

ANALISIS KAPASITAS TAMPUNGAN DANAU SENTANI UNTUK MENGETAHUI FUNGSI DETENSI DAN RETENSI TAMPUNGAN

**Aida Sartimbul^a, Mujiadi^b, Hartanto^b
Seto Sugianto Prabowo Rahardjo^a, dan Antonius Suryono^b**

^a *Jurusan Pemanfaatan Sumber Daya Perikanan & Kelautan, F-PIK, Univ. Brawijaya*

^b *Direktorat Jendral Sumber Daya air, Kementerian Pekerjaan Umum*

E-mail : aida@ub.ac.id

Diterima: 4 Februari 2015, Disetujui: 25 Agustus 2015

ABSTRACT

Sentani Lake in Jayapura, is the largest and the most beautiful lake in the province of Papua. Behind the beauty and potential, there are also serious threats including silting caused by soil erosion and embankment activities in the lake border. The purpose of this study is to illustrate the depth and reservoir capacity of Lake Sentani that can be used to analyze the potential of the lake, especially in the detention and retention functions. This study used several methods, such as measurement of the depth of the lake, analysis of bin storage capacity that is used in identifying the function of detention and retention of Sentani Lake, and analyses of the dependable and flood discharge. This study shows that the storage capacity of Sentani Lake amounted to 4821.5 million m³. Sentani lake detention functions particularly in reducing flood is of average 88.82%. Sentani Lake retention functions particularly in the ability to accommodate the volume of water due to 90% dependable rain amounting to 2.376 million m³ for 24 hours, which has potential use for hydropower of 13.5 MW with height of fall design of 50 m and design discharge of 27.5 m³/sec. With high rainfall, erosion greatly affect the storage function and need further study. Effects of changes in land use on erosion and flood discharge need to be considered and controled.

Keywords: Lake Sentani, capacity, detention, retention

ABSTRAK

ANALYSIS OF RESERVOIR CAPACITY OF LAKE SENTANITO FIGURE OUT THE DETENTION AND RETENTION FUNCTIONS. *Danau Sentani yang terletak di Kabupaten Jayapura, merupakan danau terbesar dan terindah di Provinsi Papua. Dibalik keindahan dan potensi yang tersimpan terdapat pula ancaman yang cukup serius yaitu pendangkalan yang disebabkan erosi lahan, serta aktivitas timbunan daerah sempadan danau. Tujuan penelitian ini adalah untuk memberi gambaran profil dasar dan kapasitas tampungan danau sehingga dapat menganalisis potensi dari Danau Sentani, khususnya pada fungsi detensi dan retensi. Beberapa metode digunakan pada penelitian ini, antara lain pengukuran kedalaman danau, analisis kapasitas tampungan danau dimana hasil tersebut dipergunakan dalam mengidentifikasi fungsi detensi dan retensi Danau Sentani dan analisis debit andalan dan analisis debit banjir. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa kapasitas tampungan Danau Sentani pada hasil pengukuran adalah sebesar 4.821,5 juta m³. Fungsi detensi Danau Sentani khususnya dalam mereduksi puncak banjir rata-rata sebesar 88,82%. Fungsi retensi Danau Sentani khususnya dalam kemampuan menampung sementara volume air akibat hujan andalan 90% sebesar 2.376.000 m³ selama 24 jam, yang mempunyai potensi pemanfaatan untuk PLTA dengan desain tinggi terjun air 50 m dan debit desain 27,5 m³/det sebesar 13,5 MW. Dengan curah hujan yang tinggi, bahaya erosi sangat berpengaruh terhadap fungsi tampungan dan perlu adanya studi lebih lanjut. Pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap erosi dan debit banjir perlu diperhatikan dan dikendalikan.*

Kata kunci: Danau Sentani, Tampungan, Detensi, Retensi

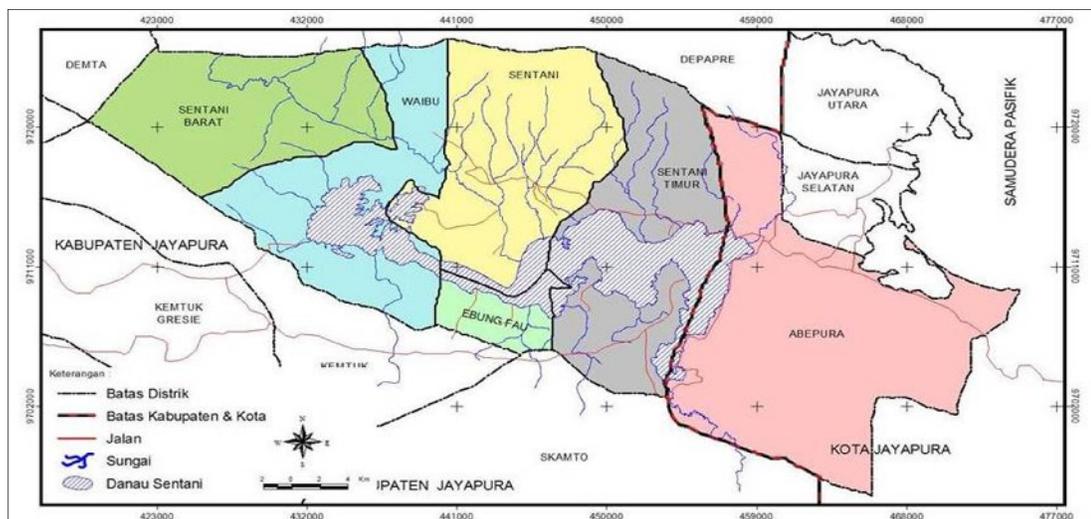
PENDAHULUAN

Danau Sentani yang terletak di Kabupaten Jayapura, merupakan danau terbesar, terluas dan terindah di Provinsi Papua. Luas Danau Sentani saat ini mencapai 9.360 Ha. Inlet Danau Sentani berasal dari 14 sungai besar dan kecil yang berhulu di Gunung Cycloops dan *outlet* yang bermuara ke Lautan Pasifik melalui Sungai Jaifuri. Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) 517 km² dengan curah hujan rata-rata 1.691 mm/tahun, sehingga ketersediaan air pertahun mencapai 404 m³/detik (BWS Papua, 2012). Kapasitas tampungan diperkirakan mencapai 2.716 juta m³ pada tahun 2007 dengan kedalaman maksimum 39,7 m yang dikaji oleh Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Papua tentang Master Plan dan Detail Desain Operasi dan Pemeliharaan Danau Sentani. Pada tahun 2012 Balai Wilayah Sungai Papua mengkaji ulang melalui Kajian Permasalahan Lindungan Untuk Keberlangsungan Lingkungan Danau Sentani, dimana pada studi tersebut BWS Papua telah melakukan *ground check* pada titik terdalam dengan kedalaman 57,5 m.

Danau Sentani berada di wilayah kerja Pemerintahan Daerah Kabupaten Jayapura. Pada tingkat distrik, Danau Sentani berada di dalam wilayah 5 distrik dan secara geografis terletak antara 139°23' – 139°38' BT dan 02°35' - 02°41' LS. Dibalik keindahan dan potensi yang tersimpan terdapat pula ancaman yang

cukup serius yaitu pendangkalan yang disebabkan erosi lahan dan aktivitas timbunan daerah sempadan danau. Disamping itu, ancaman yang tidak kalah seriusnya adalah nilai indeks status kesuburan air danau menunjukkan status perairan eutrofik akibat beban pencemaran organik dari sumber aliran yang melalui kawasan perkotaan dan pemukiman sekitar danau (Hendra & Lismining, 2009). Hal ini menyebabkan timbulnya sedimen yang dihasilkan oleh ekosistem yang terdapat di perairan Danau Sentani.

Dengan memperhatikan kondisi perubahan pemanfaatan lahan yang terjadi di DAS Sentani, maka terindikasi bahwa akibat penurunan luas hutan sebesar 9,5% dan peningkatan luas pemukiman 10,7 % terjadi peningkatan debit banjir sehingga tingkat erosi lahan juga semakin meningkat. Indikasi tersebut diperkuat dengan penurunan luas rawa atau genangan juga semakin menurun 36,7 %. Pada dasarnya hal tersebut tidak hanya dipengaruhi oleh sedimen yang diakibatkan debit banjir yang terjadi saja, namun terdapat aktivitas warga yang mulai me-reklamasi pesisir danau di Distrik Sentani dan Distrik Sentani Timur (Gambar 1). Sedangkan peningkatan lahan kosong 4,9 % dan semak savana 36,7 % bersifat fluktuatif mengikuti dengan musim hujan maupun kemarau, hal tersebut diakibatkan tingkat kesuburan tanah pada daerah lereng pegunungan DAS Sentani hanya pada kedalaman 30 cm.



Gambar 1. Peta batas Kabupaten di lokasi studi

Luas tampungan Danau Sentani juga berkurang, disebabkan meningkatnya pembangunan infrastruktur dan pertumbuhan jumlah penduduk yang semakin meningkat (BPS, 2011). Terjadi penurunan luas danau semenjak tahun 2007 hingga tahun 2012 yaitu sebesar 120,5 Ha, dimana tahun 2007 luasnya 9306,4 Ha dan pada tahun 2012 menjadi 9185,9 Ha, yang diukur pada elevasi dasar Sungai Jaifuri (*outlet*) yaitu elevasi + 71,5 m.

Dalam rangka pemantauan kondisi ekosistem Danau Sentani agar tidak mengalami degradasi kualitas lingkungan yang semakin buruk, maka perlu adanya analisis tampungan. Studi ini diharapkan mampu memberi gambaran profil dasar dan kapasitas tampungan danau untuk masukan dalam pengendalian lingkungan dan perencanaan pembangunan kawasan.

METODE

Sistematika penelitian ini secara garis besar adalah sebagai berikut :

1. Pengukuran dan analisis kapasitas tampungan Danau Sentani
 - a. Pengukuran kedalaman danau Sentani yang dilaksanakan pada tanggal 21 Maret 2012 hingga tanggal 20 April 2012.
 - b. Analisis kapasitas tampungan danau Sentani yang hasilnya dipergunakan dalam mengidentifikasi fungsi detensi dan retensi danau Sentani.
2. Identifikasikan fungsi detensi dan retensi Danau Sentani perlu dilakukan

dengan analisis tambahan yaitu:

- a. Analisis debit banjir DAS Sentani.
- b. Analisis debit andalan DAS Sentani.

Dengan analisis tersebut dapat teridentifikasi manfaat Danau Sentani (Gambar 2).

Pengukuran Dan Analisis Kapasitas Tampungan

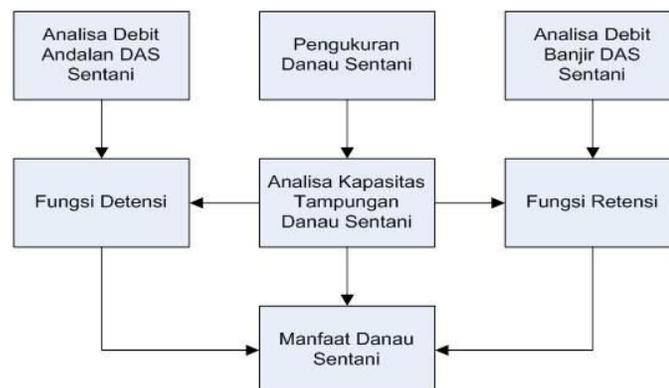
Persiapan Peralatan

Alat-alat yang dipergunakan untuk pengukuran batimetri adalah :

- *Global Positioning System* (GPS) Garmin: Untuk mendapatkan data posisi koordinat.
- Transduser: Alat yang memancarkan sinyal akustik ke dasar danau untuk data kedalaman.
- Software *HydroPro Navigation*: Untuk pengoperasian yang mengintegrasikan GPS, transduser, dan *echosounder*
- Net Book: Sebagai *data logger*.

Penentuan Alur Pengukuran

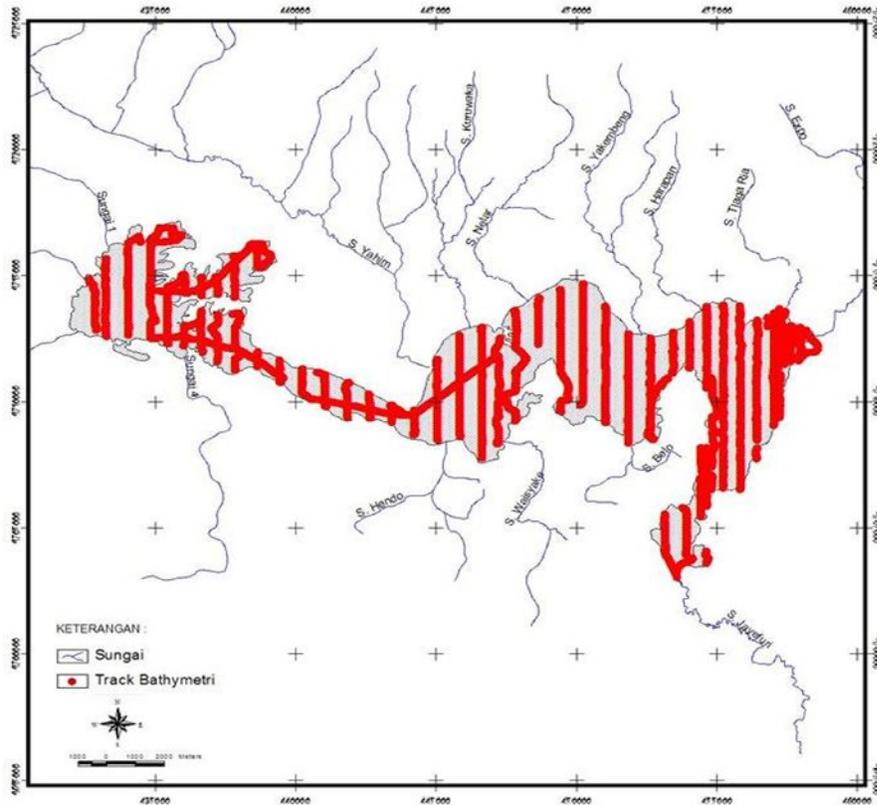
Survei batimetri dilaksanakan sepanjang koridor survey dengan lebar bervariasi. Lajur utama dijalankan dengan interval 100 m dan lajur silang dengan interval 1.000 m. Kemudian setelah rencana jalur kabel ditetapkan, koridor baru ditetapkan selebar 1.000 m. Lajur utama dijalankan dengan interval 50 m dan lajur silang dengan interval 500 m. *Echosounder* digunakan untuk mendapatkan data kedalaman mencakup seluruh area survei. Hasil pelaksanaan alur pengukuran kedalaman Danau Sentani, dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Kerangka pikir penelitian

Danau Sentani merupakan danau dengan hamparan yang luas, sehingga dipengaruhi oleh angin yang menimbulkan gelombang air. Survei batimetri tidak boleh dilaksanakan pada keadaan ombak dengan ketinggian $>1,5\text{m}$ bila tanpa *heave compensator*, atau hingga $2,5\text{ m}$ bila menggunakan *heave compensator*.

berpengaruh pada fluktuasi elevasi permukaan air danau. Stasiun pengamatan dipasang di dekat/dalam kedua ujung koridor rencana jalur survey dan diamati terus-menerus selama survey berlangsung. Stasiun pasang surut menggunakan *peilschaal* yang dilevelkan dengan elevasi dasar outlet Danau Sentani.



Gambar 3. Alur pelaksanaan pengukuran

Penarikan Titik Benchmark

Referensi titik kontrol geodesi yang merupakan bagian dari jaringan kerangka kontrol horizontal nasional yang terletak di dekat atau di lokasi survei diperlukan untuk penentuan posisi DGPS menggunakan *Shorebase Station (Reference Point)* dan untuk verifikasi DGPS yang akan digunakan untuk survey. Elevasi titik *benchmark* ditarik melalui titik acuan BM di Bandar Udara Sentani (Gambar 4).

Pencatatan Muka Air Danau

Pengamatan muka air danau sangat diperlukan pada saat survey batimetri, karena pelaksanaan survey dilaksanakan pada musim penghujan. Hujan sangat

Pelaksanaan Pengukuran

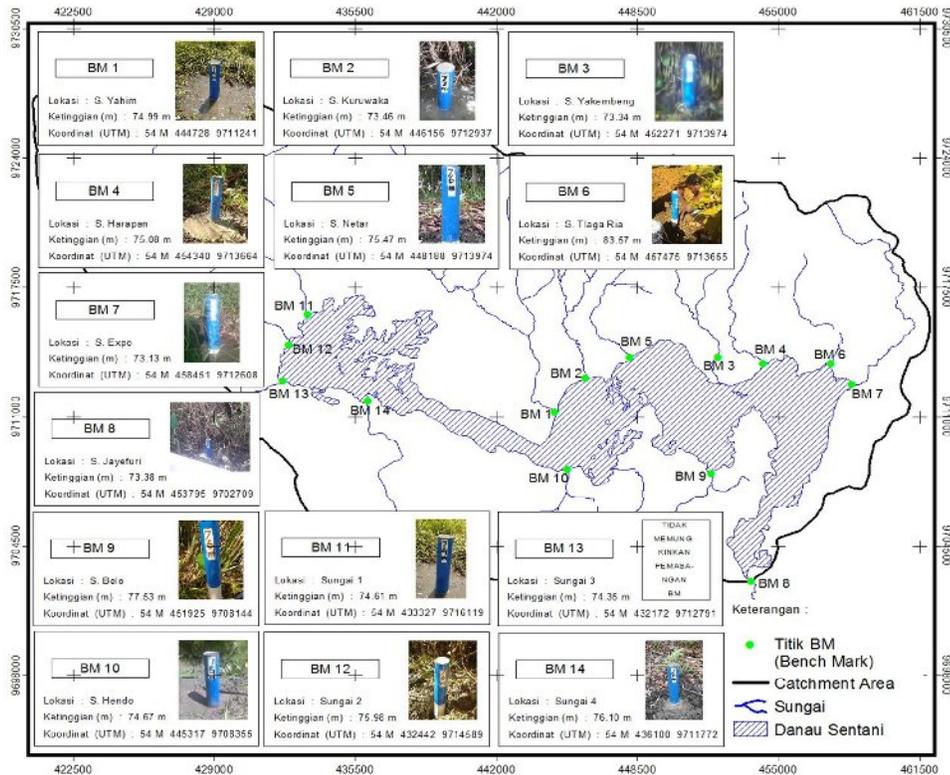
Penentuan posisi kapal survei dilaksanakan menggunakan GPS receiver dengan metode *Real Time Differential (DGPS)* dengan mengikuti prinsip survey yang baik dan menjamin tidak adanya keraguan atas posisi yang dihasilkan. Lintasan kapal survei dipantau setiap saat melalui layar monitor atau diplot pada kertas dari atas anjungan.

Data hasil pengukuran diolah menggunakan *HydroPro NavEdit*. Parameter yang harus ditambahkan dalam proses pengolahan ini adalah titik ketinggian sebagai titik kontrol geodetik. Kemudian data dikonversi ke dalam bentuk *text (*.txt)* agar dapat diolah menggunakan *Autocad*

land development 2009. Koreksi data pengukuran dilakukan dengan mengurangkan nilai elevasi data dengan elevasi yang didapat dari pengamatan papan duga (*peilschaal*). Hal ini memberikan korelasi yang besar pada data yang dihasilkan dari *echosounder*.

$$\Delta V_{12} = \frac{h}{3}(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2})$$

dengan :
 ΔV_{12} = Volume antara elevasi ke 1 dan elevasi dasar ke 2
 A_1 = Luas areal elevasi ke 1



Gambar 4. Penarikan titik *benchmark*

Interpretasi Data

Interpretasi data dibantu dengan menggunakan program *Surfer*, untuk mempermudah dalam visualisasi dasar danau. Analisis spasial untuk mengetahui luasan setiap interval kontur dilakukan dengan mempergunakan program *Arcview* 3.3. Luasan tersebut dipergunakan untuk analisis selanjutnya yaitu volume tampungan danau.

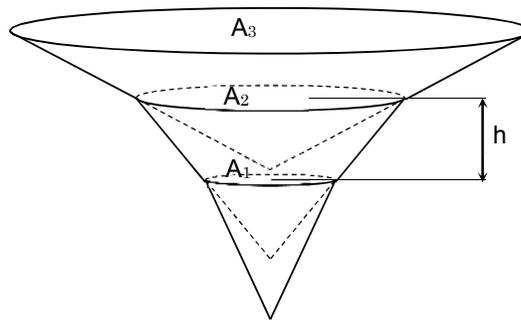
Analisis Kapasitas Tampungan Danau

Kapasitas danau dihitung berdasarkan hasil pengukuran daerah genangan dengan menggunakan *Echosounding*. Volume tampungan danau dihitung berdasarkan metode kerucut (Gambar 5) dengan persamaan umum:

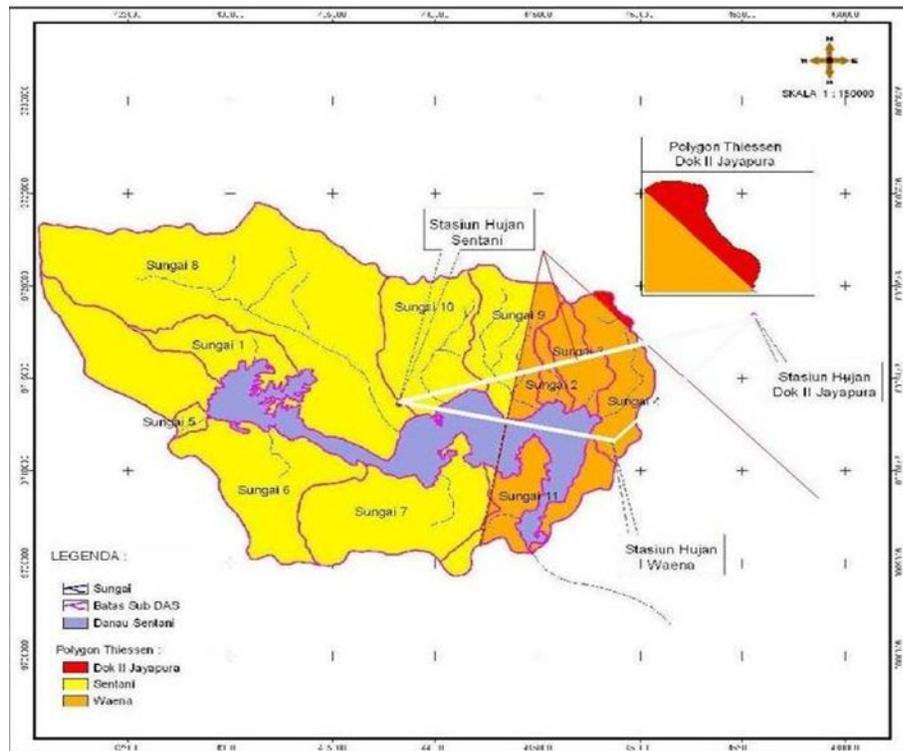
A_2 = Luas areal elevasi ke 2
 h = Jarak interval kontur (elevasi ke 2 – elevasi ke 1)

Identifikasi fungsi detensi dan retensi Curah Hujan Rerata Daerah

Perhitungan curah hujan rerata daerah dilakukan dengan metode Polygon Thiessen dengan menggunakan stasiun-stasiun hujan Sentani, Dok II dan Waena (Gambar 6). Dari ketiga stasiun tersebut diperhitungkan luasan pengaruh dari setiap stasiun hujan berdasarkan hasil polygon Thiessen. Langkah selanjutnya adalah membagi setiap luasan dengan luasan keseluruhan sehingga didapatkan koefisien Thiessen. Koefisien Thiessen ini merupakan rasio tinggi hujan pada setiap stasiun (Tabel 1).



Gambar 5. Prinsip perhitungan volume tampungan



Gambar 6. Luas pengaruh stasiun hujan metode Thiessen

Tabel 1. Koefisien Thiessen

Luasan	Luas	Coef. Tiessen
A3 (Waena)	13853,2	0,191
A2 (Sentani)	58392,8	0,805
A1 (Dok II)	259,8	0,004
A (Total)	72505,9	1,000

Distribusi Curah Hujan Rancangan Metode Log-Pearson Tipe III

DAS Sentani dimodelkan menjadi 14 sub-Das dimana pada setiap sub-DAS tersebut dianalisis debit banjirnya. Hal ini tidak menutup kemungkinan dalam analisis distribusi frekuensi curah hujan maksimum menghitung pada masing-masing sub-DAS.

Dari garis pengaruh poligon Thiessen (Gambar 6) dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Stasiun Sentani: Sub-DAS Yahim, Sub-DAS Kuruwaka, Sub-DAS Netar, Sub-DAS 1, Sub-DAS 2, Sub-DAS 3, Sub-DAS 4, Sub-DAS Hendo,
2. Stasiun Waena: Sub-DAS Belo, Sub-

- DAS Harapan, Sub-DAS Tlagaria,
3. Rerata Stasiun Sentani dan Waena: Sub-DAS Waesyake, Sub-DAS Yakembeng,
 4. Rerata Stasiun Waena dan Dok II: Sub-DAS Ekspo.

Perhitungan curah hujan rancangan metode Log Pearson tipe III dilakukan dengan cara mentransformasikan data ke harga-harga logaritmanya, kemudian menghitung parameter-parameter statistiknya. Persamaan yang dipergunakan adalah adalah:

$$Y = \bar{Y} - K \cdot S$$

dengan:

Y = nilai logarimik dari X

\bar{Y} = nilai rata-rata dari Y

S = standar deviasi dari Y

K = karakteristik dari distribusi Log-Pearson Tipe III

Kala ulang yang di pergunakan dalam analisis adalah kala ulang peride 1, 5, 10, 25, 50, 100, 200 dan 500 tahun.

Debit Inflow Banjir

Debit inflow banjir yang dimaksud adalah hidrograf banjir rancangan dari 14 DAS yang masuk kedalam Danau Sentani pada periode waktu tertentu. Metode dalam perhitungan yang dipergunakan adalah metode Hidrograf Sintetis Satuan (HSS) Nakayasu, yang kemudian dikalibrasikan dengan data pengamatan di lapangan selama 2 minggu, kemudian di ambil nilai debit puncak yang terbesar dari dua metode tersebut.

Pada dasarnya tujuan dari kalibrasi adalah menyamakan suatu parameter agar kondisi model mendekati dengan kondisi lapangan. Kalibrasi dilakukan pada parameter yang tidak sepenuhnya dipercaya. Parameter Formulasi HSS Nakayasu yang masih dapat diubah, tidak dipercaya dan memerlukan justifikasi adalah nilai α dan nilai Tr. Nilai α dan nilai Tr nantinya akan diubah-ubah hingga HSS Nakayasu pada 1 mm hujan mendekati dengan Hidrograf Satuan Observasi (HSO) pada 1 mm hujan. Apabila sudah mendekati, maka nilai α dan nilai Tr dipergunakan pada setiap perhitungan HSS Nakayasu di DAS Sentani.

Formulasi HSS Nakayasu adalah:

$$Q_p = \frac{A.R_0}{3,6.(0,3.T_p + T_{0,3})}$$

dengan:

Q_p = Debit puncak banjir (m^3/det)

R_0 = Hujan satuan (mm)

T_p = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$$T_p = t_g + 0,8t_r$$

$T_{0,3}$ = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak

$$T_{0,3} = \alpha \cdot t_g$$

A = Luas daerah tangkapan sampai outlet

tr = Satuan waktu hujan (jam)

$$t_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g$$

$$t_g = 0.4 + 0.058L \rightarrow L > 15km$$

$$t_g = 0.21L^{0.7} \rightarrow L < 15km$$

α = Parameter hidrograf

HSO yang dipergunakan sebagai kalibrasi adalah metode Collins. Pengamatan debit tersebut dilaksanakan pada tanggal 20 September 2012, di Sungai Harapan. Hasil perhitungan metode Collins dibandingkan dengan HSS Nakayasu untuk mendapatkan Nilai α dan Koefisien Tr.

Penelusuran Banjir

Penelusuran banjir merupakan peramalan hidrograf di suatu titik pada suatu aliran atau bagian sungai yang didasarkan atas pengamatan hidrograf di titik lain (Soemarto, 1986).

Persamaan kontinuitas yang umum dipakai dalam penelusuran banjir adalah:

$$I - Q = \frac{dS}{dt}$$

dengan :

I = debit yang masuk ke dalam sungai yang ditinjau (m^3/dt)

$$I = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

Q = debit yang keluar ke dalam sungai yang ditinjau (m^3/dt)

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$$

dS = besarnya tampungan (*storage*) dalam sungai yang ditinjau (m^3)

$$dS = S_2 - S_1$$

dt = periode penelusuran (detik, jam atau hari).

Debit Andalan

Analisis debit andalan merupakan debit yang diandalkan sesuai dengan probabilitas tertentu sesuai dengan kebutuhan data ataupun tingkat kepercayaan dalam suatu perencanaan. Untuk perencanaan kebutuhan air yang diambil dari danau, dipergunakan debit andalan 25, 50, 75 dan 90%. Analisis debit andalan pada studi ini hanya memperhitungkan debit dengan keandalan 90% saja, dengan harapan bahwa dengan keandalan 90% merupakan debit harian yang selalu ada pada setiap harinya. Perencanaan debit 80% tidak diperhitungkan dengan mempertimbangkan kondisi lapangan yang jarang sekali dipergunakan untuk pertanian dan juga jenis tanah yang susah dimanfaatkan untuk pertanian. Debit dengan keandalan 90% sering dipergunakan untuk debit perencanaan PLTA dan debit kebutuhan air domestik. Perencanaan debit tersebut dianalisis guna memperhitungkan secara hidrologi dan morfologi, bahwa Danau Sentani mempunyai potensi retensi yang sangat besar sehingga dapat dimanfaatkan untuk keperluan PLTA maupun kebutuhan air domestik.

Langkah-langkah perhitungan debit andalan adalah:

1. Menghitung evapotranspirasi menggunakan metode Penmann.

2. Merencanakan curah hujan andalan 90%
3. Debit andalan 90%

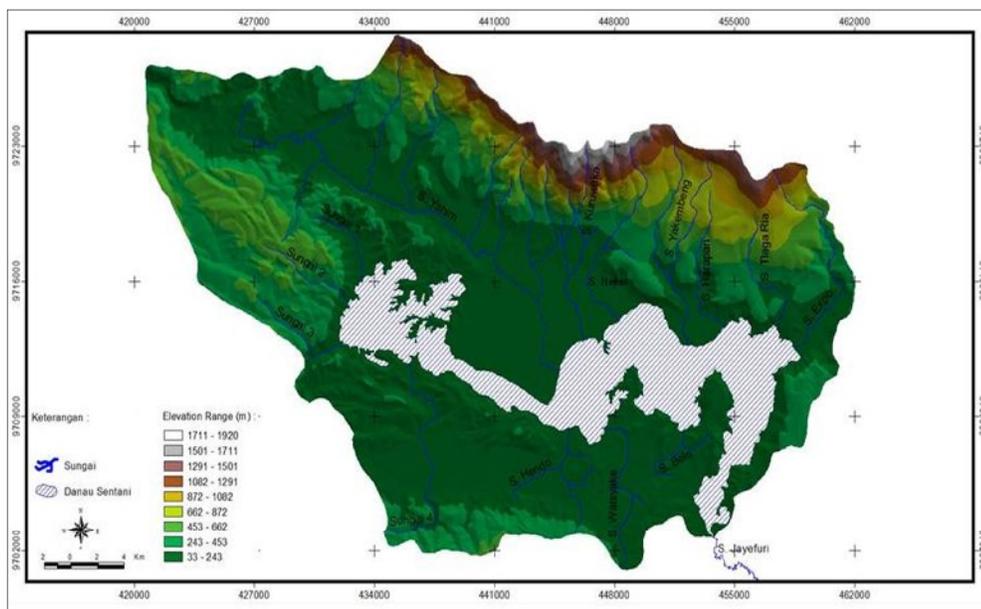
Evapotranspirasi

Metode yang diperhitungkan dalam menentukan evapotranspirasi adalah metode Penmann dimana dalam analisisnya memperhitungkan kecerahan matahari, suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan angin. Metode ini sering dipergunakan karena memperhitungkan seluruh parameter yang menyebabkan evapotranspirasi terjadi.

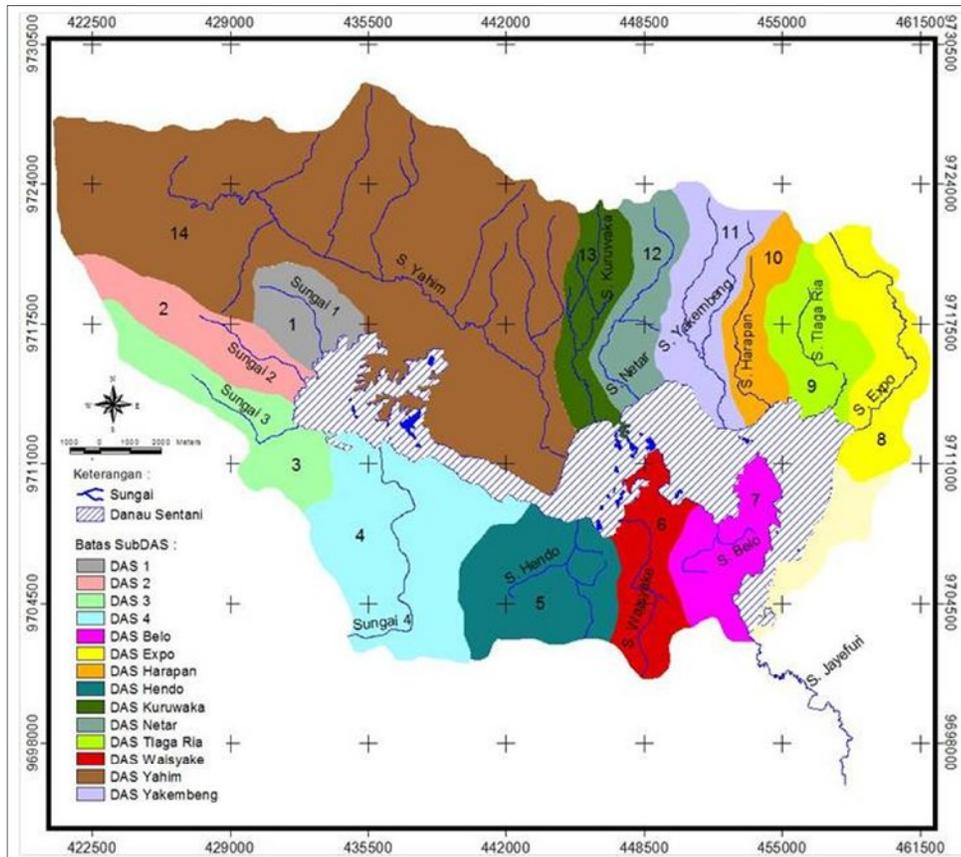
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Debit Banjir Rancangan pada Outlet Danau Sentani

Danau Sentani mempunyai beberapa sub-DAS, dimana ketika hujan sub-DAS tersebut menjadi sumber debit *inflow*. Dari peta topografi, teridentifikasi 14 sungai besar (Gambar 7). Sungai-sungai tersebut berpotensi sebagai penghasil debit banjir yang masuk ke Danau Sentani. Dengan pengolahan data *digital elevation model*, diperoleh data fisik dari setiap sub-DAS dengan deliniasi batas tiap-tiap sub-DAS (Gambar 8). SubDAS-subDAS tersebut antara lain DAS Yahim, DAS Harapan, DAS Kuruwaka, DAS Jaifuri, DAS Hendo, DAS Ekspo, DAS Tlagaria, DAS 1, DAS 2, DAS 3, DAS 4 (Tabel 2).



Gambar 7. Peta elevasi DAS Danau Sentani



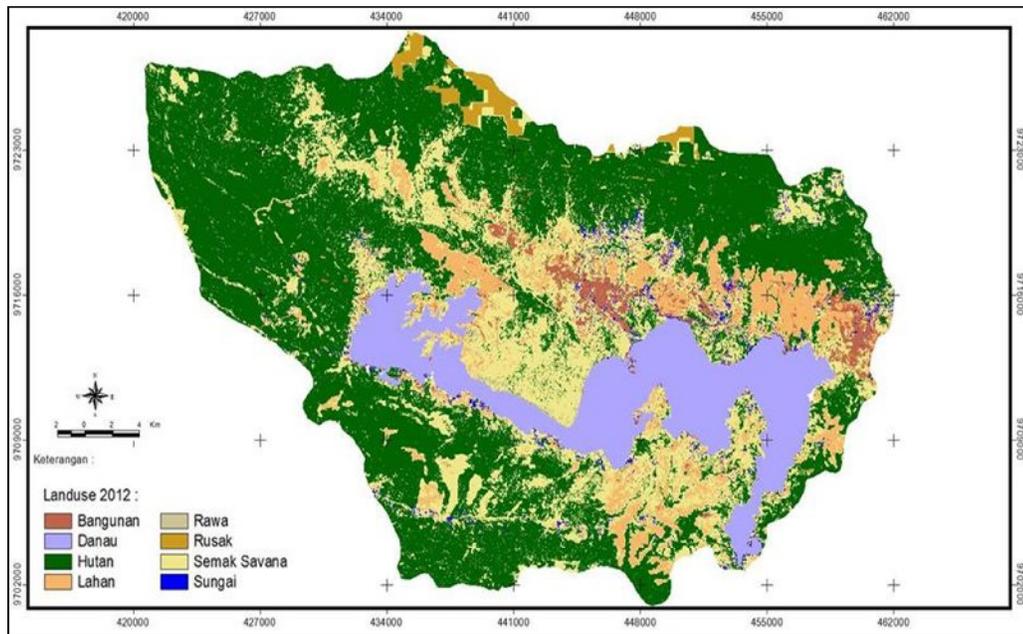
Gambar 8. Peta DAS dan sub DAS Danau Sentani

Tabel 2. Data sub-DAS Danau Sentani

Sub DAS	Luas (Ha)	Panjang		Slope s
		Sungai Utama (m)	Sungai Keseluruhan (m)	
DAS 1	1.716	5.010	5.010	0,058
DAS 2	2.554	6.281	6.281	0,072
DAS 3	2.968	6.822	6.822	0,047
DAS 4	6.416	14.099	14.099	0,053
DAS Yahim	23.608	33.670	90.873	0,042
DAS Kuruwaka	2.348	12.165	20.206	0,128
DAS Netar	2.480	12.243	14.285	0,103
DAS Yakembeng	3.255	13.061	20.977	0,071
DAS Harapan	1.888	9.070	9.070	0,107
DAS Ekspo	3.450	14.877	14.877	0,066
DAS Tlaga Ria	2.438	7.769	7.769	0,067
DAS Hendo	4.027	5.815	13.786	0,025
DAS Belo	2.377	6.733	6.733	0,015

Tata guna lahan di Danau Sentani terdiri dari hutan, bangunan, semak, savana, lahan kosong dan rawa atau genangan. Berdasarkan hasil analisis citra satelit yang dilakukan pada tahun 2012 luas hutan sebesar 32.203,9 Ha, luas lahan bangunan 1.943,4 Ha, luas semak savana sebesar

17.858,4 Ha (Gambar 9). Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa luas semak savana terjadi peningkatan sebesar 23,4 %. Lahan kosong di kawasan danau sentani meningkat sebesar 4,9 % sedangkan luas rawa atau genangan menurun sebesar 36,7 % dari data tata guna lahan tahun 2007.



Gambar 9. Peta penggunaan lahan DAS Sentani tahun

Curah Hujan Harian Maksimum Rerata Daerah

Data curah hujan yang dipergunakan adalah data pada tahun 2000 sampai dengan tahun 2011 yang kemudian dicari curah hujan maksimum pada setiap tahunnya. Data hujan maksimum dipergunakan untuk curah hujan maksimum yang terjadi pada DAS Sentani dalam satu tahun pada kurun waktu 11 tahun. Data curah hujan tersebut dikalikan dengan rasio pengaruh stasiun hujan hasil dari pembagian pengaruh dengan metode poligon Thiessen. Sehingga didapatkan curah hujan rerata daerah pada tiap tahunnya (Tabel 3).

Distribusi Frekuensi Curah Hujan Rancangan

Pada dasarnya semakin banyak data semakin bagus di dalam pendekatan model distribusi frekuensi. Akan tetapi di daerah studi, sangat susah dalam pencarian data hujan. Pada kondisi daerah yang sangat kesulitan dalam data khususnya DAS Danau Sentani, ada beberapa pendekatan yang dapat diambil dari Prosedur dan Instruksi Kerja Perhitungan Hujan Rancangan Kementerian Pekerjaan Umum yaitu untuk proyeksi data hingga 500 tahun, dapat dipergunakan 10 data hujan. (PU, 2011).

Tabel 3. Curah hujan maksimum rerata daerah

Tahun	Curah Hujan (mm)			CH Rerata
	DOK II (Jayapura)	Sentani	Waena	
2000	120,0	91,3	203,0	97,1
2001	129,0	83,4	156,0	92,4
2002	112,0	203,0	119,0	185,3
2003	101,0	142,9	84,0	134,7
2004	117,0	128,0	129,0	125,9
2005	145,0	116,6	138,5	122,1
2006	154,0	96,2	126,8	107,4
2007	131,0	153,0	142,0	148,7
2008	131,0	61,0	96,0	74,5
2009	131,0	139,5	135,3	137,9
2010	78,7	90,0	84,4	87,8
2011	85,0	112,8	98,9	107,4

Debit Inflow Rancangan

Pada awal perhitungan HSS Nakayasu, nilai α dan koef. Tr di justifikasikan secara berurutan 2,5 dan 1. Dengan justifikasi nilai tersebut, didapatkan penyimpangan rerata sebesar 29,7% terhadap HSO Collins. Dengan mencoba-coba nilai α dan koef. Tr maka didapatkan nilai $\alpha = 2,98$ dan koef. Tr = 0,5. Nilai input tersebut menghasilkan penyimpangan 19,9%. Hasil penyimpangan dapat kurang dari 10 % apabila pada DAS Sentani dilakukan studi kerapatan stasiun hujan dengan berpedoman yang disyaratkan WMO (*World Meteorological Organization*).

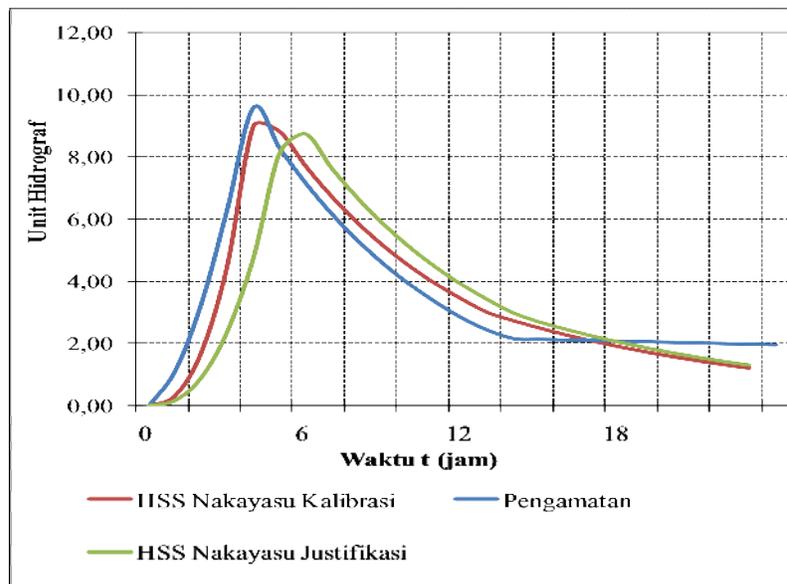
Hasil perhitungan kemudian diplotkan kedalam grafik pada Gambar 10. Dari Hidrograf Satuan tersebut nampak

penyimpangan yang terjadi akibat justifikasi nilai $\alpha = 2,5$ dan koef. Tr = 1 (HSS Justifikasi). Hidrograf satuan hasil kalibrasi ($\alpha = 2,98$; koef. Tr = 0,5) terlihat mendekati HSO Collins. Dengan memasukkan nilai α dan koef. Tr tersebut, hujan rancangan (Tabel 4), dan morfologi sungai (Tabel 2) kedalam formula HSS Nakayasu didapatkan hidrograf banjir.

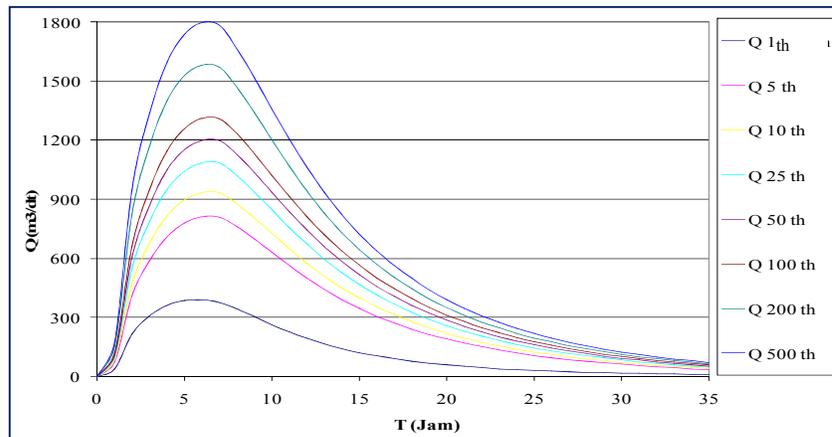
Setelah hidrograf pada masing-masing sub-DAS didapatkan, debit setiap sub-DAS dapat diakumulasikan pada setiap kala ulang di setiap jam terjadinya hujan. Semua sub-DAS Sentani bermuara langsung kedalam Danau Sentani, sehingga menjadi debit inflow banjir pada kala ulang periode 1, 5, 10, 25, 50, 100, 200 dan 500 tahun (Gambar 11).

Tabel 4. Curah hujan rancangan ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 dan 1000 tahun

Kata Ulang	Distribusi		
	Log Pearson III		
Tahun	Rerata	Sentani	Waena
1.001	77.7334	68.545	81.669
5	142.3811	147.876	152.220
10	159.2229	170.443	170.775
25	179.3738	198.302	193.049
50	193.7290	218.678	208.961
100	207.5914	238.746	224.360
200	252.0667	305.521	239.512
500	287.2331	360.660	313.352



Gambar 10. Perbandingan HSS Nakayasu terhadap HSO Collins.



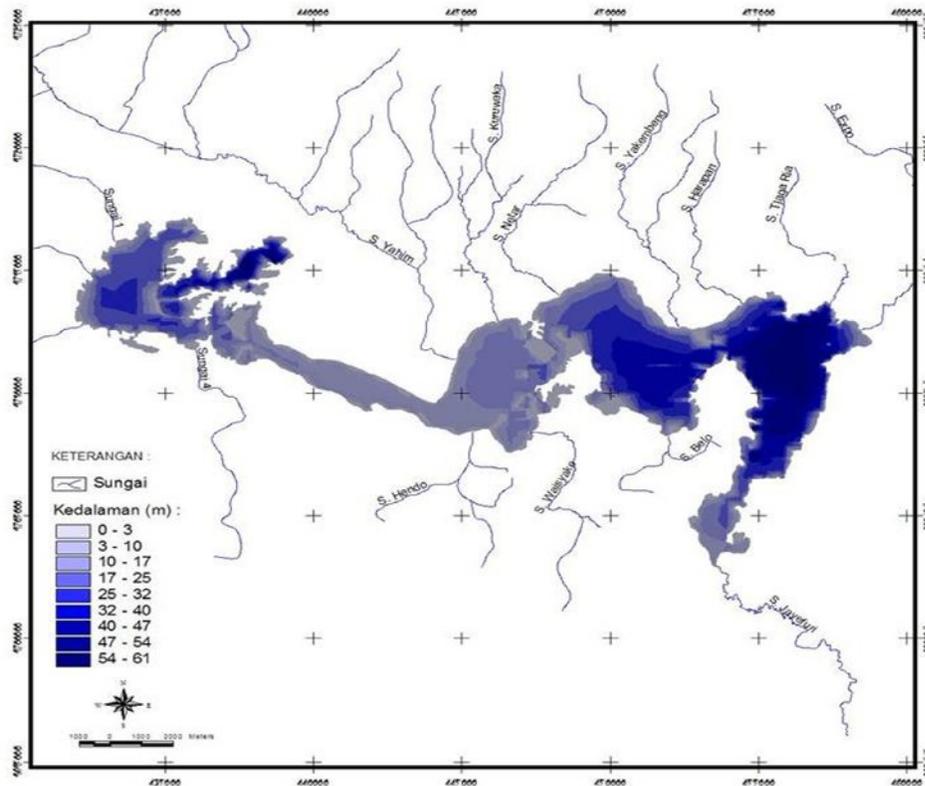
Gambar 11. Hidrograf inflowb Danau Sentani

Flood Routing Medote Muskingum

I_1 dan I_2 diketahui dari hidograf debit masuk ke danau jika periode penelusuran Δt telah ditentukan. S_1 merupakan tampungan danau pada permulaan periode penelusuran yang diukur dari datum *outlet*. Hasil pengukuran batimetri yang telah dilaksanakan dapat dilihat pada Gambar 12. Dari Gambar 12 dapat teridentifikasi kedalaman dan luasan pada setiap gradasi

warna. Kemudian luasan pada setiap kedalaman dihitung dengan persamaan perhitungan volume tampungan sehingga dapat diperoleh hubungan antara elevasi, luas daerah genangan dan volume tampungan yang ditunjukkan pada Gambar 13.

Dari hasil analisis perhitungan dapat diketahui kedalaman maksimum Danau Sentani pada tahun 2012 pada elevasi

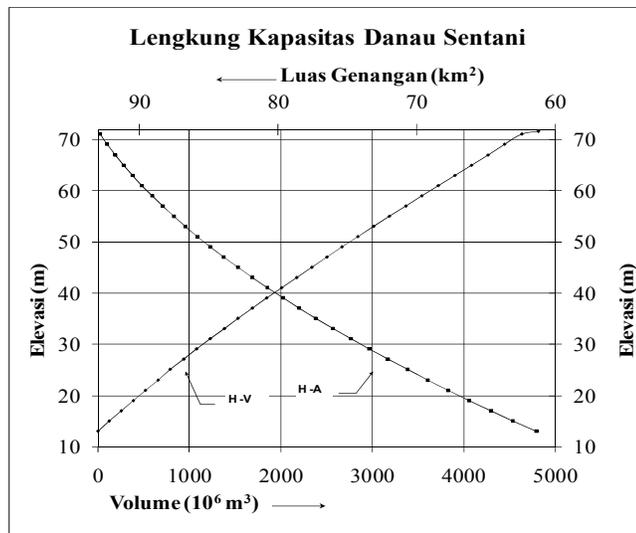


Gambar 12. Hasil analisis data spasial

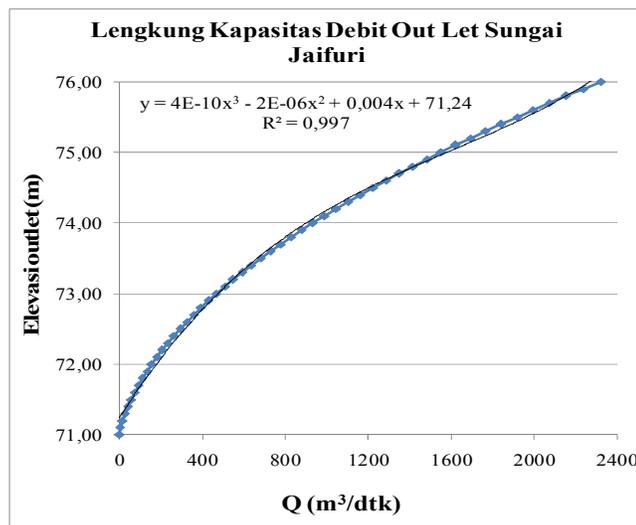
+71,66 m dan elevasi terdalam pada elevasi +13,05 m sehingga, kedalaman Danau Sentani paling dalam adalah 58,61 m dan volume danau pada tahun 2012 sebesar 4.821,5 juta m³.

Dengan metode Muskingum dan dari data hidrograf inflow banjir (Gambar 11) hasil perhitungan data Q1, lengkung kapasitas debit outlet (Sungai Jaifuri) pada Gambar 14 sebagai data Q2 dan lengkung kapasitas volume Danau Sentani sebagai nilai S pada Gambar 13, maka dapat diperhitungkan debit banjir akibat tampungan Danau Sentani di outlet pada setiap periode kala ulang.

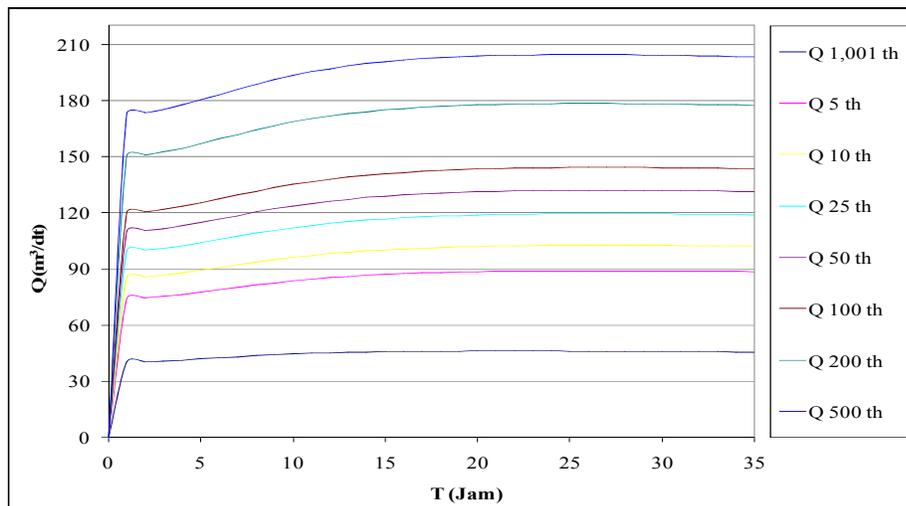
Dari hasil perhitungan penelusuran banjir metode Muskingum debit puncak banjir di outlet Danau Sentani pada kala ulang 2 tahun adalah 26,8 m³/det, kala ulang 5 tahun sebesar 108,2 m³/det, kala ulang 10 tahun sebesar 125,9 m³/det, kala ulang 25 tahun sebesar 148,4 m³/det, kala ulang 50 tahun sebesar 165,1 m³/det, kala ulang 100 tahun sebesar 181,7 m³/det, kala ulang 200 tahun sebesar 198,1 m³/det dan kala ulang 500 tahun sebesar 219,9 m³/det. Nilai-nilai ini kemudian dimasukkan pada grafik untuk membentuk hidrograf banjir rancangan di outlet Danau Sentani pada Gambar 15.



Gambar 13. Hubungan elevasi, areal genangan dan volume tampungan Danau Sentani.



Gambar 14. Lengkung kapasitas outlet Danau Sentani (Sungai Jaifuri)



Gambar 15. Hidrograf outflow banjir Danau Sentani

Analisis Debit Andalan

Curah Hujan Andalan 90%

Curah hujan rerata bulanan juga didapatkan dari stasiun pengamatan hujan Sentani. Curah hujan rerata bulanan dihitung selama 11 tahun (2000 - 2011). Data dirata-rata menjadi 10 harian dalam satu bulan selama 11 tahun. Data curah hujan rerata bulanan dengan periode 10 harian kemudian diranking dari rendah ke tinggi pada setiap periode. Sehingga, data tersebut dapat dinilai dari probabilitas 90% yaitu pada urutan 2 dari atas data teranking. Tabel 5. Menunjukkan bahwa untuk debit andalan 90% adalah sebesar 13,3 mm, untuk debit andalan 80% sebesar 18,9 mm, untuk debit andalan 50% sebesar 43,1 mm, debit andalan 75% sebesar 57,4 mm dan untuk debit andalan 25% sebesar 99,2 mm.

Evapotranspirasi

Perhitungan evapotranspirasi dapat dilihat pada Tabel 6 dan sebagai input data terdiri dari data kecerahan matahari, suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan angin yang didapat dari stasiun klimatologi Sentani.

Debit Andalan 90%

HSS dikembangkan berdasarkan pemikiran bahwa pengalih ragam hujan menjadi aliran baik akibat translasi maupun tumpungan dipengaruhi oleh sistem daerah pengalirannya. Hanya saja sering kali HSS dipergunakan dalam mencari debit rancangan karena membutuhkan pola debit pada setiap jamnya (Limantara, 2010). Menurut definisi HSS adalah hidrograf limpasan langsung (tanpa aliran dasar) yang

Tabel 5. Debit andalan rata-rata

No. Urut	Hujan Rerata (mm)	Probabilitas
1	6,5	
2	13,3	90%
3	18,9	80%
4	28	
5	34,9	
6	43,1	75%
7	49,5	
8	57,4	50%
9	71,3	
10	99,2	25%
11	136,4	

tercatat di ujung hilir DAS yang ditimbulkan oleh hujan efektif sebesar satu satuan (1 mm, 1 cm, dst) yang terjadi secara merata di seluruh DAS dengan intensitas tetap dalam suatu satuan waktu tertentu (Natakusumah, 2010).

Analisis debit inflow menggunakan metode HSS Nakayasu, hanya saja data yang dipergunakan adalah curah hujan andalan dengan keandalan 90% yaitu 13,3 mm. Curah hujan andalan 90% tersebut dikonversi menjadi data debit dan dianalisis pula debit pada setiap jamnya. Kemudian

hujan andalan tersebut perlu dikurangkan akibat evapotranspirasi yang terjadi pada saat terjadinya hujan. Sehingga, data yang dimasukkan dalam perhitungan debit andalan adalah sebesar $13,3 - 0,22 = 13,1$ mm, dan untuk grafik debit dapat dilihat pada Gambar 16. Berdasarkan hasil perhitungan diketahui debit maksimum dengan hujan 90% adalah sebesar $65 \text{ m}^3/\text{det}$ pada jam ke 6 dan pada jam ke 24 air masih belum surut atau masih tertahan pada tampungan danau yaitu sebesar $9,7 \text{ m}^3/\text{det}$.

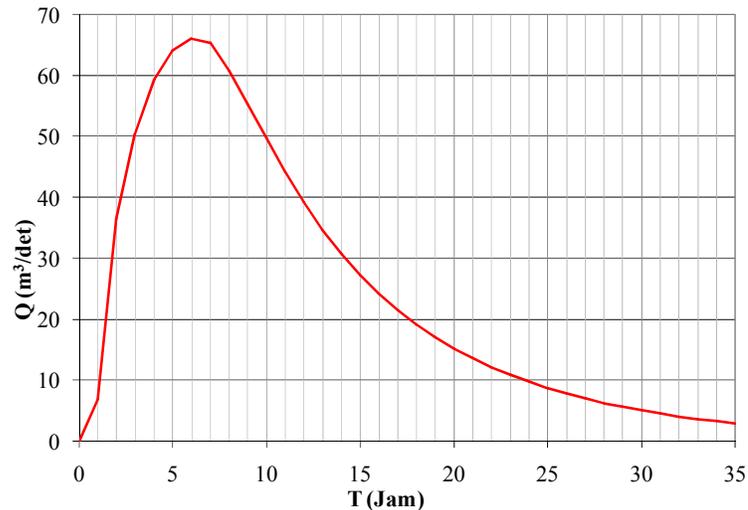
Tabel 6. Perhitungan evapotranspirasi metode Penman

Parameter	Satuan	Bulan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
Data													
1. Temperatur, t	°C	32,35	31,56	32,10	32,37	32,21	31,75	31,66	31,79	32,00	32,60	32,75	32,43
2. Kelembaban relatif, RH	%	83,27	82,09	83,36	83,45	85,18	83,45	83,82	83,45	82,73	80,73	82,91	82,73
3. Kecerahan matahari, n/N	%	49,36	37,55	39,55	56,09	52,45	47,45	49,64	52,82	59,64	54,09	47,55	41,27
4. Kecepatan angin, u	km/jam	6,73	6,82	6,82	5,82	5,18	5,27	5,18	5,45	5,64	6,00	6,18	6,55
	m/dt	1,87	1,89	1,89	1,62	1,44	1,46	1,44	1,52	1,57	1,67	1,72	1,82
Perhitungan													
1. w	mbar	0,82	0,81	0,82	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81	0,82	0,82	0,82	0,82
2. Angka angot, Ra	mm/hr	16,03	16,08	15,52	14,47	13,17	12,50	12,79	13,76	14,92	15,77	15,95	15,93
3. Radiasi gel. Pendek, Rs	mm/hr	8,28	7,28	7,20	8,00	7,02	6,33	6,63	7,37	8,53	8,55	8,08	7,53
4. Fungsi suhu, f(t)		17,27	16,31	17,22	17,28	17,24	17,14	17,12	17,15	17,20	17,33	17,36	17,29
5. Tekanan uap jenuh, ea	mbar	48,05	37,81	47,44	48,09	47,70	46,60	46,40	46,71	47,21	48,63	49,00	48,22
6. Tekanan uap nyata, ed	mbar	40,01	31,04	39,55	40,14	40,63	38,89	38,90	38,98	39,05	39,26	40,63	39,89
7. Fungsi tekanan uap, f(ed)		0,06	0,09	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06
8. Fungsi kecerahan matahari, f(n/N)		0,54	0,44	0,46	0,60	0,57	0,53	0,55	0,58	0,64	0,59	0,53	0,47
9. Radiasi gel. panjang, Rn1		0,58	0,68	0,50	0,64	0,59	0,59	0,61	0,64	0,71	0,65	0,55	0,51
10. Fungsi angin, f(u)	m/dt	0,71	0,71	0,71	0,65	0,61	0,61	0,61	0,62	0,64	0,66	0,67	0,69
11. Evapotranspirasi, Eto*	mm/hr	5,64	4,79	5,03	5,32	4,61	4,26	4,39	4,87	5,59	5,83	5,53	5,26
12. Angka koreksi, c		1,10	1,10	1,00	1,00	0,95	0,95	1,00	1,00	1,10	1,10	1,15	1,15
13. Evapotranspirasi potensial, Eto	mm/hr	6,20	5,27	5,03	5,32	4,38	4,04	4,39	4,87	6,15	6,42	6,36	6,05
14. Evapotranspirasi potensial, Eto	mm/jam	0,26	0,22	0,21	0,22	0,18	0,17	0,18	0,20	0,26	0,27	0,27	0,25
Eto rerata	mm/jam	0,22											

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan Perhitungan :

1. Hubungan Suhu (t) dengan Nilai ea (mbar), w, (1-w) dan f(t)
2. Besaran nilai angot (Ra) dalam evaporasi ekuivalen (mm/hari)
3. $(0,25+0,54n/N)Ra$
4. Hubungan Suhu (t) dengan nilai ea (mbar), w, (1-w) dan f(t)
4. Hubungan Suhu (t) dengan nilai ea (mbar), w, (1-w) dan f(t)
6. ea x RH
7. $0,34 - 0,044ed^{0,5}$
8. $0,1 + 0,9n/N$
9. $f(t) \times f(ed) \times f(n/N)$
10. $0,27(1 + 0,864u)$
11. $w(0,75Rs - Rn1) + (1 - w) \times F9u \times (ea - ed)$
12. Besaran angka Koreksi
13. $c \times Eto^*$
14. $[13] \times 24$



Gambar 16. Debit Akibat Hujan Andalan 90%

PEMBAHASAN

Fungsi Detensi Danau Sentani

Fungsi detensi pada studi ini, dititikberatkan pada pengaruh tampungan Danau Sentani terhadap penurunan debit puncak banjir yang terjadi akibat hujan rancangan pada periode tertentu. Dari hasil perhitungan pada Gambar 11 sebagai input data debit inflow debit banjir dan Gambar 14 sebagai hasil penelusuran banjir akibat fungsi tampungan Danau Sentani, maka dapat diperhitungkan penurunan debit puncak banjirnya dengan membagi selisih antara debit inflow dan debit outflow dengan debit inflow banjir Danau Sentani.

Tabel 7 menjelaskan bahwa reduksi banjir yang terjadi pada periode banjir 1 tahun (Q_{1thn}) adalah sebesar 88,14% dengan kedalaman di bagian *outflow* 0,89 m. Reduksi banjir yang terjadi pada periode banjir 5 tahun (Q_{5thn}) adalah sebesar 89,0% dengan kedalaman dibagian *outflow* 0,94 m. Reduksi banjir yang terjadi pada periode banjir 10 tahun (Q_{10thn}) adalah sebesar 89,0% dengan kedalaman di bagian *outflow* 0,95 m. Reduksi banjir yang terjadi pada periode banjir 25 tahun (Q_{25thn}) adalah sebesar 89,0% dengan kedalaman dibagian *outflow* 0,97 m. Reduksi banjir yang terjadi pada periode banjir 50 tahun (Q_{50thn}) adalah sebesar 89,0% dengan kedalaman di bagian *outflow* 0,98 m. Reduksi banjir yang terjadi pada periode banjir 100 tahun (Q_{100thn}) adalah sebesar 89,0% dengan

kedalaman di bagian *outflow* 0,99 m. Reduksi banjir yang terjadi pada periode banjir 200 tahun (Q_{200thn}) adalah sebesar 88,7% dengan kedalaman di bagian *outflow* 1,03 m. Reduksi banjir yang terjadi pada periode banjir 500 tahun (Q_{500thn}) adalah sebesar 88,6% dengan kedalaman di bagian *outflow* 1,05 m. Sehingga didapatkan rerata reduksi banjir akibat tampungan Danau Sentani adalah 88,8%. Hasil tersebut mendekati dengan penelitian sebelumnya dengan besar reduksi banjir 86 % (Fauzi, 2014)

Hasil analisis pada setiap kala ulang rata-rata menghasilkan reduksi yang hampir sama yaitu kisaran 88%. Hal ini disebabkan pengaruh tampungan Danau Sentani yang besar yaitu sebesar 4.821,5 juta m^3 . Berbeda halnya dengan pengaruh besar reduksi banjir pada skala tampungan kecil, seperti waduk dengan tampungan rata-rata 25 juta m^3 perbedaan reduksi pada setiap kala ulang akan lebih signifikan. Pengaruh besar tersebut akan terlihat pada saat analisis *flood routing*.

Berbeda halnya dengan reduksi yang dihitung secara keseluruhan waktu terjadi banjir pada masing-masing kala ulang akan menghasilkan nilai reduksi rata-rata sebesar 62,3%, perhitungan dapat dilihat pada Tabel 8. Perhitungan rata-rata dihentikan rata-rata pada jam ke 26 karena pada jam tersebut debit air sudah mulai konstan.

Tabel 7. Persentase reduksi debit puncak akibat tampungan Danau Sentani

Periode	Inflow (m3/det)	Outflow (m3/det)	F. Detensi %	H (air) Jaifuri (m)
Q2thn	389.0	46.1	88.14%	0.897
Q5thn	810.7	89.0	89.02%	0.939
Q10thn	934.0	102.6	89.01%	0.953
Q25thn	1086.7	119.5	89.00%	0.970
Q50thn	1200.3	132.0	89.01%	0.982
Q100thn	1311.6	144.2	89.01%	0.994
Q200thn	1582.2	178.4	88.72%	1.027
Q500thn	1798.3	204.5	88.63%	1.053
Rata-rata			88.82%	

Tabel 8. Persentase penurunan debit banjir akibat tampungan Danau Sentani

t	Q1,001thn	Q5 thn	Q10 thn	Q25 thn	Q50 thn	Q100 thn	Q200 thn	Q500 thn
0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1	81.3%	81.9%	81.8%	81.8%	81.8%	81.8%	81.7%	81.7%
2	86.7%	87.2%	87.2%	87.2%	87.2%	87.2%	87.0%	86.9%
3	88.6%	89.2%	89.2%	89.2%	89.2%	89.2%	89.0%	88.9%
4	89.1%	90.1%	90.1%	90.0%	90.1%	90.1%	89.7%	89.6%
5	89.1%	90.3%	90.3%	90.3%	90.3%	90.3%	89.9%	89.8%
6	88.6%	90.1%	90.1%	90.1%	90.1%	90.1%	89.7%	89.6%
7	87.3%	89.3%	89.3%	89.3%	89.3%	89.3%	88.8%	88.7%
8	85.4%	88.2%	88.2%	88.2%	88.2%	88.2%	87.6%	87.4%
9	83.1%	86.7%	86.7%	86.8%	86.8%	86.8%	86.0%	85.8%
10	80.2%	85.0%	85.0%	85.0%	85.0%	85.1%	84.1%	83.8%
11	76.7%	82.9%	82.9%	83.0%	83.0%	83.0%	81.8%	81.5%
12	72.6%	80.6%	80.6%	80.6%	80.7%	80.7%	79.2%	78.8%
13	67.8%	77.9%	77.9%	78.0%	78.0%	78.1%	76.2%	75.8%
14	62.3%	74.8%	74.9%	75.0%	75.1%	75.1%	72.9%	72.3%
15	56.1%	71.4%	71.5%	71.6%	71.7%	71.8%	69.1%	68.4%
16	49.0%	67.6%	67.7%	67.9%	68.0%	68.1%	64.9%	64.1%
17	41.1%	63.4%	63.5%	63.7%	63.8%	63.9%	60.2%	59.3%
18	32.1%	58.7%	58.8%	59.0%	59.2%	59.3%	55.0%	53.9%
19	22.2%	53.4%	53.6%	53.9%	54.1%	54.2%	49.2%	47.9%
20	11.1%	47.6%	47.9%	48.2%	48.4%	48.5%	42.8%	41.3%
21	1.3%	41.2%	41.4%	41.8%	42.0%	42.3%	35.6%	33.9%
22		34.0%	34.3%	34.7%	35.0%	35.3%	27.7%	25.7%
23		26.1%	26.4%	26.9%	27.2%	27.5%	18.9%	16.6%
24		17.2%	17.6%	18.2%	18.6%	18.9%	9.1%	6.4%
25		7.5%	7.9%	8.5%	8.9%	9.3%	1.8%	4.8%
26		3.4%	2.9%	2.2%	1.7%	1.3%		
Rerata	61.4%	62.4%	62.5%	62.6%	62.7%	62.8%	62.2%	61.6%

Sumber : Hasil Perhitungan

Fungsi Retensi Danau Sentani

Fungsi retensi pada studi ini dititik beratkan pada pengaruh tampungan Danau Sentani terhadap besar volume yang tertahan akibat morfologi danau. Danau Sentani secara fisik, nampak seperti *long storage* sehingga, waktu dalam melewati air

mempunyai waktu konsentrasi yang lama. Simulasi dilakukan pada debit andalan 90 % yang sudah dihitung menjadi yang didapatkan dari hujan andalan 90% .

Hasil perhitungan debit andalan 90% diperhitungkan dengan menggunakan metode Muskingum seperti analisis

sebelumnya, sehingga terjadi penurunan debit pada hujan andalan 90% yang dipresentasikan pada Gambar 17.

Gambar 17 menggambarkan perpotongan grafik antara hidrograf debit inflow akibat hujan andalan 90% dengan hidrograf debit outflow akibat tampungan yang terjadi. Luasan perpotongan tersebut merupakan volume air yang tertahan terhadap fungsi waktu tertentu (lebih besar dari 24 jam) yang dapat dipergunakan untuk keperluan tertentu sebagai batas pemakaian air agar tidak terjadi surplus. Volume yang dapat dipergunakan tersebut dapat diperhitungkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \sum \text{Kotak (Perpotongan Grafik)} \times \\ &\quad \text{Unit nilai 1 kotak} \\ &= 66 \times 10 \times 1 \text{ jam} = 660 \text{ m}^3 \cdot \text{jam} \\ &= 660 \times 3.600 = 2.376.000 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dengan diketahui volume dalam waktu 1 hari maka dapat diketahui debit yang bisa dimanfaatkan untuk PLTA :

$$\begin{aligned} \text{Debit Air} &= 2.376.000 / (3.600 \times 24) \\ &= 27,5 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan arus air (V)} &= (2 \cdot g \cdot h)^{0,5} \\ &= (2 \times 9,81 \times 50)^{0,5} = 31,32 \text{ m/det} \end{aligned}$$

(dengan asumsi perencanaan tinggi terjun air 50 m).

Debit air yang masuk corong adalah 27,5 m³/det, BJ air = 1.000 kg/m³, (massa m = 27.500 kg/det). Dengan kecepatan 31,3 m/det, tenaga kinetik air yang dihasilkan adalah = 1/2 m · V² = 1/2 × 27.500 × 31,32² = 13,5 MW.

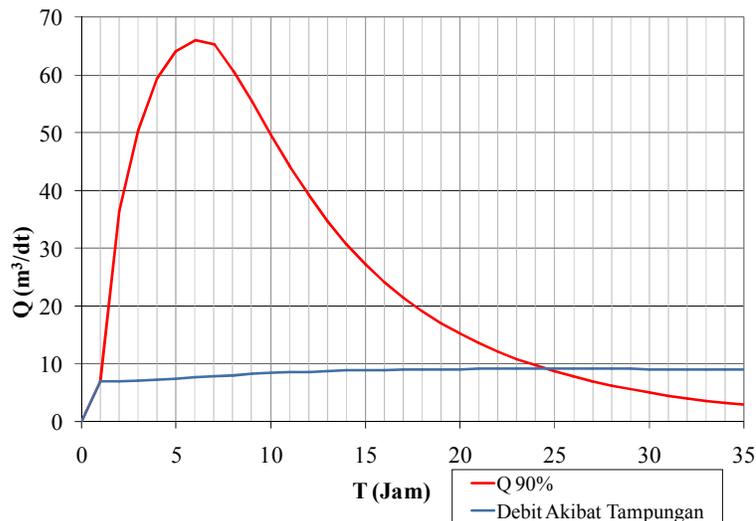
KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Kapasitas tampungan Danau Sentani pada hasil pengukuran adalah sebesar 4.821,4 juta m³.
2. Fungsi detensi Danau Sentani khususnya dalam mereduksi puncak banjir rata-rata dari kala ulang 2 thn, 5 thn, 10 thn, 25 thn, 50 thn, 100, thn 200 thn dan 500 thn adalah sebesar 88,2%. Diperoleh reduksi sebesar 62,3% untuk rerata reduksi banjir dari awal hujan hingga debit konstan.
3. Fungsi retensi Danau Sentani khususnya dalam kemampuan menampung sementara volume air akibat hujan andalan 90% sebesar 2.376.000 m³ selama 24 jam, mempunyai potensi pemanfaatan untuk PLTA dengan desain tinggi terjun air 50 m dan debit desain 27,5m³/det sebesar 13,5 MW.

Saran

1. Perlunya kajian dalam konservasi Danau Sentani dalam melestarikan lingkungan khususnya fungsi tampungan.
2. Dengan curah hujan yang tinggi, bahaya erosi sangat berpengaruh terhadap fungsi tampungan dan perlu adanya studi lebih lanjut.
3. Perlu adanya kajian lebih lanjut dalam pemanfaatan fungsi retensi khususnya pada bidang PLTA maupun kebutuhan air domestik.



Gambar 17. Debit andalan 90% yang tertahan akibat fungsi tampungan Danau Sentani

4. Pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap erosi dan debit banjir perlu diperhatikan dan dikendalikan oleh dinas yang mengelola.

DAFTAR PUSTAKA

- Bapedalda dan LPM ITB. 2004. Studi Ekosistem Kawasan Danau Sentani. Bapedalda. Jayapura
- BPPD. 2006. Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Jayapura Tahun 2006 - 2026, Badan Perencanaan Pembangunan Daerah, Jayapura.
- BPS. 2011. Jayapura Dalam Angka. Badan Pusat Statistik. Jayapura.
- BWS. 2012. Kajian Permasalahan Lindungan Untuk Keber-langsungan Lingkungan Danau Sentani, Balai Wilayah Papua, Jayapura.
- DPU. 2007. Master Plan dan Detail Desain Operasi dan Pemeliharaan Danau Sentani, Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Papua, Jayapura.
- Fauzi, Mohammad. 2014. Kajian Kemampuan Maksimum Danau Sentani dalam Mereduksi Banjir di DAS Sentani. Tesis, Universitas Brawijaya Malang.
- Hendra, S., & Lismining. 2009. Kelimpahan dan Komposisi Fitoplankton di Danau Sentani, Papua
- Limantara, L.M., 2010. Hidrologi Praktis. Bandung: CV.Lubuk Agung.
- Natakusumah, D., 2012. Prosedur Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis dengan Cara ITB dan Beberapa Contoh Penerapannya.
- Soemarto, C.D., 1995. Hidrologi Teknik, Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Soewarno. 1995. Hidrologi Aplikasi Metode. Statistik Jilid 1, Penerbit Nova, Bandung.