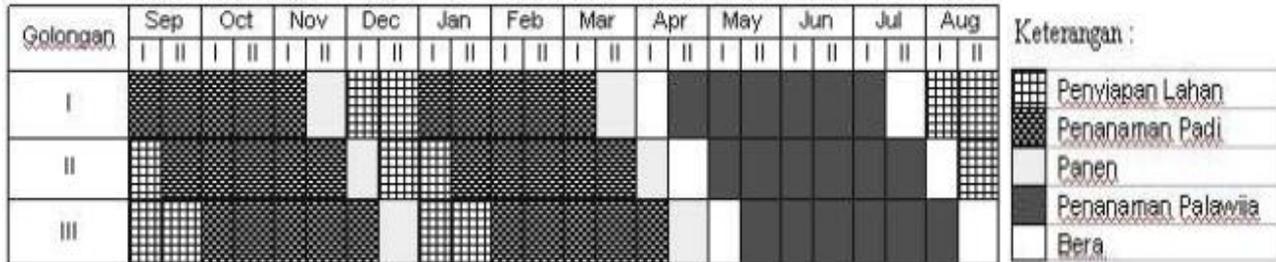
Analisa Neraca Air

Analisa neraca air perlu dilakukan untuk mengetahui kemampuan suatu daerah aliran menyediakan air. Air yang tersedia akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air domestik dan irigasi. Selain itu, air yang tersedia juga digunakan untuk *maintenance flow*, kejadian evaporasi, dan rembesan.

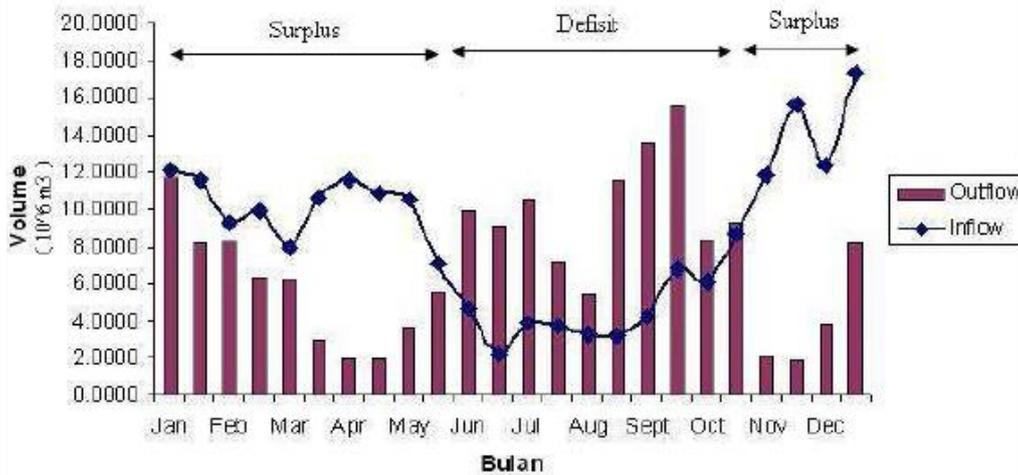
Hasil analisa neraca air memberi gambaran ketersediaan air, pola operasi, dan pemilihan pola tanam. Dari hasil penghitungan terlihat bahwa defisit tertinggi sering terjadi pada bulan September periode I, sedangkan surplus tertinggi di bulan Nopember periode II (Gambar 5). Kumulatif defisit terjadi sebesar $83.32 \times 10^6 \text{m}^3$.

Upaya yang dilakukan agar tidak terjadi defisit air yaitu melalui pembangunan waduk dengan keandalan kebutuhan tampungan sebesar 80%. Hasil analisa tampungan efektif yang dilakukan oleh PT. Wahana Adya (2005) diperoleh bahwa tampungan efektif waduk rukoh sepanjang umur waduk yaitu

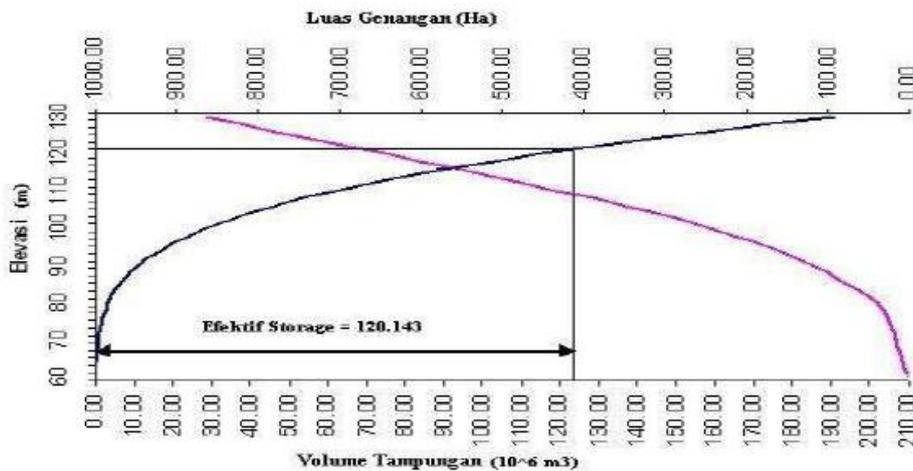
$120.123 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Gambar 6). Berdasarkan tampungan efektif tersebut terlihat bahwa melalui pengaturan pola operasi maka ketersediaan air untuk memenuhi kebutuhan dapat tercukupi dengan asumsi bahwa persentase penambahan penduduk dan luas DI tetap.



Gambar 4 Pola tanam padi-padi-palawija pada sistem golongan.



Gambar 5 Neraca air keandalan 80%.



Gambar 6 Lengkung kapasitas Waduk Rukoh.

KESIMPULAN

1. Pendugaan debit aliran sungai dilakukan dengan menggunakan model tanki menghasilkan R^2 sebesar 0.83, sedangkan R^2 validitas model sebesar 0.60 sehingga model dapat digunakan

dengan asumsi bahwa kondisi DAS tidak berubah.

2. Air yang tersedia digunakan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi DI Baro (11950 ha) dan Tiro (6330 ha) serta kebutuhan air domestik di 13 kecamatan (216718 jiwa) dengan perkiraan penambahan penduduk sebesar 0.52 %.

3. Hasil analisa kebutuhan air dan ketersediaan air diperoleh defisit tertinggi sering terjadi pada bulan September periode I dengan kumulatif defisit sebesar 83.32×10^6 m³, sedangkan surplus tertinggi di bulan Nopember periode II.
4. Upaya yang dilakukan agar tidak terjadi defisit air yaitu melalui pembangunan waduk
5. Berdasarkan grafik kapasitas tampungan Waduk Rukoh dengan keandalan 80%, tarnpungan air yang tersedia selama umur waduk akan mencukupi untuk memenuhi kebutuhan melalui pengaturan pola operasi dengan asumsi bahwa persentase penambahan penduduk dan luas DI tetap.

DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2003. Pidie dalam Angka. Kabupaten Pidie : Nanggroe Aceh Darussalam.
- Dinas Sumber Daya Air. 2003. Inventarisasi Luas Sawah Beririgasi Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam [Laporan akhir]. Banda Aceh : Pemerintah Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam.
- García A, Sainz G, Revilla JA, Álvarez C, Juanes JA, and Puente A. 2008. Surface water resources assessment in scarcely gauged basins in the north of Spain. *J Jhydrol* 356: 312-326.
- Getirana ACV, Bonnet MP, Calmant S, Roux E, Filho OCR, and Mansur WJ. 2009. Hydrological monitoring of poorly gauged basins based on rainfall-runoff modeling and spatial altimetry. *J Jhydrol* 379: 205-219.
- Kuo CC, Gan TY, Yu PS. 2010. Seasonal streamflow prediction by a combined climate-hydrologic system for river basins of Taiwan. *J Jhydrol* 387: 292-303.
- Setiawan B, Fukada T, Nakano Y . 2003. Developing Procedures for Optimization of Tank Model's Parameters. Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development Vol 3. <http://cigrejournal.tamu.edu/submissions/volume5/LW%2001%20006%20Setiawan.pdf> [4 Juni 2008].
- Sugawara M. 1979. Automatic calibration of the tank model. *Hydrological Sciences-Bulletin-des Hydrologiques* 24(3,9): 375-388.
- Takanashi Y, Sakagami H, Taki Y, and Osano M. 2011. River water circulation on the natural environment. *International Journal of Geology* 4(5): 120-125.
- Young AR. 2006. Stream flow simulation within UK ungauged catchments using a daily rainfall-runoff model. *J Jhydrol* 320: 155-172.