

PEMODELAN PRIORITAS PEMANFAATAN POTENSI AIR SITU BERBASIS KONSERVASI SUMBERDAYA AIR

Iwan K. Hadihardaja¹
Lulu Zakiah²

ABSTRACT

Degradation function of Situ Gede (Lake Gede) becomes crucial at present time compared to its function at initial condition when it was used for tourism, irrigation, and raw water supply within an optimal use. The crucial aspects are related to the decreasing reliability of supply to Situ Gede and increasing sedimentation accumulation. The research concerns with various aspects due to the Situ Gede conservation and restoration that is aimed to increase the potential uses, based on the quantitative and qualitative model by using optimization technique and Analytic Hierarchy Process (AHP). The optimization technique is applied in order to evaluate the amount of monthly water availability within 3 scenarios i.e. tourism only (Scenario 1), tourism and irrigation (Scenario 2), and, tourism, irrigation and raw water (Scenario 3), respectively, based on the potency of Situ Gede itself, new additional supply from other sources, and additional supply from Galunggung Crater. In addition, based on simulation of accumulated sedimentation model, that is aimed to identify the effect of firm outflow change of Situ Gede Release, indicates the decrease of firm outflow around 0,5% annually. The priority order based on AHP evaluation shows that the the first priority is Scenario 1, the second is Scenario 3 and the third is Scenario 2. Those priorities based on various criterias such as Investment Cost and Operation Maintenance, Additional Supply Reliability to Situ Gede, and Sedimentation. Sensitivity analysis is also applied based on the weight change of each criteria in performing the shift possibilities due to the priority order.

Key Words : *Non Linear Programming Modeling, Simulation, Multi objective-Multi Criteria*

PENDAHULUAN

Sejalan dengan pesatnya pembangunan di berbagai sektor, maka tuntutan pemenuhan air berdasarkan waktu, ruang, jumlah dan mutu akan semakin meningkat. Sumber daya air di wilayah Kota Tasikmalaya antara lain berupa danau atau situ. Kota Tasikmalaya memiliki 6 buah Situ yang umumnya diperuntukkan untuk Irigasi, salah satu diantaranya adalah *Situ Gede*. Situ Gede saat ini mendapat suplesi dari saluran Cibajaran yang selain dimanfaatkan untuk mengairi sawah seluas 344 ha, juga dijadikan sebagai tempat objek wisata. Saat ini saluran tersebut kondisi fisiknya perlu adanya rehabilitasi saluran

akibat sedimen dan beberapa bangunan perlu direhabilitasi. Kondisi air saat ini kering, tidak ada air yang mengalir melalui saluran menuju ke Situ.

Maksud dari penelitian ini adalah mengidentifikasi kondisi fisik dan fungsi serta lingkungan dengan mengoptimalkan fungsi Situ Gede untuk penyediaan kebutuhan pariwisata, air irigasi dan air baku sebagai sumber daya air di Pusat Kegiatan Wilayah Tasikmalaya. Tujuannya adalah :

- Mengetahui potensi pemanfaatan pariwisata, irigasi dan air baku secara berkelanjutan dengan berdasarkan

¹ Staf akademik Departement Teknik Sipil, FTSP-ITB.

² Program S2 Magister Profesional Sumberdaya Air, Departemen Teknik Sipil, FTSP-ITB

- potensi situ sendiri maupun ada tambahan suplai air dari sumber air lain.
- Mengidentifikasi akumulasi sedimentasi yang terjadi pada kurun waktu yang ditinjau.
 - Mengkaji permasalahan dan penanganan secara kualitatif dalam rangka restorasi fungsi situ.
 - Menentukan prioritas fungsi berkaitan dengan pemberdayaan Situ Gede dalam rangka konservasi dan restorasi fungsi situ.
 - Mengembalikan dan meningkatkan fungsi Situ Gede di dalam bagian konservasi air di Kota Tasikmalaya.

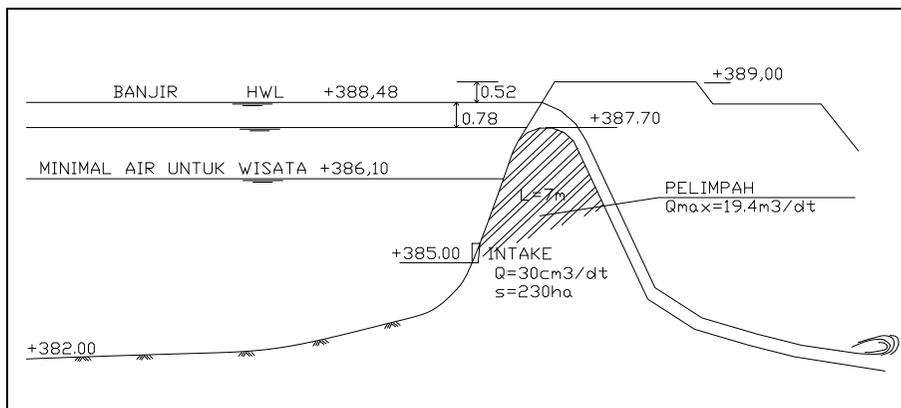
STUDI KASUS

Secara fisik kawasan Situ Gede mempunyai luas areal sebesar 47 ha berupa Situ (Danau) dan ± 53 ha berupa tanah daratan/perbukitan milik masyarakat. Inlet ke Situ Gede adalah saluran Cibanjaran

dengan panjang saluran 6 km. Dimensi saluran $B = 1,5$ m dan $h = 1$ m.

Situ Gede mempunyai potensi yang dapat dioptimalkan, diantaranya : pengairan, perikanan, wisata dan olahraga. Sejak meletusnya Gunung Galunggung (1982), Situ Gede tertimbun sedimen, sehingga situ menjadi dangkal dan potensi Situ Gede kurang dimanfaatkan secara optimal. Mata air yang ada di situ tertutup oleh sedimen. Tebal sedimen yang mengendap diperkirakan 1,5 m.

Dalam rangka penanganan Situ Gede, dilakukan studi terutama untuk pengairan, studi analisa laju sedimen dari tahun ke tahun, analisa kesetimbangan situ (mass balance), penanganan sedimen dan gulma air, serta perencanaan bangunan-bangunan pengairan. Kapasitas Tampung Situ Gede pada kondisi penuh memiliki *volume ± 1,50 juta m³* (lihat **Gambar 1**).



Gambar 1. Elevasi Muka Air Situ Gede untuk Kegiatan Kepariwisataan

Tampungan air hujan yang masuk ke dalam danau kawah Gunung Galunggung sebelum dibangun terowongan (tahun 1995) pernah mencapai ± 10 (sepuluh) juta m³ pada elevasi +1.111,70 m dpl dan terjadi pada Bulan Juli 1995. Pada tahun 2000 dibangun pintu pengatur air pada terowongan inlet dasar, tetapi sampai saat ini belum berfungsi secara baik. Setelah dibangun

terowongan sampai tahun 2003 volume air yang tertampung hanya 750 m³ saja (Sumber JICA) dan keluar secara bebas ke Sungai Cikunir. Diharapkan pada musim hujan dimana masyarakat tidak membutuhkan air, pintu terowongan dapat ditutup sehingga air hujan dapat ditampung sebanyak-banyaknya sesuai kemampuan yang ada.

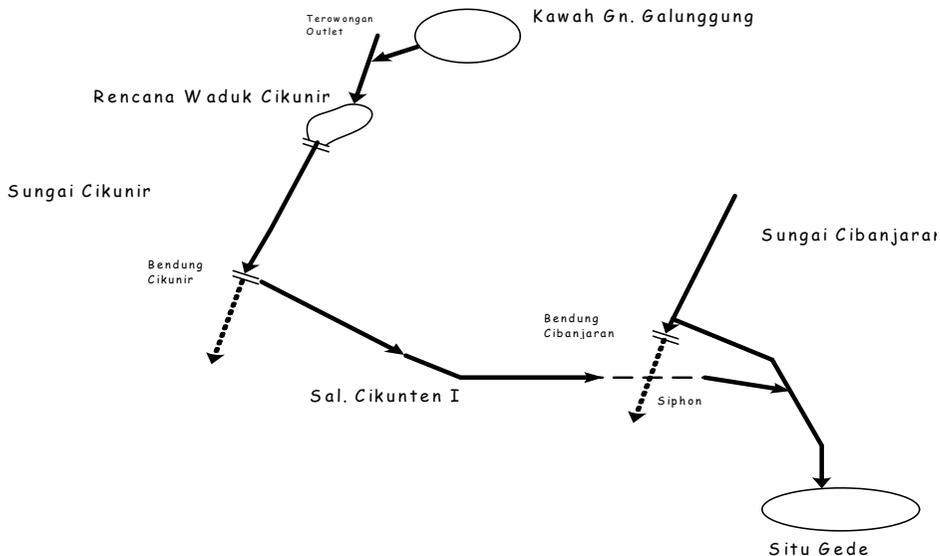
SKENARIO PENGEMBANGAN SKALA PRIORITAS KONSERVASI AIR SITU GEDE

Dalam mengkaji optimalisasi pemanfaatan air Situ Gede, formulasi pemodelan dan penerapannya dikembangkan dengan menggunakan program non linier dengan 3 skenario fungsi untuk *meminimalkan total release*, dan *memaksimalkan minimum release* dengan mempertimbangkan laju sedimen yang masuk ke Situ Gede sesuai dengan kemungkinan rencana pemanfaatan dengan menitikberatkan kepada konservasi Situ Gede tersebut. Simulasi dalam pemodelan yang berkaitan dengan sedimentasi di Situ, dilakukan dengan mempertimbangkan besarnya laju sedimen yang masuk ke situ secara linier dari waktu ke waktu. Lebih lanjut lagi simulasi ini dilakukan untuk melihat perubahan *firm outflow (release)* dari Situ Gede yang kemungkinan dapat dimanfaatkan.

Model Optimasi dan Asumsi Sistem yang Ditinjau

Formulasi pemodelan matematika ini terdiri dari *fungsi tujuan* dan *fungsi kendala* yang dikembangkan dan diterapkan serta diasumsikan sama seperti *regulated reservoir*. Hal ini dimaksudkan untuk melihat seberapa besar potensi pemanfaatan air situ secara optimal dan berkelanjutan terutama pada saat periode musim kering (untuk R_{80} dan R_{95}). Fungsi tujuan yang pertama terdiri dari 3 skenario optimasi potensi untuk R_{80} dan R_{95} (PT. Aditya Engineering Consult, cv., 2003) dengan pola distribusi seperti dalam **Gambar 2.:**

1. Untuk memenuhi kegiatan pariwisata tanpa adanya suplai dari sumber air yang lainnya.
2. Untuk memenuhi kebutuhan pariwisata dan irigasi dengan dukungan sumber air lainnya secara minimum.
3. Untuk memenuhi kebutuhan pariwisata dan irigasi dengan dukungan sumber air lainnya berkaitan dengan pengembangan kawah Gunung Galunggung



Gambar 2. Rencana Pola Distribusi Berdasarkan Skenario 3

Untuk fungsi tujuan *meminimalkan total release*, yang diterapkan untuk skenario 1, 2 dan 3 berturut-turut, dapat ditulis dalam bentuk persamaan matematik dengan program non linier adalah sebagai berikut (Wurbs, 1996) :

Fungsi tujuan :

$$\text{Min Total Release} = \sum_{t=1}^{12} R_t \dots\dots\dots (1)$$

Dengan **Fungsi Kendala** sebagai berikut:

$$S_t = S_{t-1} + I_t - Ev_t - R_t - Ir_t \dots\dots\dots (2)$$

dimana : t=1,...,12

$$S_t \geq S_{\min} \dots\dots\dots (3)$$

$$S_t \leq S_{\max} \dots\dots\dots (4)$$

$$S_{12} \geq S_0 \dots\dots\dots (5)$$

$$R_t \geq 0 \dots\dots\dots (6)$$

Fungsi kendala pada **Persamaan 1**, yang berlaku adalah interval waktu t = 1, ,12, yang menunjukkan pengoperasian bulanan dan dengan asumsi bahwa laju sedimen yang masuk ke dalam situ diabaikan. Untuk fungsi tujuan pertama dalam Skenario 3, maka **Persamaan 6** berubah menjadi:

$$R_t \geq Ir_t \dots\dots\dots (7)$$

dengan Ir_t adalah kebutuhan air irigasi. Sedangkan untuk fungsi tujuan *memaksimalkan minimum release* dapat dituliskan sebagai berikut:

Fungsi tujuan :

$$\text{Max Min } R_t \text{ dimana } t = 1, \dots, 2 \dots\dots\dots (8)$$

Khusus untuk fungsi kendala berkaitan dengan persamaan kestimbangan air situ, maka perlu ditambahkan volume sedimen (lihat **Persamaan 9**) yang akan mengurangi kapasitas volume situ seperti

yang tercantum dalam Hadihardaja, Fontane, dan Albertson (2001); Dan Hadihardaja (2004). **Fungsi Kendala** tersebut dapat di uraikan sebagai berikut :

$$S_t = S_{t-1} + I_t - Ev_t - R_t - Ir_t - Sd_t \dots\dots (9)$$

dimana t=1,..., 24

$$S_t \geq S_{\min} \dots\dots\dots (10)$$

$$S_t \leq S_{\max} \dots\dots\dots (11)$$

$$S_{24} \geq S_0 \dots\dots\dots (12)$$

$$R_t \geq 0 \dots\dots\dots (13)$$

Dimana :

S_t = Storage (volume tampungan) pada waktu ke t

S_{t-1} = Storage (volume tampungan) pada waktu ke t - 1 (bulan sebelumnya)

I_t = Inflow ke situ pada waktu ke t

Ev_t = Net Evaporasi pada waktu ke-t

R_t = Release yang dihasilkan dari situ pada waktu ke t

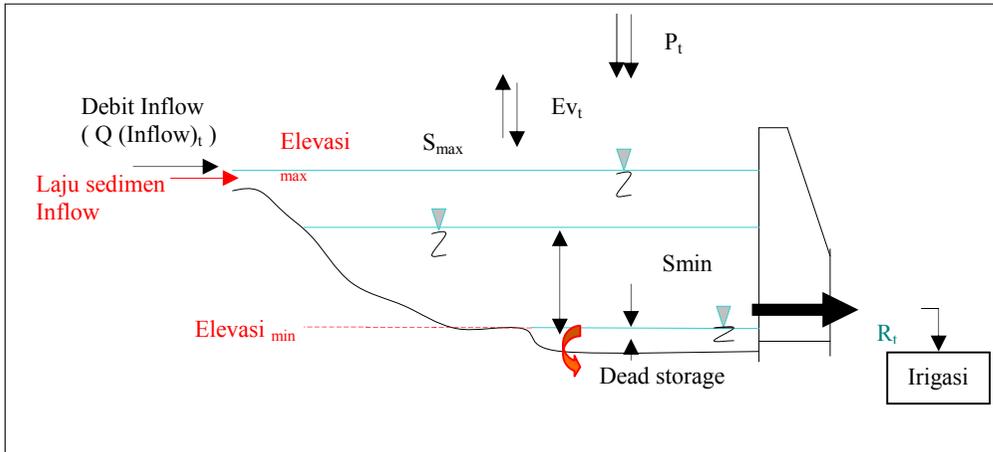
Ir_t = Kebutuhan Irigasi pada waktu ke-t

Sd_t = Laju sedimen inflow pada waktu ke-t

Fungsi tujuan kedua ini memuat pertimbangan jumlah sedimen yang masuk ke Situ Gede yang dinyatakan dengan S_d dalam **Persamaan 8**.

Unit satuan dalam persamaan kesetimbangan tersebut adalah dalam unit *volume*. Untuk kepentingan pariwisata maka S_{\min} dalam **Persamaan 3** dan **Persamaan 10** ditetapkan berdasarkan elevasi minimum berkaitan dengan kegiatan tersebut.

Dari ketiga skenario fungsi tujuan tersebut akan disimulasikan penurunan release (outflow) terhadap peningkatan atau akumulasi sedimentasi yang masuk ke situ. Ilustrasi kesetimbangan air dalam sistem situ disajikan seperti pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Diagram Pemodelan Kestimbangan Air pada Situ

Pemodelan Debit dan Laju Sedimen Inflow

Pemodelan sedimen layang yang kemudian terkonsolidasi dalam dasar situ digunakan hubungan non linier terhadap inflow sebagai independent variabel yang mempengaruhi besarnya laju sedimen. Pemodelan laju sedimen inflow pengertiannya dianggap sama dengan laju sedimen layang, dapat ditulis sebagai berikut:

$$Q(Sd)_t = aQ(Inflow)_t^b \dots\dots\dots(14)$$

Persamaan di atas merupakan *unbalanced equation* yang memiliki satuan yang tidak seimbang antara suku sebelah kiri dan kanan. Karena yang diketahui dalam observasi adalah laju sedimen setiap tahun, maka perlu suatu pengembangan model sedimen inflow tersebut, sehingga dapat diestimasi besaran sedimen dalam jangka waktu 2 minggu. Maksud dari pengembangan model adalah agar interval waktu laju sedimen sama dengan interval data inflow yang juga 2 minggu. Untuk itu diterapkan model optimasi program non linier sebagai berikut:

Hasil pemodelan optimasi juga dikembangkan dengan formulasi sebagai berikut:

Minimize Error =

$$\frac{1}{2} \left[\sum_{t=1}^{24} Qs(mod el)_t - \sum_{t=1}^{24} Qs(observasi)_t \right]^2 \dots\dots(15)$$

Dengan fungsi kendala sebagai berikut:

$$Qs(mod el)_t = aQ(inflow)_t^b \dots\dots(16)$$

dimana :

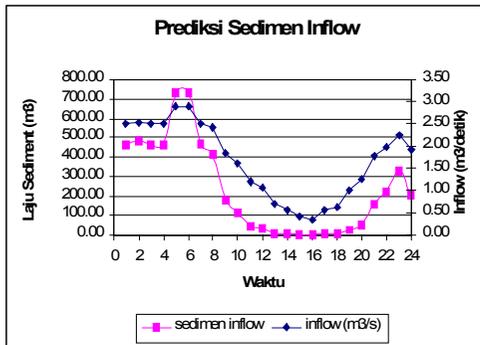
- Sd_t = Laju sedimen inflow pada waktu ke- t
- I_t = Debit inflow pada waktu ke- t
- a, b = Parameter model (variabel bebas)

Hasil Pemodelan Karakteristik Laju Sedimen dan Inflow

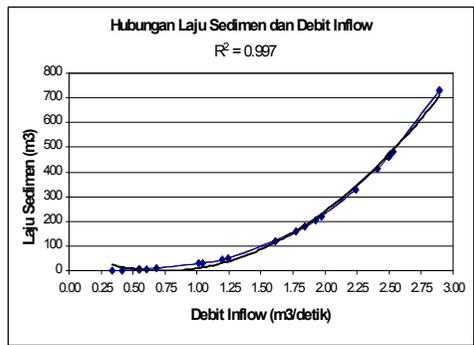
Dari hasil pemodelan sedimen dan inflow yang diterapkan dalam kasus ini, maka diperoleh hubungan antara keduanya sebagai berikut :

$$Qs(model)_t = 26,69535Q(inflow)_t^{3,114126} \dots\dots(17)$$

Dengan nilai korelasi sebesar 0.936205. Estimasi besarnya laju sedimen dan inflow dapat dilihat pada Gambar 4. (Data dapat dilihat padam Lapiroan)



(a)



(b)

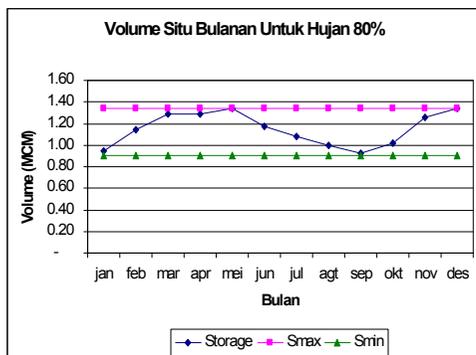
Gambar 4. (a) Prediksi sedimen dan (b) Korelasi Laju Sedimen dan Debit Inflow

Gambar 4 (a) menunjukkan estimasi pengukuran total (model) sedimen dalam setahun yang jumlahnya sama dengan jumlah total sedimen observasi.

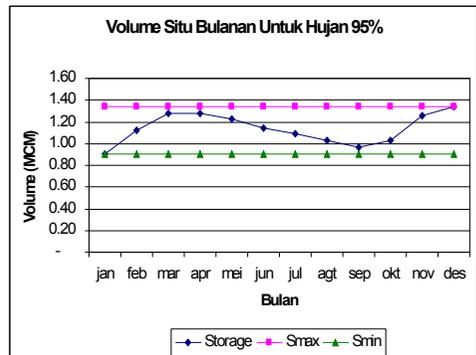
Karakteristik laju sedimen 2 mingguan ini sesuai dengan karakteristik inflow, berarti ada indikasi yang menunjukkan bahwa pada saat curah hujan besar maka jumlah sedimen yang terbawa relatif cukup besar juga. Serta, nilai korelasi yang ada ($R^2 = 0,997$) antara laju sedimen dan debit inflow yang disajikan pada **Gambar 4 (b)** menunjukkan hubungan yang kuat.

Hasil Pemodelan NLP (Non Linier Program) Skenario 1 dengan R80 dan R95

Berdasarkan curah hujan minimum dengan tingkat kehandalan 80% dan 95%, diperoleh besarnya volume air hujan yang dapat ditampung ke dalam situ sepanjang tahun pada saat 80% terlihat lebih besar dari volume tampungan saat hujan 95%. **Gambar 5** menunjukkan variasi volume tampungan Situ Gede bulanan untuk mempertahankan elevasi minimal air untuk pariwisata +386,10 m dpl, agar tetap konserv. Volume air Situ pada elevasi +386,10 m dpl adalah 899.339,40 m³ atau sekitar 900.000 m³.



(a)

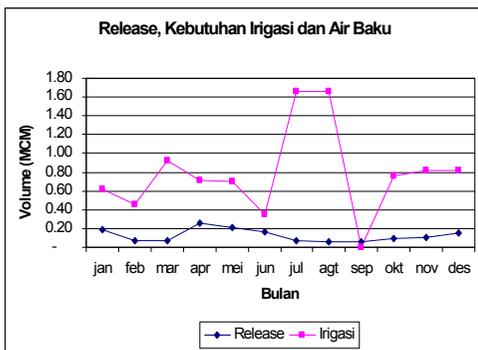


(b)

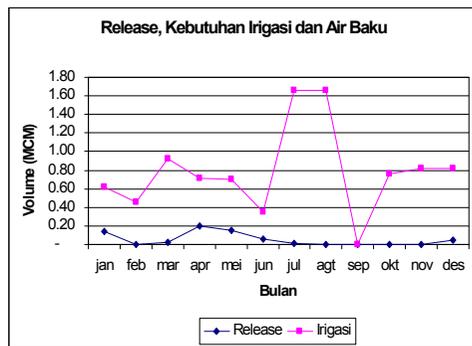
Gambar 5. Volume Situ Bulanan Berdasarkan Skenario 1(a) R80, dan (b) R95

Gambar 6 memperlihatkan saat Situ Gede tidak mendapat suplai air tambahan dari sumber air lain, maka kebutuhan air irigasi tidak dapat dipenuhi. Release dari Situ Gede sangat kecil selama musim periode kering. Berdasarkan simulasi tersebut maka release yang dihasilkan dari inflow R95 relatif lebih kecil daripada release yang dihasilkan dari inflow R₈₀. Sehingga, potensi sumber air yang mengandalkan Situ Gede tanpa adanya suplai air tambahan tidak akan memenuhi kebutuhan air irigasi seluas 230

Hektar. **Gambar 7** menunjukkan, shortage (kekurangan) air untuk pemenuhan kebutuhan air irigasi. Karena suplai air untuk pemenuhan air irigasi terutama pada saat hujan 95% adalah kecil, yang mengakibatkan release yang dihasilkan dari Situ Gede juga relatif kecil, maka sudah dipastikan bahwa irigasi tersebut memerlukan air lebih banyak (kekurangan air lebih banyak). Demikian juga, apabila dibandingkan dengan curah hujan R80.

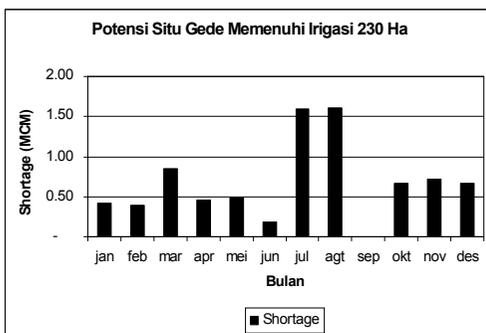


(a)

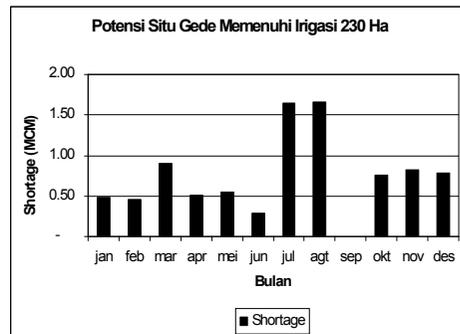


(b)

Gambar 6. Release dan Kebutuhan Irigasi Bulanan Berdasarkan Skenario 1(a) R80, dan (b) R95



(a)



(b)

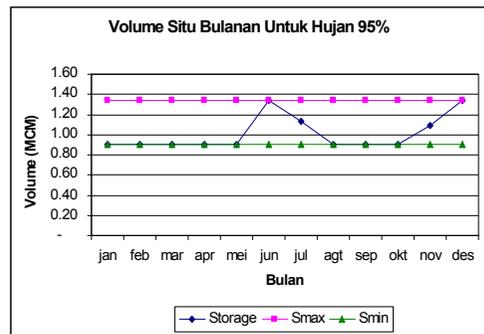
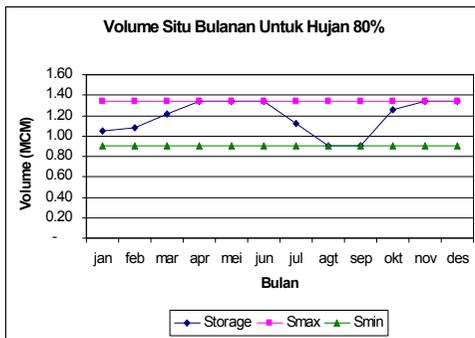
Gambar 7. Shortage (Kekurangan) Irigasi Berdasarkan Skenario 1(a) R80, dan (b) R95

Hasil Pemodelan NLP (Non Linier Program) Skenario 2 dengan R80 dan R95

Apabila irigasi juga menjadi prioritas setelah pariwisata, maka perlu adanya suplai tambahan untuk memenuhi kekurangan kebutuhan irigasi yang terjadi pada skenario

1 pada bahasan sebelumnya. Sehingga, dalam skenario 2 ini ingin diketahui lebih lanjut seberapa besar suplai tambahan minimum yang harus dipasok ke Situ Gede agar dapat memenuhi kekurangan kebutuhan irigasi tersebut. Sedangkan apabila terdapat kelebihan air setelah dimanfaatkan untuk pariwisata dan irigasi, maka kelebihan air tersebut dapat dimanfaatkan untuk air baku. **Gambar 8** menunjukkan potensi air Situ Gede untuk memenuhi kebutuhan pariwisata dan irigasi

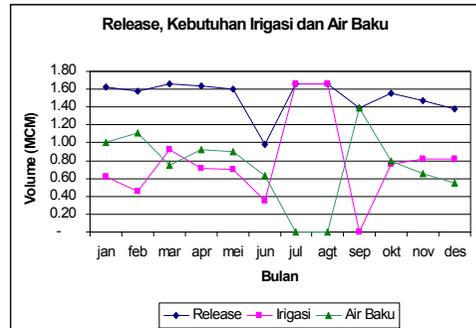
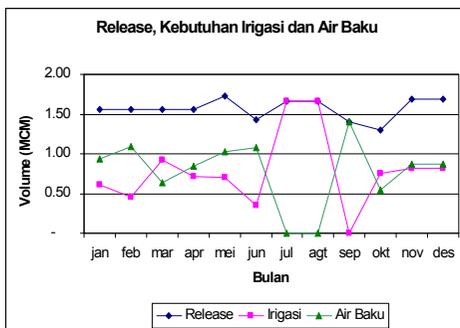
dengan dukungan sumber air lainnya secara minimum. Volume air yang dihasilkan dari Situ Gede paling minimum yang bisa dimanfaatkan untuk irigasi, dengan tetap mempertahankan air pada elevasi untuk air pariwisata. Yang perlu diperhatikan bahwa naik turunnya elevasi muka air situ relatif curam, yang dapat mengakibatkan timbulnya erosi tanah di disekitar dinding situ dan pada akhirnya mengendap sebagai sedimen.



(a) (b)
 Gambar 8. Volume Situ Bulanan Berdasarkan Skenario 2(a) R80, dan (b) R95

Release yang dihasilkan dari Situ Gede paling minimum, setelah mendapat suplai dari sumber air lainnya, bisa memenuhi kebutuhan irigasi berkisar $0,55 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan kelebihannya juga dapat memenuhi

kebutuhan air baku. Namun perlu diperhatikan bahwa pada bulan Juli dan Agustus, relatif tidak ada kelebihan air yang dapat dimanfaatkan untuk air baku (lihat **Gambar 9**).



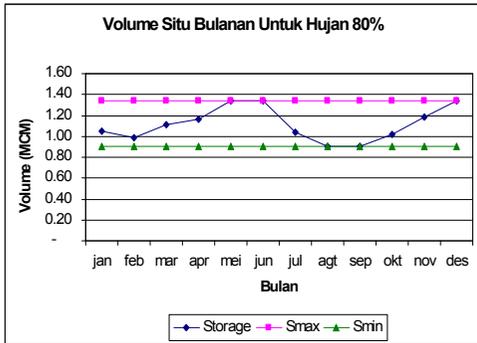
(a) (b)
 Gambar 9. Release dan Kebutuhan Irigasi Bulanan Berdasarkan Skenario 2(a) R80, dan (b) R95

Hasil Pemodelan NLP (Non Linier Program) Skenario 3 dengan R80 dan R95

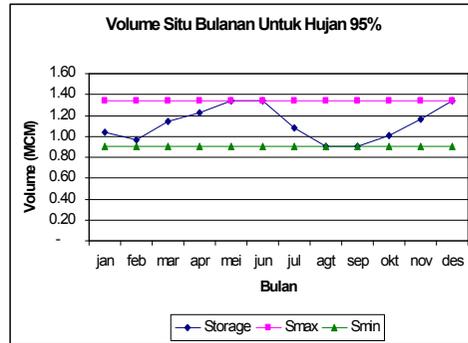
Berbeda dengan kedua skenario sebelumnya, apabila suplai air diambil dari rencana pengembangan kawah Gunung Galunggung dan waduk Cikunir, maka akan mendapatkan suplai tambahan sebesar 1,3076 m³/detik dengan tujuan untuk pemberdayaan Situ Gede bagi kegiatan pemenuhan pariwisata, irigasi dan air baku. Dengan demikian berdasarkan rencana pengembangan tersebut ingin diketahui sampai seberapa besar kelebihan air yang

dapat dimanfaatkan untuk air baku setelah kegiatan pariwisata dan irigasi terpenuhi.

Gambar 10 menunjukkan volume tampungan air Situ Gede bulanan apabila skenario 3 akan dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan pariwisata dan irigasi serta air baku. Kenaikan dan penurunan elevasi muka air situ relatif lebih landai dibandingkan pada skenario 2, sehingga erosi lahan di sekitar dinding situ relatif lebih kecil, namun perlu diketahui pula bahwa kemungkinan terjadinya sedimentasi dapat terjadi dan berasal dari pasokan air tambahan melalui saluran Cikunten 1.



(a)

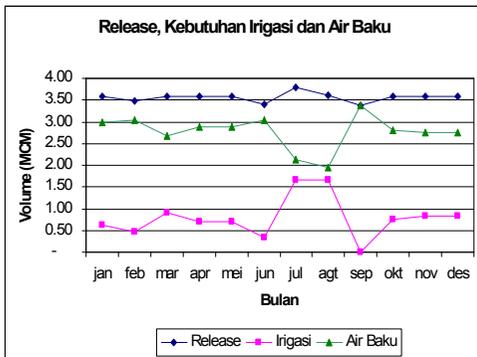


(b)

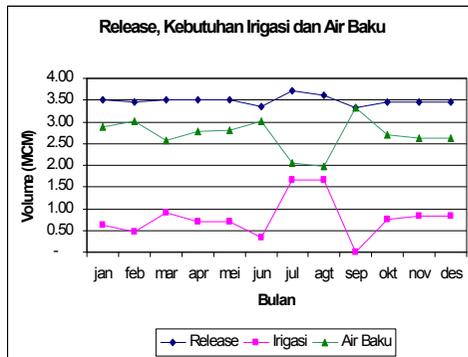
Gambar 10. Volume Situ Bulanan Berdasarkan Skenario 3(a) R80, dan (b) R95

Gambar 11 menunjukkan variasi kelebihan air yang dapat dimanfaatkan untuk air baku

bulanan untuk R80 dan R95 dengan perbedaan keduanya yang tidak signifikan.



(a)



(b)

Gambar 11. Release dan Kebutuhan Irigasi Bulanan Berdasarkan Skenario 3(a) R80, dan (b) R95

Rekapitulasi Alternatif Skenario Optimasi untuk R80 dan R95

Tabel 2 berikut ini menunjukkan analisa berdasarkan skenario 1 berkaitan dengan shortage irigasi dan kemungkinan

pemanfaatan untuk air baku. Namun demikian, untuk pemanfaatan air irigasi tidak dapat dipenuhi dan juga untuk air baku.

Tabel 2. Rekapitulasi Skenario

Curah Hujan	Debit Tambahan	Shortage Irigasi	Pemanfaatan Air Baku	Keterangan
	(m ³ /detik)	Rata-rata (MCM)	Rata-rata (MCM)	
Skenario 1				
R80	0,000	0,670	Tidak Ada	Air tidak dapat dimanfaatkan baik untuk irigasi maupun air baku, diasumsikan tidak ada suplai tambahan
R95	0,000	0,738	Tidak Ada	
Skenario 2				
R80	0.547	0.773	Tidak Ada	Debit tambahan digunakan untuk prioritas memenuhi air irigasi, sisanya dapat dimanfaatkan untuk air baku, dimana debit tambahan untuk R80 ≤ R95
R95	0.557	0.725	Tidak Ada	
Skenario 3				
R80	1.3076	2.771	Tidak Ada	Diasumsikan bahwa Debit tambahan yang masuk ke Situ Gede sesuai pengembangan Kawah Galunggung tahun 2003
R95	1.3076	2.698	Tidak Ada	

Sedangkan untuk skenario 2, shortage irigasi sudah tidak ada lagi dengan catatan ada tambahan air ke Situ Gede minimum sebesar 0,557 m³/detik untuk R95 dan 0,547 m³/detik untuk R80.

Dengan skenario ini pula, dihasilkan bahwa pemanfaatan kelebihan air baku rata-rata setiap bulan minimal sebesar 0,725 MCM (perlu diperhatikan bahwa bulan Juli dan Agustus tidak ada kelebihan air yang dapat dimanfaatkan untuk air baku).

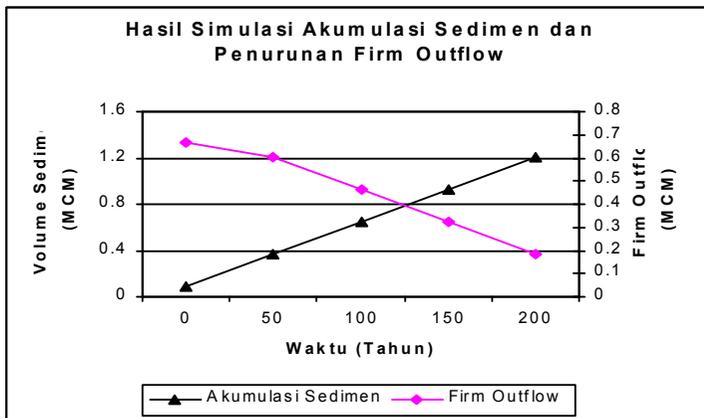
Sebaliknya untuk skenario 3, shortage irigasi juga sudah tidak ada lagi dengan catatan ada tambahan air ke Situ Gede minimum sebesar 1,3076 m³/detik baik untuk R95 maupun untuk R80. Dengan skenario ini pula, dihasilkan bahwa pemanfaatan kelebihan air baku rata-rata setiap bulan minimal sebesar 2,771 MCM dan 2,696 MCM untuk R80 dan R95, berturut-turut.

Simulasi Penurunan *Firm Outflow* akibat Akumulasi Sedimen

Simulasi penurunan *Firm Outflow* akibat adanya peningkatan akumulasi sedimen ini, sebenarnya dikembangkan dengan menganalogikan model seperti yang dikembangkan oleh Hadihardaja, Martha, dan Soekarno (2003) untuk mengkaji dampak penurunan *firm* energi listrik akibat peningkatan kebutuhan air di Waduk Kaskade Sungai Citarum. Berdasarkan formulasi fungsi tujuan dalam **Persamaan 8** dan fungsi kendala dari **Persamaan 9** sampai dengan **Persamaan 13**, maka dapat diketahui bahwa peningkatan sedimen didalam situ akan mengakibatkan penurunan *firm outflow* (*release*) yang keluar dari Situ Gede (**Gambar 12**). Apabila sedimentasi yang terjadi diasumsikan merata mengendap, maka simulasi tersebut menunjukkan bahwa intake irigasi yang

terletak pada elevasi +385 m dpl yang berarti ekuivalen dengan volume sebesar 488.024,71 m³ tidak berfungsi lagi setelah 90 tahun beroperasi apabila tidak dilakukan pengerukan atau pencegahan sedimen yang masuk ke Situ Gede dengan membangun *sediment trap* (kantong lumpur) terutama berkaitan dengan adanya pasokan air tambahan dari Cikunten 1 atau yang

lainnya. Dengan analogi yang sama maka kegiatan pariwisata juga akan terganggu setelah sekitar 160 tahun beroperasinya Situ Gede tersebut. Dari hasil simulasi tersebut juga diketahui bahwa dengan kenaikan akumulasi sedimentasi yang terjadi akan menyebabkan penurunan *firm outflow* sebesar 0,5% setiap tahunnya



Gambar 12. Penurunan *Firm Outflow* akibat Akumulasi Sedimen di Situ

Karakteristik Pemanfaatan Air dan Permasalahannya

terjadi dalam siklus pengoperasian Situ Gede.

Tabel 3 dan 4 menunjukkan rangkuman pemanfaatan dan permasalahan yang

Tabel 3. Pemanfaatan Air Situ Gede

Simulasi	Pariwisata	Irigasi	Air Baku	Keterangan
Skenario 1	Terpenuhi	Tidak Cukup	Relatif tidak ada	Sumber Air berasal dari Situ Gede sendiri
Skenario 2	Terpenuhi	Terpenuhi	Relatif ada	Perlu Suplai Air Tambahan sebesar 0,547 dan 0,55 m ³ /detik
Skenario 3	Terpenuhi	Terpenuhi	Ada (berlebih)	Berdasarkan asumsi suplai dari kawah dan dam cikunir sebesar 1,3076 m ³ /detik

Tabel 6. Hasil Simulasi dan Pemanfaatan Air Berbasis Konservasi Situ

Simulasi	Program Kegiatan	Pemanfaatan Air	Sedimentasi Situ	Keterangan	Pertimbangan Penanganan
Skenario 1	Pariwisata	Tidak masalah	Relatif tidak ada	Situ hanya diperuntukkan bagi kegiatan pariwisata	
	Irigasi	Kurang			
	Air Baku	Relatif tidak ada			
Skenario 2	Pariwisata	Tidak masalah	Relatif ada	Situ diperuntukkan bagi kegiatan pariwisata dan irigasi serta air baku dengan mempertimbangkan sedimentasi	-Perlu adanya alternatif suplai air yang cukup murah dan berkelanjutan -Perlu sedimen trap untuk mengatasi sedimentasi
	Irigasi	Terpenuhi			
	Air Baku	Relatif ada			
Skenario 3	Pariwisata	Tidak masalah	Ada (berlebih)	Situ diperuntukkan bagi kegiatan pariwisata dan irigasi serta air baku dengan mempertimbangkan sedimentasi yang relatif besar dan ketersediaan air kawah yang menurun	-Perlu sedimen trap untuk mengatasi masalah sedimentasi -Eksistensi ketersediaan air dari kawah G. Galunggung perlu dipertimbangkan kehandalan supplainya ke Situ Gede
	Irigasi	Terpenuhi			
	Air Baku	Relatif berlebih			

PENENTUAN PRIORITAS POTENSI PEMANFAATAN AIR SITU

Berdasarkan hasil analisa diatas, maka dapat dikembangkan lebih lanjut kriteria dan alternatif berkaitan dengan pemanfaatan Situ Gede yang sesuai, dalam rangka konservasi dan restorasi Situ Gede yang dapat dioptimalkan pemanfaatannya secara berkelanjutan. Pendekatan yang digunakan adalah dengan menerapkan model AHP (*Analytic Hierarchy Process*) (Saaty, 1980) yang juga telah diterapkan oleh Nurhayati (2001) dan Dendy (2004) yang dikembangkan untuk analisa Penentuan Prioritas Pengembangan Sumberdaya Air berturut-turut untuk studi Kasus Wilayah Sungai Mempawah-Sambas Kalimantan Barat, dan Pengembangan kebijakan di DAS Cimanuk, Jawa Barat.

Struktur Hirarki AHP untuk Restorasi Fungsi Situ

Dengan metode AHP (*Analytic Hierarchy Process*) berkaitan dengan penentuan kebijakan berbasis *multiobjective* dan *multicriteria*, maka kemungkinan pemanfaatan yang berdasarkan Skenario 1, 2 dan 3 yang secara umum berkaitan dengan program kegiatan berturut-turut adalah pariwisata saja (Par); pariwisata dan irigasi saja (Par&Ir) ; dan; pariwisata, irigasi dan air baku (Par&Ir&A). Sedangkan kriteria yang menjadi dasar pengambilan keputusan tersebut adalah berkaitan dengan sedimentasi, biaya investasi dan OP, skala manfaat dan kehandalan suplai. Struktur Hirarki proses pengambilan keputusan dengan teknik AHP ini disajikan pada Gambar 13 dibawah ini

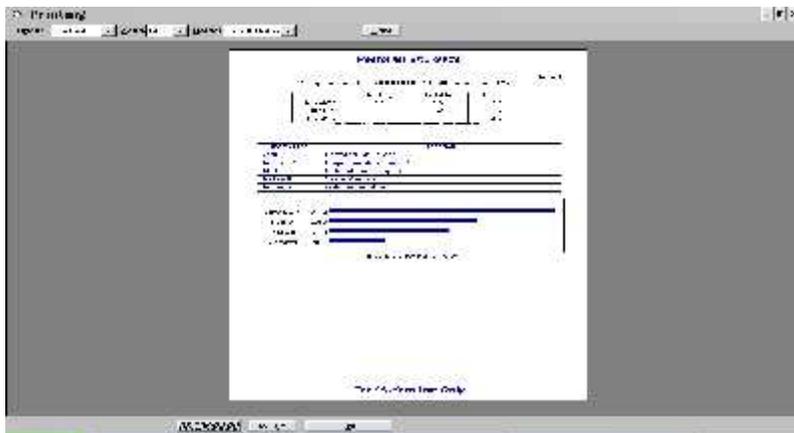


Gambar 13. Struktur Kriteria dan Tujuan dalam Model AHP

Tingkat Kepentingan Antar Kriteria

Berdasarkan analisa dan kajian bahasan pemodelan permasalahan yang ada, maka tingkat kepentingan kriteria yang digunakan meliputi sedimentasi, biaya investasi dan

OP, skala manfaat dan kehandalan suplai, maka dapat diperoleh bahwa urutan kepentingan tersebut dapat dilihat pada **Gambar 14** dibawah ini.

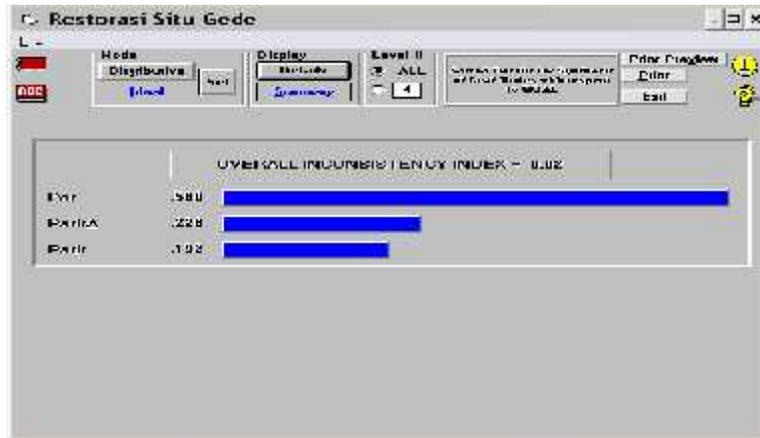


Gambar 14. Tingkat Kepentingan Kriteria

Rekomendasi Prioritas Pengembangan Situ Gede

Berdasarkan kriteria yang ditetapkan dan hasil analisa tersebut memberikan rekomendasi keputusan bahwa pemanfaatan Situ Gede lebih cenderung untuk kegiatan pariwisata saja (skenario 1) dengan skor prioritas sebesar 0,580,

sedangkan prioritas kedua dan ketiga dengan skor 0,228 dan 0,192 berturut-turut adalah untuk pemanfaatan pariwisata, irigasi dan air baku (skenario 3); Dan, pariwisata dan irigasi (skenario 2). Dengan Inconsistency index sebesar 0,02 maka hasil tersebut masih dibawah batas yang dapat diterima (ambang batasnya adalah 10%).(lihat **Gambar 15**).

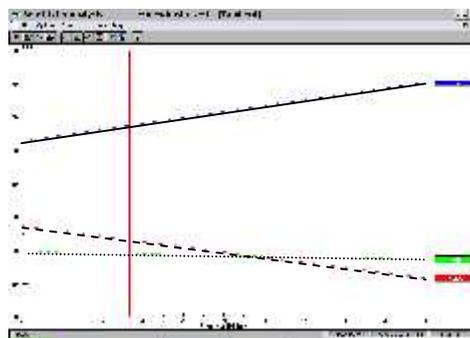


Gambar 15. Hasil Prioritas Restorasi Fungsi Situ Gede

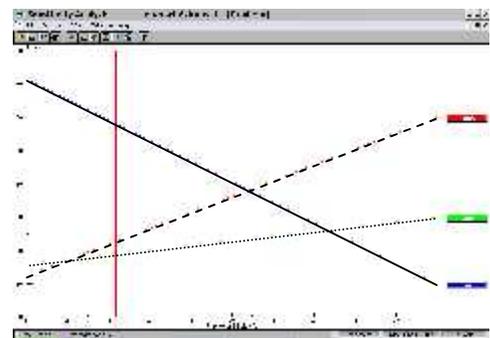
Analisa Sensitivitas Terhadap Kriteria Pengembangan

Berdasarkan kriteria pengembangan fungsi situ, rekomendasi keputusan yang berkaitan dengan skenario 1 yakni Situ Gede dikembalikan fungsinya hanya untuk kegiatan pariwisata saja sangat mem berikan sensitivitas yang berarti berkaitan dengan kriteria skala manfaat, hal ini jelas sekali terlihat pada **Gambar 16** bahwa apabila kriteria skala manfaat menjadi penting sekali dengan melebihi skor 0,5 maka skenario 1 bukan lagi menjadi prioritas pertama dan skenario 3 menjadi prioritas pertama oleh karena memiliki nilai manfaat yang lebih bagi kegiatan

pemenuhan irigasi dan air baku. Sedangkan sensitivitas untuk ketiga kriteria yang lainnya yakni sedimentasi, kehandalan suplai, dan biaya investasi dan OP tidak akan berpengaruh terhadap rekomendasi keputusan yang dihasilkan tersebut. Dengan kata lain berarti bahwa dengan meningkatnya tingkat kepentingan ketiga kriteria tersebut tidak akan merubah keputusan yang telah direkomendasikan yakni skenario 1 sebagai prioritas pertama. Demikian juga, analogi yang sama terhadap kriteria lainnya seperti pada **Gambar 16(b), 17(a)** dan **17(b)** yang tidak memberikan pengaruh terhadap skenario 1

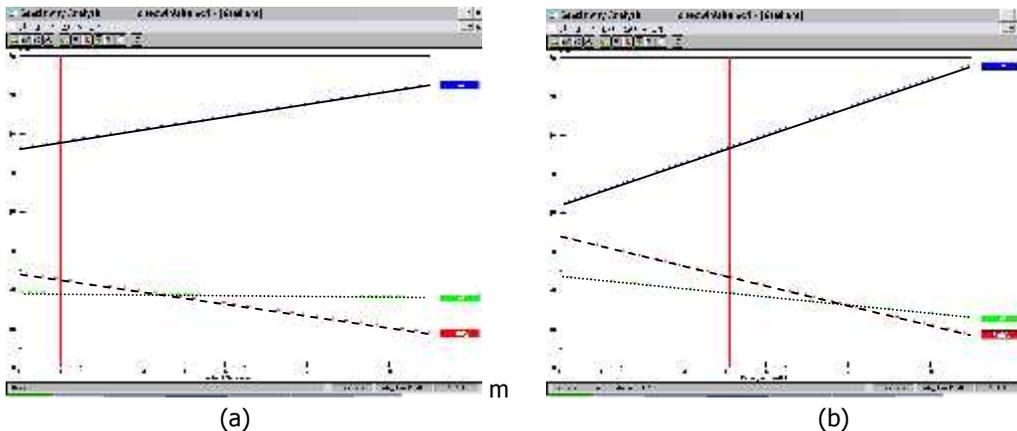


(a)



(b)

Gambar 16 (a). Analisa Sensitivitas Berdasarkan Kriteria Skala Manfaat Pengembangan dan (b).Analisa Sensitivitas Berdasarkan Kriteria Kehandalan Suplai



Gambar 17(a). Analisa Sensitivitas Berdasarkan Kriteria Sedimentasi dan (b). Analisa Sensitivitas Berdasarkan Kriteria Biaya Investasi dan OP

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Ketiga skenario simulasi tersebut, tetap dapat mempertahankan fungsi situ terutama untuk kegiatan pariwisata, hanya saja untuk memenuhi irigasi dan air baku perlu adanya tambahan suplai.
2. Skenario 1 menunjukkan bahwa pemanfaatan Situ Gede hanya untuk pariwisata saja. Apabila irigasi menjadi prioritas yang harus dipenuhi setelah kegiatan pariwisata maka dalam skenario 2 ditunjukkan bahwa perlu adanya tambahan suplai air minimum sebesar $0,557 \text{ m}^3/\text{detik}$, yang pasokannya dapat diambil dari sumber air lainnya. Demikian juga, untuk simulasi skenario 3 terdapat kelebihan air yang dapat dimanfaatkan untuk air baku minimum rata-rata sebesar $2,771 \text{ MCM}$ per bulan setelah kebutuhan pariwisata dan irigasi terpenuhi. Suplai air minimum pada Skenario 3 tersebut sesuai rencana pengembangannya akan diambil berdasarkan pola distribusi kawah Gunung Galunggung-Waduk Cikunir-Saluran Cikunten 1.
3. Kondisi saat ini saja laju sedimen yang terjadi diestimasi sebesar $5599.75 \text{ m}^3/\text{tahun}$ dengan asumsi terjadi secara linier. Dan umur Situ sangat tergantung dari penanganan sedimentasi tersebut. Apabila tidak ada penanganan secara intensif, maka untuk keperluan irigasi hanya sampai berumur sekitar 90 tahun sedangkan untuk kegiatan pariwisata sekitar 160 tahun. Lebih jauh lagi, dengan kenaikan akumulasi sedimentasi yang terjadi akan menyebabkan penurunan *firm outflow* sebesar $0,5\%$ setiap tahunnya.
4. Urutan Prioritas pemanfaatan situ adalah untuk kegiatan pariwisata saja (Skenario 1) dengan skor tertinggi sebesar $0,58$. Diikuti untuk pengembangan pariwisata, irigasi dan air baku (Skenario 3) dengan skor sebesar $0,228$. Dan prioritas terakhir untuk pemanfaatan pariwisata dan irigasi dengan skor sebesar $0,192$. Dengan pertimbangan kriteria yang mempengaruhi pengambilan keputusan tersebut meliputi: biaya investasi dan OP (dengan tingkat kepentingan $0,412$), skala pemanfaatan (tingkat kepentingan $0,218$), sedimentasi (tingkat kepentingan $0,101$), dan kehandalan suplai (dengan tingkat kepentingan $0,101$). Namun demikian, prioritas Skenario 1 tersebut relatif sensitif terhadap kriteria skala pemanfaatan, yang berarti bahwa apabila tingkat kepentingan kriteria ini diperbesar maka prioritas tersebut tidak akan menjadi prioritas pertama (utama) lagi dan Skenario 3 akan

berubah menjadi Skenario pertama (utama).

Dari hasil studi ini perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut.

1. Untuk kondisi saat ini perlu adanya tindakan pencegahan sedimen masuk ke situ ataupun tindakan mekanik dengan pengerukan situ atau lainnya untuk dapat memberdayakan situ semaksimal mungkin untuk jangka pendek.
2. Perlu dikaji lebih jauh suplai tambahan yang berasal dari sumber lainnya termasuk yang berasal dari kawah Gunung Galunggung mengenai kehandalan suplai terutama yang akan didistribusikan ke Situ Gede.
3. Untuk kasus apabila Skenario 1 menjadi prioritas pengembangan, maka perlu dipertimbangkan dibangunnya saluran gendong yang mengalihkan saluran Cikunir1 agar tidak masuk ke Situ Gede dalam rangka pencegahan sedimentasi yang berlebihan, atau apabila tetap dipertahankan seperti kondisi saat ini dimana saluran Cikunten 1 sebagai pasokan ke Situ Gede maka perlu bangun kantong lumpur (*sediment trap*) sebelum saluran tersebut masuk ke Situ Gede.
4. Kehandalan suplai dari kawah Gunung Galunggung perlu dipertimbangkan kembali terutama apabila terjadi perubahan prioritas dari Skenario 1 ke Skenario 3. Oleh karena semakin surutnya air kawah saat ini yang dapat mengakibatkan menurunnya kehandalan suplai terutama untuk keperluan jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

Dendy H. Utama, *Analisa Penentuan Prioritas Pengembangan Sumberdaya Air Daerah Aliran Sungai (DAS) Cimanuk Propinsi Jawa Barat Menggunakan Metoda Analytic*

Hierarchy Process (AHP), Tesis Magister, ITB, 2004.

Hadihardaja, Iwan K., "*Pemodelan Sistem Pengoperasian Waduk Untuk Pengendalian Sedimentasi*", Media Komunikasi Teknik Sipil, Jurnal BMPTSSI, UNDIP, Februari 2004.

Hadihardaja, Iwan K., Darrel G. Fontane, Maurice L. Albertson, "*Trade-Off Analysis of Reservoir Sediment-Control Modeling*", Jurnal Teknik Sipil Vol.8 No. 3, ITB, Juli 2001.

Hadihardaja, Iwan K., Eva V. Martha, Indratmo Soekarno, "*Simulasi Dampak Peningkatan Demand Terhadap Energi Listrik dalam Pemodelan Pengoperasian Waduk Kaskade*", Jurnal Teknik Sipil Vol. 3, ITB, Januari 2004.

Nurhayati, *Analisa Penentuan Prioritas Pengembangan Sumberdaya Air Menggunakan Metoda AHP dan Promethee, Studi Kasus Wilayah Sungai Mempawah-Sambas Kalimantan Barat*, Tesis Magister, ITB, 2001.

PT. Aditya Engineering Consult, cv., "*Perencanaan Pola Distribusi Air Kawah Gunung Galunggung Kabupaten Tasikmalaya*", Laporan Akhir, Bandung, 2003

PT. Prima Cipta Lestarindo, "*Studi Kelayakan Pendayagunaan Sumber Daya Air di Kawasan PKW Pangandaran dan PKW Tasikmalaya*", Laporan Akhir, Bandung, 2003

Saaty, Thomas L., "*Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with AHP*", Vol. VI RWS Publications, University of Pittsburgh USA, 1980

Wurbs, A. Ralph, "*Modeling and Analysis of Reservoir System Operation*", United State, 19