

Analisis *Baseflow Recession* Untuk Estimasi Imbuan Air Tanah Berdasarkan Data Debit Keluaran Model *Wflow* di Pulau Morotai

Yayah Nurhayati

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Tama Jagakarsa
Jl. Letjen TB. Simatupang No 152 – Tanjung Barat Jakarta Selatan 12530
Email : uyazelex@yahoo.com

Abstrak

Pulau Morotai merupakan salah satu dari 10 lokasi yang terpilih oleh Pemerintah untuk dijadikan destinasi pariwisata prioritas. Ketersediaan air merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam pengembangan suatu wilayah. Oleh karena itu, dibutuhkan informasi terkait penyediaan air baku di Pulau Morotai untuk kebutuhan masyarakat setempat serta pengembangan wilayah terutama untuk sektor pariwisata. Metode *baseflow recession* diterapkan untuk mengestimasi nilai imbuan air tanah yang dapat dimanfaatkan di tiap DAS yang ada di Pulau Morotai. Dengan memanfaatkan data curah hujan pada tahun 2014, data evapotranspirasi, tata guna lahan, dan jenis tanah dapat dihitung data debit dengan menggunakan model *wflow* sehingga didapatkan potensi imbuan air tanah pada 30 DAS di wilayah Pulau Morotai yang diijinkan secara berkelanjutan apabila kelak akan dimanfaatkan. Potensi imbuan air tanah di Pulau Morotai cukup baik berkisar antara 0,64 – 25,27 liter/s/km². Beberapa DAS yang potensial antara lain DAS Tutuhu dengan potensi imbuan yang dapat dimanfaatkan sebesar 25,27 liter/s/km², dan DAS yang potensinya kecil yaitu Moleo sebesar 0,64 liter/s/km². Sehingga di dapat total estimasi jumlah imbuan air tanah yang dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan sebesar 374,66 liter/s/km².

Kata kunci: Air Tanah, Daerah Imbuan Air Tanah, DAS di Pulau Morotai, Geologi Kabupaten Pulau Morotai, Pola curah hujan di Pulau Morotai.

Abstract

Morotai Island is the one of ten location whichelested by the government to be tourism priority destination. The water availability is the most important element in developing a region, so that it's need the information about the water available in Morotai Island for community needs and for developing of are, mainly in tourism sector. The baseflow methode recession is applied to estimate the valve of groundwater and it has the benefits for every region in every river flow region (DAS) in Morotai Island. By the advantages of rainfall data on 2014, the evapotranspiration the land use and the foil types those all can count by debit data of model wflow so the potential groundwater is obtained in 30 of the river flow region (DAS) IN Morotai Island if the has permitted by sustainably it will use full for potention of groundwater in Morotai Island, and it's good enough about 0,64 – 25,27 liter/s/km² and for the river flow region which has small potention is Moleo about 0,64 liter/s/km². So the estimation total of beneficial groundwater by sustainably is 374,66 liter/s/km².

Key words : *Groundwater, Groundwater Recharge Areas, Watersheds on Morotai Island, Geology of Morotai Island Regency, Rainfall patterns on Morotai Island.*

1. Pendahuluan

Salah satu komponen aliran sungai yang digunakan dalam pengelolaan DAS adalah aliran dasar atau *baseflow*. *Baseflow* diamati sebagai debit, komponen utama dan penyumbang terbesar aliran di sungai pada saat musim kemarau. Nilai aliran dasar (*baseflow*) dari suatu Daerah

Aliran Sungai (DAS) ditentukan melalui teknik pemisahan *baseflow* pada hidrograf debit aliran.

Wilayah timur Indonesia dikenal dengan daerah kering yang sulit air. Akan tetapi, jika diselidiki melalui survei lapangan secara detail, sebetulnya banyak ditemukan sumber – sumber air yang

potensial antara lain berasal dari air sungai, mata air, serta air tanah. Jika ditinjau dari segi iklim dan geologisnya, Pulau Morotai memiliki potensi SDA yang cukup baik untuk dikembangkan. Pola curah hujan di wilayah tersebut dikategorikan sebagai tipe musonal yang dipengaruhi oleh faktor lokal, sehingga memiliki pola hujan yang unik dengan 2 puncak musim hujan pada bulan Juni dan Januari (Aldrian & Susanto, 2003; Visa & Harjana, 2015). Adapun intensitas curah hujan di wilayah tersebut berkisar antara 1500 – 2000 mm/tahun. Secara geologis, jenis batuan di wilayah tersebut umumnya berupa batupasir dan batugamping sehingga dapat diduga memiliki potensi air tanah yang cukup baik.

Pulau Morotai merupakan salah satu dari 10 lokasi yang terpilih oleh Pemerintah untuk dijadikan destinasi pariwisata prioritas. Kementerian PUPR memberikan dukungan terhadap pengembangan Pulau Morotai menjadi Kawasan Strategis Pariwisata Nasional

(KSPN). Ketersediaan air merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam pengembangan suatu wilayah. Oleh karena itu, dibutuhkan informasi terkait penyediaan air baku di Pulau Morotai untuk kebutuhan masyarakat setempat serta pengembangan wilayah terutama untuk sektor pariwisata.

Lokasi kegiatan adalah Kabupaten Pulau Morotai, Provinsi Maluku Utara yang terletak pada koordinat 2° 00' sampai 2°40'LU dan 128°15' sampai 128°40' BT (Gambar 1.1). Luas wilayah sebesar 4301,53 km² terdiri dari 2314,9 km² luas daratan dan 1970,93 km² luas wilayah laut sejauh 4 mil. Batas administrasi wilayah Kabupaten Pulau Morotai di sebelah Utara berbatasan dengan Samudera Pasifik, sebelah Barat dengan Laut Sulawesi, sebelah Timur dengan Laut Halmahera, dan sebelah Selatan dengan Selat Morotai. Dari aspek geografis pulau Morotai memiliki posisi strategis karena berada di bibir jalur perdagangan Asia Pasifik.



Gambar 1. Peta Kabupaten Pulau Morotai

Tujuan penelitian ini yaitu untuk memperoleh potensi imbuan air tanah di beberapa DAS di wilayah Pulau Morotai guna menentukan jumlah pengambilan air

tanah yang diijinkan secara berkelanjutan apabila kelak akan dimanfaatkan.

Kabupaten Pulau Morotai terdiri dari 33 pulau meliputi 7 pulau berpenghuni dan 26 pulau lainnya tidak berpenghuni.

Wilayah ini memiliki 5 kecamatan yaitu Morotai Utara, Morotai Timur, Morotai Selatan Barat, Morotai Selatan, dan Morotai Jaya. Lokasi ini dipilih karena dibutuhkan informasi terkait ketersediaan dan kebutuhan air dalam rangka pengembangan wilayah Pulau Morotai menjadi salah satu Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN) di Indonesia.

Deskripsi geologi Kabupaten Pulau Morotai diperoleh berdasarkan Peta Geologi Lembar Morotai, Maluku Utara dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, tahun 1980. Dari peta tersebut diketahui bahwa formasi-formasi utama yang menyusun Kabupaten Pulau Morotai terdiri dari formasi Alluvium (Qa/t), formasi Batu Gamping Terumbu (Qt), formasi Batuan Gunung Api Holosin (Qhva), formasi formasi Bacan (tomb) dan formasi Weda.

Tabel 1.

Formasi Geologi Kabupaten Pulau Morotai

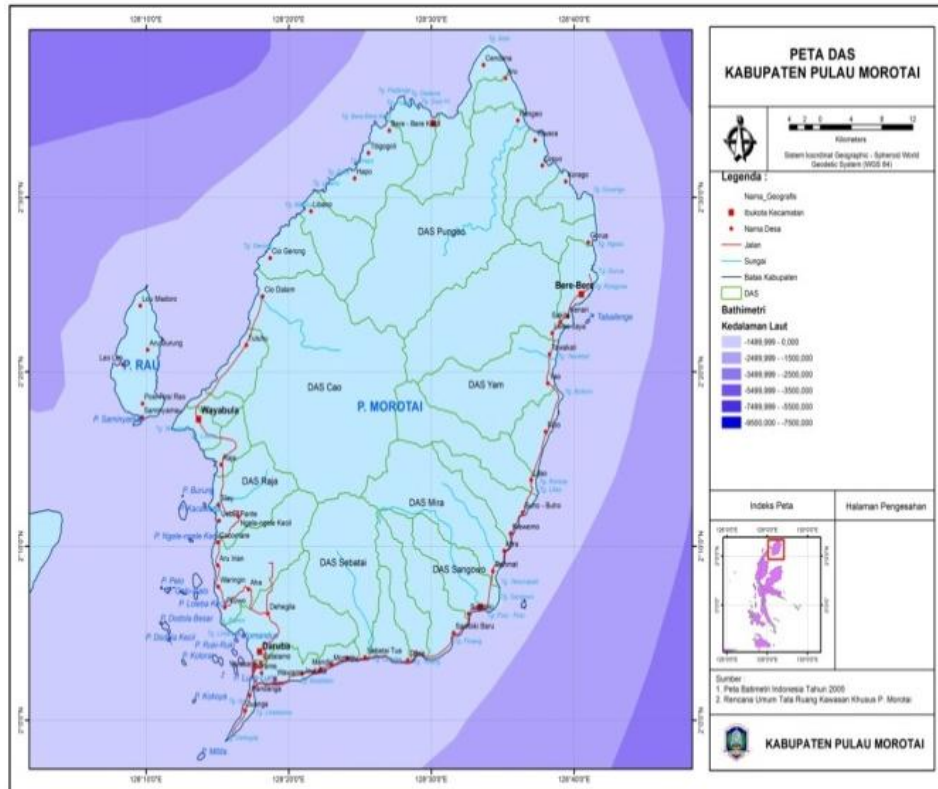
N	Kod	Formasi	Luas (Ha)	%
1	Qa/ t	Aluvium	17.551,11	7,49
2	Qt	Batu Gamping terumbu	34.727,04	14,8

3	Qhva	Batuan Gunung Api Holosin	248,23	0,11
4	To mb	Formasi Bacan	83.345,66	35,5
5	Tm pw	Formasi Weda	98.566,78	42,0

Sumber : RTRW Kab. Pulau Morotai, 2012

Kelompok tanah mineral di Kabupaten Pulau Morotai antara lain berkembang dari bahan aluvium dan berkembang dari bahan induknya. Dari data formasi geologi yang disajikan pada Tabel 1 menunjukkan sebaran paling luas terdapat pada kelompok tanah Formasi Weda yang mencapai 42,04 % dari luas total Kabupaten Pulau Morotai.

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi punggung-punggungan gunung dimana air hujan yang jatuh pada daerah tersebut akan ditampung oleh punggung-punggungan tersebut dan akan dialirkan melalui sungai-sungai kecil ke sungai utama (Asdak,1995). Batas wilayah DAS diukur dengan cara menghubungkan titik-titik tertinggi di antara wilayah aliran sungai yang satu dengan yang lain. Dari Gambar 2 dapat dilihat di Pulau Morotai terdapat 30 DAS.



Sumber: RTRW Kab. Pulau Morotai, 2012
Gambar 2. DAS di Pulau Morotai

Siklus hidrologi merupakan air laut dan daratan mengalami proses penguapan (*evaporation*), baik yang langsung maupun yang melalui tanaman (*transpiration*) yang kemudian dibawa oleh udara yang bergerak dan dalam kondisi yang memungkinkan, uap tersebut akan memadat dan membentuk awan-awan yang pada akhirnya akan menjadi hujan (*rain fall*) yang jatuhnya kembali ke daratan atau ke lautan. Sebagian air hujan yang turun akan menguap sebelum atau setelah sampai pada permukaan bumi dan sebagian lagi akan tertahan oleh tumbuh-tumbuhan yang kemudian sebagian akan menguap dan sebagian lagi akan jatuh ke permukaan bumi. Air hujan yang jatuh ke permukaan bumi akan menjadi aliran permukaan (*surface stream flow*) yang sebagian akan langsung meresap ke dalam tanah (*infiltration*), sisanya akan melimpas sebagai limpasan permukaan (*surface run off*) dan sebagian yang lain akan berkumpul mengikuti alur (sungai alam atau buatan) menjadi aliran sungai terbuka dan mengalir ke dalam lekukan

atau kembali ke laut (Gambar 2). Gambar 3 di atas dapat kita jabarkan sebagai berikut:

Bagian air yang meresap masuk kedalam tanah (*infiltration*) akan menjadi aliran antara (*interflow*) dan sebagian akan bergerak masuk lebih ke dalam lagi, yaitu ke lapisan jenuh air (*percolation*) dan menjadi bagian dari air tanah (*ground water*). Dari Gambar 3 di atas dapat kita jabarkan sebagai berikut:

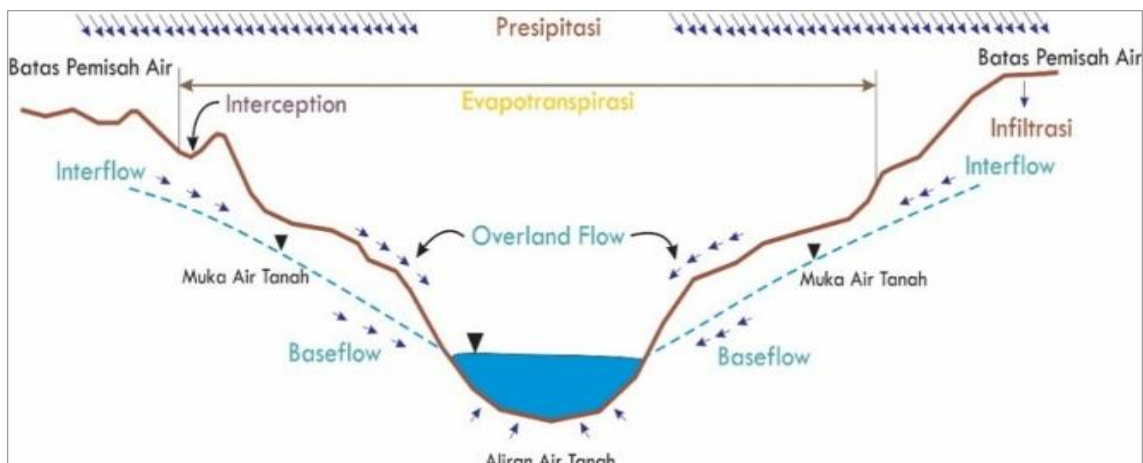
1. *Overland flow* adalah aliran yang terjadi ketika laju presipitasi melebihi kapasitas infiltrasi atau ketika presipitasi jatuh pada tanah yang jenuh
2. *Surface runoff* adalah aliran dari berbagai lokasi yang terkumpul dalam satu aliran permukaan
3. *Interflow* adalah aliran air yang bergerak secara horizontal dalam zona tak jenuh
4. *Baseflow* adalah aliran air yang mencapai muka airtanah dan mengalir di dalam akifer hingga

keluar mengisi badan sungai (Fetter, 2001).

5. *Overland flow* adalah aliran yang terjadi ketika laju presipitasi melebihi kapasitas infiltrasi atau ketika presipitasi jatuh pada tanah yang jenuh

Dalam hubungannya dengan sistem hidrologi, DAS mempunyai karakteristik yang spesifik serta berkaitan erat dengan unsur utamanya seperti jaringan sungai, hidrologi, jenis tanah, penutupan dan tataguna lahan, topografi, kemiringan dan panjang lereng, serta kondisi geologi setempat. Karakteristik biofisik DAS tersebut dalam merespon curah hujan yang jatuh di dalam wilayah DAS tersebut dapat memberikan pengaruh terhadap besar kecilnya *evapotranspirasi*, infiltrasi, perkolasi, air larian, air permukaan, kandungan air tanah dan aliran sungai (Asdak, 2004). Lubis (2006) menyatakan bahwa model aliran air tanah itu sendiri akan dimulai pada daerah resapan/imbuhan air tanah (*recharge zone*). Daerah ini adalah wilayah dimana air yang berada di permukaan tanah, baik air hujan maupun air permukaan, mengalami proses penyusupan (infiltrasi)

secara gravitasi melalui lubang atau ruang antar butiran tanah/batuan (pori) atau celah/rekahan pada tanah/batuan. Dari proses ini diketahui bahwa keterdapatan air tanah sangat berkaitan dengan komponen - komponen lingkungan lainnya dalam siklus tersebut seperti iklim (curah hujan, temperatur), vegetasi serta jenis lapisan tanah dan batuan. Oleh karena itu, keterdapatan atau potensi air tanah dapat berbeda antara satu daerah dengan daerah lainnya, tergantung dari kondisi komponen-komponen tersebut. Perubahan-perubahan yang terjadi pada komponen lingkungan tersebut akan berpengaruh pada kuantitas atau kualitas sumber daya air tanah. Imbuhan air tanah adalah proses masuknya air ke dalam zona jenuh air sehingga membentuk suatu garis khayal yang disebut sebagai garis muka air tanah (*water table*) dan berasosiasi dengan mengalirnya air dalam kondisi jenuh tersebut ke arah daerah luhan (Freeze dan Cherry, 1979). Sementara itu, daerah tempat berlangsungnya proses pengimbuhan air tanah disebut daerah resapan atau daerah imbuhan air tanah (*recharge zone*).



Sumber: Domenico & Schwartz, 1990

Gambar 3. Siklus Hidrologi Dasar

Sumber utama pengimbuhan adalah air hujan, tubuh air permukaan (sungai, danau, rawa) dan irigasi. Pengimbuhan air tanah pada zona tidak jenuh disebut juga sebagai infiltrasi. Mekanisme infiltrasi dan

pengangkutan kelembaban dapat terjadi secara *translatory flow* yaitu air hujan yang tersimpan di dalam zona tidak jenuh, akan dipindahkan ke arah bawah oleh proses infiltrasi selanjutnya tanpa mengganggu

distribusi kelembaban. Adapun mekanisme infiltrasi yang terjadi secara *preferential flow*, air mengalir melalui celah atau pori-pori makro setempat (kanal-kanal bekas perakaran, rongga-rongga dan celah) atau zona-zona (dasar sungai) pada zona tidak jenuh dengan kapasitas infiltrasi dan atau perkolasi relatif tinggi.

Air tanah (*baseflow*) yang definisinya adalah semua air yang berada di bawah permukaan tanah, merupakan definisi yang paling mudah dipahami oleh orang awam. Baseflow penting untuk mempertahankan populasi makhluk hidup dan ekosistem manusia, hal ini terutama berlaku untuk daerah aliran sungai yang tidak bergantung pada pencairan salju.

Menurut Soenarto (2018), air tanah di dalam akuifer, secara fisik berada dalam tiga tipe media akuifer, yaitu:

1. Media berbutir-butir (granular) atau antar butir, misalnya pasir, kerikil, dan sebagainya.
2. Media retakan (fractures), rekahan (fissures) dan beralur larut (solution channels), misalnya batu gamping terumbu dan dolomit.
3. Media retakan, rekahan dan kekar (joints), misalnya basalt

Selama berlangsungnya sirkulasi air dalam siklus hidrologi, terjadi proses-proses hidrologi seperti jatuhnya curah hujan (presipitasi), penguapan (evaporasi atau evapotranspirasi), limpasan (runoff), infiltrasi, perkolasi, imbuan, limpasan air tanah (base runoff), dan lain sebagainya. Peranan media tersebut di atas sangatlah penting untuk memahami pergerakan air di dalamnya, dan mengenali proses-proses hidrologi yang berlangsung, misalnya yang terjadi di dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Di dalam DAS sering dijumpai berbagai bentang alam, berbagai formasi batuan dengan sifat-sifat masing-masing, berbagai vegetasi dan penggunaan lahan, dan sebagainya sehingga sekalipun luas dan bentuk DAS yang sama dengan curah hujan yang sama pula, akan menghasilkan keluaran air dari DAS yang berbeda-beda distribusinya menurut waktu. Dengan demikian, hal yang serupa juga

dengan aliran air tanah. Aliran air tanah (baseflow) yang merupakan refleksi keluaran air tanah yang menyumbang pada aliran sungai juga akan berbeda-beda pula. Metode *baseflow recession* diterapkan sebagai pendekatan untuk menghitung besar resapan yang direpresentasikan sebagai *baseflow* yang keluar menjadi air permukaan setelah musim hujan berakhir. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi resapan akuifer diantaranya iklim, tutupan dan tataguna lahan, porositas dan permeabilitas penutup tanah, karakteristik geologi dan geomorfologi, serta kedalaman muka air tanah (Kresic, 2007).

Istilah *recession* mengacu pada penurunan output (discharge) secara alami akibat ketidakhadiran input (*recharge*) yang mengikutipola eksponensial. Perhitungan *baseflow recession* dibuat pada hidrograf aliran pada lokasi tunggal sebagai fungsi dari waktu.

Faktor yang mempengaruhi resapan (Kresic, 2007) yaitu iklim, tutupan dan tataguna lahan, porositas dan permeabilitas penutup tanah, karakteristik geologi dan geomorfologi, dan kedalaman muka air tanah.

2. Metodologi Penelitian

Perhitungan Tampung Air Tanah dan Imbuan menggunakan Metode *Baseflow Recession*

Maillet (1905) membuat formula matematis untuk menghitung *baseflow recession* dan tampungan air tanah (*groundwater storage*), (Binnie and Partners Consulting Engineers, 1983) sebagai berikut:

$$Q_t = Q_0 K^t \quad (1)$$

$$Q_t = Q_0 e^{(-kt)} \quad (2)$$

Keterangan:

Q_0 = Nilai debit awal *baseflow recession* (m^3/s)

Q_t = Nilai debit akhir *baseflow recession* (m^3/s)

k = Nilai *baseflow recession* ($hari^{-1}$)

t = waktu (hari)

Data debit selama 1 tahun diplot ke dalam grafik semi-log antara Log-Q terhadap waktu (t), kemudian dihitung nilai *baseflow recession* (k) dengan persamaan yang diturunkan dari persamaan (3) dan (4) sebagai berikut:

$$K = (Q_t/Q_0)^{1/t} \quad (3)$$

$$k = -\ln K \quad (4)$$

Nilai koefisien *recession* bergantung pada transmisivitas dan *specific yield* akuifer. Jika tidak ada kejadian hujan dalam waktu yang tidak terhingga, maka nilai *baseflow* maupun *groundwater storage* akan menuju nol. Jika persamaan (3.5) diintegrasikan dengan batas waktu t sampai tak berhingga akan menghasilkan nilai *groundwater storage* (V_t) dari suatu DAS pada waktu t tertentu dengan persamaan berikut:

$$V_t = Q_t/k \quad (5)$$

Keterangan :

Jika satuan k dalam hari⁻¹ dan satuan Q adalah m³/hari maka V_t dalam m³

Proses perhitungan *Baseflow Recession* yaitu: pertama waktu hujan dibagi menjadi dua periode yaitu Desember 2013 – Maret 2014 dan Juni 2014 – September 2014 kemudian ubah satuan Q_0 dan Q_t menjadi m³/hari lalu hitung panjang harinya dan nilai K dan k dengan rumus (3.3). Dari data debit dihitung nilai *baseflow*-nya dengan rumus (3.2) lalu hitung jumlahkan nilai Q_t dan Q_0 dan nilai komponen *baseflow* dengan rumus

$$\frac{Q_t}{Q_0} \times 100\% \quad (6)$$

Untuk menghitung imbuan air tanah dapat menggunakan rumus berikut :

$$V_t = \int Q_t \quad (7)$$

$$dt = \int Q_0 e^{-kt} dt \quad (8)$$

dt dari t ke tak terhingga

$$V_t = Q_t/k$$

Dimana :

V_t : adalah simpanan air tanah atau *groundwater storage* (volume) pada saat t dalam m³

Q_t : adalah debit keluaran simpanan air tanah dalam m³/hari

k : dalam hari⁻¹

Tahap akhir adalah menghitung nilai imbuan dengan rumus: GW storage/ Luas DAS

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

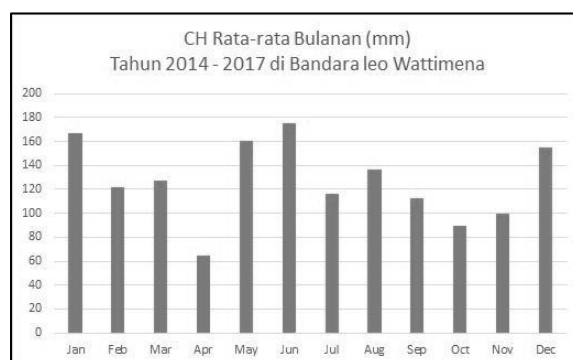
Analisis Pola Hujan di Pulau Morotai

Informasi awal untuk dapat mengestimasi potensi air permukaan adalah analisis curah hujan. Pola dan intensitas curah hujan di Pulau Morotai diperiksa dengan data series yang cukup panjang dari 2 pos hujan di wilayah tersebut, yaitu Pos Daruba dan Pos Bandar Udara Leo Watimena dengan panjang data masing – masing 4 tahun dan 10 tahun. Kedua pos hujan tersebut terletak di Morotai Selatan. Pola curah hujan rata – rata bulanan untuk masing – masing pos dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Sumber : Pusair, 2018

Gambar 4. Grafik Pola Hujan Pos Daruba



Sumber : Pusair, 2018

Gambar 5. Grafik Pola Hujan Pos Leo Wattimena

Grafik pola hujan bulanan seperti ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5 menggambarkan pola hujan musonal yang dipengaruhi oleh faktor lokal. Hal ini dapat dilihat dengan adanya 2 puncak musim

hujan, yaitu pada Desember-Januari-Februari dan Mei-Juni. Hal ini diperkuat dengan hasil kajian (Aldrian & Susanto (2003) yang menyebutkan bahwa Pola CH Morotai berada di antara pola hujan lokal dan musonal. Selain itu Visa & Harjana (2015) juga melakukan kajian curah hujan di Pulau Morotai dengan menggunakan data satelit TRMM. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa CH Morotai mempunyai 2 puncak pada Januari dan Juni, sehingga tidak murni pola musonal, tetapi dipengaruhi oleh faktor lokal.

3.1. Analisis Baseflow Recession

Untuk mendapatkan koordinat titik outlet tiap DAS, digunakan software QGIS kemudian koordinat outlet disajikan pada tabel 3.1 berikut ini:

Tabel 2. Koordinat Outlet DAS di Pulau Morotai

NO	NAMA DAS	Koordinat Outlet		Luas DAS (m ²)
		X	Y	
1	Aha	128.248	2.212	13420000
2	Aru	128.583	2.632	33560000
3	Berebere Kecil	128.444	2.568	271400000
4	Bobo	128.247	2.247	50640000
5	Cao	128.297	2.054	59400000
6	Cio	128.298	2.411	15390000
7	Daeo	128.483	2.062	16350000
8	Gosomam aluku	128.599	2.184	44160000
9	Hapo	128.412	2.529	24570000
10	Kocago	128.651	2.524	28610000
11	Libano	128.353	2.491	106280000
12	Lifao	128.623	2.223	40840000
13	Lusuo	128.631	2.536	119140000
14	Mira	128.587	2.158	62480000
15	Moleo	128.129	2.324	130310000
16	Morotai	128.264	2.348	195370000
17	Ngisio	128.689	2.459	74920000
18	Pengeo	128.612	2.569	61240000
19	Raja	128.244	2.216	310990000
20	Sabala	128.266	2.085	17250000
21	Sabatai	128.434	2.063	55250000
22	Sabatai Tua	128.424	2.058	34370000

23	Sakita	128.651	2.369	91570000
24	Sangowo	128.549	2.105	51020000
25	Sangowo Kecil	128.525	2.078	114900000
26	Sopi	128.518	2.576	87050000
27	Tatamo	128.296	2.407	114690000
28	Tutuhu	128.231	2.311	52130000
29	Wayabula	128.229	2.263	52670000
30	Yao	128.644	2.322	9720000

3.2. Pengelolaan Data Debit Keluaran Model wflow

Data debit untuk melakukan analisis *baseflow recession* diperoleh dari hasil keluaran model wflow. Seperti yang telah disampaikan pada Bab Pendahuluan, bahwa pola hujan di wilayah Morotai dikategorikan sebagai pola musonal yang dipengaruhi oleh faktor lokal, sehingga terdapat 2 puncak musim hujan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dipilih 2 periode waktu perhitungan yaitu pada puncak musim hujan pertama (Desember 2013 – Maret 2014) dan puncak musim hujan kedua Juni 2014 – September 2014).

Copy datanya ke dalam excel yang sudah disiapkan format perhitungan *Baseflow Recession* seperti berikut ini:

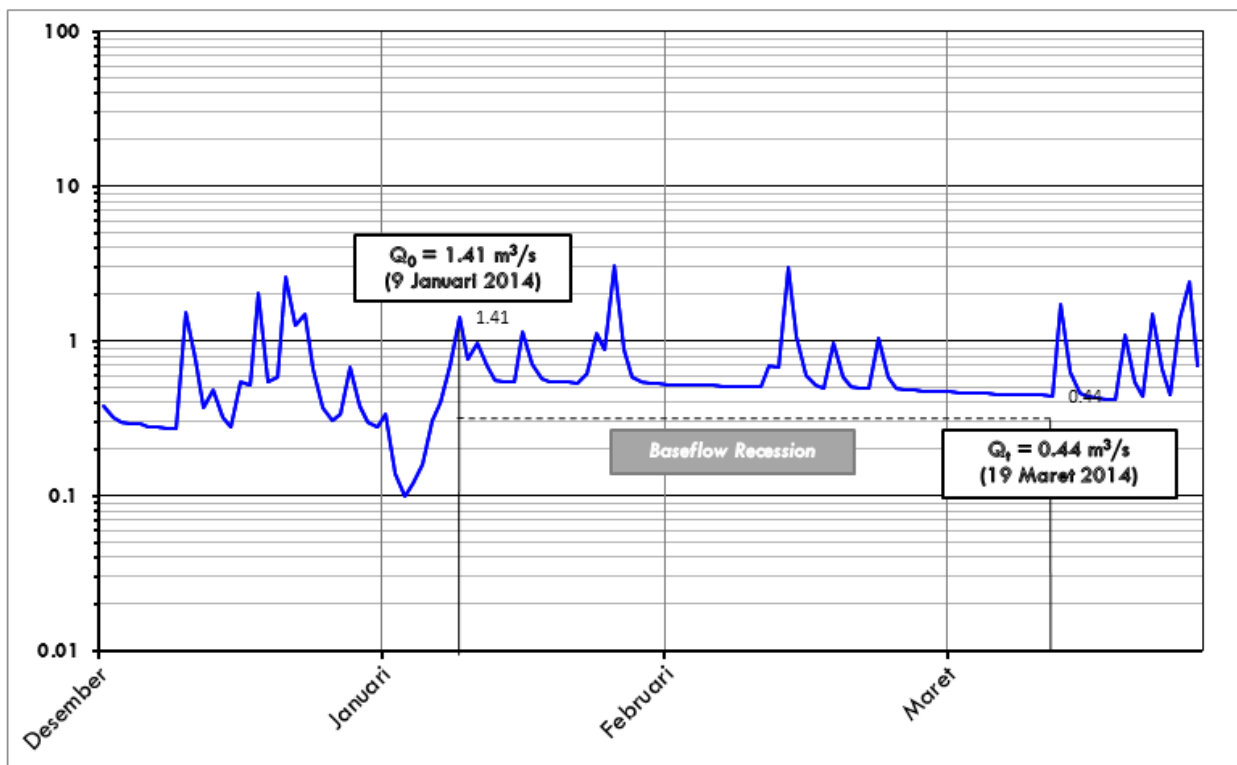
Tabel 3. Debit DAS Aha Periode 1 (September 2013 – Maret 2014)

No	Tanggal	Baseflow	
		Debit (m ³ /s)	Baseflow (m ³ /s)
1	1/Dec/13	0.38	
2	2/Dec/13	0.32	0.38
3	3/Dec/13	0.3	0.32
4	4/Dec/13	0.29	0.30
5	5/Dec/13	0.29	0.29
6	6/Dec/13	0.28	0.29
7	7/Dec/13	0.28	0.28
8	8/Dec/13	0.27	0.28
9	9/Dec/13	0.27	0.27
10	10/Dec/13	1.52	0.27
11	11/Dec/13	0.77	1.52
12	12/Dec/13	0.37	0.77
13	13/Dec/13	0.48	0.37

14	14/Dec/13	0.32	0.48	57	26/Jan/14	3.1	0.87
15	15/Dec/13	0.28	0.32	58	27/Jan/14	0.88	3.06
16	16/Dec/13	0.55	0.28	59	28/Jan/14	0.58	0.87
17	17/Dec/13	0.52	0.55	60	29/Jan/14	0.54	0.57
18	18/Dec/13	2.02	0.52	61	30/Jan/14	0.53	0.53
19	19/Dec/13	0.55	2.01	62	31/Jan/14	0.53	0.52
20	20/Dec/13	0.59	0.55	63	1/Feb/14	0.52	0.52
21	21/Dec/13	2.59	0.59	64	2/Feb/14	0.52	0.51
22	22/Dec/13	1.26	2.58	65	3/Feb/14	0.52	0.51
23	23/Dec/13	1.49	1.25	66	4/Feb/14	0.52	0.51
24	24/Dec/13	0.66	1.48	67	5/Feb/14	0.52	0.51
25	25/Dec/13	0.37	0.66	68	6/Feb/14	0.52	0.51
26	26/Dec/13	0.31	0.37	69	7/Feb/14	0.51	0.51
27	27/Dec/13	0.34	0.31	70	8/Feb/14	0.51	0.50
28	28/Dec/13	0.68	0.34	71	9/Feb/14	0.51	0.50
29	29/Dec/13	0.38	0.68	72	10/Feb/14	0.51	0.50
30	30/Dec/13	0.3	0.38	73	11/Feb/14	0.51	0.50
31	31/Dec/13	0.28	0.30	74	12/Feb/14	0.7	0.50
32	1/Jan/14	0.34	0.28	75	13/Feb/14	0.67	0.69
33	2/Jan/14	0.14	0.34	76	14/Feb/14	2.99	0.66
34	3/Jan/14	0.1	0.14	77	15/Feb/14	1.06	2.94
35	4/Jan/14	0.12	0.10	78	16/Feb/14	0.6	1.04
36	5/Jan/14	0.16	0.12	79	17/Feb/14	0.52	0.59
37	6/Jan/14	0.31	0.16	80	18/Feb/14	0.5	0.51
38	7/Jan/14	0.4	0.31	81	19/Feb/14	0.97	0.49
39	8/Jan/14	0.7	0.40	82	20/Feb/14	0.59	0.95
40	9/Jan/14	1.41	0.69	83	21/Feb/14	0.51	0.58
41	10/Jan/14	0.77	1.40	84	22/Feb/14	0.49	0.50
42	11/Jan/14	0.97	0.76	85	23/Feb/14	0.49	0.48
43	12/Jan/14	0.7	0.96	86	24/Feb/14	1.05	0.48
44	13/Jan/14	0.56	0.69	87	25/Feb/14	0.59	1.03
45	14/Jan/14	0.54	0.56	88	26/Feb/14	0.5	0.58
46	15/Jan/14	0.54	0.54	89	27/Feb/14	0.48	0.49
47	16/Jan/14	1.16	0.54	90	28/Feb/14	0.48	0.47
48	17/Jan/14	0.71	1.15	91	1/Mar/14	0.47	0.47
49	18/Jan/14	0.57	0.70	92	2/Mar/14	0.47	0.46
50	19/Jan/14	0.55	0.56	93	3/Mar/14	0.47	0.46
51	20/Jan/14	0.54	0.54	94	4/Mar/14	0.47	0.46
52	21/Jan/14	0.54	0.53	95	5/Mar/14	0.46	0.46
53	22/Jan/14	0.53	0.53	96	6/Mar/14	0.46	0.45
54	23/Jan/14	0.61	0.52	97	7/Mar/14	0.46	0.45
55	24/Jan/14	1.11	0.60	98	8/Mar/14	0.46	0.45
56	25/Jan/14	0.88	1.10	99	9/Mar/14	0.45	0.45

100	10/Mar/14	0.45	0.44	113	23/Mar/14	1.09	0.41
101	11/Mar/14	0.45	0.44	114	24/Mar/14	0.55	1.07
102	12/Mar/14	0.45	0.44	115	25/Mar/14	0.44	0.54
103	13/Mar/14	0.45	0.44	116	26/Mar/14	1.49	0.43
104	14/Mar/14	0.45	0.44	117	27/Mar/14	0.66	1.46
105	15/Mar/14	0.44	0.44	118	28/Mar/14	0.45	0.64
106	16/Mar/14	1.71	0.43	119	29/Mar/14	1.38	0.44
107	17/Mar/14	0.63	1.67	120	30/Mar/14	2.41	1.35
108	18/Mar/14	0.46	0.62	121	31/Mar/14	0.7	2.35
109	19/Mar/14	0.44	0.45				0.68
110	20/Mar/14	0.43	0.43			79.83	78.82
111	21/Mar/14	0.42	0.42				99%
112	22/Mar/14	0.42	0.41				

Setelah data pada tabel lengkap, maka grafik *Baseflow Recession* dapat terlihat seperti pada Gambar 6 berikut:



Gambar 6. Baseflow Recession DAS Aha

Tabel 4. Perhitungan Baseflow Recession Periode 1

No	Nama DAS	Q ₀		Q _t		t	K	k	V ₀	V _t	Volume Recharge	Recharge
		m ³ /dt	m ³ /hari	m ³ /dt	m ³ /hari							
1	Aha	1.41	121824	0.44	38016	70	0.98	0.017	7322598.15	2285066.09	5037532.06	2.69

2	Aru	0.91	78624	0.2	17280	56	0.97	0.027	2905989.61	638679.04	2267310.58	2.09
3	Berebere Kecil	7.91	683424	0.71	61344	66	0.96	0.037	18711377.0 4	1679529.4 2	17031847.62	9.78
4	Bobo	2.77	239328	0.28	24192	66	0.97	0.035	6892206.31	696685.11	6195521.20	12.02
5	Cao	26.13	2257632	2.45	211680	65	0.96	0.036	61996757.3 2	5812937.4 4	56183819.88	15.51
6	Cio	5.82	502848	1.43	123552	72	0.98	0.019	25793951.3 1	6337689.0 7	19456262.25	12.09
7	Daao	17.15	1481760	0.96	82944	72	0.96	0.040	37007761.0 7	2071571.4 7	34936189.61	17.73
8	Gosomamaluku	0.89	76896	0.13	11232	62	0.97	0.031	2478340.80	362004.84	2116335.96	1.52
9	Hapo	5.05	436320	0.66	57024	66	0.97	0.031	14151588.6 9	1849514.5 6	12302074.13	9.55
10	Kocago	0.95	82080	0.13	11232	66	0.97	0.030	2723719.14	372719.46	2350999.68	7.67
11	Libano	10.41	899424	1.68	145152	66	0.97	0.028	32545427.5 3	5252288.0 2	27293139.52	9.45
12	Lifao	1.01	87264	0.16	13824	64	0.97	0.029	3031098.85	480174.07	2550924.77	1.08
13	Lusuo	3.77	325728	0.55	47520	66	0.97	0.029	11168327.6 8	1629331.6 2	9538996.06	10.57
14	Mira	8.13	702432	2.47	213408	63	0.98	0.019	37145662.0 3	11285336. 43	25860325.59	6.88
15	Moleo	0.84	72576	0.03	2592	52	0.94	0.064	1132569.14	40448.90	1092120.24	0.57
16	Morotai	5.82	502848	0.18	15552	72	0.95	0.048	10415428.1 1	322126.64	10093301.47	9.54
17	Ngisio	5.08	438912	0.5	43200	66	0.97	0.035	12494591.8 7	1229782.6 6	11264809.20	4.10
18	Pangeo	5.34	461376	0.69	59616	66	0.97	0.031	14880992.3 8	1922824.8 6	12958167.53	1.51
19	Raja	3.72	321408	0.32	27648	56	0.96	0.044	7337011.46	631140.77	6705870.69	8.65
20	Sabala	18.47	1595808	1.59	137376	66	0.96	0.037	42946801.6 1	3697098.7 9	39249702.83	11.71
21	Sabatai	3.4	293760	0.2	17280	66	0.96	0.043	6843169.80	402539.40	6440630.40	13.27
22	Sabatai Tua	28.32	2446848	3.09	266976	66	0.97	0.034	72895266.6 4	7953614.9 0	64941651.74	17.96
23	Sakita	24.29	2098656	3.53	304992	66	0.97	0.029	71813394.3 5	10436446. 36	61376947.99	9.96
24	Sangowo	14.84	1282176	0.57	49248	69	0.95	0.047	27142700.6 0	1042543.0 8	26100157.52	15.88
25	Sangowo Kecil	19.46	1681344	0.53	45792	71	0.95	0.051	33130028.9 6	902308.09	32227720.88	19.40
26	Sopi	7.23	624672	1.21	104544	66	0.97	0.027	23063281.0 8	3859829.8 9	19203451.19	12.02
27	Tatamo	50.24	4340736	9.41	813024	66	0.97	0.025	171034017. 59	32034834. 90	138999182.6 9	14.17
28	Tutuhu	4.62	399168	0.25	21600	72	0.96	0.041	9853671.53	533207.33	9320464.19	22.02
29	Wayabula	3.52	304128	0.29	25056	66	0.96	0.038	8040765.85	662449.46	7378316.39	13.56
30	Yao	19.4	1676160	2.85	246240	65	0.97	0.030	56805531.2 7	8345142.4 8	48460388.79	11.79

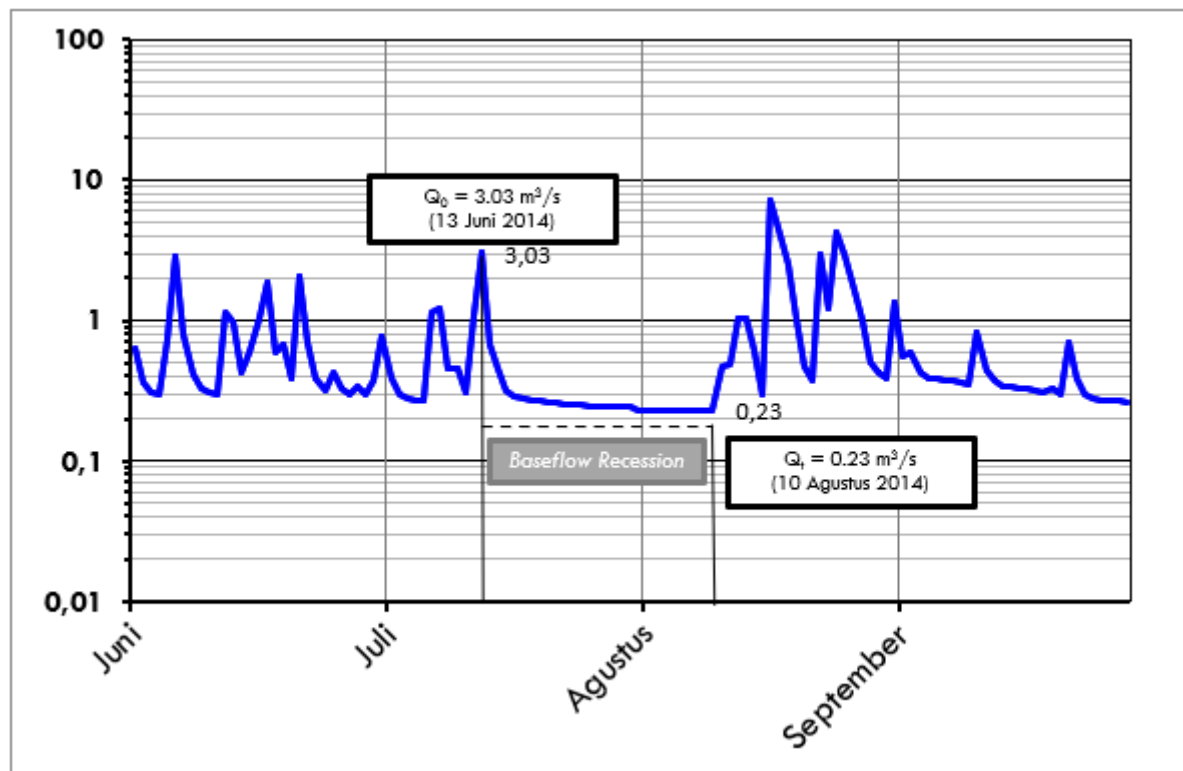
Tabel 5. Debit DAS Aha Periode 2
(Juni 2014 – September 2014)

No	Tanggal	Debit		7	7/Jun/14	0.8	2.86
		(m ³ /s)	Baseflow (m ³ /s)				
				8	8/Jun/14	0.41	0.80
1	1/Jun/14	0.63		9	9/Jun/14	0.33	0.41
2	2/Jun/14	0.36	0.63	10	10/Jun/14	0.31	0.33
3	3/Jun/14	0.31	0.36	11	11/Jun/14	0.3	0.31
4	4/Jun/14	0.3	0.31	12	12/Jun/14	1.13	0.30
5	5/Jun/14	0.73	0.30	13	13/Jun/14	0.98	1.13
6	6/Jun/14	2.86	0.73	14	14/Jun/14	0.43	0.98

15	15/Jun/14	0.59	0.43	58	28/Jul/14	0.24	0.24
16	16/Jun/14	1.02	0.59	59	29/Jul/14	0.24	0.24
17	17/Jun/14	1.84	1.02	60	30/Jul/14	0.24	0.24
18	18/Jun/14	0.6	1.83	61	31/Jul/14	0.24	0.24
19	19/Jun/14	0.67	0.60	62	1/Aug/14	0.23	0.24
20	20/Jun/14	0.38	0.67	63	2/Aug/14	0.23	0.23
21	21/Jun/14	2.05	0.38	64	3/Aug/14	0.23	0.23
22	22/Jun/14	0.69	2.04	65	4/Aug/14	0.23	0.23
23	23/Jun/14	0.38	0.69	66	5/Aug/14	0.23	0.23
24	24/Jun/14	0.32	0.38	67	6/Aug/14	0.23	0.23
25	25/Jun/14	0.42	0.32	68	7/Aug/14	0.23	0.23
26	26/Jun/14	0.33	0.42	69	8/Aug/14	0.23	0.23
27	27/Jun/14	0.3	0.33	70	9/Aug/14	0.23	0.23
28	28/Jun/14	0.34	0.30	71	10/Aug/14	0.23	0.23
29	29/Jun/14	0.3	0.34	72	11/Aug/14	0.47	0.23
30	30/Jun/14	0.37	0.30	73	12/Aug/14	0.49	0.46
31	1/Jul/14	0.77	0.37	74	13/Aug/14	1.02	0.48
32	2/Jul/14	0.38	0.77	75	14/Aug/14	1.02	1.01
33	3/Jul/14	0.3	0.38	76	15/Aug/14	0.61	1.00
34	4/Jul/14	0.28	0.30	77	16/Aug/14	0.3	0.60
35	5/Jul/14	0.27	0.28	78	17/Aug/14	7.22	0.30
36	6/Jul/14	0.27	0.27	79	18/Aug/14	4.61	7.11
37	7/Jul/14	1.16	0.27	80	19/Aug/14	2.51	4.54
38	8/Jul/14	1.2	1.15	81	20/Aug/14	1.03	2.47
39	9/Jul/14	0.45	1.19	82	21/Aug/14	0.47	1.01
40	10/Jul/14	0.45	0.45	83	22/Aug/14	0.37	0.46
41	11/Jul/14	0.31	0.45	84	23/Aug/14	2.93	0.36
42	12/Jul/14	1.08	0.31	85	24/Aug/14	1.23	2.88
43	13/Jul/14	3.03	1.07	86	25/Aug/14	4.29	1.21
44	14/Jul/14	0.67	3.00	87	26/Aug/14	2.94	4.22
45	15/Jul/14	0.45	0.66	88	27/Aug/14	1.63	2.89
46	16/Jul/14	0.32	0.45	89	28/Aug/14	0.99	1.60
47	17/Jul/14	0.29	0.32	90	29/Aug/14	0.5	0.97
48	18/Jul/14	0.28	0.29	91	30/Aug/14	0.42	0.49
49	19/Jul/14	0.27	0.28	92	31/Aug/14	0.39	0.41
50	20/Jul/14	0.27	0.27	93	1/Sep/14	1.34	0.38
51	21/Jul/14	0.26	0.27	94	2/Sep/14	0.55	1.32
52	22/Jul/14	0.26	0.26	95	3/Sep/14	0.59	0.54
53	23/Jul/14	0.25	0.26	96	4/Sep/14	0.43	0.58
54	24/Jul/14	0.25	0.25	97	5/Sep/14	0.38	0.42
55	25/Jul/14	0.25	0.25	98	6/Sep/14	0.38	0.37
56	26/Jul/14	0.24	0.25	99	7/Sep/14	0.37	0.37
57	27/Jul/14	0.24	0.24	100	8/Sep/14	0.37	0.36

101	9/Sep/14	0.36	0.36	114	22/Sep/14	0.7	0.29
102	10/Sep/14	0.35	0.35	115	23/Sep/14	0.38	0.68
103	11/Sep/14	0.82	0.34	116	24/Sep/14	0.3	0.37
104	12/Sep/14	0.44	0.80	117	25/Sep/14	0.28	0.29
105	13/Sep/14	0.37	0.43	118	26/Sep/14	0.27	0.27
106	14/Sep/14	0.34	0.36	119	27/Sep/14	0.27	0.26
107	15/Sep/14	0.34	0.33	120	28/Sep/14	0.27	0.26
108	16/Sep/14	0.33	0.33	121	29/Sep/14	0.26	0.26
109	17/Sep/14	0.33	0.32	122	30/Sep/14	0.25	0.25
110	18/Sep/14	0.32	0.32				0.24
111	19/Sep/14	0.31	0.31			85.76	84.71
112	20/Sep/14	0.33	0.30				99%
113	21/Sep/14	0.3	0.32				

Setelah data pada tabel lengkap, maka grafik *Baseflow Recession* dapat terlihat seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Baseflow Recession DAS Aha Periode 2

Tabel 6. Perhitungan Baseflow Recession Periode 2

No	Nama DAS	Q_0		Q_t		t	K	k	V_0	V_t	Groundwater Storage	Luas DAS		Recharge
		m^3/s	$m^3/hari$	m^3/s	$m^3/hari$							hari	m^3	
1	Aha	3.03	261792	0.23	19872	29	0.91	0.09	2944633.61	223520.04	2721113.57	59.40	59400000	1.45
2	Aru	0.37	31968	0.09	7776	19	0.93	0.07	429649.05	104509.23	325139.82	34.37	34370000	0.30
3	Berebere Kecil	2.95	254880	0.45	38880	31	0.94	0.06	4202109.20	640999.71	3561109.49	55.25	55250000	2.04
4	Bobo	2.41	208224	0.2	17280	29	0.92	0.09	2426010.10	201328.64	2224681.46	16.35	16350000	4.31
5	Cao	24.7	2134080	1.54	133056	29	0.91	0.10	22301929.91	1390484.70	20911445.22	114.90	114900000	5.77
6	Cio	4.27	368928	0.64	55296	29	0.94	0.07	5637234.18	844925.03	4792309.15	51.02	51020000	2.98
7	Daao	1.71	147744	0.29	25056	28	0.94	0.06	2331440.06	395390.42	1936049.64	62.48	62480000	0.98

8	Gosomamaluku	0.31	26784	0.07	6048	24	0.94	0.06	431977.63	97543.34	334434.29	44.16	44160000	0.24
9	Hapo	1.31	113184	0.31	26784	29	0.95	0.05	2277486.09	538947.09	1738539.00	40.84	40840000	1.35
10	Kocago	0.63	54432	0.1	8640	25	0.93	0.07	739344.37	117356.25	621988.12	9.72	9720000	2.03
11	Libano	5.82	502848	0.8	69120	29	0.93	0.07	7348452.95	1010096.63	6338356.33	91.57	91570000	2.19
12	Lifao	0.36	31104	0.09	7776	24	0.94	0.06	538483.04	134620.76	403862.28	74.92	74920000	0.17
13	Lusuo	1.18	101952	0.34	29376	22	0.95	0.06	1802540.03	519375.94	1283164.09	28.61	28610000	1.42
14	Mira	9.7	838080	1.33	114912	28	0.93	0.07	11810199.60	1619336.65	10190862.96	119.14	119140000	2.71
15	Moleo	0.15	12960	0.03	2592	23	0.93	0.07	185207.52	37041.50	148166.01	61.24	61240000	0.08
16	Morotai	1.08	93312	0.13	11232	29	0.93	0.07	1278136.77	153849.80	1124286.98	33.56	33560000	1.06
17	Ngisio	2.41	208224	0.39	33696	25	0.93	0.07	2858279.78	462543.20	2395736.58	87.05	87050000	0.87
18	Pangeo	1.59	137376	0.46	39744	26	0.95	0.05	2879854.16	833165.35	2046688.81	271.40	271400000	0.24
19	Raja	4.45	384480	0.19	16416	29	0.90	0.11	3535576.86	150957.21	3384619.65	24.57	24570000	4.37
20	Sabala	18.47	1595808	2.88	248832	34	0.95	0.05	29196466.23	4552562.14	24643904.09	106.28	106280000	7.35
21	Sabatai	1.03	88992	0.1	8640	28	0.92	0.08	1068448.65	103732.88	964715.77	15.39	15390000	1.99
22	Sabatai Tua	27.16	2346624	2.05	177120	29	0.91	0.09	26336913.54	1987874.55	24349038.99	114.69	114690000	6.73
23	Sakita	27.34	2362176	2.09	180576	25	0.90	0.10	22967759.79	1755765.10	21211994.68	195.37	195370000	3.44
24	Sangowo	1.77	152928	0.34	29376	28	0.94	0.06	2595473.40	498565.51	2096907.89	52.13	52130000	1.28
25	Sangowo Kecil	1.71	147744	0.29	25056	28	0.94	0.06	2331440.06	395390.42	1936049.64	52.67	52670000	1.17
26	Sopi	2.16	186624	0.63	54432	26	0.95	0.05	3938034.24	1148593.32	2789440.92	50.64	50640000	1.75
27	Tatamo	29	2505600	4.58	395712	33	0.95	0.06	44801117.22	7075486.79	37725630.43	310.99	310990000	3.85
28	Tutuhu	1.2	103680	0.19	16416	29	0.94	0.06	1631380.32	258301.88	1373078.43	13.42	13420000	3.24
29	Wayabula	0.78	67392	0.18	15552	29	0.95	0.05	1332823.16	307574.57	1025248.58	17.25	17250000	1.88
30	Yao	9.92	857088	1.54	133056	28	0.94	0.07	12883210.22	2000014.49	10883195.73	130.31	130310000	2.65

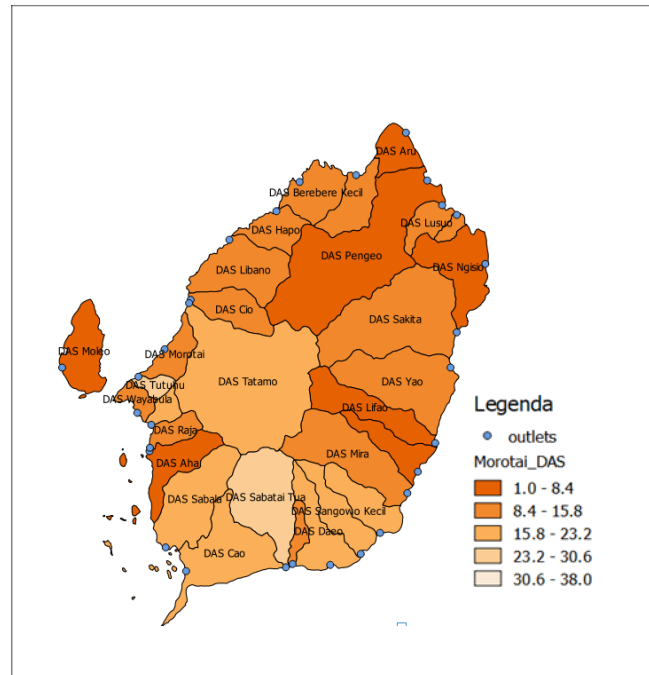
Tabel 7.
Perhitungan Baseflow Recession Pertahun

No	Nama DAS	Groundwater Storage	Luas DAS	Recharge				
		m ³	m ²	liter/s/km ²				
1	Aha	7758645.62	59400000	4.14				
2	Aru	2592450.40	34370000	2.39				
3	Berebere Kecil	20592957.12	55250000	11.82				
4	Bobo	8420202.66	16350000	16.33				
5	Cao	77095265.09	114900000	21.28				
6	Cio	24248571.40	51020000	15.07				
7	Daao	36872239.25	62480000	18.71				
8	Gosomamaluku	2450770.25	44160000	1.76				
9	Hapo	14040613.13	40840000	10.90				
10	Kocago	2972987.80	9720000	9.70				
11	Libano	33631495.85	91570000	11.65				
12	Lifao	2954787.05	74920000	1.25				
13	Lusuo	10822160.15	28610000	11.99				
14	Mira	36051188.55	119140000	9.60				
15	Moleo	1240286.26	61240000	0.64				
16	Morotai	11217588.44	33560000	10.60				
17	Ngisio	13660545.79	87050000	4.98				
18	Pangeo	15004856.33	271400000	1.75				
19	Raja	10090490.33	24570000	13.02				
20	Sabala	63893606.92	106280000	19.06				
21	Sabatai	7405346.18	15390000	15.26				
22	Sabatai Tua	89290690.73	114690000	24.69				
23	Sakita	82588942.68	195370000	13.40				
24	Sangowo	28197065.41	52130000	17.15				
25	Sangowo Kecil	34163770.52	52670000	20.57				
26	Sopi	21992892.11	50640000	13.77				
27	Tatamo	176724813.12	310990000	18.02				
28	Tutuhu	10693542.62	13420000	25.27				
29	Wayabula	8403564.97	17250000	15.45				
30	Yao	59343584.52	130310000	14.44				

4. Pembahasan

Hasi Perhitungan *Baseflow Recession* Pertahun dibuatkan peta spasial kapasitas

imbuan air tanah tahun 2014 di Pulau Morotai seperti pada gambar 8 berikut:



Gambar 8. Peta Spasial *Recharge* Pulau Morotai

Berdasarkan hasil Tabel 5 Perhitungan Baseflow Recession Tahunan dengan memanfaatkan data debit keluaran model wflow dapat diestimasi jumlah imbuhan air tanah yang dapat diambil disetiap DAS untuk dimanfaatkan tahunan yaitu: DAS Aha 4.14 liter/s/km², DAS Aru 2.39 liter/s/km², DAS Berebere Kecil 11.82 liter/s/km², DAS Bobo 16.33 liter/s/km², DAS Cao 21.28 liter/s/km², DAS Cio 15.07 liter/s/km², DAS Daeo 18.71 liter/s/km², DAS Gosomamaluku 1.76 liter/s/km², DAS Hapo 10.90 liter/s/km², DAS Libano 11.65 liter/s/km², DAS Lifao 1.25 liter/s/km², DAS Lusuo 11.99 liter/s/km², DAS Mira 9.60 liter/s/km², DAS Moleo 0.64 liter/s/km², DAS Morotai 10.60 liter/s/km², DAS Ngisio 4.98 liter/s/km², DAS Pangeo 1.75 liter/s/km², DAS Raja 13.02 liter/s/km², DAS Sabala 19.06 liter/s/km², DAS Sabatai 15.26 liter/s/km², DAS Sabatai Tua 24.69 liter/s/km², DAS Sakita 13.40 liter/s/km², DAS Sangowo 17.15 liter/s/km², DAS Sangowo Kecil 20.57 liter/s/km², DAS Sopi 13.77 liter/s/km², DAS Tatamo 18.03 liter/s/km², DAS Tutuhu 25.27 liter/s/km², DAS Wayabula 15.45 liter/s/km², dan DAS Yao 14.44 liter/s/km².

5. Kesimpulan

Pulau Morotai merupakan wilayah yang sedang dikembangkan menjadi tempat pariwisata baru di Indonesia. Dan seiring dengan berkembangnya wilayah, maka kebutuhan akan pasokan sumber daya air baik air permukaan ataupun air tanah meningkat. Dengan menggunakan Metode Baseflow Recession dan memanfaatkan data debit keluaran model wflow, dapat diestimasi jumlah imbuhan air tanah yang dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan sebesar 374.66 liter/s/km². Dari 30 DAS di Pulau Morotai didapat DAS yang memiliki imbuhan air tanah paling potensial yaitu DAS Tutuhu sebesar 25.27 liter/s/km². Sedangkan DAS dengan jumlah imbuhan air tanah paling rendah adalah Moleo yaitu sebesar 0.64 liter/s/km².

Daftar Pustaka

- Aldrian, E. dan R.Susanto. (2003).** Identification of Three Dominant Rainfall Regions Within Indonesia and Their Relationship to Sea Surface Temperature. *Int. J. Climatol*, Vol. 23, N, 1435 – 1452.
- Asdak, Chay. (1995).** Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

Asdak, Chay. (2004). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Cetakan Ketiga (revisi). Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

Baker, L. A., & Foster, S. (2020). Groundwater recharge: A critical component of sustainable water resource management. *Water Resources Research*, 56(3).

<https://doi.org/10.1029/2019WR025143>

Bappeda Kabupaten Pulau Morotai. (2011). *Perda RTRW Kabupaten Morotai tahun 2012-2032*. Propinsi Maluku Utara: Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Pulau Morotai.

Domenico, P. dan F.Schwartz. (1990). Physical and Chemical Hydrogeology. USA: John Wiley & Sons, Inc.

Indarto. 2010. Dasar Teori Dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi. Jakarta: Bumi Aksara.

Fetter, C. (2001). Applied Hydrogeology Fourth Edition. USA: Prentice-Hall, Inc.

Gapang, Siti Tarisa dkk (2024). Pemetaan Potensi Wisata di Kabupaten Pulau Morotai. Vol.3, No.6, Oktober 2024. <https://ulilalbabinstitute.id>

Humaam Al Hasyir, Muhammad. (2024) Perhitungan Awal Imbuhan Airtanah Alami Daerah Aliran Sungai Cikapundung-Gandok (Kajian Perbandingan). *Jurnal Sumber Daya Air*. Vol 20 No. 2

Kresic, N. (2007). *Hydrogeology and Groundwater Modeling*. USA: CRC Press.

Lubis, Ernani. (2006). Pelabuhan Perikanan. Bogor: IPB Press.

Lerner, dkk. (1990). *Groundwater Recharge*. Jerman Barat: Hannover.

R.A., Freeze and J.A., Cherry (1979). Groundwater Prentice-Hall Englewood Cliffs, Vol 7632, Inc.

Seizarwati, Wulan dkk. (2018). Ketersediaan Air di Kabupaten Pulau Morotai. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Kementrian PUPR.

Soenarto, Bambang. (2018). Aliran Air Tanah. Bandung: ITB Press.

Soenarto, B. (2002). Penaksiran Debit Daerah Pengaliran Gabungan Sungai

Permukaan dan Bawah Permukaan Bribin - Baron. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Visa, J. dan T.Harjana. (2015). Pola dan Distribusi Frekuensi Curah Hujan di Pulau Morotai Berbasis Data Satelit Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 16 No. 1, 11 – 1