



THESIS - BM185407

**ANALISA PENGAMBILAN KEPUTUSAN
PENINGKATAN VOLUME TAMPUNGAN WADUK
SUTAMI (KARANGKATES) DENGAN PENDEKATAN
*ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS***

Bambang Gutomo
09211650026010

DOSEN PEMBIMBING:

Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc.
DR. Ir. Eko Budi Santoso, Lic.Rer.Reg.

DEPARTEMEN MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN PROYEK
FAKULTAS BISNIS DAN MANAJEMEN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019



LEMBAR
PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember


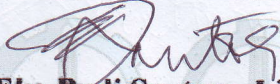
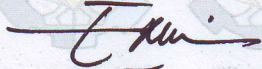
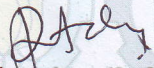
Oleh:

BAMBANG GUTOMO
NRP. 09211650026010

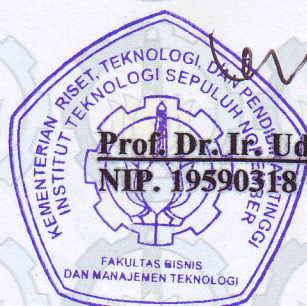
Tanggal Ujian : 15 Januari 2019

Periode Wisuda : Maret 2019

Disetujui oleh:

- 
1. **Prof. Dr. Ir. Udisubakti C., M.Eng.Sc.** (Pembimbing)
NIP. 195903181987011001
- 
2. **DR. Ir. Eko Budi Santoso, Lic.Rer.Reg.** (Pembimbing)
NIP. 196107261989031004
- 
3. **Ir. Ervina Ahyudanari, ME, Ph. D.** (Penguji)
NIP. 196902241995122001
- 
4. **Putu Dana Karningsih ST, M.Eng.Sc, Ph.D.** (Penguji)
NIP. 197405081999032001

Dekan Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi,




Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc
NIP. 195903181987011001



ABSTRAK

ANALISA PENGAMBILAN KEPUTUSAN PENINGKATAN VOLUME TAMPUNGAN WADUK SUTAMI (KARANGKATES) DENGAN PENDEKATAN *ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS*

Nama mahasiswa : Bambang Gutomo
NRP : 09211650026010
Pembimbing : 1. Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono.Eng.Sc.
2. DR. Ir. Eko Budi Santoso, Lic.Rer.Reg.

ABSTRAK

Waduk Sutami terletak didaerah Malang, propinsi Jawa Timur Indonesia, merupakan waduk multi guna yang berfungsi sebagai penyedia air untuk pembangkit energi listrik, irigasi pertanian, industri, masyarakat serta pengendali banjir. Fungsi waduk Sutami semakin lama semakin menurun karena berkurangnya kapasitas tampungan waduk sebagai akibat dari peningkatan laju sedimen setiap tahun. Apabila hal ini tidak ditangani secara benar maka dapat mengakibatkan gagalnya fungsi waduk. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengatasi penyebab sedimentasi di bagian hulu waduk secara intensif dan berkelanjutan. Diperlukan langkah inovatif meningkatkan volume tampungan waduk Sutami untuk memperpanjang usia guna waduk. Ada beberapa alternatif tindakan yang dapat dilakukan, namun hal tersebut masih menjadi perdebatan diantara para ahli dan pemangku kepentingan dikarenakan banyak kriteria yang saling bertentangan dijadikan pertimbangan.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan urutan prioritas kepentingan alternatif tindakan yang diusulkan melalui proses pengambilan keputusan multi kriteria dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Metode AHP memungkinkan untuk menyatukan penilaian subyektif kualitatif individu melalui perbandingan berpasangan tingkat kepentingan menjadi penilaian pengambilan keputusan kelompok.

Hasil penilaian dari responden *experts dan stakeholders* dengan menggunakan rujukan kriteria Sosial, Lingkungan, Teknis, dan Ekonomi , terpilih menjadi prioritas utama untuk meningkatkan volume tampungan waduk Sutami adalah Peninggian tubuh bendungan dengan bobot tertinggi sebesar 36.2%. Sedangkan Peninggian elevasi pelimpah berada pada urutan kedua dengan bobot 25.7%, diikuti oleh Pengerukan sedimen 20.5%, dan prioritas terakhir adalah *Status quo* dengan bobot 17.7%.

Kata Kunci: **Sistim pendukung keputusan, Pengelolaan sumber daya air, Bendungan Sutami, Waduk Sutami, AHP**



ABSTRACT

***THE DECISION MAKING ANALYSIS OF INCREASING
STORAGE CAPACITY OF SUTAMI (KARANGKATES)
RESERVOIR WITH ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS
APPROACH***

ABSTRACT

Sutami Reservoir is located in Malang, East Java, Indonesia, is a multi-use reservoir to supply water for power plant energy source, agricultural irrigation, industry, communities and flood control. The functional of Sutami reservoir is decreasing over time caused by the reduced of reservoir capacity as a result of increasing in sedimentation rate every year. If this problem is not handled properly, it can be causing the failure of reservoir function. Various efforts have been done to overcome the causes of sedimentation in the upstream part of the reservoir intensively and sustainably. An innovative step is needed to increase the storage volume of Sutami reservoir. This step is to extend the lifespan of the reservoir. There are several alternative actions which can be taken, but this is still a polemic among experts and stakeholders. This is because many conflicts in criteria which are taken into consideration.

This study aims to determine the priority order of proposed alternative actions through the multi-criteria decision making process using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method. AHP allows uniting the subjective qualitative assessments of individuals through importance-level pairwise comparisons into an assessment of group decision making.

The results of assessment from respondents of experts and stakeholders by using Social, Environmental, Technical and Economic criterias as a reference, the selected first priority in order to increase the storage volume of Sutami reservoir is heightening of the dam body with the highest weight of 36.2%. Heightening of spillway/overflow is the second rank with a weight of 25.7%. This was followed by dredging of the sediment i.e 20.5%, and the last priority was the status quo with a weight of 17.7%.

Keywords: Decision Support System, Water Resources Management, Sutami dam, Sutami reservoir, AHP



KATA
PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT. sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis ini sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Manajemen Teknologi (MMT) dari Fakultas Bisnis Dan Manajemen Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Penulis mengambil tesis dengan judul “**Analisa Pengambilan Keputusan Peningkatan Volume Tampungan Waduk Sutami (Karangkates) Dengan Pendekatan *Analytical Hierarchy Process***”. Topik ini penulis anggap sangat menarik dikarenakan unsur kebaruannya, dimana belum ada penelitian sebelumnya yang membahas mengenai rekayasa bendungan atau waduk eksisting melalui pendekatan multi-kriteria. Penulis merupakan salah satu perwakilan dari pemangku kepentingan, dan menilai permasalahan penurunan kapasitas tampungan waduk merupakan ancaman latent bagi pengelola sumber daya air sehingga apabila tidak segera diatasi dengan semestinya dapat mengancam sumber penghasilan utama Perum. Jasa Tirta 1 sebagai pengelola.

Ide peninggian tubuh bendungan Sutami pertama kali penulis kemukakan dalam rapat manajemen pada pertengahan tahun 2016 di Malang sebagai bentuk keprihatinan terhadap upaya pengerukan sedimen yang selama ini dilakukan belum memberikan hasil optimal. Penulis mendorong manajemen untuk melakukan tindakan inovatif dengan risiko terukur dalam rangka memperpanjang usia guna waduk Sutami, salah satunya dengan meningkatkan volume tampungan. Beberapa usulan inovatif sudah dibahas, namun belum bisa diimplementasikan dalam bentuk tindakan dikarenakan masih menjadi perdebatan dikalangan para ahli sebagai akibat adanya perbedaan faktor atau kriteria yang mendasarinya. Atas dasar permasalahan tersebut penulis berinisiatif untuk mengakomodasi berbagai pendapat subyektif kualitatif dari para ahli melalui pendekatan sistim pengambilan keputusan multi kriteria.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada jajaran manajemen Perum. Jasa Tirta 1 – Malang secara korporasi yang telah dengan sungguh-sungguh memberi bantuan penyediaan data, pendampingan kunjungan lapangan serta dukungan terhadap penulis untuk mengikuti kegiatan terkait permasalahan sedimentasi dan pengelolaan bendungan besar baik di Indonesia maupun di Jepang. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif solusi bagi Perum. Jasa Tirta 1 dalam menangani permasalahan penurunan daya tampung waduk eksisting akibat sedimentasi sehingga dapat memperpanjang usia guna waduk dan memberikan kontribusi bagi program prioritas nasional pemerintah dalam bidang ketahanan air, ketahanan pangan, dan ketahanan energi.

Penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada setiap pihak yang telah membantu terselesaikannya penulisan tesis ini, terutama:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Udisubakti C., M.Eng.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang berkenan memberi bimbingan, arahan dan masukan terhadap prinsip dasar pengambilan keputusan multi kriteria serta tak henti memberikan semangat untuk menyelesaikan S2 tepat waktu. Serta bapak DR. Ir. Eko Budi Santoso,

Lic.Rer.Reg. selaku co. Pembimbing yang banyak memberi saran dan pendapat dalam pelaksanaan penelitian.

2. Atasan saya di Jakarta, Mas Anggit Noegroho yang telah memberi kelonggaran waktu dan keringanan tugas hingga terselesaikannya keinginan saya untuk lulus studi S2 di MMT-ITS.
3. Bapak Dr. Ir. Pitojo Tri Juwono, MT. selaku Ketua Dewan Pengawas Perum. Jasa Tirta 1 Malang sekaligus Dekan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, beserta rekan sejawat Dewan Pengawas Perum. Jasa Tirta 1 Malang yang telah mendukung dan berpartisipasi memberikan opininya dalam penelitian.
4. Bapak Raymont Valiant ST., MT. selaku Direktur Utama beserta jajaran direksi Perum. Jasa Tirta 1 Malang yang banyak memberikan masukan serta dukungan dalam pelaksanaan penelitian.
5. Saudara Fahmi Hidayat ST., MT. selaku Sekretaris Perusahaan Perum. Jasa Tirta 1 Malang beserta staf yang telah bersinergi dalam penyediaan data, penyebaran kuisioner serta keterlibatannya sebagai tim ahli dalam pelaksanaan penelitian.
6. Saudara Airlangga Mardjono ST., MT., dari Ditjen Sumber Daya Air Kemen. PUPR selaku Sekretaris Umum KNI_BB dan merangkap sebagai Komite Risiko Perum Jasa Tirta 1 Malang yang banyak memberi saran dan masukan tentang pembangunan dan rehabilitasi waduk di Indonesia.
7. Teman-teman seangkatan di MMT-ITS, Aryoseno, Cynthia Veronica, Haris Sulaksmono, Akhmad Ittang, Faizal Restu, Adi Pitra, Cahyo Aji, Taftazani, Didiek Maridjo atas kerjasamanya selama menempuh kuliah, kalian orang-orang tangguh yang pantang menyerah menuntut ilmu sambil bekerja.
8. Istri tercinta Ir. Emie Sofiatien, ketiga anakku Ekacahya Garfiantama. S.IIP, Widyaning Chandramitasari. ST. M.Eng, dan Dityaning Presvianti Putri. yang tak henti menyemangati dan selalu mengatakan “yes you can!”. Keponakanku Dyan Singgya Maharsa yang banyak membantu selama ini.
9. Bu dhe Efi Noegroho, keponakanku Wigar Kalyana Ruciwisesa, Trio boys yang lucu Naraya Yajna Norraga, Awigna Pandya Diwangkara, Apta Pranaja Urdha yang pernah menanyakan “Om sudah kerja kok masih sekolah, apa gak ngantuk?”. Yeeach... kamu nanti pasti lebih bisa!
10. Tante Dyah Apriarita Dewi, keponakanku Azizah Fauziyah Rihan dan Ahmad Ramadhana Rihan terimakasih atas do'anya.
11. Serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan namanya satu-persatu yang telah mendukung terselesaikannya tesis ini.

Akhir kata, semoga hasil penelitian ini dapat menginspirasi peneliti lain untuk melakukan penelitian yang lebih baik dimasa yang akan datang.

Surabaya, Januari 2019

Ir. Bambang Gutomo



DAFTAR ISI,
DAFTAR GAMBAR &
DAFTAR TABEL

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	9
1.3 Tujuan Penelitian	10
1.4 Manfaat Penelitian	10
1.5 Batasan Masalah.....	10
1.6 Sistematika Penulisan	11
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1 Bendungan dan Waduk Sutami	13
2.2 Zona Tampungan dan Tinggi Muka Air Waduk Sutami.....	16
2.3 Analisa Pengambilan Keputusan	18
2.3.1 Model Pengambilan Keputusan	19
2.3.2 Proses Pengambilan Keputusan	20
2.4 Multi Criteria Decision Making (MCDM).....	22
2.5 Penentuan Alternatif Tindakan Dalam Rangka Peningkatan Volume Tampungan Waduk Sutami.....	23
2.6 Metode Focus Group Discussion (FGD)	29
2.7 Metode Analytical Hierarchy Process (AHP).....	30

2.8	Dukungan Perangkat Lunak.....	36
2.9	Penelitian Terdahulu	36
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		39
3.1	Fase Identifikasi Lingkup Permasalahan	39
3.2	Fase Pemecahan Masalah.....	41
3.3	Fase Pemilihan Tindakan	45
BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....		47
4.1	Gambaran Umum Waduk Sutami	47
4.2	Penyusunan Kriteria/Sub kriteria Yang Mempengaruhi Peningkatan Volume Tampungan Waduk Sutami	52
4.3	Pengolahan Data AHP.....	57
4.3.1	Pembentukan Hirarki AHP.....	57
4.3.2	Kuisisioner Pembobotan Perbandingan Berpasangan.....	60
4.3.3	Pengolahan Data Dengan Perangkat Lunak Expert Choice V.11	62
4.4	Hasil Penilaian AHP	73
4.4.1	Urutan bobot kriteria peningkatan volume tampungan waduk Sutami.....	73
4.4.2	Urutan bobot prioritas alternatif peningkatan volume tampungan waduk Sutami	74
4.5	Analisa Sensitifitas.....	77
4.6	Interpretasi Hasil	82
4.7	Pembahasan.....	84
4.7.1	Hasil Bobot Prioritas Kriteria	84
4.7.2	Hasil Bobot Prioritas Alternatif	85
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		87
5.1	Kesimpulan	87

5.2	Saran.....	87
DAFTAR PUSTAKA		91
LAMPIRAN.....		93
Lampiran 1: Kuisisioner Pembobotan Perbandingan Berpasangan		93
Lampiran 2: Kriteria / Sub-Kriteria Studi Terdahulu		105
Lampiran 3: Kuisisioner Isian Responden AHP		111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Bendungan Sutami.....	3
Gambar 2.1	Ilustrasi Bendungan Dan Waduk Sutami.....	15
Gambar 2.2	Data Teknis Waduk Sutami	16
Gambar 2.3	Zona Tampungan dan Tinggi Muka Air Waduk Sutami	17
Gambar 2.4	Blok Diagram Pengambilan Keputusan.....	18
Gambar 2.5	Keterkaitan Antara Model dan Proses Pengambilan Keputusan... 19	
Gambar 2.6	Model Pengambilan Keputusan Kriteria Tunggal.....	19
Gambar 2.7	Model Pengambilan Keputusan Multi Kriteria.....	20
Gambar 2.8	Hubungan antara MCDM, MADM, dan MODM	22
Gambar 2.9	Layout Peninggian Tubuh Bendungan Sutami	23
Gambar 2.10	Geologi Area Genangan Waduk Sutami	24
Gambar 2.11	Peninggian Tubuh Bendungan New Katsurazawa Japan.....	24
Gambar 2.12	Teknologi Peninggian Tubuh Bendungan di Jepang	25
Gambar 2.13	Proyek <i>ongoing</i> Peninggian Tubuh Bendungan di Jepang	25
Gambar 2.14	Kapasitas Tampungan Waduk Sutami Thn. 1972-2014	26
Gambar 2.15	Kapal Keruk (Dredger) Waduk Sutami.....	27
Gambar 2.16	Dinding Pelimpah dan Pintu Spillway Waduk Sutami	28
Gambar 3.1	Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	40
Gambar 4.1	Lingkungan Waduk Sutami	48
Gambar 4.2	Lingkungan Bendungan Sutami.....	48
Gambar 4.3	Lingkungan Bangunan Pelimpah Bendungan Sutami.....	49
Gambar 4.4	Laju Sedimentasi Waduk Sutami Tahun 1972 - 2016	50
Gambar 4.5a	Historis Profil Memanjang Dasar Waduk Sutami.....	51

Gambar 4.5b	Historis Sedimen Profil Memanjang Dasar Waduk Sutami.....	52
Gambar 4.6	Struktur AHP Pemilihan Alternatif Tindakan.....	58
Gambar 4.7	Struktur AHP hasil Pengolahan <i>Expert Choice</i>	63
Gambar 4.8	Daftar Responden Pembobotan Perbandingan Berpasangan	64
Gambar 4.9a	Matrik perbandingan berpasangan antar kriteria (Individu)	65
Gambar 4.9b	Matrik perbandingan berpasangan antar sub-kriteria Sosial (Individu)	65
Gambar 4.9c	Matrik perbandingan berpasangan antar alternatif untuk sub-kriteria Sosial (Individu)	66
Gambar 4.9d	Matrik perbandingan berpasangan antar sub-kriteria Lingkungan with respect to kriteria Lingkungan (Individu)	66
Gambar 4.9e	Matrik perbandingan berpasangan antar alternatif with respect to sub-kriteria Lingkungan (Individu).....	67
Gambar 4.9f	perbandingan berpasangan antar sub-kriteria Teknis with respect to kriteria Teknis (Individu).....	67
Gambar 4.9g	Matrik perbandingan berpasangan antar alternatif with respect to sub-kriteria Teknis (Individu)	67
Gambar 4.9h	Matrik perbandingan berpasangan antar sub-kriteria Ekonomi with respect to kriteria Ekonomi (Individu).....	68
Gambar 4.9i	Matrik perbandingan berpasangan antar alternatif with respect to sub-kriteria Ekonomi (Individu)	68
Gambar 4.10	Hasil Pembobotan AHP satu responden (individu)	69
Gambar 4.11	Geometric Mean banyak responden menggunakan expert choice (combined)	69
Gambar 4.12	Geometric Mean banyak responden menggunakan Ms. Excel	70
Gambar 4.13	Hasil Pembobotan AHP (combined).....	71
Gambar 4.14	Bobot Kriteria Hasil AHP (combined).....	72

Gambar 4.15	Bobot Alternatif Hasil AHP (combined)	73
Gambar 4.16a	Bobot Alternatif berdasarkan sub-kriteria Sosial	74
Gambar 4.16b	Bobot Alternatif berdasarkan sub-kriteria Lingkungan	75
Gambar 4.16c	Bobot Alternatif berdasarkan sub-kriteria Teknis	75
Gambar 4.16d	Bobot Alternatif berdasarkan sub-kriteria Ekonomi	75
Gambar 4.17a	Dynamic sensitivity-graphs Hasil Pembobotan <i>Expert Choice</i>	77
Gambar 4.17b	Performance sensitivity-graphs Hasil Pembobotan <i>Expert Choice</i>	78
Gambar 4.18a	Uji sensitifitas kriteria Ekonomi.....	79
Gambar 4.18b	Uji sensitifitas kriteria Ekonomi Dinaikkan.....	79
Gambar 4.18c	Uji sensitifitas kriteria Ekonomi Diturunkan	80
Gambar 4.18a	Uji sensitifitas kriteria Lingkungan	80
Gambar 4.19b	Uji sensitifitas kriteria Lingkungan Dinaikkan	81
Gambar 4.19c	Uji sensitifitas kriteria Lingkungan Diturunkan.....	81
Gambar 4.19	Bobot Prioritas Kriteria	85
Gambar 4.20	Bobot Prioritas Alternatif	85

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kapasitas Tampungan Awal Waduk di Wilayah Sungai Brantas.....	5
Tabel 1.2 Kapasitas Tampungan Waduk di Wilayah Sungai Brantas tahun 2014..	5
Tabel 2.1 Alternatif Tindakan Peningkatan Volume Tampungan Waduk Sutami	29
Tabel 2.2 Pemberian Nilai Pada Perbandingan Berpasangan	32
Tabel 2.3 Matriks Perbandingan Berpasangan.....	32
Tabel 2.4 Indeks Konsistensi Acak.....	34
Tabel 2.5 Daftar Penelitian Terdahulu	36
Tabel 4.1 Kriteria/Sub-kriteria Penelitian Terdahulu.....	54
Tabel 4.2 Kriteria/Subkriteria Yang Mempengaruhi Peningkatan Volume Tampungan Waduk Sutami	56
Tabel 4.3 Matrik orde 4 x 4 Perbandingan Berpasangan antar Kriteria	59
Tabel 4.4 Matrik orde 4 x 4 Perbandingan Berpasangan antar Sub-kriteria.....	59
Tabel 4.5 Matrik orde 4 x 4 Perbandingan Berpasangan antar Alternatif	59
Tabel 4.6 Bobot prioritas global kriteria/sub-kriteria	73
Tabel 4.7 Rangkuman bobot alternatif terhadap sub-kriteria penelitian.....	76
Tabel 4.8 Bobot global Setiap Alternatif	77



BAB I
PENDAHULUAN

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air dibutuhkan dalam setiap kehidupan. Kebutuhan air dimasa mendatang akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan berkembangnya pembangunan di segala bidang. Kondisi ideal yang didambakan oleh setiap orang adalah tersedianya air sepanjang waktu, dengan kuantitas dan kualitas yang memadai, atau lebih dikenal dengan istilah warungjamu (waktu, ruang, jumlah dan mutu). Air bisa terdistribusi dalam jumlah yang cukup dan tepat waktu ke lahan-lahan pertanian di musim kemarau dan terkendalinya banjir di musim penghujan. Apabila Sumber Daya Air tidak dikelola dengan semestinya, misalnya terjadi krisis air atau bencana banjir, maka dapat berakibat buruk terhadap sektor yang lain, seperti sektor ekonomi, sosial, budaya bahkan politik suatu negara. Air adalah sumberdaya vital yang hingga kini belum ada substitusinya apabila terjadi kelangkaan. Disamping itu, ketersediaan sumberdaya air sangat menentukan kinerja sektor pangan dan energi, dua sektor penting dalam kehidupan umat manusia. Oleh karena itu segala upaya yang ditujukan untuk melestarikan sumber daya air demi menjamin agar ketersediaan air selalu tercukupi, sangat penting bagi peningkatan kesejahteraan masyarakat.

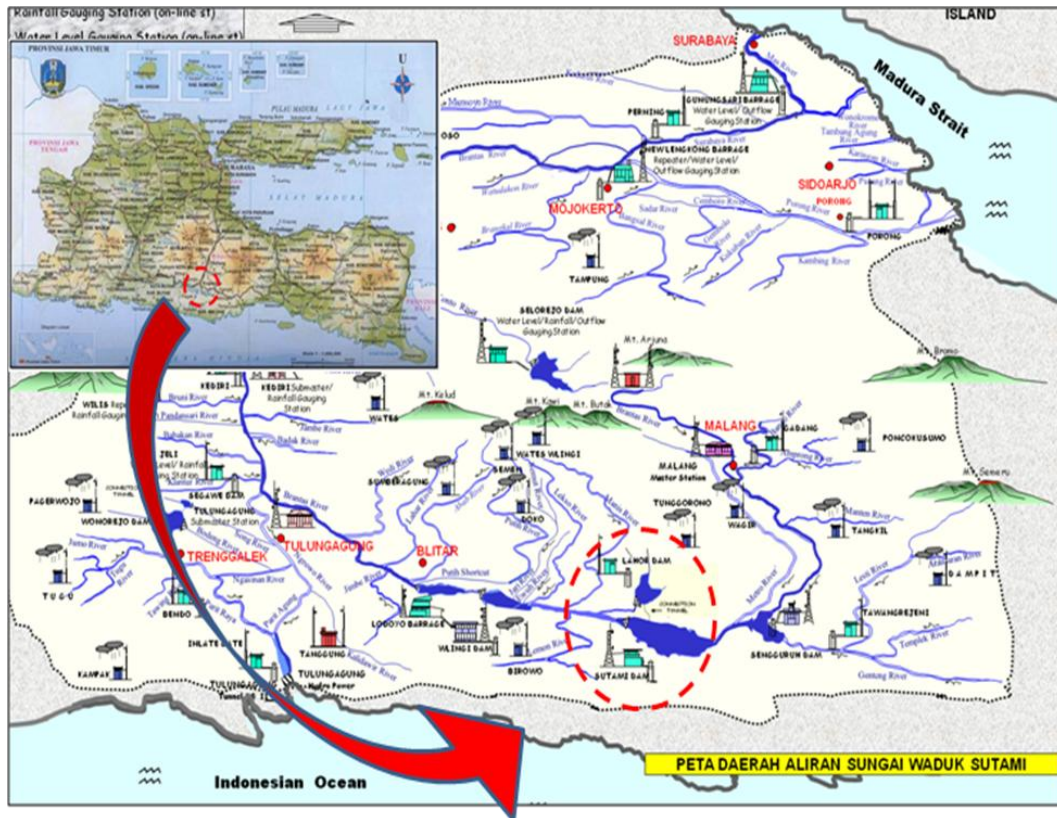
Perum. Jasa Tirta 1 (PJT1) merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) berbentuk Perusahaan Umum (Perum.) dimana dalam pengelolaannya menjalankan fungsi komersial/bisnis sekaligus fungsi pelayanan publik (non-komersial). Fungsi komersial, perusahaan memperoleh sumber pendapatan utama berasal dari Biaya Jasa Pengelolaan Sumber Daya Air (BJPSDA) sebagai kompensasi atas pelayanan terhadap pelanggan komersial (PLN, Industri, dan PDAM). Fungsi pelayanan publik, perusahaan melakukan pelayanan pada bidang irigasi pertanian, penyediaan air permukaan untuk kebutuhan pokok sehari-hari dalam hal ini perusahaan tidak memungut iuran BJPSDA.

Kelangkaan air di masa depan merupakan salah satu isu utama dari perubahan iklim global, apabila tidak dilakukanantisipasi dari awal maka akan

berdampak pada krisis air atau kekeringan pada musim kemarau dan bencana banjir pada musim penghujan. Dalam studi Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai (WS) Brantas tahun 2015 dan studi Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air WS Brantas tahun 2017 PJT1, dinyatakan bahwa kebutuhan air di WS Brantas di masa 20 (dua puluh) tahun mendatang akan mengalami peningkatan yang besar seiring dengan pertumbuhan penduduk, industri, Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan terutama pemenuhan kebutuhan irigasi. Disisi lain, pasokan air hujan semakin kurang dapat diprediksi sebagai akibat perubahan iklim global dan sumber daya air yang ada kurang dapat diandalkan. Oleh karena itu diperlukan rekayasa Sumber Daya Air (SDA), salah satunya adalah pembangunan bendungan. Dalam upaya memenuhi kebutuhan air di masa mendatang tersebut, telah direncanakan pembangunan setidaknya 23 (dua puluh tiga) bendungan baru tersebar di WS Brantas. Mengingat besarnya biaya yang diperlukan, faktor ketersediaan lahan, serta panjangnya proses yang dibutuhkan untuk merealisasikan pembangunan bendungan-bendungan baru tersebut, maka diperlukan upaya lain yang lebih efektif dan efisien diantaranya adalah melakukan rekayasa terhadap bendungan eksisting dalam rangka memperpanjang usia guna, salah satunya adalah Bendungan Sutami.

Salah satu program prioritas nasional yang dicanangkan Pemerintah dalam Rencana Kerja Pemerintah (RKP) 2019 adalah pemantapan ketahanan energi, ketahanan pangan, dan ketahanan air. Untuk peningkatan ketahanan air maka sumber daya air harus dikelola dengan baik. Pembangunan infrastruktur yang mendukung program prioritas tersebut antara lain berupa pembangunan bendungan/waduk. Dari tahun 2015 hingga 2019 mendatang pemerintahan menargetkan membangun 231 bendungan, dimana untuk tahun 2019 pemerintah menargetkan pembangunan 65 bendungan/waduk. Dengan demikian subjek penelitian ini sangat relevan dengan program pemerintah karena waduk Sutami merupakan waduk multi guna, yaitu sebagai penyedia air untuk pembangkitan energi listrik (ketahanan energi), untuk irigasi pertanian (ketahanan pangan), untuk Industri, PDAM, masyarakat, dll (ketahanan air) dan yang tidak kalah pentingnya sebagai pengendali banjir.

Bendungan Sutami (Karangkates) yang dibangun pada tahun 1961 hingga tahun 1972 terletak di Desa Karangkates, Kecamatan Sumberpucung, Kabupaten Malang. Lokasi bendungan berada pada Sungai Brantas, ± 14 km di hilir Bendungan Sengguruh dan ± 35 km dari Kota Malang seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Lokasi Bendungan Sutami (PJT1, 2018)

Waduk Sutami dipilih sebagai target penelitian ini dikarenakan lokasinya yang strategis (hulu WS Brantas) serta mempunyai kapasitas tampungan terbesar dibanding waduk yang lain di DAS Brantas. Sehingga dengan, misalnya, melakukan peninggian tubuh bendungan yang sama, akan berdampak peningkatan kapasitas air yang lebih besar dibanding dengan waduk yang lain. Disamping itu, laju sedimentasi waduk Sutami tergolong sangat tinggi yang mengakibatkan kapasitas tampungannya semakin berkurang. Apabila hal tersebut tidak segera diatasi maka akan berdampak pada menurunnya kinerja perusahaan dalam

menjalankan tugas pelayanan jasa air, baik fungsi komersial maupun non-komersial. Mengingat sumber pendapatan utama perusahaan ditentukan oleh iuran BJPSDA, maka faktor ketersediaan air waduk untuk layanan pembangkitan energi listrik (PLTA), Industri, dan PDAM menjadi hal yang sangat krusial. Oleh sebab itu, upaya memperpanjang usia guna waduk Sutami dengan cara meningkatkan volume tampungannya adalah hal yang perlu disegerakan.

Hasil pengukuran pada tahun 2014, diketahui bahwa kapasitas tampungan mati Waduk Sutami adalah 23,13 juta m³ atau 25,7% dari kapasitas tampungan mati awal (90 juta m³), kapasitas tampungan efektif adalah 135,43 juta m³ atau 53,5% dari kapasitas tampungan efektif awal (253 juta m³) dan kapasitas tampungan total adalah 158,56 juta m³ atau 46,2% dari kapasitas tampungan total awal (343 juta m³). Disisi lain, seiring bertambahnya jumlah permukiman di sekitar DAS Brantas menuntut adanya penyediaan kebutuhan air baku yang lebih besar. Dalam upaya menahan dan mengurangi sedimen yang masuk ke Waduk Sutami, maka pada tahun 1982-1988 di bagian hulu Bendungan Sutami dibangun Bendungan Sengguruh dengan kapasitas tampungan total ± 21,5 juta m³. Pada tabel 1.1 ditunjukkan kapasitas tampungan awal pada saat pembangunan waduk, sedangkan tabel 1.2 menunjukkan kapasitas tampungan hasil pengukuran yang dilakukan oleh PJT1 pada tahun 2014 untuk beberapa waduk yang berada di wilayah sungai Brantas, salah satunya adalah waduk Sutami. Kedua tabel tersebut menunjukkan bahwa terjadi penurunan kapasitas tampungan banjir dari kapasitas tampungan banjir awal sebesar 383,96 juta m³ menjadi 213,62 m³ (55.6%). Hal ini tentu akan menurunkan fungsi waduk Sutami sebagai pengendali banjir.

Tabel 1.1 Kapasitas Tampungan Awal Waduk di Wilayah Sungai Brantas

NO.	NAMA WADUK	SUNGAI	KABUPATEN/ KOTA	KAPASITAS AWAL				
				TAHUN	MATI (juta m ³)	EFEKTIF (juta m ³)	TOTAL (juta m ³)	FLOOD (juta m ³)
1	Sengguruh	Lesti	Malang	1988	19	2,5	21,5	22,86
2	Sutami	Brantas	Malang	1972	90	253	343	385,96
3	Lahor	Brantas	Malang	1977	6,7	29,4	36,1	40,5
4	Wlingi	Brantas	Blitar	1977	18,8	5,2	24	27,47
5	Lodoyo	Brantas	Blitar	1980	0,2	5	5,2	5,65
6	Selorejo	Konto	Malang	1970	12,2	50,1	62,3	63,55
7	Bening	Waduk	Nganjuk	1981	4,5	28,4	32,9	34,76
8	Wonorejo	Brantas	Tulungagung	2000	16	106	122	127,05

Sumber: Perum Jasa Tirta 1, Tahun 2015

Tabel 1.2 Kapasitas Tampungan Waduk di Wilayah Sungai Brantas tahun 2014

NO.	NAMA WADUK	KAPASITAS TERBARU				
		*) TAHUN	MATI (juta m ³)	EFEKTIF (juta m ³)	TOTAL (juta m ³)	FLOOD (juta m ³)
1	Sengguruh	2014	0,55	0,644	1,19	1,678
2	Sutami	2014	23,13	135,431	158,562	213,62
3	Lahor	2014	4,53	24,516	29,046	36,76
4	Wlingi	2013	2,81	2,048	4,854	6,59
5	Lodoyo	2013	0,35	2,372	2,717	3,03
6	Selorejo	2014	1,49	33,322	34,815	38,92
7	Bening	2012	2,42	25,441	27,858	31,94
8	Wonorejo	2011	10,15	97,091	107,238	114,18

Sumber: Perum Jasa Tirta 1, Tahun 2015

Berbagai upaya yang sudah dilakukan serta sedang dilakukan perusahaan untuk mengurangi laju sedimen, antara lain melakukan konservasi/penghijauan di daerah hulu waduk, sosialisasi terhadap masyarakat untuk ikut menjaga kelestarian lingkungan, melakukan penggelontoran (flushing) dan pengerukan (dredging) sedimen untuk menangani penurunan tampungan air di beberapa waduk, termasuk waduk Sutami. Laju sedimen yang masuk ke waduk Sutami setiap tahunnya, berdasarkan selisih kapasitas tampungan total pada tabel 1.1 dan tabel 1.2 rata-rata sebesar $\pm 4,5 \text{ jt m}^3/\text{tahun}$, jauh lebih besar dibanding jumlah

sedimen yang dikeruk ($\pm 0,4 \text{ jt m}^3/\text{tahun}$) oleh perusahaan secara berkala, sehingga berdampak pada menurunnya kapasitas tampungan waduk Sutami. Mengingat semakin terbatasnya lahan untuk penampungan sedimen (*spoilbank*) maka perlu dilakukan upaya lain untuk meningkatkan kapasitas tampungan Waduk Sutami dalam rangka menambah jumlah ketersediaan air baku / air permukaan serta pengendalian banjir sehingga usia guna waduk Sutami dapat diperpanjang.

Dalam upaya peningkatan kapasitas volume tampungan waduk Sutami tersedia beberapa pilihan alternatif tindakan yang dapat dilakukan oleh PJT1 antara lain peninggian tubuh bendungan, pengerukan sedimen dengan volume yang sama dengan volume sedimen masuk ke waduk, peninggian dan modifikasi struktur pelimpah, atau pengerukan sedimen dengan volume seperti yang dilakukan sekarang (Status Quo). Masing-masing alternatif tindakan tersebut tentu mempunyai kelebihan dan kekurangan baik ditinjau dari segi teknis pelaksanaan, biaya investasi yang dibutuhkan, maupun dampak yang ditimbulkan terhadap sektor yang lain. Sebagai contoh, peninggian tubuh bendungan tampaknya solusi menjanjikan dibanding pengerukan sedimen. Namun pilihan alternatif tersebut memerlukan biaya investasi yang relatif mahal dan teknologinya masih import dan mitigasi risiko yang ketat. Disisi lain, pengerukan sedimen merupakan cara tradisional yang mempunyai kelemahan dalam hal ketersediaan *spoilbank* dan polusi.

Peneliti melakukan wawancara dengan beberapa experts dan stakeholders bendungan, waduk, dan pengelolaan sumber daya air dalam rangka menggali lebih dalam pendapat atau opini mereka terhadap ke empat pilihan alternatif tindakan tersebut. Ada yang berpendapat bahwa peninggian tubuh bendungan lebih dipilih dibanding peninggian struktur pelimpah karena peninggian tubuh bendungan merupakan upaya maksimal dari alternatif yang ada. Pekerjaan peninggian tubuh bendungan juga mencakup penyesuaian ketinggian pelimpah dengan hasil peningkatan volume tampungan waduk jauh lebih besar (peninggian tubuh bendungan setinggi 5 m akan menghasilkan peningkatan volume tampungan jauh lebih besar dibanding peninggian struktur pelimpah hanya 0.5m). Alternatif peninggian elevasi struktur pelimpah dianggap kurang menarik karena

hanya solusi jangka pendek, dimana pada suatu saat nanti apabila dilakukan peninggian tubuh bendungan maka pekerjaan peninggian struktur pelimpah menjadi sia-sia karena akan direkonstruksi lagi. Sedangkan alternatif pengerukan sedimen kurang menarik karena mempunyai kelemahan di sisi keterbatasan lahan *spoilbank* dan polusi. Peninggian tubuh bendungan dianggap lebih penting karena lebih menjamin ketersediaan air dalam jangka panjang (aspek ekonomi), menghindari risiko bencana banjir (aspek sosial, lingkungan), menghindari risiko krisis air (ekonomi, sosial, politik) bahkan mungkin secara kuantitatif finansial yaitu biaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan setiap m^3 peningkatan air yang ditampung (Rp/ m^3) lebih murah dibandingkan alternatif tindakan yang lain. Pendapat yang lain mengatakan, lebih memilih peninggian struktur pelimpah dibanding peninggian tubuh bendungan karena relatif tidak mempengaruhi struktur eksisting tubuh bendungan (aspek teknis), tidak terlalu berdampak pada area genangan (aspek sosial, lingkungan), biaya Rp/ m^3 yang dibutuhkan kemungkinan lebih kecil, pelaksanaan konstruksi lebih singkat, dan menganggap dengan peninggian 0.5m sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan air dan pengendalian banjir. Sedangkan untuk kelompok yang mendukung pengerukan sedimen sebesar sedimen *in flow* berpendapat bahwa peninggian tubuh bendungan berisiko terhadap struktur stabilitas bendungan (aspek teknis) oleh sebab itu menempatkan peninggian tubuh bendungan menjadi prioritas kedua setelah pengerukan sedimen. Kelompok terakhir lebih memilih status quo dengan alasan tidak berisiko (aspek teknis) dan biayanya paling murah (ekonomi). Pada akhirnya terlihat bahwa masing-masing *experts dan stakeholders* mempunyai *intuitif judgment* yang berbeda tergantung dari pengalaman dan pemahaman terhadap permasalahan.

Dari hasil wawancara dan diskusi dengan para ahli dan pemangku kepentingan diatas dapat disimpulkan bahwa ada beberapa faktor atau kriteria yang menjadi pertimbangan untuk menentukan urutan prioritas alternatif tindakan yang ditawarkan dalam rangka peningkatan volume tampungan waduk Sutami. Kriteria tersebut adalah Sosial, Lingkungan, Teknik, Ekonomi bahkan Politik. Aspek Politik disini yaitu apabila terjadi krisis air atau bencana air yang besar dapat menimbulkan keresahan sosial yang berimbas pada stabilitas politik.

Sedangkan aspek ekonomi, para ahli dan pemangku kepentingan menganggap bahwa alternatif tindakan yang menawarkan biaya paling rendah dianggap lebih menguntungkan sehingga lebih dipilih. Peneliti menganggap untuk urusan air, dampak ekonomi secara kualitatif (*intangible*) harus lebih diperhitungkan daripada secara kuantitatif (finansial). Contoh sederhana, dalam kondisi ketersediaan air normal masyarakat dan industri dapat menikmati air dalam jumlah cukup dengan harga wajar (program pemerintah di bidang ketahanan air), PLTA dapat berproduksi normal sehingga ikut memberikan kontribusi terhadap program pemerintah di bidang ketahanan energi, serta irigasi pertanian berjalan lancar dan produksi hasil pertanian berjalan semestinya (ketahanan pangan), industri bertumbuh, ekonomi bergerak, berputar dan dari perputaran ekonomi tersebut ada pemasukkan pajak bagi pemerintah dan uang pajak tersebut dipergunakan kembali untuk membiayai fasilitas sosial, salah satunya waduk. Hal yang sebaliknya akan terjadi apabila tidak dilakukan upaya tepat dalam mengelola ketersediaan air, misalnya terjadi krisis air atau bencana banjir maka kedua program prioritas pemerintah yang lain akan terganggu dan merembet ke aspek politik atau instabilitas politik. Apabila hal ini terjadi, *cost* yang ditanggung pemerintah dalam melakukan *recovery* akan jauh lebih besar. PJT1 adalah BUMN berbentuk Perum. (Perusahaan Umum) yang kepemilikan sahamnya 100% oleh pemerintah mempunyai kewajiban untuk mendukung program prioritas nasional pemerintah sebagai perwujudan “negara hadir”. Peneliti sebagai bagian dari *stakeholder* berpendapat, air merupakan sumber daya yang ketersediaannya tergantung pada siklus musim dan belum ada substitusi sumber daya air seperti halnya energi dan pangan sehingga perlu mendapat perhatian serius bagi semua pihak.

Dalam penelitian ini yang dimaksud faktor ekonomi adalah faktor ekonomi secara kualitatif. Faktor politik tidak dimasukkan sebagai kriteria penilaian karena dianggap terlalu luas dan dapat mempengaruhi independensi faktor-faktor yang lain. Menurut Ciptomulyono (2010), pengambilan keputusan multikriteria (Multiple Criteria Decision Making) adalah suatu metode proses pemilihan alternatif untuk mendapatkan solusi optimal dari beberapa alternatif

keputusan dengan memperhitungkan kriteria yang lebih dari satu yang berada dalam situasi yang bertentangan (*conflicting*).

Berdasarkan uraian tersebut diatas, untuk mendapatkan hasil yang optimal terhadap situasi diatas dimana ada konflik kriteria untuk menentukan alternatif mana yang dianggap lebih penting dari alternatif yang lain, maka perlu menggunakan proses pengambilan keputusan multi kriteria, salah satunya dengan metode *Analytical hierarchy Process* (AHP). Metode AHP dipilih dengan pertimbangan lebih sederhana, banyak digunakan oleh peneliti lain, serta ada dukungan perangkat lunak yang *user friendly*. Terlepas dari pendapat adanya kekurangan yang ada, metode AHP merupakan metode yang dapat menguraikan masalah multi faktor atau multi kriteria yang kompleks menjadi suatu hirarki. Kelebihan AHP antara lain; memungkinkan pengambil keputusan untuk mewujudkan penilaian subyektif kualitatif menjadi kuantitatif melalui perbandingan relatif, menyediakan mekanisme evaluasi terhadap konsistensi hasil, dapat mempersatukan nilai individu atau bersama dalam proses pengambilan keputusan kelompok. Penerapan AHP sering diaplikasikan dalam pengambilan keputusan dalam perencanaan wilayah sungai, perencanaan air untuk perkotaan, serta manajemen pengelolaan air dan lingkungan.

Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian mengenai analisa pengambilan keputusan peningkatan volume tampungan waduk Sutami (Karangkates) dengan metode AHP.

1.2 Perumusan Masalah

Dari uraian latar belakang permasalahan tersebut diatas, maka rumusan masalah penelitian, sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan pemilihan alternatif terbaik dalam rangka meningkatkan volume tampungan Waduk Sutami ?

1.3 Tujuan Penelitian

Dengan mengacu pada perumusan permasalahan diatas, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan pemilihan alternatif terbaik dalam rangka meningkatkan volume tampungan Waduk Sutami.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan dilaksanakannya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat dijadikan referensi oleh pengambil keputusan PJT1 dalam memecahkan masalah kompleks yang subyektif dengan kriteria yang saling bertentangan dengan menggunakan pendekatan MCDM.
2. Dapat dijadikan referensi untuk penanganan permasalahan penurunan kapasitas tampungan waduk eksisting di Daerah Aliran Sungai (DAS) yang menjadi wilayah operasi perusahaan.

1.5 Batasan Masalah

Batasan-batasan serta asumsi yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Obyek penelitian adalah waduk Sutami (Karangkates) yang terletak di desa Karangkates, Kec. Sumber Pucung, Kabupaten Malang.
2. Tidak menganalisa hal-hal terkait dengan pola operasi waduk Sutami.
3. Tidak menghitung volume sedimen yang masuk maupun keluar waduk Sutami.
4. Tidak menganalisa pengaruh perubahan iklim global terhadap kecukupan kapasitas tampung waduk Sutami.
5. Tidak membahas mengenai pengelolaan lingkungan dan kawasan konservasi sebagai daerah resapan air maupun penyebab terjadinya erosi maupun sedimentasi di bagian hulu waduk Sutami.

1.6 Sistematika Penulisan

Tujuan sistematika penulisan adalah untuk mempermudah dalam penyusunan penelitian. Sistematika Penulisan tesis ini disusun dalam enam bab, masing – masing bab berisikan sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan landasan teori yang berkaitan dengan permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian, konsep-konsep dasar yang akan menjadi acuan dalam melakukan pengumpulan dan pengolahan data.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang urutan dan uraian langkah-langkah secara sistimatis dalam tiap tahap penelitian yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian. Urutan langkah tersebut merupakan kerangka yang dijadikan pedoman dalam melaksanakan penelitian.

BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan uraian mengenai tahapan pengumpulan dan pengolahan data yang digunakan untuk memecahkan permasalahan sesuai dengan tujuan penelitian yang ditetapkan. Dari hasil pengolah data dilakukan proses analisa dan interpretasi serta pembahasan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil analisa pada bab sebelumnya dan dijadikan acuan untuk memberikan rekomendasi atau saran (bila ada) yang

berhubungan dengan pengambilan keputusan peningkatan kapasitas tampungan waduk Sutami maupun waduk eksisting lainnya.



BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan landasan teori yang berkaitan dengan permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian, konsep-konsep dasar yang akan menjadi acuan dalam melakukan pengumpulan dan pengolahan data.

2.1 Bendungan dan Waduk Sutami

Bendungan adalah bangunan yang berfungsi untuk meninggikan muka air dan menghasilkan tampungan pada bagian hulu bangunan utama yang disebut waduk. Waduk dibangun untuk berbagai keperluan, air tampungan dapat dimanfaatkan untuk jangka waktu tertentu dan keperluan tertentu. Waduk juga bisa digunakan untuk pengendali banjir, irigasi, PLTA, industri, air minum, perikanan dan lain sebagainya. Air sungai yang ditampung di waduk sering mengandung sedimen, sehingga waduk perlu menyediakan tampungan sedimen. Besarnya tampungan sedimen yang dibuat akan menentukan tinggi bendungan yang akan dibangun (Fatmawati, 2012).

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2015 tentang Bendungan, Bendungan merupakan bangunan yang berupa urukan tanah, urugan batu, dan beton, yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang, atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk. Dalam studi ini, bendungan yang dibahas berfungsi untuk menampung air dan disimpan serta dipergunakan secara tepat guna, tepat waktu dan tepat sasaran sepanjang tahun. Karena adanya pembangunan sebuah bendungan, maka akan terbentuk suatu tempat atau wadah untuk menampung air yang dibendung tersebut yang dinamakan sebagai waduk. Pembangunan bendungan pada umumnya berfungsi untuk penyediaan air baku, penyediaan air irigasi, pengendalian banjir dan / atau pembangkit listrik tenaga air.

Bendungan Sutami (Karangkates) terletak di Desa Karangkates, Kecamatan Sumberpucung, Kabupaten Malang. Lokasi bendungan berada pada

bagian hulu Sungai Brantas, ± 14 km di hilir Bendungan Sengguruh dan ± 35 km dari Kota Malang. Berdasarkan penjelasan dari Perum. Jasa Tirta 1, Pembangunan Bendungan Sutami dilaksanakan dari tahun 1961 sampai tahun 1972. Pelaksana pembangunan terowong pengelak dan coffer dam adalah Kajima Construction Co., Ltd. Dengan supervisi dari Nippon Koei Co., Ltd., keduanya dari Jepang, sedangkan pembangunan selanjutnya, yaitu: bendungan utama dan bangunan yang lain dilaksanakan oleh tenaga Indonesia sendiri secara swakelola (on force account). Pada saat itu Nippon Koei Co., Ltd. Tetap bertindak sebagai konsultan perencanaan, sedangkan Kajima Corporation Co., Ltd. Bersama dengan Overseas Construction Co., Ltd. bertindak sebagai pembimbing di lapangan (guidance).

Adapun Maksud dan tujuan dibangunnya Bendungan Sutami adalah untuk:

1. Pengendalian banjir

Kapasitas tampungan waduk sangat berpengaruh terhadap kemampuan mengendalikan banjir. Waduk yang memiliki kapasitas tampungan besar, yang dikombinasikan dengan pengoperasian bangunan outflow melalui spillway, mampu untuk menampung volume inflow penyebab banjir dan dapat disimpan untuk dipergunakan di masa datang secara terkendali. Kapasitas tampungan waduk Sutami pada awal pembangunannya masing-masing adalah: Kapasitas tampungan mati 90 juta m³, kapasitas tampungan efektif 253 juta m³, dan kapasitas tampungan total 343 juta m³.

2. Pemberian air irigasi

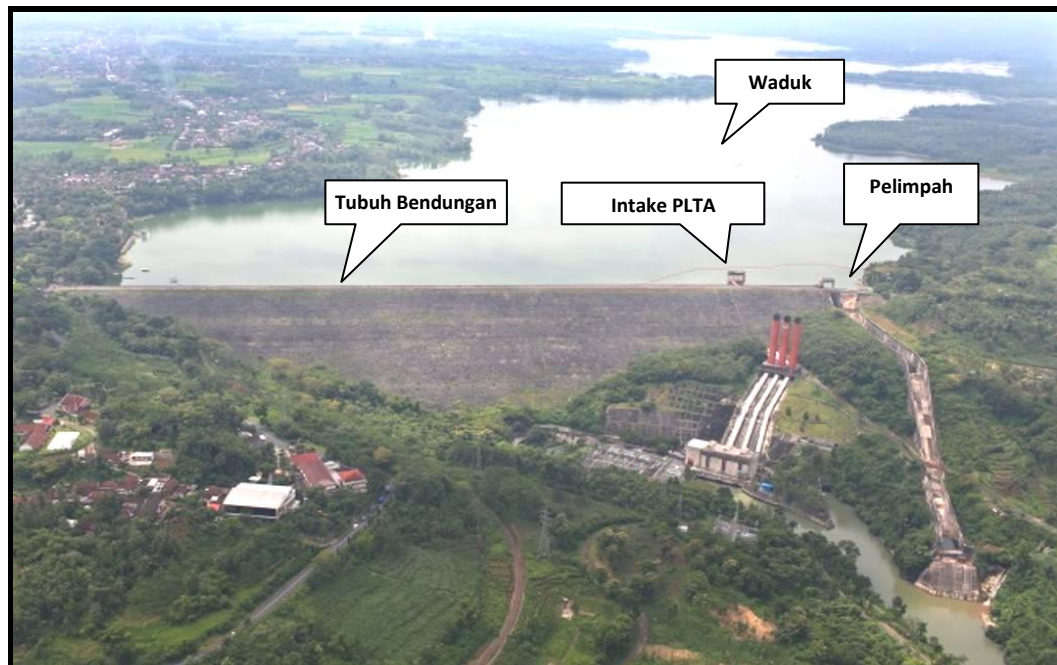
Besarnya kapasitas tampungan waduk juga berpengaruh terhadap kemampuannya dalam men supply air irigasi. Dengan mengatur / mengendalikan air Waduk Sutami (bersama-sama Waduk Lahor) dapat diperoleh tambahan debit untuk air irigasi di daerah hilir pada musim kemarau dari sebesar 24 m³/det dapat ditingkatkan menjadi 350 m³/det atau setara dengan daerah irigasi seluas 34.000 Ha.

3. Pembangkit tenaga listrik

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Sutami memiliki daya terpasang sebesar 3 x 35.000 kW dan dapat menghasilkan energi listrik sebesar \pm 488 juta kWh per tahun (bersama Waduk Lahor).

4. Pemberian air baku untuk air minum, air industri, pariwisata, perikanan air tawar, dan lain-lain.

Ilustrasi bendungan dan waduk Sutami ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Ilustrasi Bendungan Dan Waduk Sutami (PJT1, 2018)

Sedangkan data teknis waduk Sutami meliputi luasan daerah aliran sungai, luasan daerah terendam, tipe bendungan dan lainnya ditunjukkan pada gambar 2.2 berikut:



Keterangan:

Daerah Aliran Sungai	$\pm 2.050 \text{ km}^2$	Tinggi Bendungan	100,00 m
Daerah Terendam	15 km^2	Panjang Puncak	823,50 m
Tipe Bendungan	Rockfill dgn inti tegak	Lebar Puncak	13,70 m
		Lebar Dasar	400,00 m

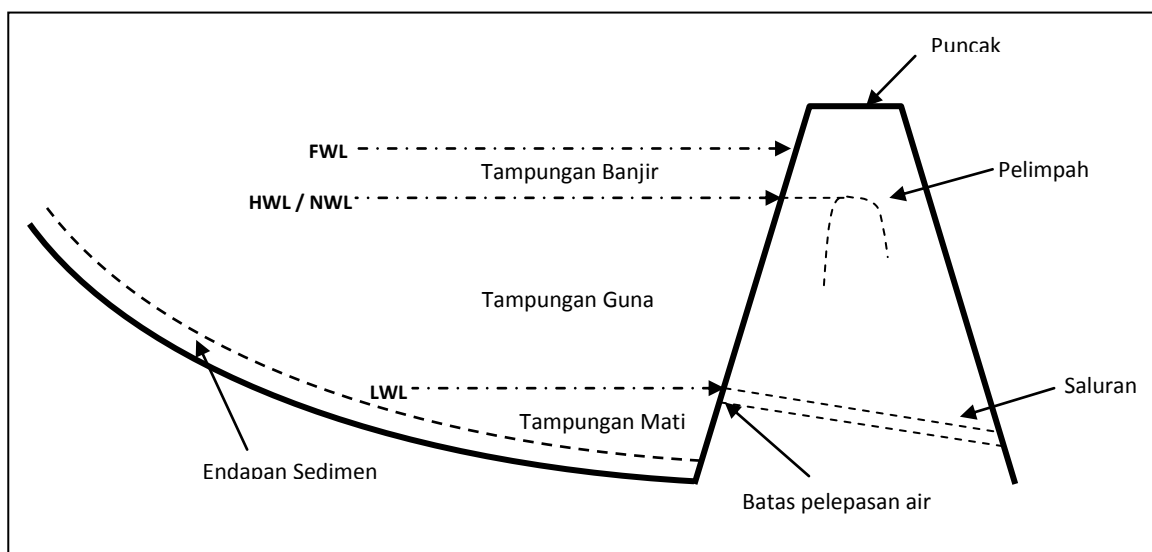
Gambar 2.2 Data Teknis Waduk Sutami (PJT1, 2018)

2.2 Zona Tampungan dan Tinggi Muka Air Waduk Sutami

Pengoperasian waduk akan terkait dengan pembagian kapasitas tampungan ke dalam bagian-bagian (zona) berdasarkan fungsi yang direncanakan. Pembagian kapasitas tampungan, dapat bersifat permanen atau berubah berdasarkan musim atau faktor lainnya. Tampungan waduk Sutami pada dasarnya terdiri atas beberapa zone sebagaimana ilustrasi pada Gambar 2.3.

1. Tampungan Mati (Dead Storage)

Zone ini juga disebut tampungan mati (*dead storage*), yang berfungsi untuk menyediakan tempat untuk endapan sedimen. Volume air didalam tampungan ini terletak dibawah tinggi muka air (TMA) rendah atau Low Water Level (LWL) dan tidak dimanfaatkan dalam pengoperasian waduk.



Keterangan

Tampungan Total	343 x 10 ⁶ m ³ (1972) 158,56 x 10 ⁶ m ³ (2014)	Elevasi Muka Air Banjir (FWL)	+ 277,00 m
Tampungan Efektif	253 x 10 ⁶ m ³ (1972) 135,43 x 10 ⁶ m ³ (2014)	Elevasi Muka Air Tinggi (HWL)	+ 272,50 m
Tampungan Mati	90 x 10 ⁶ m ³ (1972) 23,13 x 10 ⁶ m ³ (2014)	Elevasi Muka Air Rendah (LWL)	+ 246,00 m (irigasi) + 255,00 m (turbin)
		Elevasi Puncak	+ 279,00 m
		Elevasi Dasar	+ 179,00 m

Gambar 2.3 Zona Tampungan dan Tinggi Muka Air Waduk Sutami

2. Tampungan Guna (Useful Storage)

Zone ini disebut juga tampungan efektif yang berfungsi untuk menyimpan air yang selanjutnya akan dimanfaatkan sesuai dengan tujuan dibangunnya waduk. Dalam pengoperasian waduk, perlu menjaga kondisi permukaan air pada batas zone ini, yaitu diantara TMA rendah (LWL) dan TMA tinggi (HWL).

3. Tampungan Banjir (Flood Control Storage)

Zone ini merupakan daerah yang dicadangkan untuk menampung air debit tinggi pada musim basah. Ketinggian zone ini ditetapkan oleh ketinggian spillway. Volume air didalam tampungan ini terletak diantara TMA tinggi (HWL) yang sejajar dengan ketinggian pelimpah dan TMA banjir atau Flood Water Level (FWL).

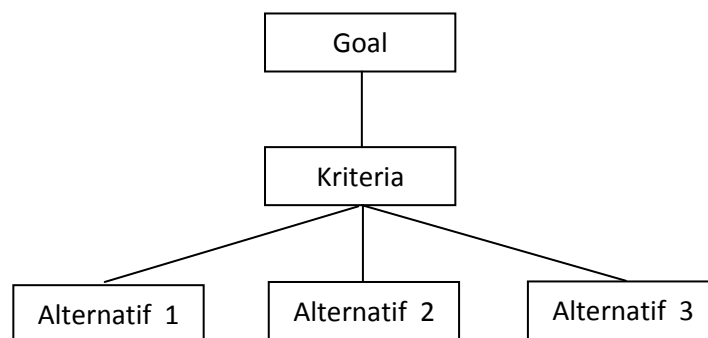
4. Tampungan Tambahan (Surchage Storage)

Merupakan zone di atas *flood control storage* yang berfungsi untuk menampung air bila jumlah air yang memasuki waduk sudah tidak dapat tertampung di *flood control storage*. Untuk beberapa saat debit air meluap melalui pelimpah dan biasanya tidak terkendali, dengan pengertian adanya hanya pada waktu banjir dan tidak dapat dipertahankan untuk penggunaan selanjutnya.

Pada gambar 2.3 terlihat bahwa distribusi endapan sedimen tidak hanya pada zona tampungan mati akan tetapi juga terjadi pada zona tampungan guna dan tampungan banjir, sehingga penurunan kapasitas tampungan waduk akibat endapan sedimen akan berdampak pada menurunnya kemampuan waduk dalam pengendalian banjir dan penyediaan air baku.

2.3 Analisa Pengambilan Keputusan

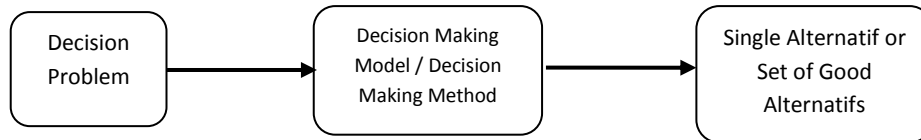
Menurut Harris (2012), pengambilan keputusan adalah studi tentang mengidentifikasi dan memilih alternatif berdasarkan nilai dan preferensi pembuat keputusan, dimana nilai dan preferensi tersebut sering dipengaruhi oleh aturan atau budaya perusahaan, hukum, praktik terbaik, dan sebagainya. Membuat keputusan menyiratkan bahwa ada pilihan alternatif yang harus dipertimbangkan dan memiliki kemungkinan keberhasilan atau efektivitas tertinggi yang paling sesuai dengan tujuan. Selain itu, pengambilan keputusan adalah proses untuk mengurangi ketidakpastian dan keraguan tentang alternatif pilihan yang masuk akal yang dapat dipergunakan di antara mereka. Gambar 2.4 menggambarkan hirarki blok diagram pengambilan keputusan.



Gambar 2.4 Blok Diagram Pengambilan Keputusan

2.3.1 Model Pengambilan Keputusan

Model pengambilan keputusan melibatkan proses pengambilan keputusan untuk menghasilkan satu alternatif atau satu set alternatif. Gambar 2.5 memperlihatkan metode pengambilan keputusan mengambil masukan subjektif dari keputusan tentang masalah dan menghasilkan alternatif yang sesuai sebagai output.

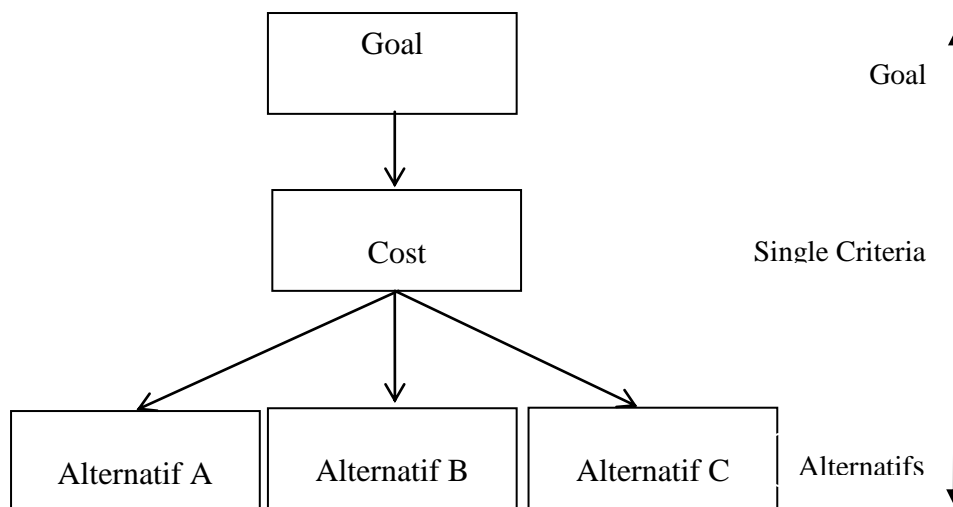


Gambar 2.5 Keterkaitan Antara Model dan Proses Pengambilan Keputusan

Model pengambilan keputusan diklasifikasikan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu metode pengambilan keputusan kriteria tunggal dan metode pengambilan keputusan multi kriteria.

1. Model Pengambilan Keputusan Kriteria Tunggal

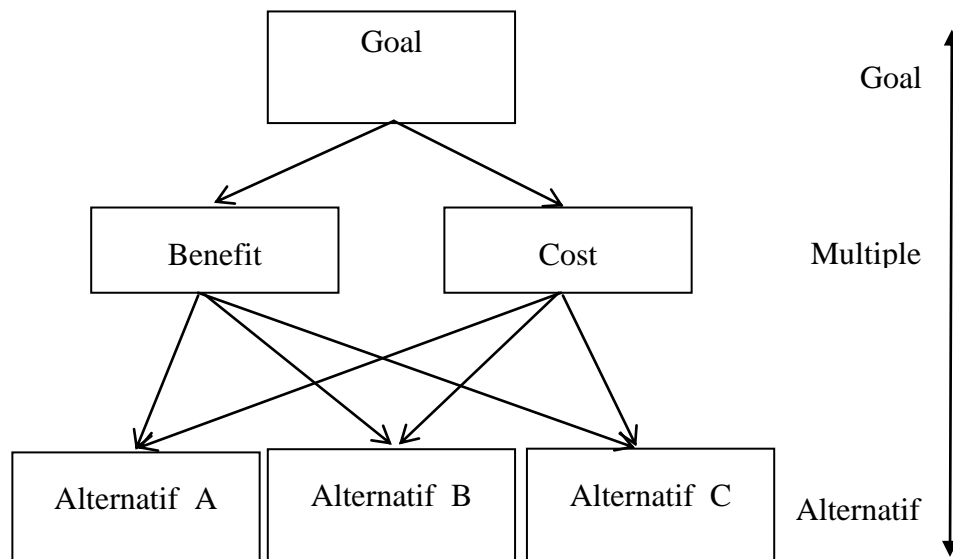
Dalam model ini, ketika memilih alternatif, tujuan keseluruhan sepenuhnya bergantung pada kriteria tunggal. Sebagai contoh pada Gambar 2.6 berikut, apabila pengambil keputusan dihadapkan pada beberapa pilihan alternatif (alternatif A, alternatif B, alternatif C) untuk tujuan peningkatan volume tampungan Waduk Sutami, maka hasil sepenuhnya bergantung pada kriteria tunggal "Cost".



Gambar 2.6 Model Pengambilan Keputusan Kriteria Tunggal

2. Model Pengambilan Keputusan Multi Kriteria

Dalam model ini, ketika memilih alternatif, tujuan keseluruhan tergantung pada dua atau lebih kriteria. Jika pengambil keputusan perlu menambahkan kriteria “Benefit” selain kriteria “Cost” seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6, maka output yang dihasilkan tidak hanya bergantung pada kriteria tunggal tetapi juga pada kriteria kedua (gambar 2.7). Dengan demikian, pemilihan alternatif pada model pengambilan keputusan tergantung pada seberapa penting kriteria diberikan.



Gambar 2.7 Model Pengambilan Keputusan Multi Kriteria

Dalam penelitian ini, metode yang akan dipergunakan untuk tujuan peningkatan volume tampungan waduk Sutami adalah model Pengambilan Keputusan Multi Kriteria (MCDM).

2.3.2 Proses Pengambilan Keputusan

Pengambilan keputusan adalah proses memilih satu alternatif dari serangkaian alternatif secara sistematis dan logis. Proses langkah demi langkah dasar yang terlibat dalam pengambilan keputusan disebut proses pengambilan keputusan (Fülöp, 2005). Sedangkan menurut Baker *et al* (2002), proses pengambilan keputusan harus dimulai dengan identifikasi pengambil keputusan

(decision maker) dan *stakeholder*, mengurangi kemungkinan ketidaksepakatan tentang definisi masalah, persyaratan, tujuan dan kriteria. Proses pengambilan keputusan secara umum dapat dibagi menjadi langkah-langkah berikut:

1. Mendefinisikan Masalah

Penting untuk mengidentifikasi, memahami, dan menentukan masalah sebelum membuat keputusan. Proses ini meliputi identifikasi akar penyebab permasalahan dengan disertai asumsi yang membatasinya secara hati-hati.

2. Mengidentifikasi kriteria:

Mengidentifikasi dan mendefinisikan kriteria yang akan membedakan antara sejumlah alternatif harus didasarkan pada tujuan. Masalah keputusan yang mengandung sejumlah besar kriteria sangat membantu untuk menghasilkan alternatif yang lebih baik. Satu set kriteria ideal harus operasional, bermakna dan tidak berlebihan.

3. Mengidentifikasi alternatif:

Bagian utama dari pengambilan keputusan adalah analisis dari sejumlah alternatif yang ada. Semua alternatif yang tersedia dibandingkan untuk dipilih alternatif yang paling sesuai dengan tujuan yang diinginkan.

4. Mengalokasikan bobot kepentingan (*importance weights*) setiap kriteria:

Bobot untuk setiap kriteria diberikan sesuai dengan penerapan perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*).

5. Skor kriteria untuk masing-masing alternatif:

Matriks dibentuk berdasarkan hasil penilaian kriteria untuk masing-masing alternatif dan dihitung sesuai dengan aturan.

6. Menerapkan aturan keputusan (*decision rules*):

Berdasarkan masukan dari bobot dan skor kriteria dari masing-masing aturan keputusan alternatif, ditentukan potensi dan alternatif yang sesuai.

7. Evaluasi alternatif terhadap kriteria:

Setelah evaluasi, alat pengambilan keputusan dapat digunakan untuk menentukan peringkat alternatif dari sekumpulan alternatif yang tersedia.

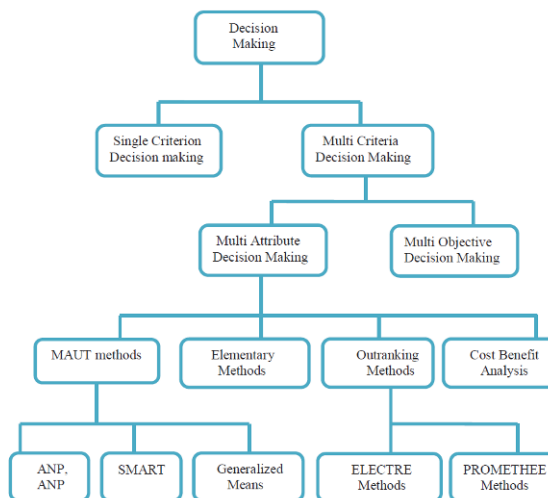
8. Identifikasi alternatif terbaik:

Fase terakhir dari model keputusan adalah mengidentifikasikan alternatif terbaik dari hasil evaluasi sesuai dengan tujuan pengambilan keputusan.

2.4 Multi Criteria Decision Making (MCDM)

Menurut Ciptomulyono (2010), pengambilan keputusan multikriteria (Multiple Criteria Decision Making) adalah suatu metode proses pemilihan alternatif untuk mendapatkan solusi optimal dari beberapa alternatif keputusan dengan memperhitungkan kriteria yang lebih dari satu yang berada dalam situasi yang bertentangan (*conflicting*).

MCDM dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua) jenis jika ditinjau berdasarkan jumlah kriterianya, yaitu *Multi Attribute Decision Making* (MADM) dan *Multi Objective Decision Making* (MODM). Teknik-teknik MADM secara parsial atau seluruhnya menyusun alternatif: satu alternatif yang paling disukai dapat diidentifikasi atau memilih sedikit alternatif dari sejumlah alternatif yang tersedia (Fülöp, 2005). Gambar 2.8 memperlihatkan hubungan antara MCDM, MADM, dan MODM.

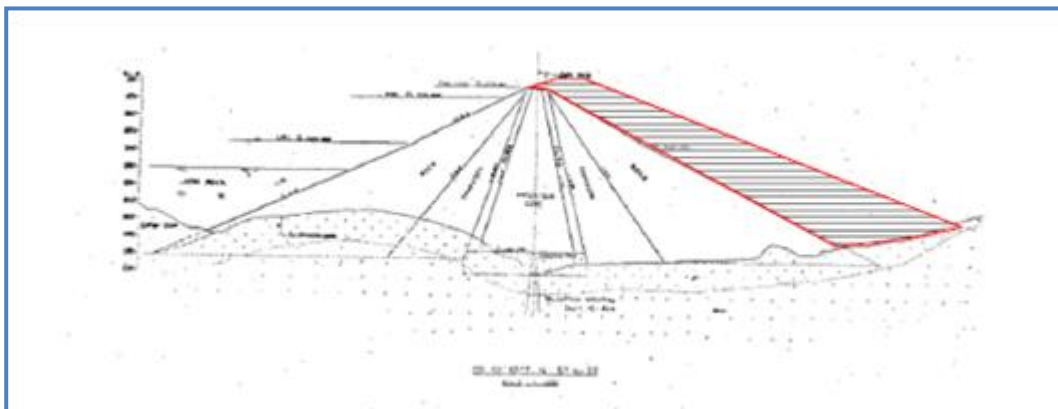


Gambar 2.8 Hubungan antara MCDM, MADM, dan MODM (Fülöp, 2005)

Dalam penelitian ini, jenis MCDM yang akan dipergunakan untuk tujuan peningkatan volume tampungan waduk Sutami adalah model MADM.

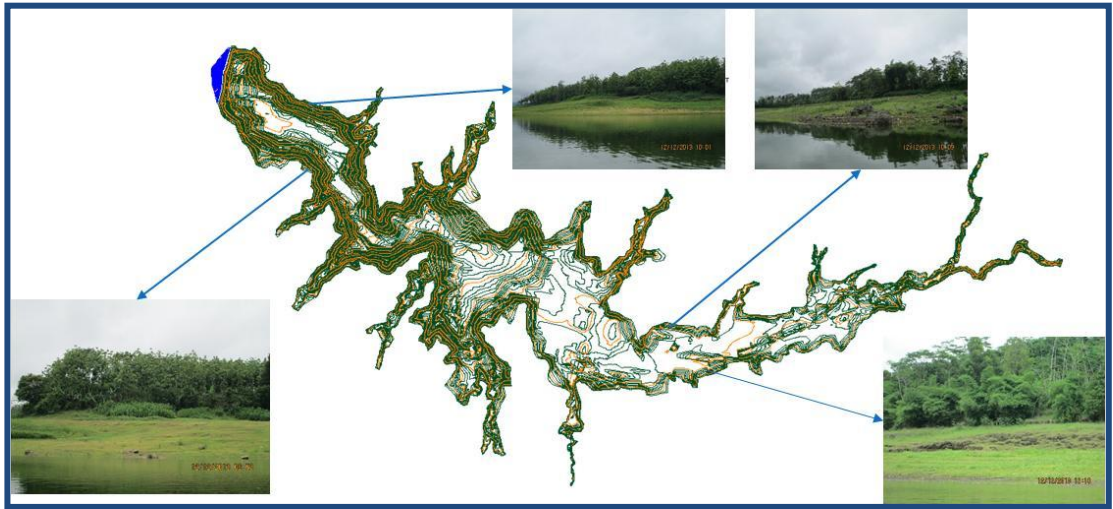
2.5 Penentuan Alternatif Tindakan Dalam Rangka Peningkatan Volume Tampungan Waduk Sutami

Hasil studi yang dilakukan oleh Perum Jasa Tirta 1 dengan JICA (Japan International Cooperation Agency) dengan judul “The Project For Assessing And Integrating Climate Change Impacts Into The Water Resources Management Plans For Brantas And Musi River Basins (Water Resources Management Plan)” pada tahun 2018 memberikan alternatif tindakan dalam rangka meningkatkan volume tampungan waduk di wilayah sungai Brantas. Selain merekomendasikan pembangunan waduk baru, JICA juga mengusulkan peninggian tubuh bendungan Sutami sebagai antisipasi perubahan iklim di masa depan. Waduk Sutami dipilih sebagai target rehabilitasi dikarenakan mempunyai kapasitas tampungan terbesar di daerah aliran sungai Brantas. Sehingga dengan peninggian tubuh bendungan yang sama, akan berdampak peningkatan kapasitas air yang lebih besar dibanding waduk yang lain. Dengan mempertimbangkan hasil studi geologi dan dampak sosial yang mungkin timbul, tim JICA mengusulkan peninggian tubuh bendungan Sutami setinggi 5M dari ketinggian sekarang, dengan rencana sketsa seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Layout Peninggian Tubuh Bendungan Sutami (PJT1, 2018)

Daerah genangan waduk Sutami pada umumnya dengan kemiringan sangat landai sehingga potensi terjadinya longsor sangat kecil seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Geologi Area Genangan Waduk Sutami (PJT1, 2018)

Pada saat ini Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) Japan sudah mempunyai teknologi untuk melakukan peninggian tubuh bendungan dan mengaplikasikannya di beberapa bendungan, diantaranya adalah New Katsurazawa Dam seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.11.

New Katsurazawa Dam Type A Expansion of total capacity

- Heightening of dam is applied for a dam with strong concrete strength.
- Little heightening of dam height enables large increase in storage capacity.

Location	Mikasa City, Hokkaido		To increase flood control capacity, dam height is heightened by 11.9m without interruption of dam operation.
Purpose	Flood control, environment, power generation, water supply, industrial water supply		
Specification	Type: concrete gravity dam Height: 75.5m (11.9m up) Total capacity: 147.30 million m ³		Total capacity is increased by 60% by raising dam height by 20%.
Period	1985 to 2020		

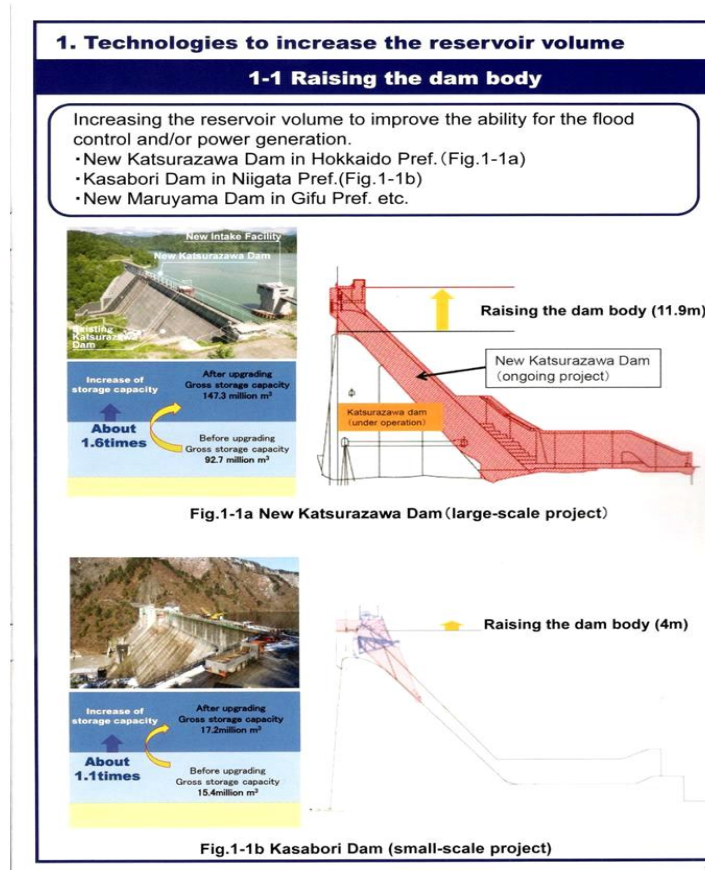
Total capacity is increased by 60% by raising dam height by 20%.

125

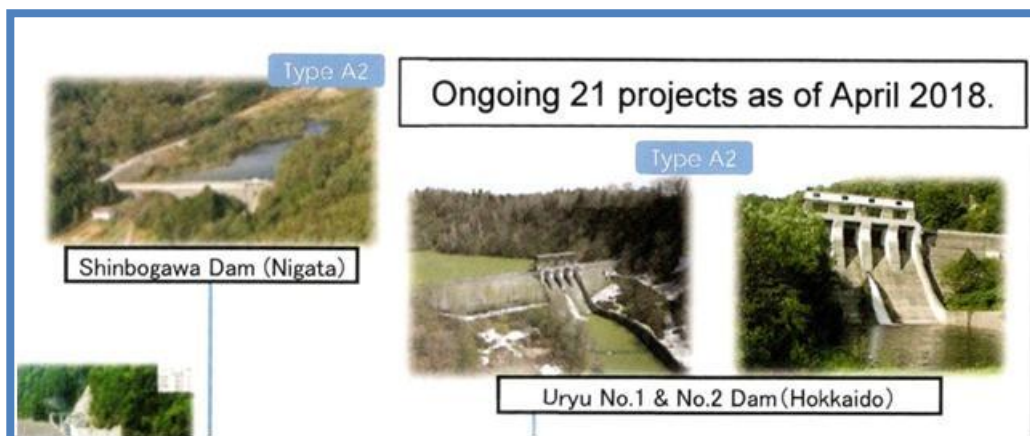
Gambar 2.11 Peninggian Tubuh Bendungan New Katsurazawa Japan

Akhira (2018) dalam acara Focus Group Discussion (FGD) tentang “Innovation and Latest Technology For Dam Operational and Maintenance” yang diselenggarakan di Batam menunjukkan bahwa MLIT Jepang sudah berpengalaman dalam melakukan peninggian tubuh beberapa bendungan tanpa mengganggu operasi waduk, diantaranya adalah New Katsurazawa Dam di Hokkaido dan

Kasabori Dam di Nigata seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.12 dan gambar 2.13.



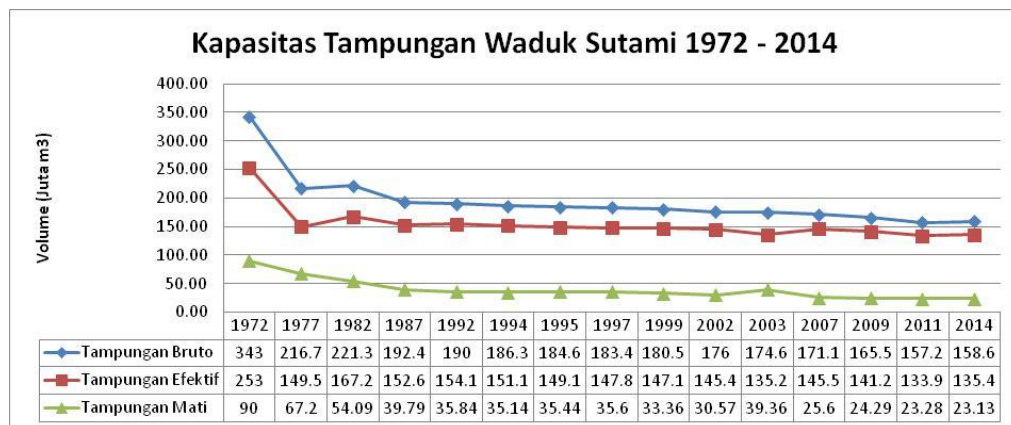
Gambar 2.12 Teknologi Peninggian Tubuh Bendungan di Jepang



Gambar 2.13 Proyek *ongoing* Peninggian Tubuh Bendungan di Jepang

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa ide peninggian tubuh bendungan dari sisi teknologi adalah memungkinkan dan tentunya sudah disertai mitigasi risiko yang memadai. Oleh sebab itu peninggian tubuh bendungan akan dipilih sebagai salah satu alternatif dalam upaya peningkatan kapasitas tampungan waduk Sutami.

Selain peninggian tubuh bendungan, alternatif lain yang diusulkan oleh tim JICA dalam peningkatan ketersediaan air di wilayah sungai Brantas adalah melakukan pengerukan sedimen (Dredging of Reservoir) waduk Sutami. Laju sedimentasi waduk Sutami sejak beroperasi mulai tahun 1972 sampai tahun 2014 ditunjukkan pada Gambar 2. 14 berikut:



Gambar 2.14 Kapasitas Tampungan Waduk Sutami Thn. 1972-2014 (PJT1, 2018)

Besarnya laju sedimen yang masuk ke waduk Sutami ini sebagai akibat dari degradasi lahan, deforestasi, dan alih fungsi hutan di bagian hulu waduk Sutami menjadi lahan pertanian. Pada tahun 1988 waduk Sengguruh yang berada di hulu waduk Sutami mulai beroperasi. Selain berfungsi untuk *supply* air pembangkit tenaga listrik serta memenuhi ketersediaan air irigasi, keberadaan waduk Sengguruh berfungsi sebagai penahan sedimen yang masuk ke waduk Sutami. Dari Gambar 2.11 terlihat bahwa laju sedimen yang masuk waduk Sutami menurun drastis sejak beroperasinya waduk Sengguruh pada tahun 1988. Bila dihitung sejak tahun 1992 sampai tahun 2014, laju sedimen yang mengendap di waduk Sutami rata-rata 1,5 juta m³/tahun sedangkan pengerukan sedimen yang

dilakukan PJT1 selama ini rata-rata 400 ribu m³/tahun. Berdasarkan studi yang dilakukan JICA (2018), laju sedimen inflow ke waduk Sutami, dengan mempertimbangkan perubahan iklim di masa mendatang dan pengaruh lain, diperkirakan akan meningkat menjadi sebesar 4,85 juta m³/tahun. Visualisasi pengerukan sedimen di waduk Sutami secara berkala yang dilakukan oleh PJT1 seperti ditunjukkan pada gambar 2.15 berikut.



Gambar 2.15 Kapal Keruk (Dredger) Waduk Sutami (PJT1, 2018)

Mengingat kondisi kapal keruk yang ada sudah relatif tua dan kemampuannya terbatas, maka sebagai konsekwensi atas peningkatan kapasitas pengerukan sedimen sesuai dengan sedimen inflow adalah melakukan investasi pengadaan kapal keruk baru dan meningkatkan ketersediaan *spoilbank* yang memadai. Pengerukan sedimen sesuai sedimen inflow akan dipilih sebagai salah satu alternatif dalam upaya peningkatan kapasitas tampungan waduk Sutami.

Alternatif lain yang diusulkan ahli PJT1 adalah memodifikasi struktur pelimpah (spillway) dengan meninggikan dinding pelimpah, spillway, dan menambah pintu spillway. Kondisi dinding pelimpah dan pintu spillway waduk Sutami diperlihatkan pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Dinding Pelimpah dan Pintu Spillway Waduk Sutami (PJT1, 2018)

Uraian tersebut diatas merupakan rangkuman dari hasil diskusi yang mendalam (*in depth interview*) dengan para ahli dan *stakeholder* Bendungan, Waduk, dan Pengelola sumber daya air baik dari internal PJT1 maupun kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat (PUPR), hasil Focus Group Discussion (FGD) tentang Innovation and Latest Technology For Dam Operational and Maintenance yang diselenggarakan oleh Dirjen Sumber Daya Air (SDA) Kemen. PUPR di Batam akhir tahun 2018, serta berbagai sumber lain. Sehingga dalam penelitian ini diusulkan beberapa alternatif tindakan dalam rangka meningkatkan volume tampungan waduk Sutami seperti pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Alternatif Tindakan Peningkatan Volume Tampungan Waduk Sutami

No	Alternatif	deskripsi
1	Peninggian tubuh bendungan	Peninggian tubuh bendungan sebesar 5m beserta penyesuaian konstruksi bangunan pelimpah
2	Menaikkan elevasi puncak struktur pelimpah	Memodifikasi bangunan pelimpah setinggi 0.5m (beserta pintu air dan kelengkapannya)
3	Pengerukan sedimen	Pengerukan sedimen sebesar perkiraan volume sedimen <i>inflow</i> yaitu ± 2 juta m^3 /tahun - 4,85 juta m^3 /tahun.
4	<i>Status Quo</i>	Pengerukan sedimen sebesar $\pm 0,4$ jt m^3 /tahun seperti yang dilakukan perusahaan selama ini.

2.6 Metode Focus Group Discussion (FGD)

Metode FGD adalah jenis metodologi penelitian kualitatif, yang didefinisikan sebagai diskusi yang terstruktur dan terfokus dengan sekelompok kecil orang, yang dipandu oleh seorang fasilitator (moderator) atau menggunakan tim moderator (Prince et al, 2001; Marczak et al, 2007) untuk menghasilkan data kualitatif melalui serangkaian pertanyaan terbuka. Lebih lanjut Masadeh, M. A. (2012) mengatakan bahwa FGD digunakan dalam beberapa penelitian sebagai salah satu metodologi penelitian karena kemampuan mereka untuk benar-benar menghasilkan item untuk pengembangan kuesioner. Kelompok juga memungkinkan peneliti untuk "menggali lebih dalam" untuk memperoleh wawasan mendalam ke dalam topik yang diteliti, serta mengumpulkan sejumlah informasi tertentu dan pendapat dari sejumlah kecil orang dalam waktu singkat. Oleh karena itu, kelompok fokus dalam kasus seperti itu bersifat eksploratif, yang bertujuan mengembangkan dan merumuskan daftar pertanyaan yang sesuai untuk digunakan dalam survei kuesioner terutama dalam ketiadaan penelitian tentang topik tertentu dan dapat membantu dalam menentukan butir-butir survei secara jelas.

2.7 Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)

Menetapkan kriteria untuk pengambilan keputusan adalah tugas yang sulit dan bertanggung jawab. Di masa lalu, satu kriteria optimasi biasanya diperdebatkan, bahwa kriteria tunggal adalah masalah finansial. Saat ini kita hampir selalu berurusan dengan pengoptimalan multi-kriteria yaitu pengambilan keputusan sehubungan dengan lebih dari satu kriteria. Untuk memecahkan masalah tersebut, berbagai metode matematika dikembangkan. Dalam metode tersebut pembuat keputusan harus menentukan preferensi struktur untuk membuat pilihan.

Saaty (1980), *Analytical Hierarchy Process (AHP)* merupakan metode untuk pengambilan keputusan berbagai kriteria, AHP sangat erat kaitannya dengan cara seseorang secara intuitif menyelesaikan masalah kompleks dengan menguraikannya menjadi yang lebih sederhana. Model pendukung keputusan ini akan menguraikan masalah multi faktor atau multi kriteria yang kompleks menjadi suatu hirarki. Hirarki sendiri didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multi level dimana level pertama adalah tujuan, yang diikuti level faktor, kriteria, sub kriteria, dan seterusnya ke bawah hingga level terakhir dari alternatif. Dengan hirarki, suatu masalah yang kompleks dapat diuraikan ke dalam kelompok-kelompoknya yang kemudian diatur menjadi suatu bentuk hirarki sehingga permasalahan akan tampak lebih terstruktur dan sistematis. Beberapa prinsip dasar dari metode *AHP* yang harus dipahami diantaranya adalah: *decomposition, comparative judgment, synthesis of priority, dan logical consistency*

1. Decomposition

Decomposition atau konstruksi hirarki adalah menguraikan permasalahan secara hirarkis, yaitu memecah persoalan menjadi elemen-elemen yang terpisah sampai tidak mungkin dilakukan pemecahan lebih lanjut, sehingga didapatkan beberapa tingkatan. Pada langkah ini dapat didasarkan pada studi sebelumnya atau pengalaman empiris. AHP menuntut bahwa masalah harus disusun oleh para peserta dalam proses pengambilan keputusan, meskipun tidak penting bahwa semua peserta dalam proses perencanaan menyetujui setiap komponen masalah

(Saaty, 1985). Selain itu, semua elemen penting yang relevan dengan masalah perlu tercakup dalam struktur hierarki. Dalam bentuk yang paling khas, hirarki disusun dari atas (tujuan) melalui tingkat menengah (kriteria dan subkriteria yang bergantung pada tingkat berikutnya), dan terus ke tingkat terendah (yang biasanya merupakan daftar alternatif).

2. Comparative Judgment

Prinsip ini berarti membuat penilaian tentang kepentingan relatif dua elemen pada suatu tingkat tertentu yang dalam kaitannya dengan tingkat di atasnya. Penilaian ini merupakan inti dari AHP, karena ia akan berpengaruh terhadap prioritas elemen-elemen. Hasil dari penilaian ini akan tampak lebih mudah bila disajikan dalam bentuk matriks yang dinamakan matriks *pairwise comparison*.

Agar diperoleh skala yang bermanfaat ketika membandingkan dua elemen, seseorang yang akan memberikan jawaban perlu pengertian menyeluruh tentang elemen-elemen yang dibandingkan dan relevansinya terhadap kriteria atau tujuan yang dipelajari.

A. Perbandingan Berpasangan (*Pairwise Comparison*)

Kelebihan dari metode *AHP* adalah kemampuan yang dimilikinya untuk menggabungkan unsur-unsur kualitatif dan kuantitatif. Kuantifikasi dari hal-hal yang bersifat kualitatif dilakukan dengan memberikan persepsi perbandingan yang diskalakan secara berpasangan (*pairwise comparison scale*). Seseorang yang akan memberikan persepsi tersebut harus mengerti secara menyeluruh mengenai variabel-variabel yang diperbandingkan dan relevansinya terhadap tujuan yang dimaksudkan. Pertanyaan yang diajukan dalam melakukan perbandingan adalah : 1. Variabel mana yang lebih penting dan, 2. Berapa kali lebih penting. Berdasarkan pengalaman yang dimiliki, seseorang dapat dengan mudah, logis dan akurat memberikan persepsi perbandingan antara dua hal. Dalam melakukan perbandingan secara berpasangan, digunakan skala perbandingan (skala fundamental) yang diturunkan berdasarkan riset psikologis atas kemampuan individu dalam membuat suatu perbandingan secara

berpasangan terhadap beberapa elemen yang akan dibandingkan (Saaty, 1994). Skala perbandingan tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Pemberian Nilai Pada Perbandingan Berpasangan

Perbandingan nilai relatif antara kriteria i dan kriteria j (X_{ij})	Definisi Penilaian	Penjelasan
1	Sama penting	Dua kriteria (i dan j) memiliki tingkat kepentingan yang sama dalam memenuhi tujuan
3	Relatif lebih penting	Kriteria i sedikit lebih penting dibandingkan kriteria j dalam memenuhi tujuan
5	Lebih penting	Kriteria i memiliki tingkat kepentingan yang cukup besar dibandingkan kriteria j dalam memenuhi tujuan
7	Sangat penting	Kriteria i memiliki tingkat kepentingan sangat besar dibandingkan kriteria j dalam memenuhi tujuan
9	Jauh lebih penting	Kriteria i memiliki tingkat kepentingan jauh lebih besar dibandingkan kriteria j dalam memenuhi tujuan
2, 4, 6, 8	Nilai antara	Penilaian diantara nilai relatif lainnya

Sumber: Saaty (1994)

B. Penyusunan *Pairwise Matrix*

Proses perhitungan matematis dalam metode AHP dilakukan dengan menggunakan suatu matrik. Apabila dalam suatu sub sistem operasi terdapat n kriteria operasi yaitu A_1, A_2, \dots, A_n , maka hasil perbandingan dari elemen-elemen operasi tersebut akan membentuk matrik A berukuran $n \times n$ dengan bentuk seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Matriks Perbandingan Berpasangan

Kriteria	A_1	A_2	.....	A_n
A_1	1	A_{21}	.....	A_{1n}
A_2	A_{12}	1	.....	A_{2n}
.....	.....	.....	1	.....
A_n	A_{1n}	A_{2n}	.....	1

Sumber: Saaty (1994)

Pengisian nilai a_{ij} menggunakan aturan sebagai berikut (Saaty, 1994) :

- a. Jika $a_{ij} = \infty$, maka $a_{ji} = 0$
- b. Jika antara elemen operasi A_i dengan A_j mempunyai tingkat kepentingan yang sama maka nilai $a_{ij} = a_{ji} = 1$
- c. Nilai $a_{ij} = 1$ untuk $i = j$ (diagonal matrik memiliki nilai 1)

Dari matrik perbandingan berpasangan tersebut di atas, dilakukan pembobotan parsial dengan langkah sebagai berikut :

1. Menjumlahkan nilai setiap kolom dalam matrik perbandingan berpasangan.
2. Membagi nilai a_{ij} pada setiap kolom dengan jumlah nilai pada kolom bersangkutan sehingga diperoleh matrik yang dinormalisasi.
3. Menjumlahkan semua nilai setiap baris dari matrik yang telah dinormalisasi dan membaginya dengan jumlah elemen tiap baris, yang merupakan nilai bobot parsial.

3. *Synthesis of Priority*

Dari setiap matriks pairwise comparison kemudian dicari eigen vectornya untuk mendapatkan local priority. Karena matriks pairwise comparison terdapat pada setiap tingkat, maka untuk mendapatkan global priority harus dilakukan sintesa di antara local priority. Jika perbandingan berpasangan telah lengkap, *vector prioritas* W yang disebut sebagai *eVector* dihitung dengan rumus:

$$A.W = \lambda_{\max}.W \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan A adalah matrik perbandingan berpasangan dan λ_{\max} adalah *eigen value* terbesar dari A . *eVector* atau *eigen vector* merupakan bobot prioritas suatu matrik.

4. *Logical Consistency*

Menurut Ascarya *et al*, (2005) perlu adanya konsistensi dalam melakukan hubungan transitivitas dari preferensi untuk perbandingan pasangan dalam AHP. Preferensi harus memenuhi syarat transitivitas. Sebagai contoh transitivitas:

Jika $a_1 > a_2$ dan $a_2 > a_3$, maka $a_1 > a_3$

Jika $a_1 = 4a_2$ dan $a_1 = 8a_3$, maka $4a_2 = 8a_3$

Dalam membandingkan satu kriteria, kita tidak mengharapkan adanya hubungan intransitif. Namun, dalam membandingkan masalah yang memiliki banyak kriteria, hampir tidak mungkin kita tidak mendapatkan adanya hubungan intransitif. Karena untuk mencapai konsistensi cukup sulit, maka diperkenalkan konsep deviasi dari konsistensi dalam AHP. Disarankan bahwa tingkat inkonsistensi preferensi atau pengaruh perbandingan pasangan tidak lebih dari 10 persen.

Tujuan dari menghitung rasio konsistensi adalah untuk melihat apakah nilai rasio konsistensi sampai kadar tertentu, yaitu 10% atau kurang, masih diperbolehkan. Rasio konsistensi (*Consistency Ratio/CR*) memberikan suatu penilaian numerik mengenai bagaimana ketidakkonsistenan suatu evaluasi.

Penyimpangan konsistensi dinyatakan dengan indeks konsistensi (*Consistency Index/CI*), dengan persamaan:

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana:

- λ_{max} = eigen value maksimum dari matriks perbandingan berpasangan n x n
- n = ukuran matriks / jumlah elemen yang dibandingkan

Untuk mengetahui apakah CI dengan besaran tertentu cukup baik atau tidak, perlu diketahui rasio yang dianggap baik, yaitu apabila $CR < 0,1$. Bila lebih dari 0,1, maka perlu dilakukan penilaian ulang.

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots\dots\dots (2.3)$$

Nilai RI atau indeks konsistensi acak berbagai ukuran matrik (n) yang dikeluarkan oleh Oarkride Laboratory dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4 Indeks Konsistensi Acak

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58	1.59

Sumber: Saaty (1994)

5. Keunggulan dan Kelemahan Analytical Hierarchy Process (AHP)

AHP sangat berguna untuk permasalahan kompleks yang tidak terstruktur, tidak memiliki kecukupan data tertulis, seperti permasalahan : penentuan alternatif, penyusunan prioritas, pemecahan konflik kepentingan, pemilihan kebijakan, pengalokasian sumber, penentuan kebutuhan dan juga pengukuran performansi. Menurut Ciptomulyono (2001) kelebihan AHP, antara lain :

1. Mampu membahas permasalahan kompleks dan tak terstruktur secara detail.
2. Memadukan intuisi, pikiran, perasaan dan penginderaan dalam menganalisis pengambilan keputusan.
3. Memiliki kemampuan melakukan sintesa pemikiran berbagai sudut pandang responden.
4. Memperhitungkan konsistensi dari penilaian yang telah dilakukan dalam membandingkan faktor-faktor untuk memvalidasi keputusan.
5. Kemudahan dalam pengukuran elemennya.
6. Memungkinkan untuk melakukan perencanaan ke depan (forward) atau sebaliknya, menjabarkan masa depan yang ingin dicapai ke masa kini (backward).

Selain keunggulan, AHP juga mempunyai kelemahan, yaitu :

1. Dalam penerapannya, harus melibatkan orang-orang yang memiliki pengetahuan yang cukup tentang permasalahan dan tentang metode AHP itu sendiri.
2. Untuk melakukan perbaikan keputusan walaupun kecil maka harus dimulai lagi dari tahap awal dan memakan waktu yang relatif lama.
3. AHP tidak dapat diterapkan pada suatu perbedaan sudut pandang yang sangat tajam atau ekstrim di kalangan responden.

2.8 Dukungan Perangkat Lunak

Perangkat lunak *Expert Choice* banyak digunakan oleh peneliti untuk mengolah hasil pembobotan perbandingan berpasangan AHP (Erdogana *et al*, 2017). Disamping mudah pengoperasiannya, *Expert Choice* dilengkapi dengan fasilitas analisis sensitifitas terhadap prioritas penting dalam proses pengambilan keputusan (Maletic, 2014). Dalam penelitian ini pengolahan data AHP akan dilakukan dengan menggunakan aplikasi perangkat lunak *Expert Choice v. 11*

2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian atau kajian terdahulu yang berkaitan dengan pengelolaan sumber daya air ditunjukkan dalam Tabel 2.5 berikut:

Tabel 2.5 Daftar Penelitian Terdahulu

No.	Penanggung - jawab Penelitian	Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Perum. Jasa Tirta 1 – Malang dan JICA	2018	<i>The Project for Assessing and Integrating Climate Adaptation Measures against Change Impact into the Water Resources Management Plans for Brantas and Musi River Basin</i>	- Salah satu upaya yang dihasilkan adalah peningkatan ketersediaan air melalui penambahan volume waduk yang sudah ada, yaitu melalui peninggian tubuh Bendungan Sutami dan pengerukan sedimen sebesar volume inflow.
2	Perum. Jasa Tirta 1 - Malang	2015	Pola Pengelolaan Sumber Daya Air WS Brantas	- Diperlukan penambahan ketersediaan sumber daya air melalui pembangunan beberapa bendungan baru di WS Brantas.
3	Perum. Jasa Tirta 1 - Malang	2017	Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air WS Brantas	- Untuk mengantisipasi dan memenuhi kebutuhan air sampai dengan 20 tahun mendatang, perlu dilakukan pembangunan beberapa bendungan baru di WS Brantas.
4.	Azarnivand <i>et al.</i>	2015	<i>Extended Fuzzy Analytic Hierarchy Process Approach In Water And Environmental Management (case study: Lake Urmia Basin, Iran)</i>	- Penggunaan metode AHP dengan menetapkan empat kriteria dalam manajemen pengelolaan air dan lingkungan, yaitu; ekonomi, lingkungan, sosial, dan teknis.

Tabel 2.5 (Lanjutan)

No.	Penanggung - jawab Penelitian	Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
5.	Xi dan Poh	2015	<i>A novel Integrated Decision Support Tool For Sustainable Water Resources Management in Singapore</i>	- Menetapkan tiga kriteria dalam keberlanjutan pengelolaan air di Singapura dengan menggunakan metode AHP. Tiga kriteria tersebut meliputi; kecukupan air, kemandirian ketersediaan air, dan pembiayaan. Salah satu perencanaan (alternatif) yang diusulkan untuk keberlanjutan pengelolaan air menggunakan status quo
6.	Srdjevic dan Medeiros	2008	<i>Fuzzy AHP Assessment of Water Management Plans</i>	- Menetapkan lima kriteria dalam perencanaan pengelolaan kebutuhan air dengan menggunakan metode AHP. Lima kriteria tersebut adalah; dampak politik, isu ekonomi, isu sosial, lingkungan, dan kriteria teknis.

Sedangkan penelitian yang berhubungan dengan peningkatan volume tampungan waduk eksisting dengan pendekatan melalui proses pengambilan keputusan multi kriteria belum pernah dilakukan oleh peneliti lain.

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB III
METODOLOGI
PENELITIAN

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Didalam bab 2 telah dijelaskan bahwa belum pernah dilakukan penelitian mengenai peningkatan volume tampungan waduk eksisting dengan pendekatan MCDM. Sedangkan literatur-literatur yang ada sebagian besar membahas mengenai studi pengelolaan sumber daya air sehingga kriteria/sub-kriteria yang ada kurang tepat jika diaplikasikan secara langsung dalam penelitian ini. Untuk menutup adanya *gap* (celah) antara kriteria/sub kriteria yang dipergunakan karena spesifikasi penelitian yang berbeda, metode FGD perlu dilakukan untuk memfokuskan kriteria/sub-kriteria mana yang tepat untuk dipergunakan sebagai pertimbangan dalam rangka peningkatan volume tampungan waduk Sutami. Sedangkan metode AHP digunakan untuk menentukan ranking dari beberapa alternatif yang diusulkan berdasarkan kriteria/sub-kriteria hasil FGD. Rangkaian tahapan penelitian ini dilakukan melalui 3 fase yang terdiri dari fase identifikasi lingkup permasalahan, fase pemecahan masalah, dan fase pemilihan tindakan dimana masing-masing fase memiliki beberapa tahap penelitian dengan rangkaian metodologi seperti yang ditunjukkan dalam gambar 3.1.

3.1 Fase Identifikasi Lingkup Permasalahan

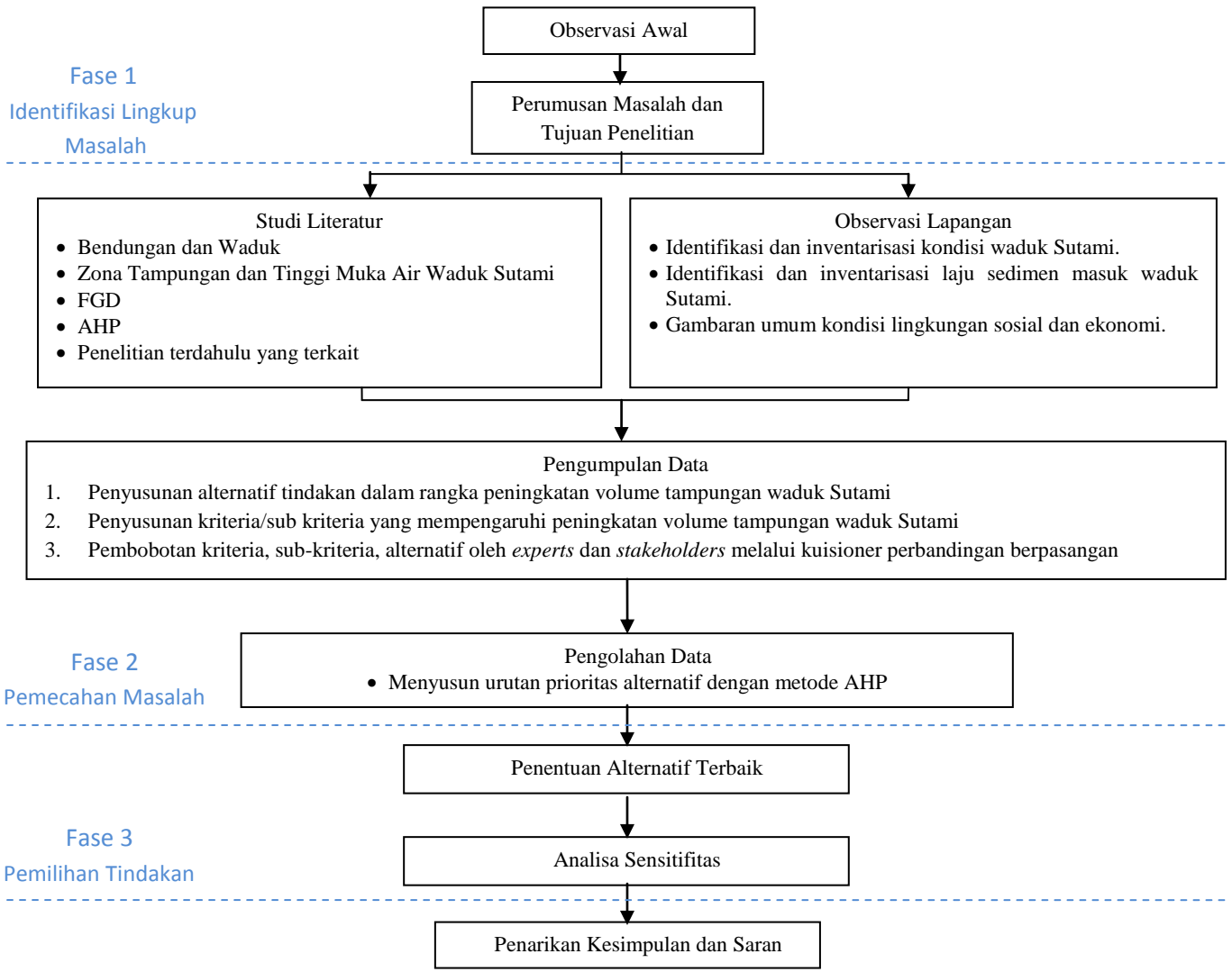
Pada fase ini dilakukan tahapan sebagai berikut:

1. Observasi Awal

Langkah pertama yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah melakukan observasi awal pada obyek penelitian, dengan cara:

- a. Melakukan pengamatan terhadap objek penelitian, kemudian mencari permasalahan yang muncul bagi perusahaan.
- b. Menentukan tingkat kepentingan permasalahan tersebut bagi manajemen untuk diangkat menjadi suatu penelitian. Dalam menentukan tingkat kepentingan tersebut, peneliti meminta

pertimbangan dari pihak-pihak yang berkepentingan dalam obyek tersebut dan juga berdasarkan atas pengamatan awal yang dilakukan terhadap obyek penelitian.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

2. Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian

Hasil observasi awal digunakan untuk melaksanakan tahap berikutnya, yaitu:

- a. Merumuskan permasalahan hasil observasi awal.
- b. Menentukan tujuan penelitian.

Permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana menentukan pemilihan alternatif terbaik dalam rangka meningkatkan volume tampungan Waduk Sutami ? dan tujuan dari penelitian ini adalah mencari solusi dari permasalahan yang ditemukan tersebut.

3.2 Fase Pemecahan Masalah

A. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan berdasarkan hasil perumusan masalah dan tujuan penelitian dengan cara melakukan kajian teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan yang diangkat dalam penelitian, yaitu:

A.1 Bendungan dan Waduk Sutami

Pada tahap ini dilakukan kajian teori mengenai bendungan dan waduk Sutami. Pengertian dari bendungan dan waduk, fungsi dibangunnya waduk Sutami, serta dampak dari kegagalan fungsi waduk Sutami.

A.2 Zona Tampungan dan Tinggi Muka Air Waduk Sutami

Teori tentang bagian atau zona tampungan waduk, ketinggian muka air waduk, dan kegunaan masing-masing zona tampungan waduk.

A.3 Metode FGD

Metode FGD digunakan dalam penelitian ini untuk membahas mengenai penggunaan kriteria/sub-kriteria hasil studi terdahulu untuk mendapatkan penilaian dari para ahli di bidang waduk, bendungan, dan pengelolaan sumber daya air. Kriteria/sub kriteria hasil FGD ini akan digunakan untuk perbandingan berpasangan metode AHP.

A.4 Metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP)

Metode AHP akan dipergunakan untuk menentukan ranking atau urutan prioritas dari beberapa alternatif melalui perbandingan berpasangan

antar alternatif maupun kriteria/sub-kriteria untuk tujuan meningkatkan volume tampungan Waduk Sutami. Dimulai dari pembobotan masing-masing kriteria/sub-kriteria hingga pembobotan alternatif berdasarkan kriteria/sub-kriteria yang mempengaruhi masing-masing alternatif.

A.5 Penelitian terdahulu yang terkait

Sebagai sumber referensi penelitian ini, maka dilakukan tinjauan dari penelitian-penelitian lain yang telah dilakukan sebelumnya seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 2.10. Hasil dari tahap ini adalah kriteria/sub kriteria yang akan diusulkan dalam FGD.

B. Observasi Lapangan

Pada pelaksanaan observasi lapangan, dilakukan pengambilan informasi yang berkaitan dengan penelitian, yaitu:

B.1 Identifikasi dan inventarisasi kondisi waduk Sutami.

Identifikasi dan inventarisasi kondisi saat ini tampungan waduk Sutami antara lain kondisi bendungan, struktur pelimpah, daerah tangkapan air (catchman area). Hal ini dipergunakan sebagai referensi dalam menentukan alternatif-alternatif tindakan dalam rangka peningkatan volume tampungan waduk Sutami.

B.2 Identifikasi dan inventarisasi laju sedimen masuk waduk Sutami

Identifikasi dan inventarisasi laju endapan sedimen di waduk Sutami antara lain mendapatkan data histori laju endapan sedimen waduk Sutami yang terjadi selama ini, cara penanganan yang dilakukan perusahaan dalam mengatasi permasalahan sedimentasi tersebut. Hal ini diperlukan untuk menilai seberapa efektif tindakan yang telah dilakukan perusahaan terkait dengan usia guna waduk Sutami.

B.3 Gambaran umum kondisi lingkungan sosial dan ekonomi

Gambaran umum kondisi kependudukan dan sosial ekonomi di sekitar waduk Sutami dapat dijadikan sebagai referensi seberapa besar manfaat yang diperoleh masyarakat sekitar dengan adanya waduk Sutami.

C. Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data ini dilakukan hal-hal sebagai berikut

C.1 Penyusunan alternatif tindakan dalam rangka peningkatan volume tampungan waduk Sutami melalui In depth Interview

Pada tahap ini dilakukan diskusi yang mendalam (*in depth interview*) dengan beberapa ahli pengelola sumber daya air, waduk dan bendungan baik dari internal maupun eksternal PJT1 serta studi literatur dalam rangka pengumpulan alternatif-alternatif tindakan yang memungkinkan untuk dilakukan terkait dengan peningkatan volumen tampungan waduk Sutami.

C.2. Penyusunan kriteria/sub kriteria yang mempengaruhi peningkatan volume tampungan waduk Sutami melalui FGD

FGD pada tahap ini dilakukan dengan pertimbangan adanya *gap* (celah) antar permasalahan penelitian terdahulu (tabel 2.2) dan permasalahan penelitian yang sedang dilakukan sekarang sehingga perlu penilaian para ahli untuk dilakukan penyesuaian (penambahan/pengurangan) terhadap kriteria/sub-kriteria yang ada. Pemilihan para ahli peserta FGD berdasarkan teknik purposive sampling dengan kriteria; 1) praktisi maupun akademisi di bidang pengelolaan sumber daya air, waduk, bendungan dan 2) berpengalaman sekurang-kurangnya 10 tahun di bidangnya. Jumlah para ahli yang melakukan FGD direncanakan 10 orang.

C.3. Pembobotan kriteria, sub-kriteria, alternatif oleh *experts* dan *stakeholders* melalui pengisian kuisioner perbandingan berpasangan

Penilaian bobot kriteria, sub kriteria dan alternatif diperoleh dengan cara melakukan survey penyebaran kuisisioner kepada para ahli dan pemangku kepentingan (*stakeholders*). Masing-masing responden diminta untuk memberikan penilaian atau persepsi tingkat kepentingan dari masing-masing elemen yang diperbandingkan dengan menggunakan skala Saaty dengan nilai antara 1 sampai 9. Didalam kuisisioner ini penilaian yang akan dilakukan meliputi perbandingan antar elemen kriteria terhadap kriteria yang lain dengan dasar tujuan penelitian, perbandingan antar elemen sub-kriteria terhadap sub-kriteria yang lain dalam satu kelompok dengan dasar kriteria level diatasnya, dan terakhir perbandingan antar elemen alternatif dengan dasar seluruh sub-kriteria. Hal-hal yang perlu dijelaskan dalam kuisisioner antara lain; tujuan survei, kerahasiaan informasi, data responden, serta petunjuk pengisian. Format kuisisioner survei perbandingan berpasangan dilampirkan pada lampiran 1 dibagian akhir penelitian ini.

Pemilihan responden menggunakan teknik *purposive sampling*. Target responden adalah 15 orang yang dianggap representasi dari para ahli dan pemangku kepentingan (*stakeholders*) baik dari internal maupun eksternal perusahaan.

D. Pengolahan Data

Tujuan pada tahap ini menyusun urutan prioritas alternatif dengan metode AHP. data yang diperoleh dari kuisisioner pembobotan perbandingan berpasangan dihitung sesuai dengan perumusan serta langkah-langkah yang ditetapkan AHP. Hasil akhir dari tahap ini adalah prioritas masing-masing alternatif untuk meningkatkan volume tampungan waduk Sutami.

3.3 Fase Pemilihan Tindakan

1. Penentuan Alternatif Terbaik

Dari hasil pengolahan data, dipilih alternatif yang mempunyai bobot prioritas tertinggi dan ditentukan sebagai alternatif terbaik untuk peningkatan volume tampungan waduk Sutami.

2. Analisa Sensitifitas

Tujuan dilakukannya analisa sensitivitas untuk mengetahui seberapa sensitif perubahan prioritas atau urutan alternatif terpilih apabila dilakukan perubahan bobot yang dipilih secara acak oleh peneliti. Dalam suatu hirarki tiga level, level dua dari hirarki tersebut (kriteria) dapat disebut sebagai variabel eksogen, sedangkan level tiganya (alternatif) adalah variabel endogen. Dengan melakukan perubahan bobot kriteria tentu akan merubah bobot alternatif terkait, sehingga dimungkinkan akan merubah urutan prioritas alternatif tersebut.

3. Penarikan Kesimpulan Dan Saran

Tahap terakhir yang dilakukan adalah menarik kesimpulan dari hasil penelitian serta memberikan saran-saran yang berguna bagi perusahaan maupun penelitian berikutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB IV
ANALISA DATA &
PEMBAHASAN

BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan uraian mengenai tahapan pengumpulan dan pengolahan data yang digunakan untuk memecahkan permasalahan sesuai dengan tujuan penelitian yang ditetapkan. Dari hasil pengolah data dilakukan proses analisa, interpretasi dan pembahasan terhadap hasil penelitian.

4.1 Gambaran Umum Waduk Sutami

Bendungan Sutami (Karangkates) terletak di Desa Karangkates, Kecamatan Sumberpucung, Kabupaten Malang. Lokasi bendungan berada pada bagian hulu Sungai Brantas, ± 14 km di hilir Bendungan Sengguruh dan ± 35 km dari Kota Malang. Pembangunan Bendungan Sutami dilaksanakan dari tahun 1961 sampai tahun 1972. Bendungan Sutami merupakan bendungan multi guna yang berfungsi sebagai pengendali banjir, penyediaan air irigasi, pembangkit tenaga listrik, dan penyediaan air baku bagi air minum, air industri, pariwisata, perikanan air tawar, dan lain-lain.

1. Lingkungan Waduk

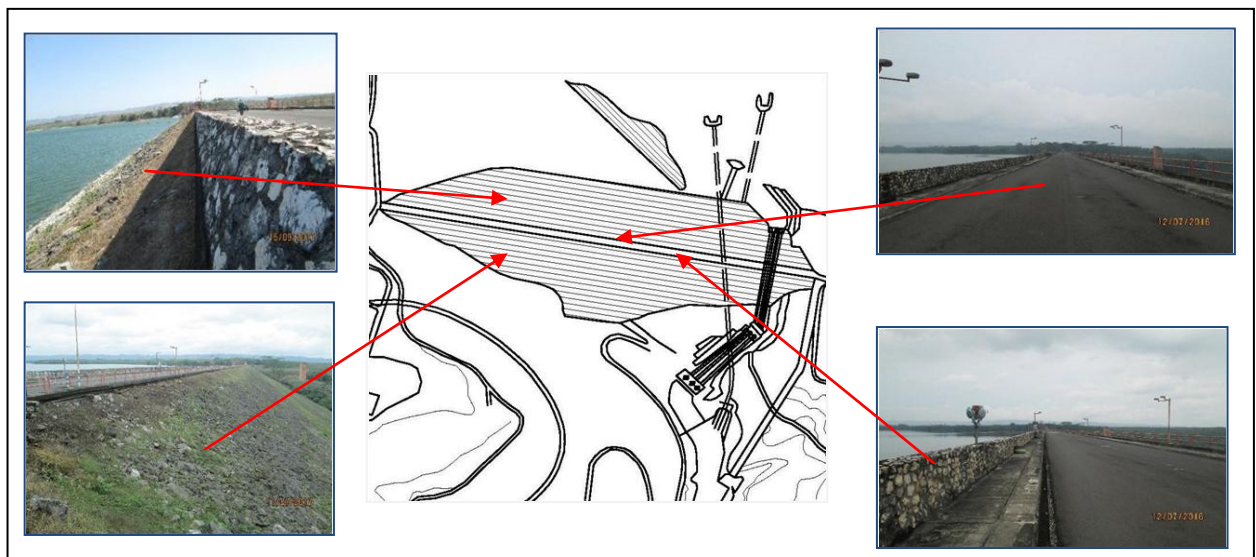
Lingkungan daerah genangan waduk Sutami pada umumnya dengan kemiringan sangat landai sehingga potensi terjadinya longsor sangat kecil. Pemanfaatan area genangan oleh penduduk setempat antara lain untuk lahan pertanian (sawah), area perikanan (keramba ikan) seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1.

2. Lingkungan Bendungan

Kondisi puncak bendungan bersih dan terawat, tidak terlihat adanya retakan. Pagar pengaman (parapet dan guardrail) pada puncak bendungan dalam kondisi baik. Lereng hulu dan lereng hilir bendungan terlihat dalam kondisi baik, tidak terlihat adanya pelapukan, longsor ataupun erosi, bersih dari tanaman liar. Gambaran lingkungan bendungan Sutami ditunjukkan pada gambar 4.2.



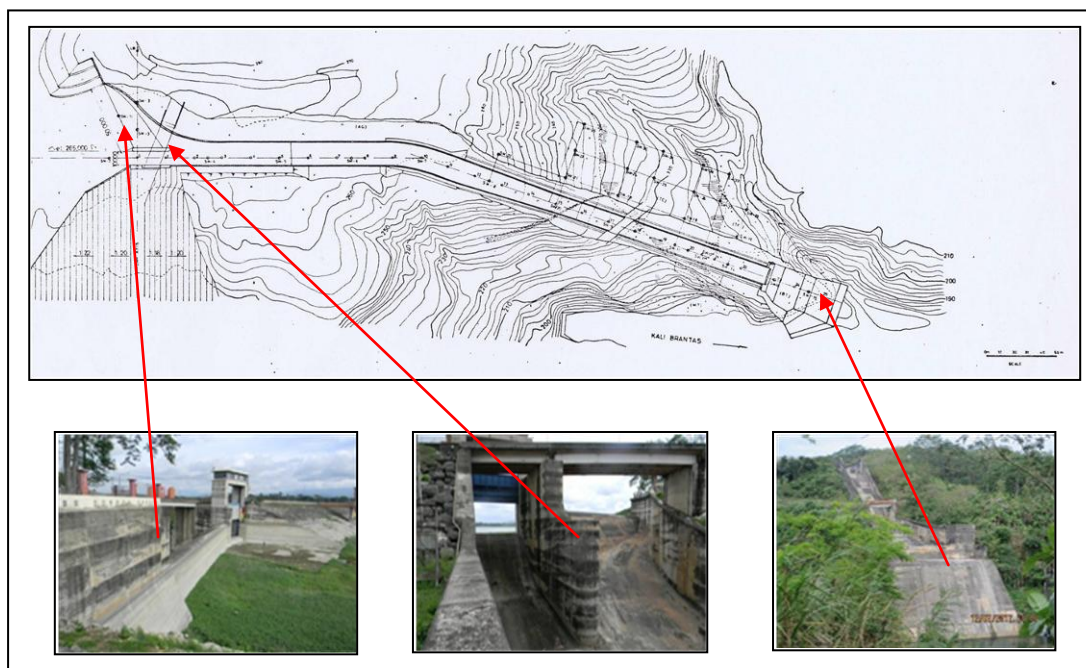
Gambar 4.1 Lingkungan Waduk Sutami (PJT1-Survei Peneliti, 2018)



Gambar 4.2 Lingkungan Bendungan Sutami (PJT1 – Survei Peneliti, 2018)

3. Lingkungan Bangunan Pelimpah (Spillway)

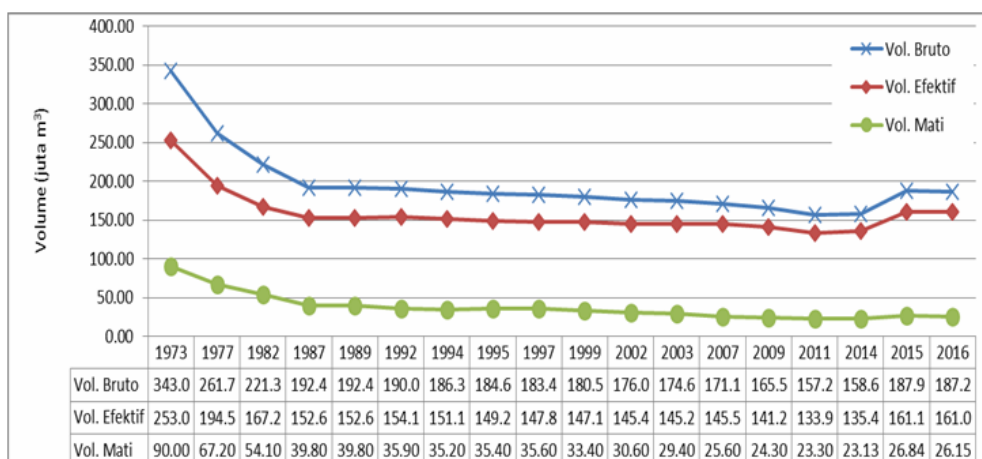
Bangunan pelimpah secara umum dalam kondisi baik, tidak terlihat adanya retakan ataupun kebocoran. puncak bendungan bersih dan terawat, tidak terlihat adanya kebocoran. Gambaran lingkungan bangunan pelimpah bendungan Sutami ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Lingkungan Bangunan Pelimpah Bendungan Sutami (PJT1 – Survei Peneliti, 2018)

4. Laju Sedimentasi Waduk Sutami

Laju sedimentasi waduk Sutami tergolong sangat tinggi yang mengakibatkan kapasitas tampungan waduk semakin berkurang. Hasil pengukuran dengan metode *echo sounding* terbaru yang dilakukan oleh PJT1 pada tahun 2016 menunjukkan bahwa kapasitas tampungan total waduk adalah 187,241 juta m³ atau 54.6% dari kapasitas tampungan total awal yaitu 343 juta m³. Dengan kata lain sedimen yang terakumulasi di waduk Sutami telah mencapai sekitar 155,759 juta m³ sejak awal pengoperasiannya. Gambar 4.4 menunjukkan laju sedimentasi waduk Sutami selama tahun 1972 – 2016.

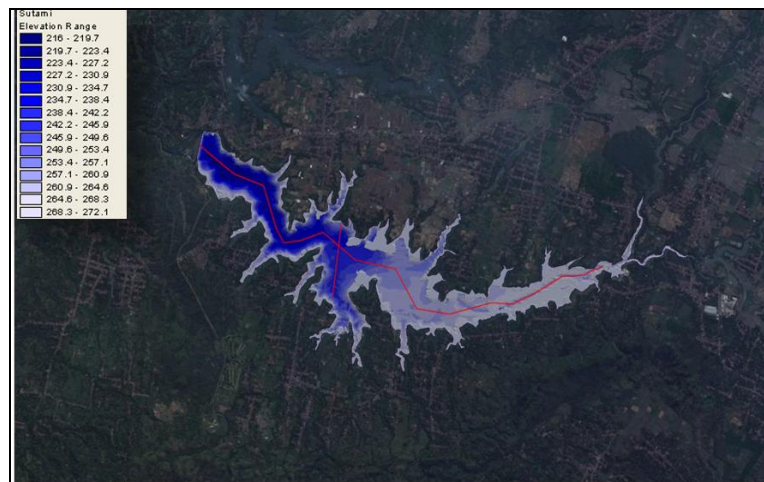


Gambar 4.4 Laju Sedimentasi Waduk Sutami Tahun 1972 – 2016 (PJT1, 2018)

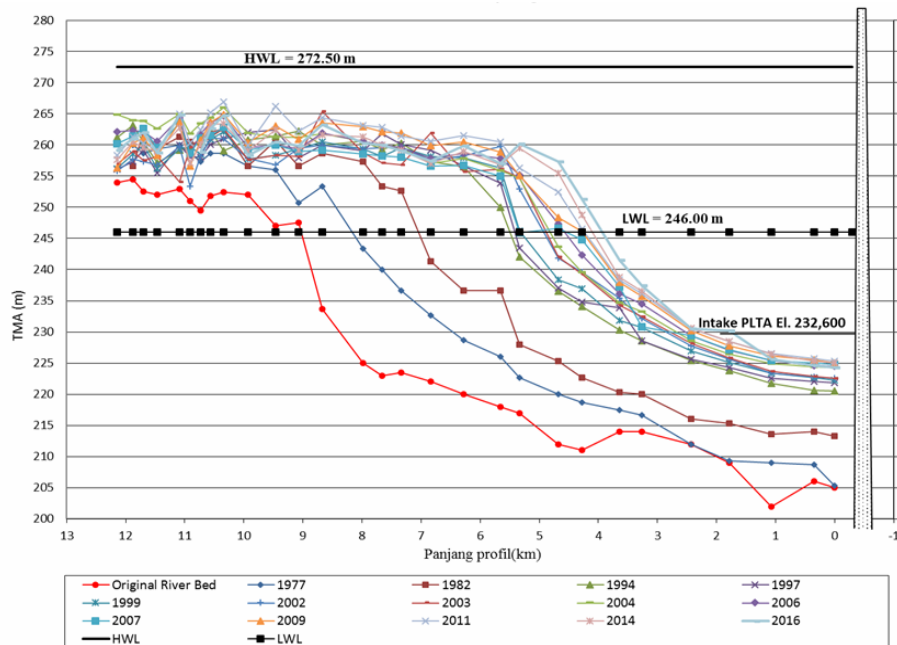
Pada gambar 4.4 diatas terlihat hasil pengukuran menunjukkan adanya peningkatan kapasitas tampungan waduk pada tahun 2015 dibanding tahun sebelumnya, hal ini bukan dikarenakan berkurangnya volume sedimen yang masuk waduk namun karena adanya perbedaan metode pengukuran yang dilakukan oleh PJT1. Mulai tahun 2015 pengukuran kapasitas tampungan dilakukan hingga kisi-kisi (sirip) daerah rendaman waduk sehingga meningkatkan data tampungan waduk Sutami. Pada gambar 4.5a dan gambar 4.5b ditunjukkan historis profil memanjang dasar waduk dari tahun 1977 sampai tahun 2016 berdasarkan hasil survei *bathimetri*. Dari gambar tersebut terlihat distribusi endapan sedimen tidak hanya terakumulasi di *dead storage* saja, namun juga terdistribusi di zona tampungan efektif sehingga mempengaruhi kinerja waduk dalam penyediaan air baku dan pengendalian banjir. Permasalahan sedimentasi tersebut apabila tidak segera diatasi akan mengganggu kinerja PLTA Karangates. Waduk sengguruh mulai beroperasi pada tahun 1988, dimana salah satu tujuannya untuk menahan laju sedimen yang masuk waduk Sutami. Dari data gambar 4.4 terlihat terlihat sejak tahun 1988 laju sedimen masuk waduk Sutami menurun dratis. Dengan menggunakan data antara tahun 2003 sampai tahun 2014 laju sedimen sekitar 1.6 juta m³/thn. Sedangkan laju pengerukan yang dilakukan PJT1 ± 0.4 juta m³/thn. Dengan demikian perkiraan laju sedimen yang mengendap di waduk Sutami sekitar 2 juta m³/tahun.

5. Gambaran Kondisi Sosial dan Ekonomi di Lingkungan Waduk Sutami

Desa Karangates yang terletak di lingkungan waduk Sutami terdiri dari pemukiman umum (beserta fasilitas sekolah, perkantoran, pertokoan, pasar terminal, dll), pertanian sawah irigasi teknis, perladangan, perikanan, taman wisata, dan fasilitas umum (jalan, ruang terbuka hijau, dll). Keberadaan bendungan Sutami memberikan dampak positif bagi perekonomian masyarakat sekitar. Taman wisata waduk Sutami merupakan obyek wisata alam Karangates yang sangat diminati wisatawan dari berbagai daerah. Sektor pariwisata karangkates memberikan kontribusi cukup besar penciptaan lapangan kerja, perputaran barang dan jasa (perhotelan, transportasi, dll) sehingga meningkatkan ekonomi penduduk sekitar waduk dan PAD (Pendapatan Asli Daerah). Keberadaan waduk Sutami juga memberikan dampak positif di sektor pertanian, dimana kebutuhan air sepanjang tahun dapat dilayani dari waduk. Untuk meningkatkan ekonomi, PJT1 memberikan izin kepada masyarakat sekitar untuk melakukan budidaya ikan darat dengan jaring apung untuk pembesaran ikan sejauh budidaya ikan darat tersebut tidak merusak ekosistem di dalam bendungan.



Gambar 4.5a Historis Profil Memanjang Dasar Waduk Sutami (PJT1, 2018)



Gambar 4.5b Historis Sedimen Profil Memanjang Dasar Waduk Sutami (PJT1, 2018)

Dengan demikian, keberadaan waduk Sutami banyak memberikan manfaat bagi perekonomian masyarakat sekitar maupun Pendapatan Asli daerah dan oleh sebab itu upaya untuk memperpanjang usia guna waduk Sutami merupakan hal yang sangat penting untuk dilakukan.

4.2 Penyusunan Kriteria/Sub kriteria Yang Mempengaruhi Peningkatan Volume Tampungan Waduk Sutami

1. Kriteria/Sub kriteria Penelitian Terdahulu

Untuk memecahkan permasalahan dalam penelitian ini diperlukan kriteria/sub kriteria sebagai bagian dari pendekatan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Peneliti menggunakan kriteria/sub kriteria yang mempunyai permasalahan hampir sama dengan permasalahan penelitian ini yaitu mengenai pengelolaan sumber daya air. Dari tabel 2.5 ada beberapa penelitian yang dapat dijadikan rujukan yaitu penelitian yang dilakukan Perum Jasa Tirta 1 dengan JICA dengan judul “The Project For Assessing And Integrating Climate Change Impacts Into The Water Resources Management Plans For Brantas And Musi River Basins (Water Resources

Management Plan)” pada tahun 2018 dibawah tanggung-jawab PJT1, disebutkan mengenai dampak yang mungkin terjadi sebagai akibat dari upaya peningkatan ketersediaan air di daerah aliran sungai Brantas, yaitu terkait dengan; lingkungan sosial, lingkungan alam, dan polusi. Azarnivand *et al.* (2015) dalam penelitiannya yang berjudul “Extended fuzzy analytic hierarchy process approach in water and environmental management (case study: Lake Urmia Basin, Iran)” telah mengaplikasikan metode AHP dengan menetapkan empat kriteria dalam manajemen pengelolaan air dan lingkungan, yaitu; ekonomi, lingkungan, sosial, dan teknis. Xi dan Poh (2015) dalam penelitiannya yang berjudul “A novel integrated decision support tool for sustainable water resources management in Singapore: synergies between system dynamics and analytic hierarchy process” telah menetapkan tiga kriteria dalam keberlanjutan pengelolaan air di Singapura dengan menggunakan metode AHP. Tiga kriteria tersebut meliputi; kecukupan air, kemandirian dalam ketersediaan air, dan pembiayaan. Srdjevic dan Medeiros (2008) dalam penelitiannya yang berjudul “Fuzzy AHP assessment of water management plans” telah menetapkan lima kriteria dalam perencanaan pengelolaan kebutuhan air dengan menggunakan metode AHP. Lima kriteria tersebut adalah; dampak politik, isu ekonomi, isu sosial, lingkungan, dan kriteria teknis.

Sedangkan para ahli PJT1 memberikan masukan bahwa disamping faktor biaya, sekurang-kurangnya faktor lingkungan dan sosial harus dijadikan pertimbangan dalam melakukan rehabilitasi waduk Sutami. Masukan lain diperoleh dari pakar bendungan Kementerian PUPR sekaligus yang juga Sekretaris Umum Komite Nasional Indonesia untuk Bendungan Besar (KNI_BB) bahwa di Indonesia belum pernah dilakukan peninggian tubuh bendungan eksisting.

Kriteria/sub kriteria penelitian terdahulu selengkapnya dilampirkan pada lampiran 2 di bagian akhir penulisan ini. Penulis mengkompilasi kriteria/sub kriteria dari penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian ini yang meliputi aspek lingkungan, sosial, polusi, teknis, dan ekonomi. Hasil

kompilasi penyusunan kriteria/ sub kriteria penelitian terdahulu beserta referensinya diperlihatkan pada tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Kriteria/Subkriteria Penelitian Terdahulu

No	Kriteria	No	Sub Kriteria	Referensi
1	Sosial	S1	Pemanfaatan lahan dan pemanfaatan sumber daya lokasi	PJT 1-JICA (2018)
		S2	Infrastruktur dan layanan sosial eksisting	PJT 1-JICA (2018)
		S3	Penerimaan masyarakat	Azarnivand <i>et al.</i> (2015)
		S4	Mengurangi konflik diantara para pemangku kepentingan	Azarnivand <i>et al.</i> (2015)
		S5	Korban dan kerusakan sosial	Azarnivand <i>et al.</i> (2015)
		S6	Fasilitas Rekreasi, turis, dll	Azarnivand <i>et al.</i> (2015)
2	Lingkungan	L1	Erosi Tanah	PJT 1-JICA (2018)
		L2	Flora, Fauna dan Keanekaragaman Hayati	PJT 1-JICA (2018)
		L3	Kebutuhan air saat ini	Azarnivand <i>et al.</i> (2015)
		L4	Keberlanjutan	Azarnivand <i>et al.</i> (2015)
		L5	Kebutuhan air untuk 20 tahun kedepan	Azarnivand <i>et al.</i> (2015)
		L6	Kelestarian nilai budaya	Srdjevic dan Medeiros (2008)
3	Polusi	P1	Polusi Udara	PJT 1-JICA (2018)
		P2	Polusi Air	PJT 1-JICA (2018)
		P3	Kontaminasi Tanah	PJT 1-JICA (2018)
		P4	Limbah sedimen	PJT 1-JICA (2018)
		P5	Kebisingan dan Getaran	PJT 1-JICA (2018)
		P6	Bau tak sedap	PJT 1-JICA (2018)
		P7	Sedimen dasar waduk	PJT 1-JICA (2018)
4	Teknis	T1	Dampak pada proyek lain	Azarnivand <i>et al.</i> (2015)
		T2	Peraturan / kebijakan / dukungan dari pemerintah pusat	Azarnivand <i>et al.</i> (2015)
		T3	Kesederhanaan teknologi	Azarnivand <i>et al.</i> (2015)
		T4	Keandalan pasokan air	Azarnivand <i>et al.</i> (2015)
		T5	Penggunaan Teknologi bersih	Srdjevic dan Medeiros (2008)
		T6	Kemudahan perbaikan teknis	Srdjevic dan Medeiros (2008)

Tabel 4.1 (Lanjutan)

No	Kriteria	No	Sub Kriteria	Referensi
5	Ekonomi	E1	Ekonomi lokal seperti pekerjaan dan mata pencaharian, dll.	PJT 1-JICA (2018)
		E2	Rasio manfaat / biaya	Azarnivand <i>et al.</i> (2015)
		E3	Kesederhanaan operasi dan pemeliharaan	Azarnivand <i>et al.</i> (2015)
		E4	Biaya investasi	Xi dan Poh (2015)
		E5	Perkiraan kerusakan	Azarnivand <i>et al.</i> (2015)
		E6	Biaya operasi dan pemeliharaan	Azarnivand <i>et al.</i> (2015)
		E7	Manfaat ekonomi	Azarnivand <i>et al.</i> (2015)

2. Kriteria/Sub kriteria Yang Mempengaruhi Peningkatan Volume Tampungan Waduk Sutami

Menetapkan kriteria untuk pengambilan keputusan adalah tugas yang tidak mudah dan bertanggung-jawab. Beberapa kriteria/sub-kriteria yang diperoleh dari penelitian terdahulu pada tabel 4.1 selanjutnya difinalisasi dalam FGD untuk disepakati sebagai kriteria/sub kriteria penelitian. Jumlah peserta FGD terdiri dari 10 orang ahli di bidang waduk, bendungan, dan sumber daya air. Dari hasil diskusi dalam FGD ada pengurangan terhadap kriteria/sub-kriteria yang diusulkan berdasarkan studi terdahulu. Alasan yang mendasari adanya pengurangan yaitu lingkup studi terdahulu terlalu luas yang berhubungan dengan pengelolaan sumber daya air sedangkan penelitian yang dilakukan sekarang hanya sebatas pada bagian kecil dari pengelolaan sumber daya air, yaitu sebatas waduk. Dari 5 kriteria dan 32 sub-kriteria yang diusulkan seperti yang tercantum pada tabel 4.1, disepakati untuk menggunakan 4 kriteria dan 16 sub-kriteria yang dianggap berpengaruh terhadap peningkatan volume tampungan waduk Sutami. Rangkuman hasil penyusunan kriteria/sub kriteria hasil FGD beserta penjelasannya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Kriteria/Subkriteria Yang Mempengaruhi Peningkatan Volume Tampungan Waduk Sutami

No	Kriteria	No	Sub Kriteria	Deskripsi
1	Sosial	S1	Penerimaan masyarakat	Penerimaan masyarakat terhadap proyek alternatif tindakan peningkatan volume tampungan waduk Sutami.
		S2	Infrastruktur dan layanan sosial eksisting	Alternatif proyek yang menjamin keberadaan infrastuktur (misalnya jalan) dan pelayanan sosial (misalnya kebutuhan air) yang ada.
		S3	Pemanfaatan lahan dan sumber daya lokasi	Manfaat proyek terhadap lahan dan sumber daya yang ada dalam rangka meningkatkan kesejahteraan masyarakat setempat.
		S4	Fasilitas Rekreasi, turis	Pengaruh proyek terhadap fasilitas rekreasi lokal dan jumlah kunjungan turis
2	Lingkungan	L1	Kelestarian nilai budaya	Pengaruh proyek terkait kelestarian nilai budaya (misalnya, candi) terhadap bencana banjir.
		L2	Flora, Fauna dan Keanekaragaman Hayati	Pengaruh proyek terhadap perlindungan flora, fauna dan keanekaragaman Hayati.
		L3	Polusi	Proyek dilakukan dalam rangka meminimalisir terjadinya polusi udara, suara atau yang lain.
		L4	Limbah sedimen	Proyek dilakukan dalam rangka meminimalisir adanya limbah sedimen.
3	Teknis	T1	Penggunaan Teknologi bersih	Teknologi proyek yang bersih lingkungan.
		T2	Kesederhanaan teknologi	Penggunaan teknologi padat karya
		T3	Keandalan ketersediaan air	Pengaruh proyek terhadap ketersediaan air dalam jangka panjang
		T4	Kemudahan perbaikan teknis	Kemudahan perbaikan apabila terjadi kerusakan atau masalah
4	Ekonomi	E1	Ketersediaan pekerjaan dan mata pencaharian	Alternatif proyek yang memberikan peluang pekerjaan dan mata pencaharian penduduk setempat.
		E2	Rasio manfaat / biaya tak berwujud	Alternatif proyek yang lebih memberikan manfaat dibanding biaya, misalnya peningkatan ketersediaan air lebih memberi manfaat dibanding tergusurnya lahan pertanian akibat bertambahnya area genangan.
		E3	Kesederhanaan operasi dan pemeliharaan	Alternatif proyek yang menawarkan kemudahan operasi dan pemeliharaan
		E4	Kemudahan pembiayaan	Kemudahan dalam memperoleh biaya investasi.

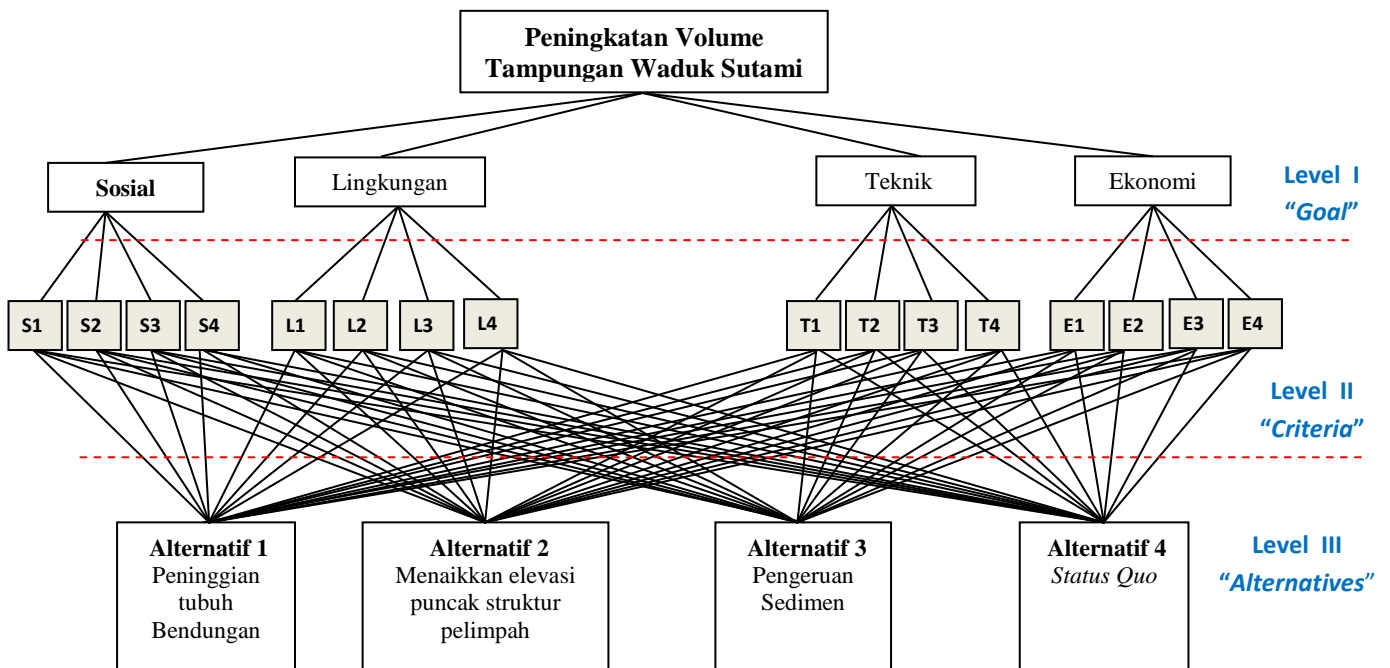
4.3 Pengolahan Data AHP

Fokus dari penelitian ini adalah perumusan suatu model berbasis AHP untuk meranking atau mengurutkan prioritas dari keempat alternatif tindakan yang diusulkan dalam rangka peningkatan kapasitas tampungan waduk Sutami. Secara prinsip langkah-langkah metode AHP dapat dirangkum dalam tiga tahapan yaitu: membangun hirarki, melakukan pembobotan, dan sintesis prioritas.

4.3.1 Pembentukan Hirarki AHP

Berdasarkan alternatif tindakan yang diusulkan pada tabel 2.1 dan kriteria/sub kriteria hasil FGD pada tabel 4.2 diatas, disusun struktur AHP yang dijadikan dasar pembobotan perbandingan berpasangan. Struktur AHP yang dipergunakan dalam penelitian ini terdiri dari tiga tingkatan seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.6 dengan uraian sebagai berikut:

- Level I : Sasaran dari keputusan yang akan diambil berada pada puncak hirarki, yaitu “Peningkatan Volume Tampungan Waduk Sutami”.
- Level II : Tingkatan kedua adalah kriteria (dan sub-kriteria) yang dijadikan syarat penilaian terhadap alternatif-alternatif yang diusulkan. Elemen-elemen yang ada dalam level II ini merupakan hasil dari FGD yaitu kriteria sosial, lingkungan, teknis, dan ekonomi dengan masing-masing sub-kriteria sesuai yang ada dalam tabel 4.1.
- Level III: Pada tingkatan ketiga berisi alternatif-alternatif tindakan yang diusulkan untuk tujuan level I, yaitu pengerukan sedimen, menaikkan elevasi puncak struktur pelimpah, peninggian tubuh bendungan, dan *status quo*. Alternatif-alternatif tersebut sudah diverifikasi dalam FGD untuk dipergunakan dalam penelitian.



Gambar 4.6 Struktur AHP Pemilihan Alternatif Tindakan

Catatan:

1. Sub kriteria S1, S2 sampai E4 adalah sub kriteria sesuai dengan tabel 4.2
2. Alternatif 1 sampai Alternatif 4 adalah alternatif sesuai dengan tabel 2.1

Jumlah perbandingan berpasangan yang dapat dibentuk dari gambar 4.6 adalah sebagai berikut;

Pada masing-masing level dapat dibentuk matrik perbandingan berpasangan yang terdiri dari matrik orde 4 x 4 untuk perbandingan berpasangan antar kriteria, matrik orde 4 x 4 untuk perbandingan berpasangan antar sub-kriteria dan matrik orde 4 x 4 untuk perbandingan berpasangan antar alternatif. Format masing-masing perbandingan berpasangan ditunjukkan pada tabel 4.3 sampai tabel 4.5. Jumlah perbandingan berpasangan yang dibuat tergantung orde dari matrik tersebut, misalnya untuk matrik orde 4 x 4 diperlukan sejumlah $4(4-1) / 2 = 6$ perbandingan berpasangan. Untuk hirarki diatas, perbandingan berpasangan yang perlu dibuat adalah:

Level I : Perbandingan antar kriteria = $4(4-1)/2 = 6$

Level II : Perbandingan antar sub-kriteria = $4(4-1)/2 = 6 \times 4$ kriteria = 24

Level III : Perbandingan antar alternatif = $4(4-1)/2 = 6 \times 16$ sub-kriteria = 96

Sehingga total perbandingan berpasangan yang harus disiapkan dalam kuisisioner untuk diisi oleh partisipan atau responden survei adalah $6 + 36 + 96 = 126$.

Tabel 4.3 Matrik orde 4 x 4 Perbandingan Berpasangan antar Kriteria

Tamp. Waduk Sutami	Sosial	Lingkungan	Teknis	Ekonomi
Sosial				
Lingkungan				
Teknis				
Ekonomi				

Tabel 4.4 Matrik orde 4 x 4 Perbandingan Berpasangan antar Sub-kriteria Sosial

Sosial	Penerimaan masyarakat	Infrastruktur dan layanan sosial eksisting	Pemanfaatan lahan dan sumber daya lokasi	Fasilitas Rekreasi, turis
Penerimaan masyarakat				
Infrastruktur dan layanan sosial eksisting				
Pemanfaatan lahan dan sumber daya lokasi				
Fasilitas Rekreasi, turis				

Tabel 4.5 Matrik orde 4 x 4 Perbandingan Berpasangan antar Alternatif

Penerimaan masyarakat	Peninggian tubuh bendungan	Menaikkan elevasi struktur pelimpah	Pengerukan sedimen	Status Quo
Peninggian tubuh bendungan				
Menaikkan elevasi struktur pelimpah				
Pengerukan sedimen				
Status Quo				

4.3.2 Kuisisioner Pembobotan Perbandingan Berpasangan

Penilaian bobot kriteria, sub kriteria dan alternatif didapatkan dengan melakukan survei penyebaran kuisisioner kepada para ahli dan pemangku kepentingan (*stakeholders*). Masing-masing responden diminta untuk memberikan penilaian atau persepsi tingkat kepentingan dari masing-masing elemen yang diperbandingkan dengan menggunakan skala Saaty dengan nilai antara 1 sampai 9. Lembar isian kuisisioner survei perbandingan berpasangan ada pada lampiran 1 dibagian akhir penulisan ini. Responden yang dipilih terdiri dari 15 orang yang berasal internal maupun eksternal perusahaan seperti yang telah dijelaskan pada sub-bab 3.4.3.

Untuk keseragaman pemahaman dalam hal pengisian kuisisioner dalam rangka mendapatkan hasil penilaian responden yang maksimal, peneliti telah melakukan sosialisasi sebelumnya kepada semua responden dengan menjelaskan maksud dan tujuan penelitian dalam melakukan pembobotan perbandingan berpasangan.

Daftar 15 responden yang diundang dalam pengisian kuisisioner pembobotan perbandingan berpasangan AHP adalah sebagai berikut:

1. Ketua Dewan Pengawas PJT1 merangkap Dekan Fakultas Teknik Univ. Brawijaya.
2. Anggota Dewan Pengawas PJT1 merangkap Ketua Komite Risiko
3. Anggota Dewan Pengawas PJT1 merangkap Kadis.
Kominfo. Provinsi Jawa Tengah.
4. Direktur Utama PJT1
5. Direktur I PJT1
6. Direktur II PJT1
7. Anggota Komite Risiko PJT1 merangkap Konsultan SDA.
8. Anggota Komite Risiko merangkap Sekum. KNI_BB, Ditjen SDA
Kemen. PUPR
9. Sekretaris Perusahaan PJT1
10. 6 Pejabat 1 (satu) tingkat dibawah direksi.

Dari 15 kuisisioner yang didistribusikan secara langsung maupun melalui email kepada responden hanya 10 responden yang mengembalikan kuisisioner sesuai batas waktu yang ditetapkan, 5 responden (5 pejabat 1 tingkat dibawah direksi) menjawab namun melewati batas waktu yang telah ditetapkan sehingga tidak diproses lebih lanjut. Dari 10 responden yang mengembalikan kuisisioner tepat waktu, 4 responden mengisi kuisisioner secara lengkap sesuai yang dipersyaratkan, sedangkan 6 responden tidak mengisi secara lengkap dan/atau nilai pembobotan tidak memenuhi syarat transitivitas AHP. Sehingga yang diperhitungkan dalam pengolahan data AHP hanya isian kuisisioner dari 4 responden dengan data sebagai berikut:

Responden 1

Jabatan : Dewan Pengawas PJT1 merangkap Ketua Komite Risiko.
Pendidikan : S1 Teknik Mesin
Pengalaman kerja : 32 tahun di bidang Perencanaan Teknik industri perminyakan (Caltex), Pengembangan kawasan properti, Infrastruktur telekomunikasi, Pengawasan pengelolaan SDA (Sumber Daya Air).

Responden 2

Jabatan : Direktur Utama PJT1
Pendidikan : S2 Teknik Sipil
Pengalaman kerja : 23 tahun dibidang pengelolaan SDA, waduk, bendungan (Sertifikasi: Tenaga Ahli Utama Bendungan Besar dari KNI_BB, Internasional Peer Reviewer dari NARBO, Profesional Madya dari HATHI).

Responden 3

Jabatan : Komite Risiko merangkap Konsultan SDA
Pendidikan : S2 Teknik Sipil
Pengalaman kerja : 40 tahun dibidang pengelolaan Sumber Daya

Air, waduk, bendungan, konsultan SDA
(Sertifikasi: Tenaga Ahli Utama Bendungan Besar
dari KNI_BB)

Responden 4

Jabatan : Sekretaris Perusahaan PJT1
Pendidikan : S2 Teknik Sipil
Pengalaman kerja : 16 tahun dibidang pengelolaan SDA (biro
penelitian dan pengembangan), waduk,
bendungan.

Hasil pengisian kuisisioner responden dilampirkan pada lampiran 3 dibagian akhir penulisan ini.

4.3.3 Pengolahan Data Dengan Perangkat Lunak *Expert Choice* V.11

Perhitungan pembobotan perbandingan berpasangan hasil kuisisioner dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Expert Choice* V.11. *Expert Choice* telah banyak digunakan oleh para peneliti dalam mengolah data metode AHP dan terbukti lebih efisien serta memperkecil terjadinya kesalahan perhitungan. Data hasil kuisisioner dimasukkan kedalam *software expert choice* dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan dan secara otomatis akan muncul nilai rasio inkonsistensinya. Jika nilai rasio inkonsistensi lebih besar dari 10% (0,10) maka harus dilakukan pengambilan data ulang. *Expert Choice* juga mengakomodasi analisis data untuk banyak responden atau multi partisipan seperti yang dilakukan pada penelitian ini. Data (hasil pembobotan) yang berbeda dari banyak responden disusun secara individu kemudian digabung (*combined*) menjadi satu kesatuan untuk dianalisis lebih lanjut.

Penilaian yang dilakukan oleh banyak partisipan akan menghasilkan pendapat yang berbeda satu sama lain. Disini metode AHP hanya memerlukan jawaban tunggal untuk matriks perbandingan berpasangan. Oleh karena itu, semua jawaban dari responden harus dirata-rata. Saaty memberikan metode perataan dengan rata-rata geometrik (*geometric mean*). Teori rata-rata geometrik menyatakan bahwa jika terdapat n responden yang melakukan perbandingan

berpasangan, maka terdapat n jawaban untuk setiap pasangan. Untuk mendapatkan nilai rata-rata dari semua nilai tersebut, masing-masing nilai dikalikan satu sama lain kemudian hasil perkalian tersebut dipangkatkan dengan $1/n$. Secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$GM_p = (P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \dots \dots P_n)^{\frac{1}{n}} \quad (4.1)$$

dimana:

GM_p = geometric mean (nilai rata-rata) perbandingan berpasangan antar partisipan

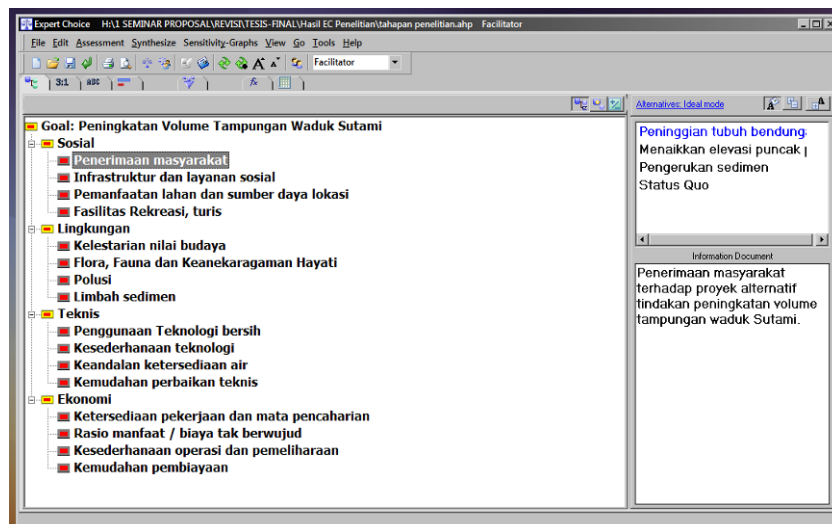
P_1 = nilai perbandingan berpasangan partisipan 1 dan seterusnya.

n = jumlah partisipan

Proses pengolahan data dilakukan dengan perangkat lunak *Expert Choice* V.11 adalah sebagai berikut:

1. Menyusun hirarki AHP

Membuat hirarki sesuai dengan struktur AHP dengan menuliskan tujuan (*goal*), kriteria, sub-kriteria dan alternatif sehingga tersusun seperti pada gambar 4.7 berikut:



Gambar 4.7 Struktur AHP Hasil pengolahan *Expert Choice* v.11

2. Menyusun daftar responden (*participant*)

Menyiapkan daftar responden survei yang berpartisipasi dalam pengisian kuisisioner perbandingan berpasangan seperti pada gambar 4.8. Pada penelitian ini dari 15 kuisisioner yang didistribusikan, 10 kuisisioner yang diterima kembali dan hanya 4 kuisisioner yang memenuhi syarat untuk disertakan dalam pengolahan data AHP.

PID	PersonName	Combined	Email	Participating	Eval	Location	Weight	Keypad	Wave	Password	ProgressStatus	EvalCluster	Organization
0	Facilitator	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>									
1	Combined	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>									
2	WP	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			2		1				
3	FH	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			3		1				
4	RV	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			4		1				
5	ARM	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			5		1				
6	ALF	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			6		1				
7	HDA	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			7		1				
8	YDI	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			8		1				
9	DDS	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			9		1				
10	PTY	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			10		1				
11	PT1	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			11		1				
12	PT2	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			12		1				

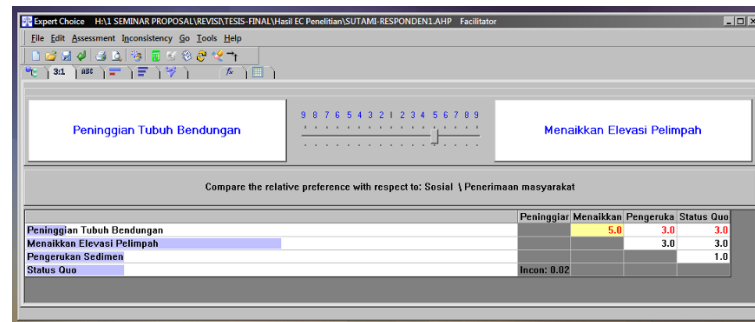
Gambar 4.8 Daftar Responden Pembobotan Perbandingan Berpasangan

3. Matrik perbandingan berpasangan 1 responden (individu)

Pada tahapan ini dilakukan pemberian bobot pada perbandingan berpasangan untuk masing-masing responden (setiap 1 responden) . Perbandingan berpasangan dilakukan mulai dari antar kriteria, antar sub kriteria hingga antar alternatif untuk semua sub-kriteria.

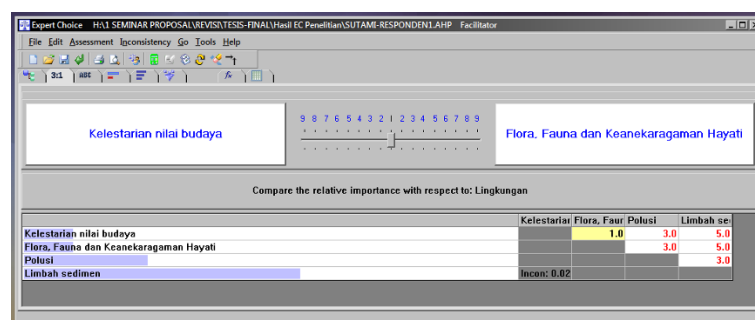
Dalam tahap ini nilai konsistensi ratio secara otomatis akan dimunculkan, sehingga apabila nilai konsistensinya (*consistency index*) >10% (0.1) maka data tersebut harus dikonfirmasi ulang kepada responden yang bersangkutan untuk dilakukan perubahan sampai menghasilkan *Incon*: < 0.1. Gambar 4.9a sampai 4.9i menunjukkan tahap pengisian data hasil pembobotan perbandingan berpasangan yang dilakukan oleh fasilitator (peneliti) secara individu.

Tahap berikutnya adalah melakukan pembobotan pada level terendah hirarki AHP yaitu perbandingan antar alternatif tindakan yang diusulkan yaitu; Peninggian tubuh bendungan, Menaikkan elevasi puncak pelimpah, Pengerukan sedimen, dan Status quo *with respect to* masing-masing sub-kriteria Sosial seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.9c.



Gambar 4.9c Matrik perbandingan berpasangan antar alternatif untuk sub-kriteria Sosial (Individu)

Dengan langkah-langkah yang sama pembobotan perbandingan berpasangan dilakukan antar sub-kriteria Lingkungan yaitu: Kelestarian nilai budaya, Flora, Fauna dan Keanekaragaman Hayati, Polusi, Limbah sedimen seperti pada gambar 4.9d diikuti dengan perbandingan antar alternatif *with respect to* masing-masing sub-kriteria Lingkungan seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.9e.



Gambar 4.9d Matrik perbandingan berpasangan antar sub-kriteria Lingkungan *with respect to* kriteria Lingkungan (Individu)

	Peninggian Tubuh Bendungan	Menaikkan Elevasi Pelimpah	Pengerukan Sedimen	Status Quo
Peninggian Tubuh Bendungan		5.0	3.0	3.0
Menaikkan Elevasi Pelimpah			3.0	1.0
Pengerukan Sedimen				3.0
Status Quo				

Incon: 0.02

Gambar 4.9e Matrik perbandingan berpasangan antar alternatif *with respect to* sub-kriteria Lingkungan (Individu)

Preferensi perbandingan berpasangan berikutnya dilakukan antar sub-kriteria Teknis yaitu: Penggunaan Teknologi bersih, Kesederhanaan teknologi, Keandalan ketersediaan air, Kemudahan perbaikan teknis seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.9f diikuti dengan perbandingan antar alternatif *with respect to* masing-masing sub-kriteria Teknis seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.9g.

	Penggunaan Teknologi bersih	Kesederhanaan teknologi	Keandalan ketersediaan air	Kemudahan perbaikan teknis
Penggunaan Teknologi bersih		3.0	3.0	3.0
Kesederhanaan teknologi			5.0	1.0
Keandalan ketersediaan air				5.0
Kemudahan perbaikan teknis				

Incon: 0.02

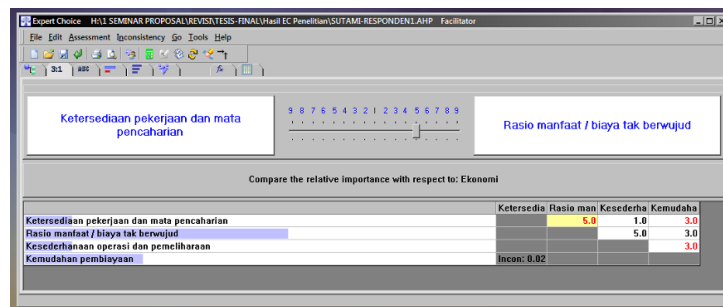
Gambar 4.9f Matrik perbandingan berpasangan antar sub-kriteria Teknis *with respect to* kriteria Teknis (Individu)

	Peninggian Tubuh Bendungan	Menaikkan Elevasi Polimpah	Pengerukan Sedimen	Status Quo
Peninggian Tubuh Bendungan		3.0	5.0	5.0
Menaikkan Elevasi Polimpah			3.0	3.0
Pengerukan Sedimen				1.0
Status Quo				

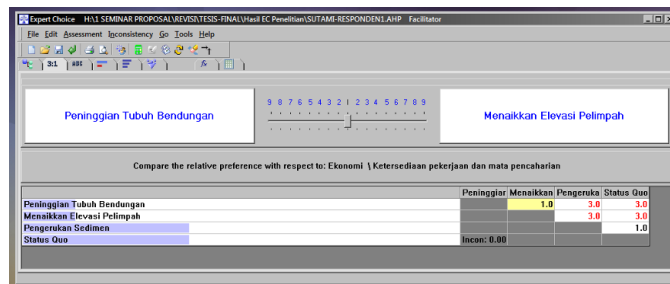
Incon: 0.02

Gambar 4.9g Matrik perbandingan berpasangan antar alternatif *with respect to* sub-kriteria Teknis (Individu)

Hal yang sama dilakukan antar sub-kriteria Ekonomi yaitu: Ketersediaan pekerjaan dan mata pencaharian, Rasio manfaat / biaya tak berwujud, Kesederhanaan operasi dan pemeliharaan, Kemudahan pembiayaan seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.9h diikuti dengan perbandingan antar alternatif *with respect to* masing-masing sub-kriteria Ekonomi seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.9i.

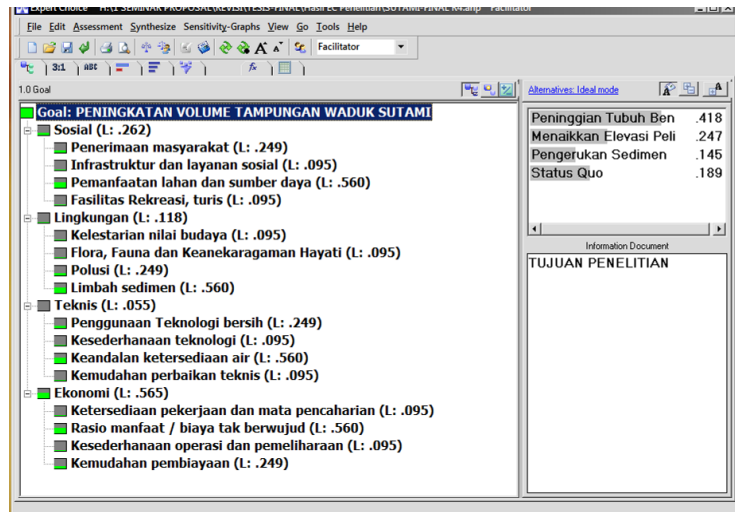


Gambar 4.9h Matrik perbandingan berpasangan antar sub-kriteria Ekonomi *with respect to* kriteria Ekonomi (Individu)



Gambar 4.9i Matrik perbandingan berpasangan antar alternatif *with respect to* sub-kriteria Ekonomi (Individu)

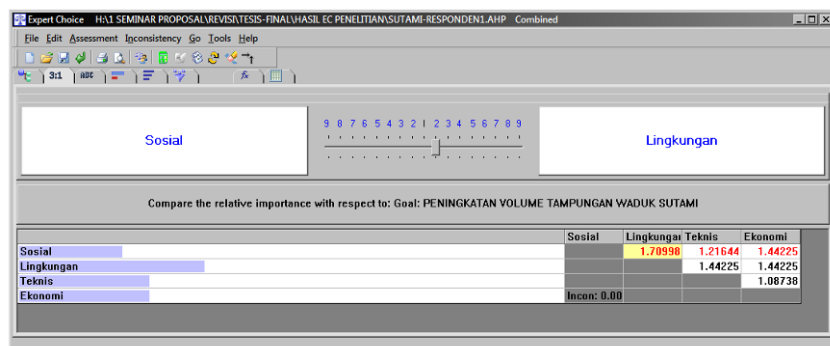
Hasil pengisian nilai pembobotan perbandingan berpasangan satu responden (individu) fasilitator ditunjukkan pada gambar 4.18 berikut:



Gambar 4.10 Hasil Pembobotan AHP satu responden (individu)

4. Matrik perbandingan berpasangan banyak responden (Combined)

Penilaian yang dilakukan oleh banyak responden atau partisipan akan menghasilkan pendapat yang berbeda satu sama lain. Sedangkan metode AHP hanya memerlukan jawaban tunggal untuk matriks perbandingan berpasangan. Oleh karena itu, semua jawaban dari responden harus dirata-rata. Sebagai contoh, berikut akan dilakukan perhitungan perataan geometrik dengan menggunakan persamaan 4.1 dan *expert choice v.11* dengan menggunakan data penilaian dari 3 responden seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.11 (*expert choice*) dan gambar 4.12 (Ms. Excell) berikut:



Gambar 4.11 Geometric Mean banyak responden menggunakan *expert choice (combined)*

Nilai perataan geometrik pada gambar 4.11 ditunjukkan di sudut kanan bawah. Sedangkan pada gambar 4.12 diperbandingkan antar perhitungan manual dengan *Ms. Excell* dan *expert choice*, hasil keduanya sama.

PERBANDINGAN ANTAR KRITERIA		Resp 1	Resp 2	Resp 3	Resp 4	Perhitungan Geometric Mean	
Kriteria	Kriteria	BG	WP	FH		Ms. Excell 2007	Expert Choice
Sosial	Lingkungan	0.333333	5	3		1.7099759	1.70998
Sosial	Teknis	0.2	3	3		1.2164404	1.21644
Sosial	Ekonomi	3	1	1		1.4422496	1.44225
Lingkungan	Tekniis	0.333333	0.333333	3		0.6933613	1.4422496
Lingkungan	Ekonomi	5	0.2	0.333333		0.6933613	1.4422496
Teknis	Ekonomi	7	0.333333	0.333333		0.9196414	1.0873804

Gambar 4.12 Geometric Mean banyak responden menggunakan Ms. Excel

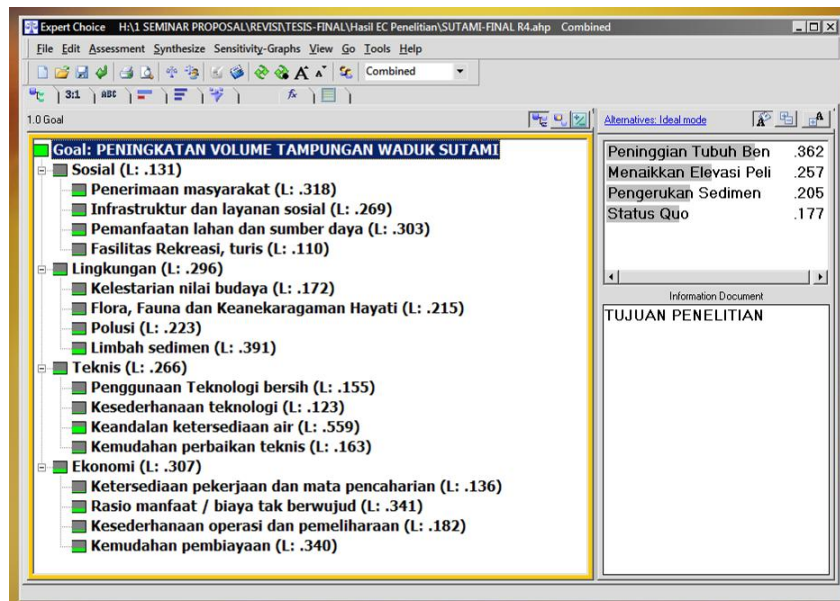
Catatan:

1. Warna merah menunjukkan kriteria sebelah kanan (kolom E) lebih penting dari kriteria sebelah kiri (Kolom C). Warna hitam menunjukkan kriteria sebelah kiri (Kolom C) lebih penting dari kriteria sebelah kanan (kolom E). Ketentuan warna ini juga berlaku di perhitungan *expert choice*.
2. Pengisian nilai warna hitam adalah satu per nilai tersebut, misalnya pada kolom F kriteria Sosial *relatif lebih penting* dari kriteria Lingkungan dengan nilai: 3 menjadi $1/3 = 0.3333$, nilai 5 menjadi $1/5 = 0.2$
- 3 Pada kolom J, apabila hasilnya >1 , berarti nilai tersebut berwarna merah artinya kriteria kolom E lebih penting dari pada kriteria kolom C. Apabila hasilnya < 1 , berarti nilai tersebut berwarna hitam artinya kriteria kolom C lebih penting dari pada kriteria kolom E dan perlu di NORMALISASI seperti dari kolom J ke kolom K, karena penilaian Saaty harus lebih besar dari 1, yaitu 1 – 9.

Cara melakukan normalisasi dengan membalikkan nilai tersebut, misalnya 0.693361 menjadi $1/0.693361 = 1.44225$ dan seterusnya.

dari gambar 4.12 terbukti bahwa perhitungan *geometric mean* menggunakan *expert choice (Combined)* pada kolom L memberikan hasil yang sama dengan menggunakan persamaan 4.1 (kolom J dan K) sehingga untuk perhitungan selanjutnya digunakan *expert choice* agar lebih efisien dan menghindari terjadinya kesalahan perhitungan. Kelebihan lain dari *expert choice* adalah nilai konsistensi ratio *combined* terbaca secara otomatis, sehingga peneliti bisa dengan mudah untuk mengidentifikasi data individu yang mana yang memenuhi atau tidak memenuhi nilai konsistensi ratio.

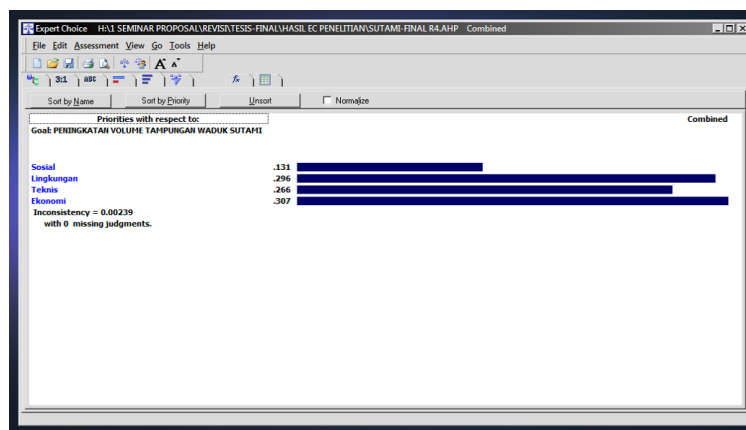
Setelah ke 4 (empat) data hasil kuisioner masing-masing responden dimasukkan, kemudian dilakukan penggabungan (combined) terhadap semua data tersebut untuk diubah menjadi data tunggal sebagai jawaban untuk pembobotan AHP. Hasil pembobotan perbandingan berpasangan gabungan keempat responden kuisioner ditampilkan pada gambar 4.13 yang merupakan normalisasi matriks perbandingan berpasangan antar elemen-elemen penelitian dari seluruh responden.



Gambar 4.13 Hasil Pembobotan AHP (combined)

5. Bobot masing-masing kriteria hasil perbandingan berpasangan

Dari gambar 4.13 diatas, dapat ditunjukkan bobot keseluruhan atau *aggregate* dari masing-masing kriteria dalam rangka tujuan peningkatan volume tampungan waduk Sutami seperti pada gambar 4.14.

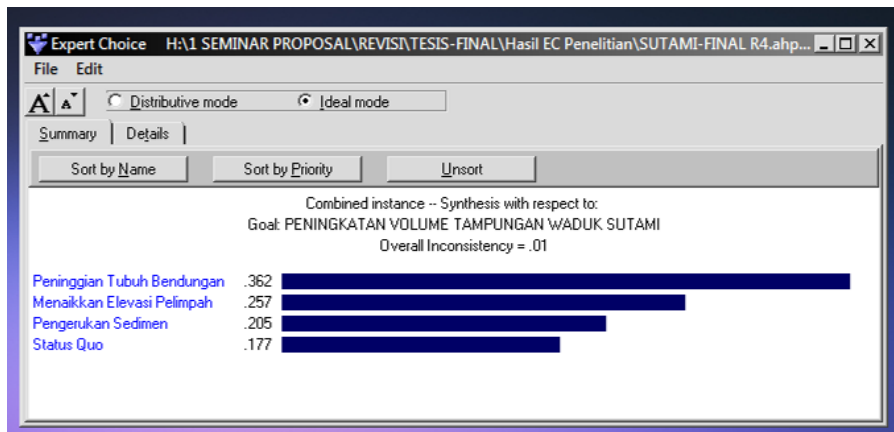


Gambar 4.14 Bobot Kriteria Hasil AHP (combined)

Nilai konsistensi dari pembobotan perbandingan berpasangan antar kriteria adalah 0.003 atau dibawah 10 % yang berarti baik dan dapat diterima. Gambar 4.14 menunjukkan bahwa kriteria Sosial mendapatkan bobot 13.1 %, kriteria Lingkungan dengan bobot 29.6 %, sedangkan kriteria Teknis dan Ekonomi masing-masing dengan bobot 26.6 % dan 30.7 % sehingga total bobot seluruh kriteria adalah 100%. Hasil ini menunjukkan bahwa kesatuan penilaian dari responden penelitian menganggap bahwa kriteria Ekonomi adalah yang paling berpengaruh dalam peningkatan volume tampungan waduk Sutami.

6. Bobot masing-masing Alternatif hasil perbandingan berpasangan

Selanjutnya dilakukan perhitungan bobot keseluruhan atau *aggregate* dari masing-masing alternatif dalam rangka tujuan peningkatan volume tampungan waduk Sutami seperti pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Bobot Alternatif Hasil AHP (combined)

Nilai konsistensi dari pembobotan perbandingan berpasangan antar alternatif pada gambar 4.15 adalah 0.01 atau 1 % yang berarti baik dan dapat diterima. Disini Alternatif peninggian tubuh bendungan mendapatkan bobot 36.2 %, alternatif menaikkan elevasi pelimpah dengan bobot 25.7 %, sedangkan alternatif pengerukan sedimen dan status quo masing-masing dengan bobot 20.5 % dan 17.7 % sehingga total bobot seluruh alternatif adalah 100%.

4.4 Hasil Penilaian AHP

4.4.1 Urutan bobot kriteria peningkatan volume tampungan waduk Sutami

Dari hasil pengolahan data secara keseluruhan dengan *expert choice v.11* diperoleh bobot prioritas tertinggi untuk semua kriteria yaitu kriteria ekonomi dengan bobot sebesar 30.7 %. Bobot masing-masing kriteria dan sub-kriteria berdasarkan ranking besarnya skor yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Bobot prioritas kriteria/sub-kriteria

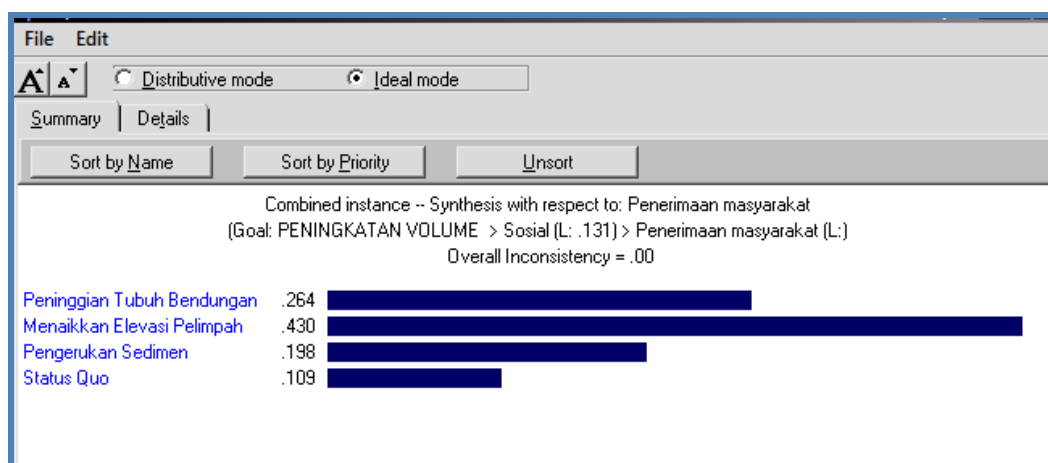
No	Kriteria	Bobot	Sub Kriteria	Bobot
1	Ekonomi	0.307	Rasio manfaat / biaya tak berwujud	0.341
			Kemudahan pembiayaan	0.340
			Kesederhanaan operasi dan pemeliharaan	0.182
			Ketersediaan pekerjaan dan mata pencaharian	0.136

Tabel 4.6 (lanjutan)

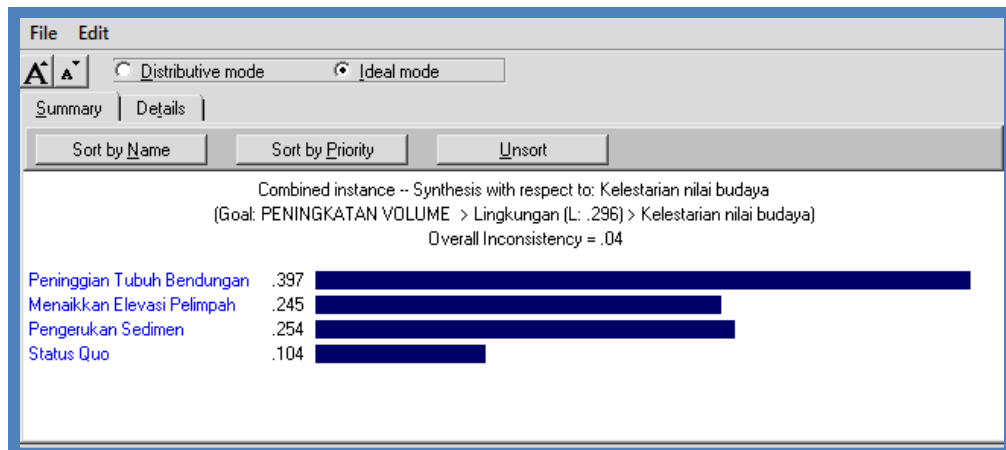
No	Kriteria	Bobot	Sub Kriteria	Bobot
2	Lingkungan	0.296	Limbah sedimen	0.391
			Polusi	0.223
			Flora, Fauna dan Keanekaragaman Hayati	0.215
			Kelestarian nilai budaya	0.172
3	Teknis	0.266	Keandalan ketersediaan air	0.559
			Kemudahan perbaikan teknis	0.163
			Penggunaan Teknologi bersih	0.155
			Kesederhanaan teknologi	0.123
4	Sosial	0.131	Penerimaan masyarakat	0.318
			Pemanfaatan lahan dan sumber daya lokasi	0.303
			Infrastruktur dan layanan sosial eksisting	0.269
			Fasilitas Rekreasi, turis	0.110

4.4.2 Urutan bobot prioritas alternatif peningkatan volume tampungan waduk Sutami

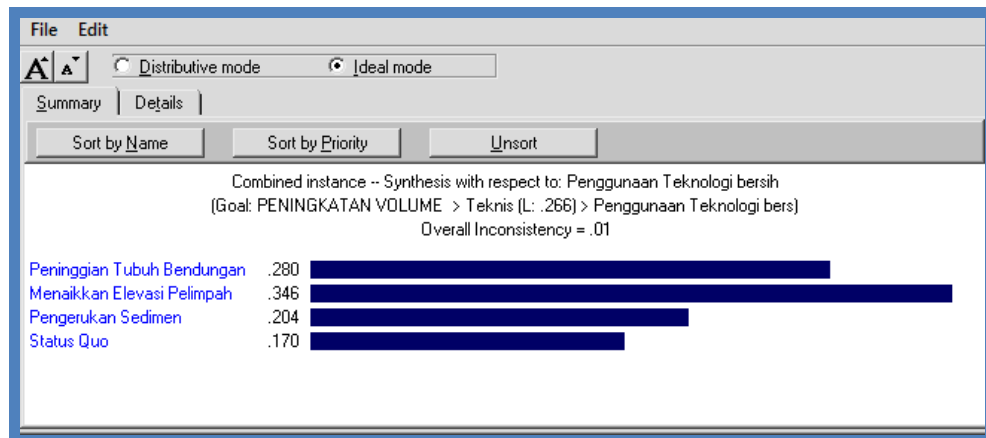
Bobot prioritas dari setiap alternatif terhadap masing-masing sub-kriteria Sosial, sub-kriteria Lingkungan, sub-kriteria Teknis, serta sub-kriteria Ekonomi dapat diperoleh dari hasil pengolahan data dengan *expert choice v.11* dengan hasil seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.16a – 4.16d dan dirangkum dalam tabel 4.7 berikut:



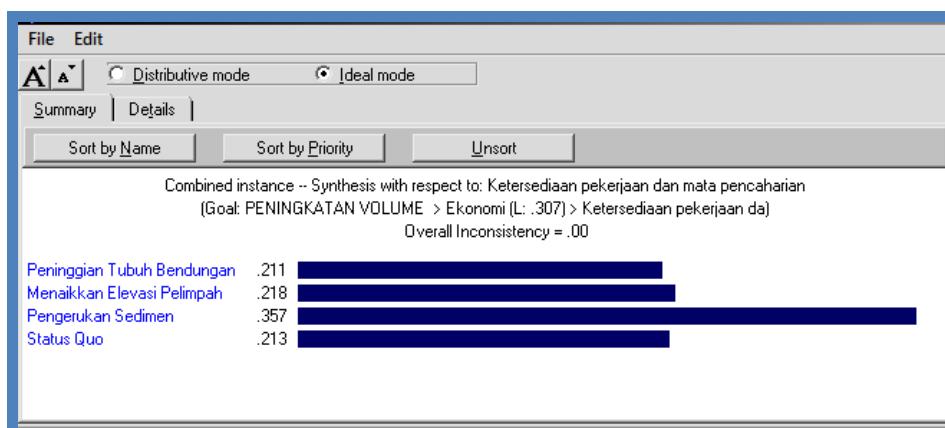
Gambar 4.16a Bobot Alternatif berdasarkan sub-kriteria Sosial



Gambar 4.16b Bobot Alternatif berdasarkan sub-kriteria Lingkungan



Gambar 4.16c Bobot Alternatif berdasarkan sub-kriteria Teknis



Gambar 4.16d Bobot Alternatif berdasarkan sub-kriteria Ekonomi

Tabel 4.7 Rangkuman bobot prioritas alternatif terhadap sub-kriteria penelitian

No.	Kriteria/Sub-kriteria	Bobot kepentingan relatif			
		Peninggian bendungan	Menaikkan pelimpah	Pengerukan sedimen	Status Quo
1	Sosial				
1a	Penerimaan masyarakat	0.264	0.430	0.198	0.109
1b	Infrastruktur dan layanan sosial eksisting	0.397	0.283	0.181	0.139
1c	Pemanfaatan lahan dan sumber daya lokasi	0.428	0.339	0.185	0.115
1d	Fasilitas Rekreasi, turis	0.492	0.208	0.273	0.242
2	Lingkungan				
2a	Kelestarian nilai budaya	0.397	0.245	0.254	0.104
2b	Flora, Fauna dan Keanekaragaman Hayati	0.444	0.272	0.239	0.232
2c	Polusi	0.448	0.162	0.265	0.125
2d	Limbah sedimen	0.484	0.208	0.190	0.118
3	Teknis				
3a	Penggunaan Teknologi bersih	0.280	0.346	0.204	0.170
3b	Kesederhanaan teknologi	0.169	0.150	0.315	0.366
3c	Keandalan ketersediaan air	0.452	0.272	0.194	0.082
3d	Kemudahan perbaikan teknis	0.197	0.282	0.220	0.301
4	Ekonomi				
4a	Ketersediaan pekerjaan, mata pencaharian	0.211	0.218	0.357	0.213
4b	Rasio manfaat / biaya tak berwujud	0.499	0.219	0.195	0.087
4c	Kesederhanaan operasi dan pemeliharaan	0.346	0.227	0.170	0.257
4d	Kemudahan pembiayaan	0.158	0.292	0.119	0.430

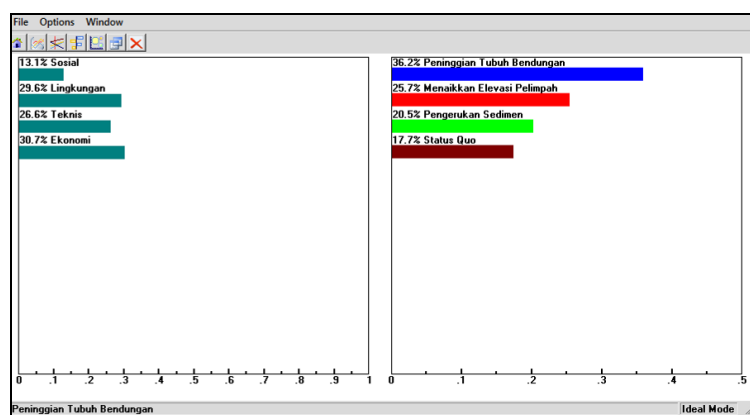
Berdasarkan data diatas dihasilkan bobot global dari alternatif-alternatif tindakan yang diusulkan dalam rangka peningkatan volume tampungan waduk Sutami yang diurutkan berdasarkan bobot prioritas seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.8. Sampai disini alternatif peninggian tubuh bendungan mendapatkan bobot 36.2 % dan paling tinggi dibanding alternatif yang lain. Sedangkan alternatif menaikkan elevasi puncak struktur pelimpah di urutan kedua dengan bobot 25.7%, diikuti dengan pengerukan sedimen dengan bobot 20.5% dan terakhir status quo dengan bobot 17.7%.

Tabel 4.8 Bobot prioritas global Setiap Alternatif

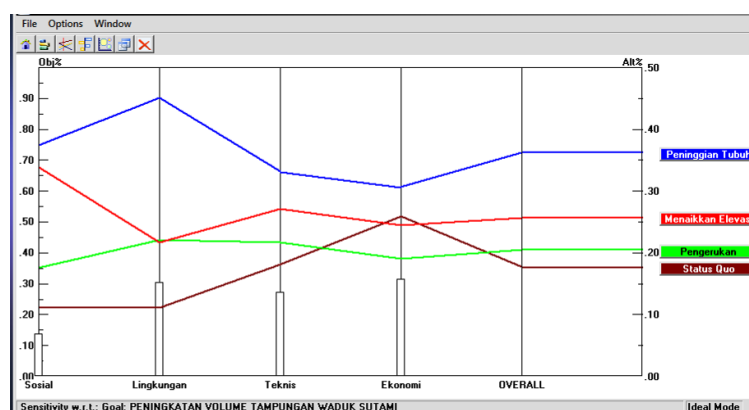
No	Alternatif	Bobot	Ranking
1	Peninggian tubuh bendungan	0.362	1
2	Menaikkan elevasi puncak struktur pelimpah	0.257	2
3	Pengerukan sedimen	0.205	3
4	<i>Status Quo</i>	0.177	4

4.5 Analisa Sensitifitas

Analisa sensitivitas dilakukan untuk mengetahui seberapa sensitif perubahan bobot kriteria tertentu terhadap urutan prioritas alternatif yang terpilih. *Expert choice* menyediakan fasilitas uji *sensitivity-graphs* untuk melakukan uji sensitifitas antara lain *Performance* dan *Dynamic*. Peneliti sebagai fasilitator dan *stakeholder* berhak memilih salah satu kriteria yang dianggap penting untuk diuji seberapa besar perubahan kriteria tersebut dapat mempengaruhi urutan prioritas alternatif yang ada. Berikut gambaran *dynamic* dan *performance sensitivity-graphs* yang disediakan oleh *expert choice*.



Gambar 4.17a Dynamic sensitivity-graphs Hasil Pembobotan Expert Choice

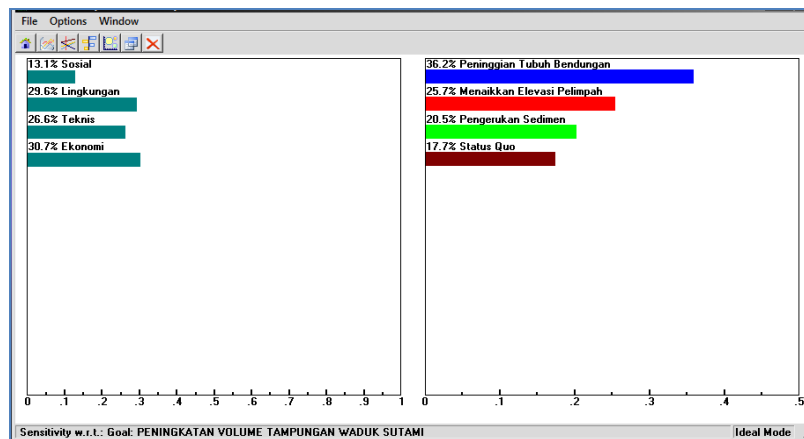


Gambar 4.17b Performance sensitivity-graphs Hasil Pembobotan Expert Choice

Operasional dari uji sensitivitas pada gambar 4.17a dan gambar 4.17b adalah dengan cara menggeser kekanan-kekiri atau menaik-turunkan bobot kriteria yang dipilih dan dilihat pengaruhnya terhadap hasil perankingan alternatif serta seberapa besar perubahan yang terjadi. Berikut akan dilakukan uji sensitivitas dengan menggunakan *dynamic sensitivity-graphs* dengan pertimbangan *dynamic sensitivity-graphs* lebih mudah penilaiannya karena bobot masing-masing kriteria dan alternatif dimunculkan.

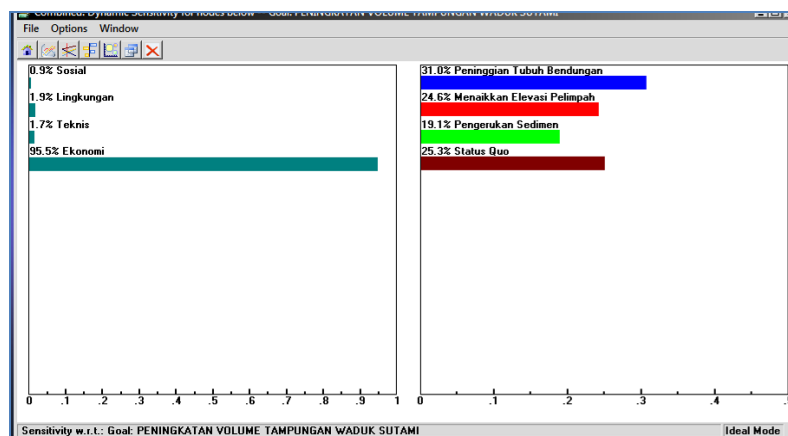
1. Uji sensitivitas kriteria ekonomi

Kriteria Ekonomi dipilih untuk uji sensitivitas dengan pertimbangan bahwa kriteria Ekonomi memiliki bobot terbesar dibanding kriteria yang lain. Disamping itu untuk melihat pengaruh kriteria ekonomi terhadap urutan prioritas alternatif apabila ada isu ekonomi yang membuat pengambil keputusan merubah bobot penilaiannya terhadap kriteria ekonomi. Uji sensitivitas dilakukan untuk melihat seberapa jauh perubahan bobot kriteria ekonomi dapat mempengaruhi urutan prioritas alternatif. Perubahan bobot kriteria Ekonomi ditunjukkan pada gambar 4.18a sampai 4.18c. Peninggian tubuh bendungan adalah alternatif dengan urutan prioritas tertinggi (36.2%) pada kondisi kriteria ekonomi memiliki bobot 30.7 % (gambar 4.18a).



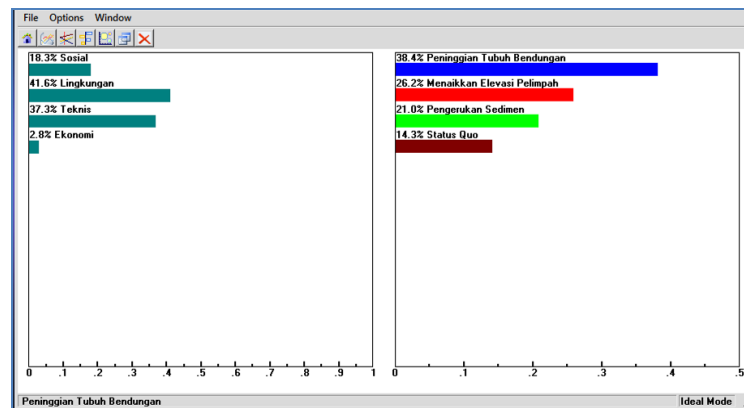
Gambar 4.18a Uji sensitifitas kriteria Ekonomi

Sekarang diuji dengan menaikkan kriteria ekonomi sampai mendekati maksimum (gambar 18b), yaitu 95.5% ternyata alternatif peninggian tubuh bendungan justru mengalami penurunan dari 36.2 % menjadi 31 % dan alternatif status quo mengalami kenaikan dari 17.7 % menjadi 25.3 %. Sedangkan alternatif menaikkan pelimpah dan pengerukan sedimen juga mengalami penurunan namun tidak terlalu signifikan.



Gambar 4.18b Uji sensitifitas kriteria Ekonomi Dinaikkan

Apabila bobot kriteria ekonomi diturunkan hingga mendekati minimum yaitu 2.8 % (gambar 4.18c), alternatif peninggian tubuh bendungan justru mengalami kenaikan dari posisi semula 36.2 % menjadi 38.4 %.



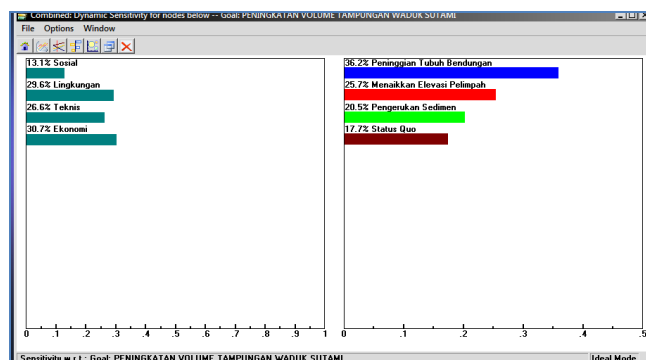
Gambar 4.18c Uji sensitifitas kriteria Ekonomi Diturunkan

Dari berbagai uji posisi kenaikan maupun penurunan bobot kriteria ekonomi ternyata tidak mempengaruhi urutan prioritas, yaitu alternatif peninggian tubuh bendungan tetap menempati urutan tertinggi.

Dari uji sensitifitas kriteria ekonomi dapat disimpulkan bahwa urutan prioritas alternatif peninggian tubuh bendungan tidak sensitif terhadap perubahan bobot kriteria ekonomi baik dinaikkan maupun diturunkan.

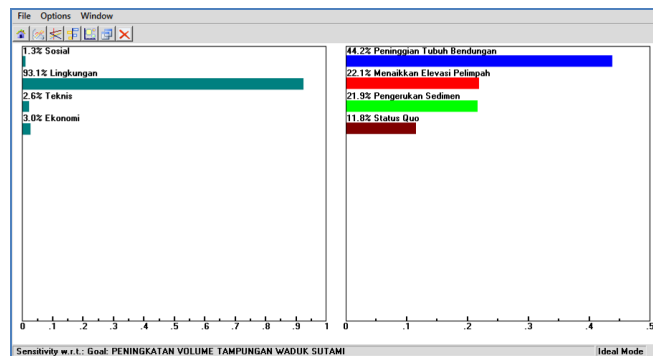
2. Uji sensitivitas kriteria lingkungan

Uji sensitifitas berikutnya adalah terhadap kriteria lingkungan dengan pertimbangan kriteria lingkungan memiliki bobot yang relatif besar, menempati urutan kedua setelah kriteria ekonomi seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.19a sampai 4.19c.



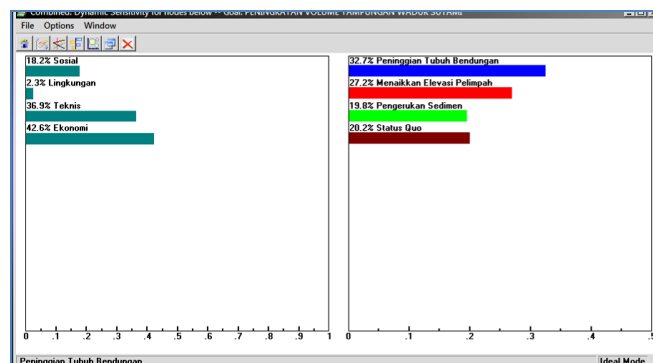
Gambar 4.19a Uji sensitifitas kriteria Lingkungan

Dengan menaikkan kriteria lingkungan dari bobot semula 29.6 % (gambar 4.19a) sampai mendekati maksimum yaitu 93 % (gambar 4.19b) ternyata alternatif peninggian tubuh bendungan juga mengalami kenaikan dari 36.2 % menjadi 44.2 % sedangkan alternatif yang lain relatif tidak mengalami perubahan yang signifikan.



Gambar 4.19b Uji sensitifitas kriteria Lingkungan Dinaikkan

Apabila bobot kriteria lingkungan diturunkan hingga mendekati minimum (gambar 4.19c), alternatif peninggian tubuh bendungan tetap menempati urutan tertinggi dibanding alternatif yang lain.



Gambar 4.19c Uji sensitifitas kriteria Lingkungan Diturunkan

Dari berbagai uji posisi kenaikan maupun penurunan bobot kriteria lingkungan, alternatif peninggian tubuh bendungan tetap menempati urutan tertinggi dan merupakan prioritas utama.

3. Uji sensitivitas kriteria teknis dan sosial

Dengan cara yang sama dilakukan uji sensitivitas terhadap kriteria teknis dan sosial, dengan menaik-turunkan bobot kriteria tersebut hasilnya tetap sama yaitu alternatif peninggian tubuh bendungan Sutami tetap menempati urutan prioritas tertinggi.

4.6 Interpretasi Hasil

Berdasarkan hasil pengolahan data yang dirangkum pada tabel 4.6 diperoleh bobot prioritas tertinggi untuk kriteria adalah kriteria ekonomi sebesar 0.307 atau 30.7% diikuti dengan kriteria Lingkungan 0.296 (29.6%), kriteria teknis 0.266 (26.6%) dan yang terakhir adalah kriteria sosial 0.131 (13.1%). Nilai konsistensi pembobotan perbandingan berpasangan antar kriteria tersebut adalah 0.003 atau lebih kecil dari 10% yang dipersyaratkan yang berarti baik dan dapat diterima. Hasil survei perbandingan berpasangan memperlihatkan bahwa faktor atau kriteria ekonomi masih merupakan hal paling penting dibanding faktor lingkungan, teknis maupun sosial dalam hal peningkatan volume tampungan waduk Sutami. Sedangkan faktor lingkungan meskipun dianggap lebih penting dibanding faktor teknis namun keduanya masih kalah penting dibanding faktor ekonomi. Faktor sosial merupakan faktor yang dianggap tidak begitu berpengaruh terhadap peningkatan volume tampungan waduk Sutami dengan tingkat kepentingan paling rendah yaitu 13.1 %.

Tabel 4.6 juga menunjukkan urutan bobot masing-masing kriteria beserta sub-kriteria dari nilai yang terbesar sampai yang terkecil. Dari tabel tersebut terlihat bahwa dalam lingkup kriteria ekonomi, sub-kriteria rasio manfaat/biaya intangible memiliki bobot 0.341 sedikit lebih tinggi dari bobot sub-kriteria kemudahan dalam pembiayaan sebesar 0.340. Kedua sub-kriteria ini merupakan faktor yang paling berpengaruh dalam perbandingan berpasangan antar alternatif, yaitu dengan tingkat mempengaruhi sebesar $34.1\% + 34.0\% = 68.1\%$ dari keseluruhan sub-kriteria ekonomi. Sedangkan untuk sub-kriteria lingkungan, faktor limbah sedimen dianggap yang paling penting yaitu dengan bobot 0.391

paling tinggi dibanding yang lain. Hal yang menarik adalah dalam lingkup kriteria teknis, sub-kriteria keandalan ketersediaan air dengan bobot kepentingan relatif sebesar 0.591 merupakan bobot tertinggi dibanding bobot rata-rata tiga sub-kriteria yang lain yaitu sekitar 0.150. Ini menunjukkan bahwa faktor keandalan ketersediaan air merupakan hal paling utama yang menjadi perhatian responden dalam pembobotan kriteria teknis. Untuk faktor sosial, sub-kriteria penerimaan masyarakat dengan bobot kepentingan sebesar 0.318 adalah yang terbesar dibanding sub-kriteria yang lain.

Hasil perbandingan berpasangan juga menunjukkan bobot masing-masing alternatif terhadap sub-kriteria di atasnya. Rangkuman hasil pembobotan perbandingan berpasangan antar alternatif berdasarkan seluruh sub-kriteria dapat dilihat pada tabel 4.7. Disini dapat dilihat bahwa alternatif peninggian tubuh bendungan mendominasi bobot tertinggi di hampir 16 sub-kriteria penelitian dengan perincian alternatif peninggian tubuh bendungan memiliki bobot tertinggi di 10 sub-kriteria, diikuti dengan alternatif status quo di 3 sub-kriteria, menaikkan elevasi struktur pelimpah di 2 sub-kriteria dan terakhir alternatif pengerukan sedimen di 1 sub-kriteria.

Hasil pengolahan data yang terakhir adalah melakukan sintesa diantara prioritas lokal untuk mendapatkan bobot prioritas global dari alternatif-alternatif yang diusulkan. Hal ini telah dilakukan oleh *expert choice* seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.15 di atas. Rangkuman bobot prioritas global dari masing-masing alternatif ditunjukkan pada tabel 4.8 dimana alternatif peninggian tubuh bendungan mendapatkan bobot relatif tertinggi yaitu 0.362 atau 36.2% diikuti dengan alternatif menaikkan elevasi puncak struktur pelimpah dengan bobot 0.257 atau 25.7%, alternatif pengerukan sedimen dengan bobot 0.205 atau 20.5% dan terakhir alternatif status quo dengan bobot 0.177 atau 17.7%. Hal yang perlu dicermati antara tabel 4.7 dan tabel 4.8 adalah meskipun pada tabel 4.7 alternatif status quo memiliki bobot tertinggi (di 3 sub-kriteria) lebih banyak dibanding alternatif menaikkan elevasi struktur pelimpah (di 2 sub-kriteria) namun secara total skor yang diperoleh alternatif menaikkan elevasi struktur pelimpah lebih tinggi dibanding alternatif status quo. Sebagai contoh pada kriteria lingkungan, alternatif menaikkan elevasi struktur pelimpah memiliki total skor

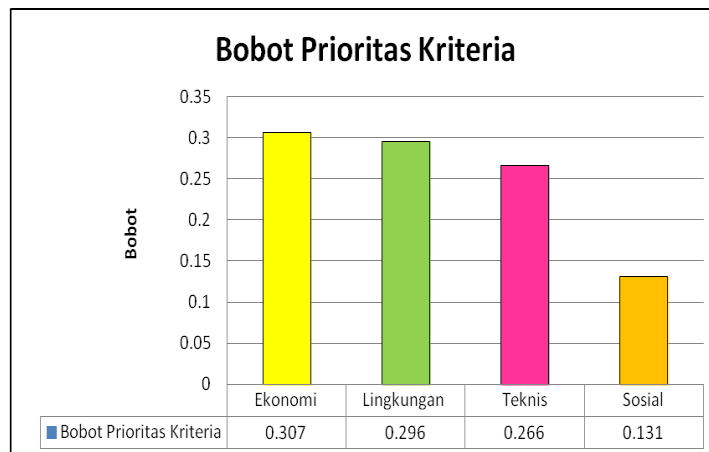
(penjumlahan vertikal) sebanyak 0.887 lebih besar dibanding alternatif status quo yaitu 0.579. Pada kriteria teknis, alternatif menaikkan elevasi struktur pelimpah memiliki total skor 1.05 lebih tinggi dibanding alternatif status quo yaitu 0.919. Kriteria lingkungan dan teknis memiliki bobot yang cukup tinggi setelah kriteria ekonomi. Sedangkan pada kriteria ekonomi, alternatif menaikkan elevasi struktur pelimpah memiliki total skor 0.956 sedikit lebih rendah dibanding alternatif status quo yaitu 0.987.

4.7 Pembahasan

Pada prakteknya, proses pengambilan keputusan yang dilakukan oleh perusahaan sering kali hanya didasarkan pada aspek kelayakan teknis dan finansial (kuantitatif) tanpa mempertimbangkan aspek-aspek lain yang bersifat kualitatif. Disisi lain adanya harapan untuk melakukan analisis kelayakan yang mempertimbangkan faktor kualitatif (intangible) dengan mengakomodasi adanya konflik kepentingan diantara kriteria yang dijadikan dasar pengambilan keputusan. Penelitian ini melakukan proses pengambilan keputusan multi kriteria terhadap aspek kualitatif untuk menutup celah (gap) antara kenyataan dan harapan tersebut.

4.7.1 Hasil Bobot Prioritas Kriteria

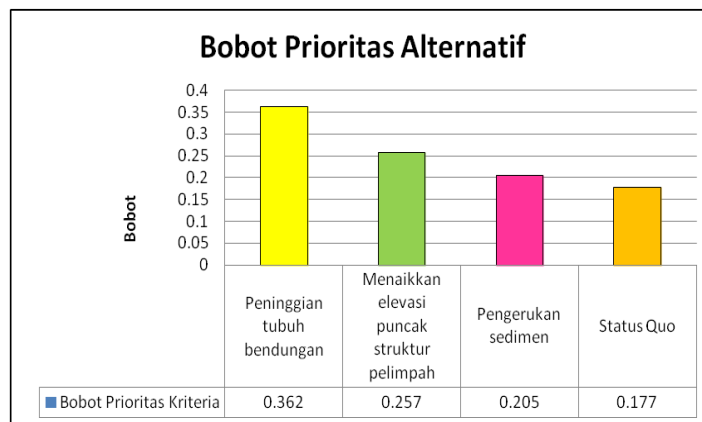
Hasil pengolahan data seperti pada gambar 4.19 menunjukkan bahwa kriteria ekonomi mempunyai bobot prioritas paling tinggi yaitu 0.307 atau 30.7% dibanding kriteria yang lain. Pada gambar berikut ditunjukkan bobot prioritas dari masing-masing kriteria dari yang paling tinggi ke yang paling rendah .



Gambar 4.19 Bobot Prioritas Kriteria

4.7.2 Hasil Bobot Prioritas Alternatif

Hasil sintesa dari pengolahan data diantara alternatif-alternatif penelitian didapatkan bobot prioritas global dari masing-masing alternatif dari yang paling besar hingga yang paling kecil seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.20 Bobot Prioritas Alternatif

Dari gambar 4.20 terlihat bahwa alternatif peninggian tubuh bendungan mendapatkan bobot relatif yang paling tinggi yaitu 0.362 atau 36.2% dibanding alternatif yang lain. Hasil ini cukup menarik mengingat permasalahan sedimentasi waduk sudah berlangsung lama dalam arti alternatif status quo yang selama ini menjadi pilihan. Pemilihan alternatif peninggian tubuh bendungan sebagai prioritas pertama maupun menaikkan elevasi pelimpah sebagai prioritas kedua

merupakan terobosan dalam menangani permasalahan sedimentasi waduk. Tindakan penanganan sedimen melalui pengerukan (*status quo*), terbukti kurang efektif dengan adanya surplus endapan sedimen di waduk yang terjadi selama puluhan tahun. Perusahaan tentu sudah melakukan penanganan maksimal terhadap penyebab sedimen di bagian hulu waduk. Seiring dengan berjalannya waktu, mengingat sumber daya air adalah sumber pendapatan utama perusahaan, perusahaan harus berani mengambil tindakan inovatif dalam rangka mempertahankan dan memperpanjang usia guna waduk. Oleh sebab itu, apabila hasil kajian aspek kuantitatif (finansial) selaras dengan hasil penelitian ini dan peninggian tubuh bendungan merupakan tindakan yang paling masuk akal rangka peningkatan volume tampungan waduk Sutami maka hal ini merupakan langkah berani bagi perusahaan dalam penanganan permasalahan sedimen dan memperpanjang usia guna waduk karena pertama kali dilakukan di Indonesia. Hal ini tentu dapat meningkatkan *corporate branding* yang dapat meningkatkan reputasi perusahaan dalam bidang pengelolaan bendungan maupun sumber daya air. Pengerukan sedimen tentu masih tetap dilakukan, namun dalam kapasitas yang tidak terlalu besar dan difokuskan pada area intake PLTA. Sedangkan penanganan terhadap penyebab sedimen di daerah hulu waduk wajib dilakukan secara intensif dan berkelanjutan.



BAB V
KESIMPULAN &
SARAN

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Hasil Pemilihan Alternatif

Peninggian tubuh bendungan dipilih sebagai prioritas utama untuk peningkatan volume tampungan waduk Sutami dengan bobot tertinggi sebesar 36.2%. Sedangkan menaikkan elevasi puncak struktur pelimpah dengan bobot 0.257 atau 25.7% menempati urutan kedua. Urutan ketiga adalah pengerukan sedimen dengan bobot 0.205 atau 20.5% dan terakhir adalah pilihan status quo dengan bobot 0.177 atau 17.7%.

Hasil ini menggembirakan karena status quo menjadi pilihan prioritas terakhir. Hal ini menunjukkan bahwa responden menginginkan adanya perubahan dalam menangani permasalahan sedimentasi di waduk Sutami

2. Peninggian tubuh bendungan tidak sensitif terhadap perubahan bobot kriteria ekonomi yang merupakan kriteria dengan bobot terbesar. Bobot kriteria ekonomi dinaikkan maksimal atau diturunkan minimal, alternatif peninggian tubuh bendungan tetap menempati prioritas pertama.

5.2 Saran

1. Didalam kuisioner AHP perlu diberikan penjelasan mengenai pentingnya syarat transitivitas agar hasil pembobotan perbandingan berpasangan *valid* untuk diperhitungkan dalam pengolahan data AHP. Jumlah kriteria dan sub-kriteria sebaiknya seminimal mungkin sejauh sudah mencakup hal penting untuk tujuan permasalahan. Kriteria dan sub-kriteria yang terlalu banyak (dalam batas tertentu) menyebabkan responden enggan mengisi, penilaian tidak fokus sehingga hasilnya tidak sesuai dengan harapan. Dalam penilaian

AHP, *input* data dari responden mutlak mempengaruhi hasil. Bila *in-put* “cacat”, dapat dipastikan *out-put* juga cacat.

2. Pengolahan data AHP secara manual berdasarkan perumusan Saaty hanya memerlukan *input* data tunggal (responden hanya satu). Untuk hasil kuisisioner dari banyak responden, perlu dilakukan perataan geometrik (*Geometric Mean*) terlebih dahulu agar menjadi data tunggal. Nilai hasil perataan geometrik harus ≥ 1 (karena skala perbandingan Saaty hanya mengenal nilai 1 – 9). Cara melakukan perataan geometrik perlu memperhatikan hal-hal seperti penjelasan pada sub-bab 4.3.3 point 4.
3. Pada akhirnya semua waduk akan mempunyai masa guna yang terbatas dan akhirnya ditutup. Biaya penutupan maupun pemeliharaan waduk-waduk tua yang sudah tidak berfungsi tidaklah sedikit. Disisi lain, biaya pembangunan waduk baru juga tidak murah dan belum tentu tersedia lokasi yang memenuhi kelayakan. Oleh sebab itu kajian maupun penelitian dalam rangka memperpanjang usia guna waduk eksisting perlu mendapat dukungan dari semua pihak dan perlu dikembangkan oleh peneliti lain dengan mempertimbangkan aturan atau budaya perusahaan, praktik terbaik, hukum dan sebagainya.
4. Hasil penelitian ini berdasarkan penilaian 4 responden (dari 15 experts dan stakeholders yang menerima kuisisioner) yang melakukan pembobotan sesuai dengan yang dipersyaratkan AHP. Penelitian selanjutnya diharapkan lebih banyak lagi experts dan stakeholders yang terlibat dalam penilaian dan memenuhi syarat untuk perhitungan AHP agar didapatkan hasil yang optimal.
5. Peningkatan kapasitas atau volume tampungan waduk Sutami merupakan hal penting yang perlu mendapatkan perhatian perusahaan dalam rangka menjaga pengelolaan sumber daya air yang terpadu dan berkelanjutan. Hal ini selaras dengan program prioritas pemerintah dalam bidang ketahanan pangan, ketahanan air, serta ketahanan energi. Diperlukan keberanian manajemen

untuk melakukan langkah-langkah inovatif dengan risiko yang terukur, keluar dari zona nyaman (business as usual) dalam mengatasi permasalahan sedimentasi di waduk eksisting yang sudah berlangsung lama. Eksistensi PJT1 kedepan ditentukan oleh bagaimana perusahaan dapat mengelola waduk-waduk eksisting dengan tepat mengingat sumber pendapatan terbesar perusahaan berasal dari biaya jasa pengelolaan sumber daya air (BJPSDA).

6. Proses pengambilan keputusan multi kriteria, salah satunya dengan metode AHP diharapkan dapat dijadikan sebagai pendamping analisis kelayakan finansial bagi pengambil keputusan dalam menentukan keputusan-keputusan yang bersifat strategis (sebagai contoh pendirian anak perusahaan atau pengembangan usaha baru) dengan mengakomodasi opini intuitif dari para ahli secara individu dan independen. Disarankan untuk memasukkan “*Corporate branding*” sebagai salah satu kriteria dalam rangka meningkatkan reputasi perusahaan dalam bidang pengelolaan sumber daya air.

Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR
PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Akhira, H. (2018), "New Vision to Upgrade Dams Under Operation and Guideline on Sediment Management", *FGD tentang Innovation and Latest Technology For Dam Operational and Maintenance by MILT Japan di Batam, Indonesia*
- Ascarya (2005), "Analytic Network Process (ANP): Pendekatan Baru Studi Kualitatif", *Seminar Intern Program Magister Akuntansi Fakultas Ekonomi di Universitas Trisakti, Jakarta.*
- Azarnivand, A., Hashemi-Madani, F.S. dan Banihabib, M.E. (2015), "Extended fuzzy analytic hierarchy process approach in water and environmental management (case study: Lake Urmia Basin, Iran)", *Environmental Earth Sciences*, 73(1), 13-26.
- Baker, D., Bridges, D., Hunter, R., Johnson, G., Krupa, J., Murphy J. dan Sorenson, K. (2002), *Guidebook to Decision-Making Methods*, WSRC-IM-2002-00002, Department of Energy, USA.
- Brojonegoro, B., dan Permadi, B. (1992), *AHP Pusat Antar Universitas, Studi Ekonomi*. Jakarta : UI
- Ciptomulyono, U. (2001), "Integrasi Metode Delphi dan Prosedur Analisis Hierarkhis untuk Identifikasi dan Penetapan Prioritas Objektif/Kriteria Keputusan", *Majalah IPTEK Jurnal Pengetahuan Alam dan Teknologi*, Jilid 12, Hal. 42-52.
- Ciptomulyono, U. (2010), "Paradigma Pengambilan Keputusan Multikriteria Dalam Prespektif Pengembangan Proyek Dan Industri Yang Berwawasan Lingkungan", *Pidato Pengukuhan Untuk Jabatan Guru Besar*, FTI-ITS, Surabaya.
- Erdogana, S.A., Šaparauskasb, J. dan Turskisc, Z. (2017), "Decision Making in Construction Management: AHP and Expert Choice Approach", *Procedia Engineering* 172, 270 – 276.
- Fatmawati, R., Masrevaniah, A. dan Solichin M. (2012), "Kajian Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Ngrowodengan Menggunakan Paket Program Qual2kw", *Jurnal Teknik Pengairan*, 3(2), 122–131.
- Fulop, J. (2017), *Introduction to Decision Making Methods*. [Online]. Available: <http://academic.evergreen.edu/projects/bdei/documents/decisionmakingmethods.pdf>
- Harris, R. (2012), *Introduction to Decision Making, Part 1* [Online], Available: <http://www.virtualsalt.com/crebook5.htm>

- Maletic, D., Maletic, M., Lovrencic, V., Al-Najjar, B. dan Gomiscek, B. (2014), "An Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) and Sensitivity Analysis for Maintenance Policy Selection", *Organizacija*, 47(3), 177-188.
- Marczak, M. dan Sewell, M. (2007), *Using Focus Groups for Evaluation* [online] available from <http://ag.arizona.edu/fcs/cyfernet/cyfar/focus>.
- Masadeh, M.A. (2012), "Focus Group: Reviews and Practices", *International Journal of Applied Science and Technology*, 2(10).
- PJT 1 dan JICA (2018), "The Project For Assessing And Integrating Climate Change Impacts Into The Water Resources Management Plans For Brantas And Musi River Basins Water Resources Management Plan)", Malang
- Prince, M., and Davies, M. (2001), "Moderator Teams: An Extension to Focus Group Methodology", *Qualitative Market Research: An International Journal*, 4(4), 207-216.
- Saaty, T.L. (1980), *The Analytic Hierachy Process: Planning, Priority, Setting, Resource Allocation*, Mc Graw - -Hill, New York.
- Saaty, T.L. (1994), *Analytical Hierarchy Process*, Bandung: Alfabeta.
- Satty, T.L. dan Kearns, K.P. (1985), *Analytical Planning: The Organization of Systems*, Oxford: Pergamon.
- Srdjevic, B. dan Medeiros, Y. D. P. (2008), "Fuzzy AHP assessment of water management plans", *Water Resources Management*, 22(7), 877-894.
- Xi, X. dan Poh, K. L. (2015), "A Novel Integrated Decision Support Tool For Sustainable Water Resources Management In Singapore: Synergies Between System Dynamics And Analytic Hierarchy Process", *Water resources management*, 29(4), 1329-1350.



LAMPIRAN

LAMPIRAN 1:
KUISIONER PEMBOBOTAN PERBANDINGAN BERPASANGAN

**ANALISA PENGAMBILAN KEPUTUSAN PENINGKATAN
VOLUME TAMPUNGAN WADUK SUTAMI
MALANG – JAWA TIMUR**

Oleh :

Bambang Gutomo
09211650026010



**DEPARTEMEN MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN PROYEK
FAKULTAS BISNIS DAN MANAJEMEN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

**ANALISIS PENGAMBILAN KEPUTUSAN PENINGKATAN VOLUME
TAMPUNGAN WADUK SUTAMI (KARANGKATES) DENGAN
PENDEKATAN *ANALYTICAL HIERARCY PROCESS* (AHP)**

=====

Kepada responden yang terhormat,

Dalam rangka penyelesaian tesis di Departemen Manajemen Teknologi, Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, perlu dukungan dari bapak/ibu untuk mengisi kuisisioner ini. Kuisisioner ini disusun sebagai masukan utama dalam proses akhir pengolahan data dalam rangka pemecahan masalah.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan strategi atau tindakan apa yang harus diprioritaskan oleh Perusahaan dalam rangka peningkatan volume tampungan waduk Sutami. Metode yang dipergunakan adalah AHP, dimana permasalahan disusun secara hirarki (struktur) dengan tujuan (goal) berada pada tingkatan pertama diikuti dengan kriteria/sub kriteria yang membatasi pada tingkatan kedua dan terakhir adalah alternatif-alternatif tindakan yang mungkin dilakukan untuk mencapai *goal*.

Pilihan alternatif tindakan dalam rangka mencapai tujuan mungkin akan menjadi pilihan yang patut dipertimbangkan oleh pemangku kepentingan (*stakeholder*). Oleh sebab itu diharapkan pengisian kuisisioner ini dilakukan secara obyektif, berdasarkan pengalaman yang bapak/ibu miliki. Tidak ada jawaban benar atau salah, setiap jawaban sangat bermakna bagi penelitian ini sehingga diharapkan semua pertanyaan dapat terisi. Hasil kuisisioner ini akan diperlakukan sesuai dengan standar profesionalitas dan etika penelitian, sehingga peneliti akan menjaga kerahasiaan identitas responden.

Atas kesediaan responden untuk meluangkan waktunya dalam mengisi kuisisioner ini diucapkan terima kasih.

Surabaya, Desember 2018

Bambang Gutomo

I. Pendahuluan

Waduk Sutami merupakan salah satu waduk yang berada di wilayah sungai Brantas yang berfungsi sebagai penyedia air untuk pembangkit energi listrik, irigasi pertanian, industri, masyarakat serta pengendali banjir. Fungsi waduk Sutami semakin lama semakin berkurang akibat peningkatan laju sedimen setiap tahun, apabila dibiarkan maka akan dapat menurunkan fungsi dari dibangunnya waduk tersebut serta memperpendek usia guna waduk. Metode AHP dipergunakan dalam penelitian ini untuk menentukan urutan prioritas terhadap alternatif-alternatif tindakan yang diusulkan.

II. Tujuan Survei

Memperoleh penilaian bobot kepentingan masing-masing alternatif, kriteria, sub-kriteria sebagai masukan (*in put*) dalam proses akhir pengolahan data AHP.

III. Kerahasiaan Informasi

Data dan informasi yang diberikan dalam kuisioner ini dijamin kerahasiannya dan hanya dipakai untuk keperluan penelitian

IV. Data Responden

- a. Nama :
- b. Perusahaan/Instansi :
- c. Jabatan :
- d. Jenis Kelamin *) : Pria / Wanita
- e. Usia :tahun
- f. Pendidikan Terakhir*) : S3 / S2 / S1 / Diploma /
- g. Pengalaman kerja :tahun

Keterangan :

*) Lingkari pilihan yang sesuai

V. Petunjuk Pengisian

1. Untuk memberikan penilaian terhadap elemen-elemen permasalahan dari setiap level yang sedang diteliti prioritasnya, penilaian dinyatakan dalam skala numerik (skala 1 hingga 9) dengan menggunakan skala sebagai berikut :

Skala 1 = sama pentingnya (*equal importance*)

Skala 3 = sedikit lebih penting (*moderate importance of one over another*)

Skala 5 = jelas lebih penting (*essential importance*)

Skala 7 = sangat jelas lebih penting (*demonstrated importance*)

Skala 9 = mutlak lebih penting (*extreme importance*)

Skala 2, 4, 6, dan 8 adalah nilai antara (*intermediate value*)

1. Kuesioner ini untuk menentukan faktor mana yang lebih penting dengan cara membandingkan satu faktor dengan faktor lainnya berdasarkan elemen yang menjadi referensi tingkatan di atasnya.
2. Jika elemen pada kolom sebelah kiri lebih penting dari elemen pada kolom sebelah kanan, nilai perbandingan ini diisikan pada kolom sebelah kiri, dan jika sebaliknya, maka diisikan pada sebelah kanan (beri tanda silang pada kotak yang anda pilih).

Contoh Pengisian Kuisisioner :

Pilihan A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pilihan B
-----------	---	---	---	---	---	---	---	---	--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	-----------

Artinya : Pilihan A “**sama pentingnya**” dengan Pilihan B

Pilihan A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pilihan B
-----------	---	---	---	---	---	---	--------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----------

Artinya : Pilihan A “**sedikit lebih penting**” bila dibandingkan dengan Pilihan B

Pilihan A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pilihan B
-----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--------------	---	---	---	---	-----------

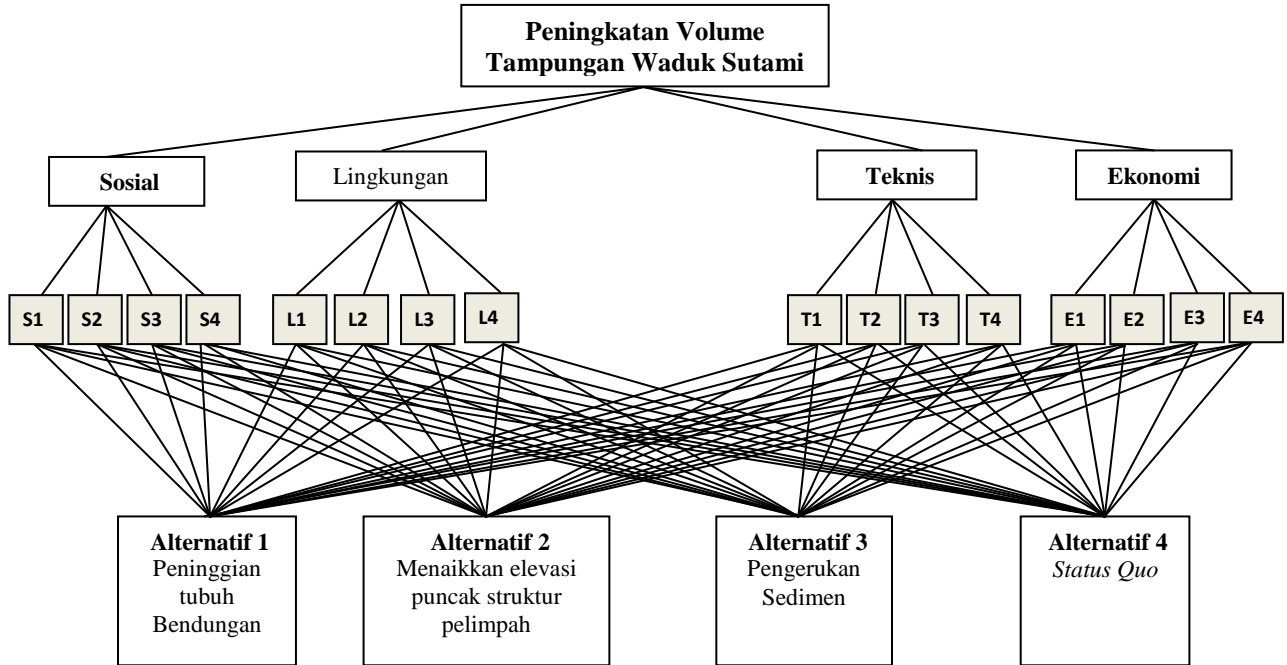
Artinya : Pilihan B “**jelas lebih penting**” bila dibandingkan dengan Pilihan A

Pilihan A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pilihan B
-----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--------------	---	---	-----------

Artinya : Pilihan B “**sangat jelas lebih penting**” bila dibandingkan dengan A

VI. Struktur Hirarki Penelitian

Struktur hirarki pada penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 6.1 Struktur Hirarki Pemilihan Alternatif untuk Peningkatan Volume Tampunguan Waduk Sutami (Karangkates) dengan metode AHP

Tabel 6.1 Kriteria/sub kriteria Penelitian

No	Kriteria	No	Sub Kriteria	Deskripsi
1	Sosial	S1	Penerimaan masyarakat	Penerimaan masyarakat terhadap proyek alternatif tindakan peningkatan volume tampungan waduk Sutami.
		S2	Infrastruktur dan layanan sosial eksisting	Alternatif proyek yang menjamin keberadaan infrastuktur (misalnya jalan) dan pelayanan sosial (misalnya kebutuhan air) yang ada.
		S3	Pemanfaatan lahan dan sumber daya lokasi	Manfaat proyek terhadap lahan dan sumber daya yang ada dalam rangka meningkatkan kesejahteraan masyarakat setempat.
		S4	Fasilitas Rekreasi, turis	Pengaruh proyek terhadap fasilitas rekreasi lokal dan jumlah kunjungan turis
2	Lingkungan	L1	Kelestarian nilai budaya	Pengaruh proyek terkait kelestarian nilai budaya (misalnya, candi) terhadap bencana banjir.
		L2	Flora, Fauna dan	Pengaruh proyek terhadap perlindungan

			Keanekaragaman Hayati	flora, fauna dan keanekaragaman Hayati.
		L3	Polusi	Proyek dilakukan dalam rangka meminimalisir terjadinya polusi udara, suara atau yang lain.
		L4	Limbah sedimen	Proyek dilakukan dalam rangka meminimalisir adanya limbah sedimen.
3	Teknis	T1	Penggunaan Teknologi bersih	Teknologi proyek yang bersih lingkungan.
		T2	Kesederhanaan teknologi	Penggunaan teknologi padat karya
		T3	Keandalan ketersediaan air	Pengaruh proyek terhadap ketersediaan air dalam jangka panjang
		T4	Kemudahan perbaikan teknis	Kemudahan perbaikan apabila terjadi kerusakan atau masalah
4	Ekonomi	E1	Ketersediaan pekerjaan dan mata pencaharian	Alternatif proyek yang memberikan peluang pekerjaan dan mata pencaharian penduduk setempat.
		E2	Rasio manfaat / biaya tak berwujud	Alternatif proyek yang lebih memberikan manfaat dibanding biaya, misalnya peningkatan ketersediaan air lebih memberi manfaat dibanding tergusurnya lahan pertanian akibat bertambahnya area genangan.
		E3	Kesederhanaan operasi dan pemeliharaan	Alternatif proyek yang menawarkan kemudahan operasi dan pemeliharaan
		E4	Kemudahan pembiayaan	Kemudahan dalam memperoleh biaya investasi.

Tabel 6.2 Alternatif Tindakan Yang Diusulkan

No	Alternatif	Deskripsi
1	<u>Alternatif 1</u> Peninggian tubuh bendungan	Peninggian tubuh bendungan sebesar 5m beserta penyesuaian konstruksi bangunan pelimpah
2	<u>Alternatif 2</u> Menaikkan elevasi puncak struktur pelimpah	Memodifikasi bangunan pelimpah setinggi 0.5m (beserta pintu air dan kelengkapannya)
3	<u>Alternatif 3</u> Pengerukan sedimen	Pengerukan sedimen sebesar perkiraan volume sedimen <i>inflow</i> yaitu ± 2 juta m^3 /tahun - 4,85 juta m^3 /tahun. Perusahaan perlu berinvestasi untuk pembelian kapal keruk yang baru dan spoilbank yang lebih luas.
4	<u>Alternatif 4</u> <i>Status Quo</i>	Pengerukan sedimen sebesar $\pm 0,4$ jt m^3 /tahun seperti yang dilakukan perusahaan selama ini. Perusahaan tidak perlu berinvestasi mengadakan kapal keruk baru.

VII. Daftar Pertanyaan

1. Perbandingan Berpasangan antar Kriteria

Berdasarkan pada “Tujuan” Peningkatan volume tampungan waduk

Kriteria	Bobot																	Kriteria
Sosial	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lingkungan
Sosial	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teknis
Sosial	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ekonomi
Lingkungan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teknis
Lingkungan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ekonomi
Teknis	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ekonomi

2. Perbandingan Berpasangan antar Sub Kriteria

2a. Berdasarkan pada kriteria “Sosial” (Lihat Tabel 6.1)

Sub Kriteria	Bobot																	Sub Kriteria
S1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	S2
S1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	S3
S1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	S4
S2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	S3
S2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	S4
S3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	S4

2b. Berdasarkan pada kriteria “Lingkungan” (Lihat Tabel 6.1)

Sub Kriteria	Bobot																	Sub Kriteria
L1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	L2
L1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	L3
L1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	L4
L2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	L3
L2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	L4
L3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	L4

2c. Berdasarkan pada kriteria “Teknis” (Lihat Tabel 6.1)

Sub Kriteria	Bobot																	Sub Kriteria
T1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	T2
T1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	T3

T1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	T4
T2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	T3
T2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	T4
T3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	T4

2d. Berdasarkan pada kriteria “Ekonomi” (Lihat Tabel 6.1)

Sub Kriteria	Bobot																	Sub Kriteria
E1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E2
E1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E3
E1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E4
E2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E3
E2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E4
E3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E4

3. Perbandingan Berpasangan antar Alternatif

3.1 Perbandingan Berpasangan antar Alternatif Sub-kriteria “Sosial”

3.1a. Berdasarkan pada sub-kriteria “S1” (Lihat Tabel 6.1 dan 6.2)

Alternatif	Bobot																	Alternatif
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 2
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4

3.1b. Berdasarkan pada sub-kriteria “S2” (Lihat Tabel 6.1 dan 6.2)

Alternatif	Bobot																	Alternatif
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 2
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4

3.1c. Berdasarkan pada sub-kriteria “S3” (Lihat Tabel 6.1 dan 6.2)

Alternatif	Bobot																	Alternatif
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 2
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3

Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4

3.1d. Berdasarkan pada sub-kriteria “S4” (Lihat Tabel 6.1 dan 6.2)

Alternatif	Bobot																Alternatif	
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 2
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4

3.2 Perbandingan Berpasangan antar Alternatif Sub-kriteria “Lingkungan”

3.2a. Berdasarkan pada sub-kriteria “L1” (Lihat Tabel 6.1 dan 6.2)

Alternatif	Bobot																Alternatif	
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 2
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4

3.2b. Berdasarkan pada sub-kriteria “L2” (Lihat Tabel 6.1 dan 6.2)

Alternatif	Bobot																Alternatif	
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 2
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4

3.2c. Berdasarkan pada sub-kriteria “L3” (Lihat Tabel 6.1 dan 6.2)

Alternatif	Bobot																Alternatif	
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 2
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3

Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4

3.2d. Berdasarkan pada sub-kriteria “L4” (Lihat Tabel 6.1 dan 6.2)

Alternatif	Bobot																Alternatif	
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 2
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4

3.3 Perbandingan Berpasangan antar Alternatif Sub-kriteria “Teknis”

3.3a. Berdasarkan pada sub-kriteria “T1” (Lihat Tabel 6.1 dan 6.2)

Alternatif	Bobot																Alternatif	
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 2
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4

3.3b. Berdasarkan pada sub-kriteria “T2” (Lihat Tabel 6.1 dan 6.2)

Alternatif	Bobot																Alternatif	
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 2
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4

3.3c. Berdasarkan pada sub-kriteria “T3” (Lihat Tabel 6.1 dan 6.2)

Alternatif	Bobot																Alternatif	
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 2
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4

3.3d. Berdasarkan pada sub-kriteria “T4” (Lihat Tabel 6.1 dan 6.2)

Alternatif	Bobot																Alternatif	
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 2
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4

3.4 Perbandingan Berpasangan antar Alternatif Sub-kriteria “Ekonomi”

3.4a. Berdasarkan pada sub-kriteria “E1” (Lihat Tabel 6.1 dan 6.2)

Alternatif	Bobot																Alternatif	
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 2
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4

3.4b. Berdasarkan pada sub-kriteria “E2” (Lihat Tabel 6.1 dan 6.2)

Alternatif	Bobot																Alternatif	
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 2
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4

3.4c. Berdasarkan pada sub-kriteria “E3” (Lihat Tabel 6.1 dan 6.2)

Alternatif	Bobot																Alternatif	
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 2
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4

3.4d. Berdasarkan pada sub-kriteria “E4” (Lihat Tabel 6.1 dan 6.2)

Alternatif	Bobot																Alternatif	
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 2

Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4

VIII. Penutup

Terima kasih atas kesediaan meluangkan waktu dalam mengisi kuisisioner ini,

LAMPIRAN 2:

KRITERIA / SUB-KRITERIA STUDI TERDAHULU

1. PJT1 – JICA (2018)

Judul Penelitian: “ *The Project for Assessing and Integrating Climate Change Impacts into the Water Resources Management Plans for Brantas and Musi River Basins* ”

Kriteria / Sub-kriteria Penelitian

Table 2 Results of provisional Scoping for Brantas River Basin

No.	Likely Impacts	Evaluation	Description of Impacts	
Social Environment:	1	Involuntary Resettlement	C-	In case that improvement of the existing dams or new developments of dams will be proposed to increase reservoir capacity, involuntary resettlement could occur in some locations but it is still unclear.
	2	Local economy such as employment and livelihood, etc.	B+/-	In case that improvement of the existing dams or new developments of dams will be proposed to increase reservoir capacity, livelihood could be affected in some locations but it is still unclear. However, the construction works can offer local people job opportunities and stable water supply by well-managed water resources can contribute development of overall local economy.
	3	Land use and utilization of local resources	B+	If land use plan and adaptation strategies and measures for climate change impacts are proposed in water resource management plans, local resources can be effectively used.

No.	Likely Impacts	Evaluation	Description of Impacts
4	Social institutions such as social infrastructure and local decision making institutions	C+	Local farmer 's groups manage irrigation water in the basin. If the adaptation strategies and measures for climate change impacts are proposed at this local level, they can effectively use irrigation water but it is still unclear.
5	Existing social infrastructures and services	B+	In case that flood prevention measures are proposed for the adaptation strategies and measures for climate change impacts, the existing social infrastructures and services can be protected from damages from flood.
6	The poor, indigenous and ethnic people	C+/-	Indigenous people, named Tengger, live in Bromo Tengger Semeru National Park (nearby Semeru Mountain at the southeast of Brantas River Basin). If the adaptation strategies and measures for climate change impacts are proposed in this area, they can enjoy protections from climate change impacts or be affected in their livelihood by structure construction.
7	Misdistribution of benefit and damage	D	No adverse impact is expected on misdistribution of benefit and damage because local stakeholders will be involved in the study process and the Project will contribute the water resource management for public benefits.
8	Cultural heritage	C+/-	Ruins of Buddhism/Hindu temples, named Candi Berahu, Candi Jabung, Candi Waringin Lawang, Candi Penataran, Candi Singosari, are located in the river basin. If the adaptation strategies and measures for climate change impacts are proposed in these areas, they can enjoy protections from climate change impacts or be affected by facility constructions.
9	Local conflict of interests	D	No adverse impact is expected on local conflict of interests because local stakeholders will be involved in the study process and the Project will contribute the water resource management for public benefits.
10	Water Usage or Water Rights and	C+	Local farmer 's groups manage irrigation water in the basin. If the adaptation strategies and measures for climate change impacts are proposed at this local level they can effectively use irrigation water

Natural Environment	10	Water Rights and Rights of Common	C+	adaptation strategies and measures for climate change impacts are proposed at this local level, they can effectively use irrigation water but it is still unclear.
	11	Sanitation	D	No adverse impact is expected on sanitation because the Project may not propose adaptation strategies and measures for climate change impacts on sanitation.
	12	Hazards (Risk)	B-	In case that structure constructions like dams are proposed to prevent flood and increase reservoir capacity, infectious diseases such as HIV/AIDS can spread with influx of workers.
	13	Topography and Geographical features	B-	In case that structure constructions like dams are proposed to prevent flood and increase reservoir capacity, surrounding topography can be changed.
	14	Soil Erosion	B+/-	Comprehensive water resource management can improve soil erosion in the upper reach of Brantas River. On the other hand, if structure constructions are proposed, it can confound the existing soil erosion depending on their locations.
	15	Groundwater	C-	If groundwater use is proposed to secure more water resource, its quantity and quality can be affected. However, it is unclear whether proposed or not because another ministry manages groundwater.
	16	Hydrological Situation	C+/-	The water resource of Brantas River is the most important target for management. However, many dams are already constructed to manage the river water. The adaptation strategies and measures for climate change impacts will improve this water resource management and no adverse impact is expected on the existing hydrological situation but further study is necessary in the Project.
17	Coastal Zone	C+/-	No adverse impact is expected on coastal zone because the Project may not propose adaptation and mitigation strategies and measures for climate change impacts on coastal zone.	

No.	Likely Impacts	Evaluation	Description of Impacts
18	Flora, Fauna and Biodiversity	B+/-	Protected forests including Bromo Tengger Semeru National Park are located in the river basin. If the adaptation strategies and measures for climate change impacts are proposed in these areas, their ecosystems can be conserved from climate change impacts or be affected by facility constructions depending on the locations.
19	Meteorology	D	No adverse impact is expected on meteorology because the Project will propose adaptation and mitigation strategies and measures to climate change impacts.
20	Landscape	B+	In case that use of paddy as water reservoir and forest conservation are proposed, landscape of paddy field and forest can be maintained and improved.
21	Global Warming	D	No adverse impact is expected on global warming because the Project will propose adaptation and mitigation strategies and measures for climate change impacts.
22	Air Pollution	B-	In case that structure constructions like dams are proposed to prevent flood and increase reservoir capacity, exhaust gasses generated by construction vehicles and machinery can deteriorate air quality in the vicinity at least temporarily in construction phase.
23	Water Pollution	B+/-	Declining quality of river water especially in the upper reach of Brantas River due to municipal and industrial effluents, overuse of pesticide and fertilizer for farm lands was heard from local government officers. Integrated water resource management can improve river water quality. Meanwhile, in case that structure constructions like dams are proposed to prevent flood and increase reservoir capacity, discharging water from construction sites and field offices can contaminate river water in the vicinity at least temporarily in construction phase.
24	Soil Contamination	B-	In case that structure constructions like dams are proposed to prevent flood and increase reservoir capacity, oil leaked from construction vehicles and machinery can contaminate soil in the vicinity at least temporarily in construction phase.

Pollution	24	Soil Contamination	B-	In case that structure constructions like dams are proposed to prevent flood and increase reservoir capacity, oil leaked from construction vehicles and machinery can contaminate soil in the vicinity at least temporarily in construction phase.
	25	Waste	B-	In case that dredging of deposited sand is proposed to increase reservoir capacity, dredged sludge can cause disposal problems.
	26	Noise and Vibration	B-	In case that structure constructions like dams are proposed to prevent flood and increase reservoir capacity, noise and vibration generated by construction vehicles and machinery can affect residents living in the vicinity at least temporarily in construction phase.
	27	Ground Subsidence	C-	If groundwater use is proposed to secure more water resource, the over usage can cause ground subsidence. However, it is unclear whether proposed or not because another ministry manages groundwater.
	28	Offensive Odor	B-	In case that dredging of deposited sand is proposed to increase reservoir capacity, dredged sludge can be source to generate offensive odor.
	29	Bottom sediment	B-	In case that dredging or forced drainage of deposited sand are proposed to increase reservoir capacity, these activities can affect bottom sediment.
	30	Accidents	B-	In case that structure constructions like dams are proposed to prevent flood and increase reservoir capacity, accidents of construction workers and residents living in the vicinity can be involved in accidents at least temporarily in construction phase.

Rating:

A+/-: Significant positive/negative impact is expected.

B+/-: Positive/negative impact is expected to some extent.

C+/-: Extent of impact is unknown (Examination is needed. Impacts may become clear as study progresses.)

D: No impact is expected.

2. Ali Azarnivand, Farkhondeh Sadat Hashemi-Madani, Mohammad Ebrahim Banihabib (2015)

Judul Penelitian: *“Extended fuzzy analytic hierarchy process approach in water and environmental management (case study: Lake Urmia Basin, Iran)”*

Kriteria / Sub-kriteria Penelitian

Table 1 Various criteria used for the evaluation of alternatives in water and environmental problems (the same numbers refer to the criteria suggested by the researchers)

Economic criteria

- Priority of usages (1 & 3)
- Benefit minus cost (1 & 3)
- Benefit/cost ratio (1 & 3)
- Extent of investments (1 & 3)
- Risk of investments (1 & 3)
- Development and improvement ratio in agricultural area (1 & 3)
- Base for supplementary projects (1 & 3)
- Diversification of financial resources (1 & 3)
- Level of construction technology (1 & 3)
- Capabilities of phased operation (1 & 3)
- Simplicity of operation and maintenance (1 & 3)
- Level of studying phases (1 & 3)
- Productivity (2)
- Profitability (2)
- Investment cost (4)
- Economic benefit (4)
- Construction costs (5)
- Estimated damage(5)
- Capital cost (6)
- Operation and maintenance cost (6)

Environmental criteria

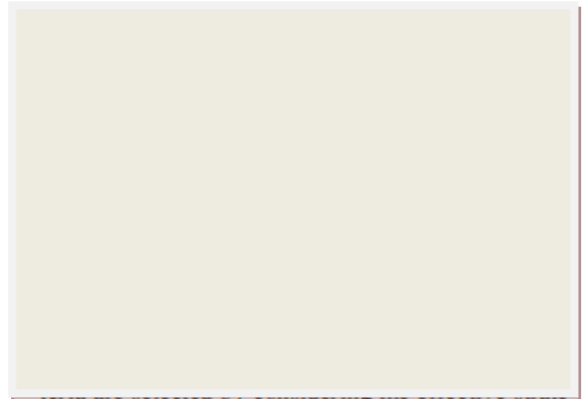
- Consistency with climate (1 & 3)
- Less damages to ancient and cultural heritage (1 & 3)
- Range of environmental impacts (1 & 3)
- Studies of watershed conservation (1 & 3)

Table 1 continued

- Water shortage duration (5)
- Employment increase (5)

Technical criteria

- Consistency with policies (1 & 3)
- Consistency with logistic plan (1 & 3)
- Impacts on other projects (1 & 3)
- Management capacities in basin (1 & 3)
- Comprehensive study in basins (1 & 3)
- Quality of effluent (4)
- Quantity of effluent (4)
- Reliability of wastewater treatment operator(4)
- Regulation/policy/support from central government (4)
- Institutional cooperation (4)
- Technological simplicity (6)
- Reliable water supply (6)



Operation and maintenance cost (6)

Environmental criteria

- Consistency with climate (1 & 3)
- Less damages to ancient and cultural heritage (1 & 3)
- Range of environmental impacts (1 & 3)
- Studies of watershed conservation (1 & 3)
- Studies on supply and demand management (1 & 3)
- Environmental protection (2)
- Wise use of resources (2)
- Product quality (2)
- Water consumption demand and supply in next 20 years (4)
- Water consumption demand and supply in present (4)
- Environmental impact (4 & 6)
- Sustainability (5)
- Surface water quality (5)
- Energy consumption (6)

Social criteria

- Employment and migration (1 & 3)
- Public participation (1, 2 & 3)
- Social equity (1, 2 & 3)
- Recreation, tourism and additional facilities (1 & 3)
- Social casualties and damages of dam project (1 & 3)
- Natural disasters management "Flood and Drought" (1 & 3)
- More settlement in border regions (1 & 3)
- Priority of shared waters (1 & 3)
- Reducing the conflicts among stakeholders (1 & 3)
- Health impacts (4 & 6)
- Public acceptance (4 & 6)

3. Bojan Srdjevic (2008)

Judul Penelitian: "*Fuzzy AHP Assessment of Water Management Plans*"

Kriteria / Sub-kriteria Penelitian

Criteria (Level 1) and sub-criteria (Level 2):

- A. Political impacts
 - A1: State and basin agencies and organisations
 - A2: In-basin water committees
 - A3: Human population in cities and villages
 - A4: Stakeholders
 - A5: Producers (agricultural and industrial)
 - A6: Local leaders (such as city majors)
- B. Economical issues
 - B1: Implementing an economical process
 - B2: Reliability of economical parameters
 - B3: Costs (investment, operations and maintenance)
 - B4: Benefits (direct, indirect)
- C. Social issues
 - C1: Infrastructure
 - C2: Demographic changes and migration
 - C3: Health care issues
 - C4: Working conditions
- D. Environment & ambience
 - D1: Distribution of pleasant resorts
 - D2: Preserving cultural values
 - D3: Conditions for water conservation
 - D4: Accessing objects and facilities
 - D5: Protecting waters (water quality)
 - D6: Sanitary conditions
- E. Technical criterion
 - E1: Spatial distribution of projects
 - E2: Technical conditions of projects
 - E3: Technologies involved (clean and dirty)
 - E4: Eligibility for technical improvements

4. Xi Xi & Kim Leng Poh (2014)

Judul Penelitian: *“A Novel Integrated Decision Support Tool for Sustainable Water Resources Management in Singapore: Synergies Between System Dynamics and Analytic Hierarchy Process”*

Kriteria / Sub-kriteria Penelitian

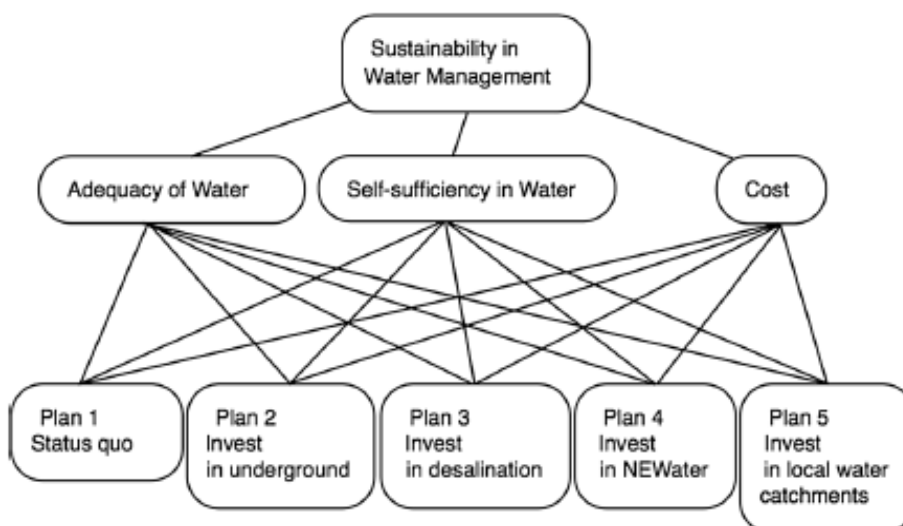


Fig. 5 Basic decision hierarchy for sustainable water resources management in Singapore

LAMPIRAN 3:

KUISIONER ISIAN RESPONDEN AHP

08/01/19

LAMPIRAN

Lampiran 1: Kuisisioner menghitung bobot kepentingan antar elemen

ANALISA PENGAMBILAN KEPUTUSAN PENINGKATAN VOLUME TAMPUNGAN WADUK SUTAMI MALANG – JAWA TIMUR

Oleh :

Bambang Gutomo
09211650026010

DEPARTEMEN MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN PROYEK
FAKULTAS BISNIS DAN MANAJEMEN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

ANALISIS PENGAMBILAN KEPUTUSAN PENINGKATAN VOLUME TAMPUNGAN WADUK SUTAMI (KARANGKATES) DENGAN PENDEKATAN ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP)

Kepada responden yang terhormat,

Dalam rangka penyelesaian tesis di Departemen Manajemen Teknologi, Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, perlu dukungan dari bapak/ibu untuk mengisi kuisisioner ini. Kuisisioner ini disusun sebagai masukan utama dalam proses akhir pengolahan data dalam rangka pemecahan masalah.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan strategi atau tindakan apa yang harus diprioritaskan oleh Perusahaan dalam rangka peningkatan volume tampungan waduk Sutami. Metode yang dipergunakan adalah AHP, dimana permasalahan disusun secara hirarki (struktur) dengan tujuan (goal) berada pada tingkatan pertama diikuti dengan kriteria/sub kriteria yang membatasi pada tingkatan kedua dan terakhir adalah alternatif-alternatif tindakan yang mungkin dilakukan untuk mencapai goal.

Pilihan alternatif tindakan dalam rangka mencapai tujuan mungkin akan menjadi pilihan yang patut dipertimbangkan oleh pemangku kepentingan (stakeholder). Oleh sebab itu diharapkan pengisian kuisisioner ini dilakukan secara obyektif, berdasarkan pengalaman yang bapak/ibu miliki. Tidak ada jawaban benar atau salah, setiap jawaban sangat bermakna bagi penelitian ini sehingga diharapkan semua pertanyaan dapat terisi. Hasil kuisisioner ini akan diperlakukan sesuai dengan standar profesionalitas dan etika penelitian, sehingga peneliti akan menjaga kerahasiaan identitas responden.

Atas kesediaan responden untuk meluangkan waktunya dalam mengisi kuisisioner ini diucapkan terima kasih.

Surabaya, Desember 2018

Bambang Gutomo

I. Pendahuluan

Waduk Sutami merupakan salah satu waduk yang berada di wilayah sungai Brantas yang berfungsi sebagai penyedia air untuk pembangkit energi listrik, irigasi pertanian, industri, masyarakat serta pengendali banjir. Fungsi waduk Sutami semakin lama semakin berkurang akibat peningkatan laju sedimen setiap tahun, apabila dibiarkan maka akan dapat menurunkan fungsi dari dibangunnya waduk tersebut serta memperpendek usia guna waduk. Metode AHP dipergunakan dalam penelitian ini untuk menentukan urutan prioritas terhadap alternatif-alternatif tindakan yang diusulkan.

II. Tujuan Survei

Memperoleh penilaian bobot kepentingan masing-masing alternatif, kriteria, sub-kriteria sebagai masukan (*in put*) dalam proses akhir pengolahan data AHP.

III. Kerahasiaan Informasi

Data dan informasi yang diberikan dalam kuisisioner ini dijamin kerahasiannya dan hanya dipakai untuk keperluan penelitian

IV. Data Responden

a. Nama : DEPARTEMEN MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN PROYEK

b. Perusahaan/Instansi : FAKULTAS BISNIS DAN MANAJEMEN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

c. Jabatan : *Konve. Ri. Aho*

d. Jenis Kelamin *) : Pria / Wanita

e. Usia : 32 tahun

f. Pendidikan Terakhir*) : S3 / S2 (S1) Diploma /

g. Pengalaman kerja : 32 tahun

Keterangan :
*) Lingkari pilihan yang sesuai

V. Petunjuk Pengisian

1. Untuk memberikan penilaian terhadap elemen-elemen permasalahan dari setiap level yang sedang diteliti prioritasnya, penilaian dinyatakan dalam skala numerik (skala 1 hingga 9) dengan menggunakan skala sebagai berikut :

Skala 1 = sama pentingnya (*equal importance*)
Skala 3 = sedikit lebih penting (*moderate importance of one over another*)
Skala 5 = jelas lebih penting (*essential importance*)
Skala 7 = sangat jelas lebih penting (*demonstrated importance*)
Skala 9 = mutlak lebih penting (*extreme importance*)
Skala 2, 4, 6, dan 8 adalah nilai antara (*intermediate value*)

2. Kuisisioner ini untuk menentukan faktor mana yang lebih penting dengan cara membandingkan satu faktor dengan faktor lainnya berdasarkan elemen yang menjadi referensi tingkatan distansinya.

3. Jika elemen pada kolom sebelah kiri lebih penting dari elemen pada kolom sebelah kanan, nilai perbandingan ini diisikan pada kolom sebelah kiri, dan jika sebaliknya, maka diisikan pada sebelah kanan (beri tanda silang pada kotak yang anda pilih).

Contoh Pengisian Kuisisioner :

Pilihan A 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Pilihan B
Artinya : Pilihan A "sama pentingnya" dengan Pilihan B

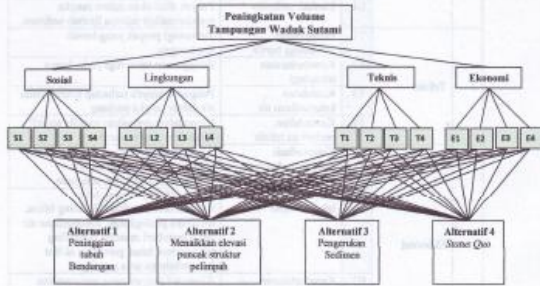
Pilihan A 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Pilihan B
Artinya : Pilihan A "sedikit lebih penting" bila dibandingkan dengan Pilihan B

Pilihan A 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Pilihan B
Artinya : Pilihan B "jelas lebih penting" bila dibandingkan dengan Pilihan A

Pilihan A 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Pilihan B
Artinya : Pilihan B "sangat jelas lebih penting" bila dibandingkan dengan A

VI. Struktur Hirarki Penelitian

Struktur hirarki pada penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 6.1 Struktur Hirarki Pemilihan Alternatif untuk Peningkatan Volume Tampungan Waduk Sutami (Karangkates) dengan metode AHP

Tabel 6.1 Kriteria/sub kriteria Penelitian

No	Kriteria	No	Sub Kriteria	Deskripsi
1	Sosial	S1	Penerimaan masyarakat	Penerimaan masyarakat terhadap proyek alternatif tindakan peningkatan volume tampungan waduk Sutami.
		S2	Infrastruktur dan layanan sosial eksisting	Alternatif proyek yang menjamin keberadaan infrastruktur (misalnya jalan) dan pelayanan sosial (misalnya kebutuhan air) yang ada.
		S3	Pemanfaatan lahan dan sumber daya lokasi	Manfaat proyek terhadap lahan dan sumber daya yang ada dalam rangka meningkatkan kesejahteraan masyarakat setempat.
		S4	Facilitas Rekreasi, turis	Pengaruh proyek terhadap fasilitas rekreasi lokal dan jumlah kunjungan turis.
2	Lingkungan	L1	Kelestarian nilai budaya	Pengaruh proyek terkait kelestarian nilai budaya (misalnya, candi) terhadap bencana banjir.
		L2	Flora, Fauna dan Keekaragaman Hayati	Pengaruh proyek terhadap perlindungan flora, fauna dan keekaragaman Hayati.

3	Teknis	L3	Polusi	Proyek dilakukan dalam rangka meminimalisir terjadinya polusi udara, suara atau yang lain.
		L4	Limbah sedimen	Proyek dilakukan dalam rangka meminimalisir adanya limbah sedimen.
		T1	Penggunaan Teknologi bersih	Teknologi proyek yang bersih lingkungan.
		T2	Kesederhanaan teknologi	Penggunaan teknologi padat karya.
4	Ekonomi	T3	Kesulitan ketersediaan air	Pengaruh proyek terhadap ketersediaan air dalam jangka panjang.
		T4	Kemudahan perbaikan teknis	Kemudahan perbaikan apabila terjadi kerusakan atau masalah.
		E1	Ketersediaan pekerjaan dan mata pencaharian	Alternatif proyek yang memberikan peluang pekerjaan dan mata pencaharian penduduk setempat.
		E2	Rasio manfaat / biaya tak berwujud	Alternatif proyek yang lebih memberikan manfaat dibanding biaya, misalnya peningkatan ketersediaan air lebih memberi manfaat dibanding tergambarnya lahan pertanian akibat bertambahnya area genangan.
		E3	Kesederhanaan operasi dan pemeliharaan	Alternatif proyek yang menawarkan kemudahan operasi dan pemeliharaan.
		E4	Kemudahan pembiayaan	Kemudahan dalam memperoleh biaya investasi.

Tabel 6.2 Alternatif Tindakan Yang Diusulkan

No	Alternatif	Deskripsi
1	Alternatif 1 Peninggian tubuh bendungan	Peninggian tubuh bendungan sebesar 5m beserta penyesuaian konstruksi bangunan pelimpah
2	Alternatif 2 Menaikkan elevasi puncak struktur pelimpah	Memodifikasi bangunan pelimpah setinggi 0.5m (beserta pintu air dan kelengkapannya)
3	Alternatif 3 Pengurangan sedimen	Pengurangan sedimen sebesar perkiraan volume sedimen inflow yaitu ± 2 juta m ³ /tahun - 4,85 juta m ³ /tahun. Perusahan perlu berinvestasi untuk pembelian kapal keruk yang baru dan spoilbank yang lebih luas.

4	Alternatif 4 Status Quo	Pengurangan sedimen sebesar ± 0,4 jt m ³ /tahun seperti yang dilakukan perusahaan selama ini. Perusahan tidak perlu berinvestasi mengadakan kapal keruk baru.
---	-------------------------	--

VII. Daftar Pertanyaan

1. Perbandingan Berpasangan antar Kriteria

Berdasarkan pada "Tujuan" Peningkatan volume tampungan waduk

Kriteria	Bobot	Kriteria
Social	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Lingkungan
Social	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Teknis
Social	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Ekonomi
Lingkungan	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Teknis
Lingkungan	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Ekonomi
Teknis	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Ekonomi

2. Perbandingan Berpasangan antar Sub Kriteria

2a. Berdasarkan pada kriteria "Sosial" (Lihat Tabel 6.1)

Sub Kriteria	Bobot	Sub Kriteria
S1	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	S2
S1	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	S3
S1	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	S4
S2	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	S3
S2	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	S4
S3	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	S4

2b. Berdasarkan pada kriteria "Lingkungan" (Lihat Tabel 6.1)

Sub Kriteria	Bobot	Sub Kriteria
L1	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	L2
L1	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	L3
L1	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	L4
L2	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	L3
L2	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	L4
L3	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	L4

2c. Berdasarkan pada kriteria "Teknis" (Lihat Tabel 6.1)

Sub Kriteria	Bobot	Sub Kriteria
T1	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	T2
T1	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	T3
T1	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	T4
T2	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	T3
T2	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	T4
T3	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	T4

2d. Berdasarkan pada kriteria "Ekonomi" (Lihat Tabel 6.1)

Sub Kriteria	Bobot	Sub Kriteria
E1	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	E2
E1	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	E3
E1	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	E4
E2	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	E3
E2	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	E4
E3	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	E4

3. Perbandingan Berpasangan antar Alternatif

3.1 Perbandingan Berpasangan antar Alternatif Sub-kriteria "Sosial"

3.1a. Berdasarkan pada sub-kriteria "S1" (Lihat Tabel 6.1 dan 6.2)

Alternatif	Bobot	Alternatif
Alt. 1	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Alt. 2
Alt. 1	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Alt. 3
Alt. 1	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Alt. 4
Alt. 2	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Alt. 3
Alt. 2	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Alt. 4
Alt. 3	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Alt. 4

3.1b. Berdasarkan pada sub-kriteria "S2" (Lihat Tabel 6.1 dan 6.2)

Alternatif	Bobot	Alternatif
Alt. 1	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Alt. 2
Alt. 1	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Alt. 3
Alt. 1	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Alt. 4
Alt. 2	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Alt. 3
Alt. 2	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Alt. 4
Alt. 3	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Alt. 4

3.1c. Berdasarkan pada sub-kriteria "S3" (Lihat Tabel 6.1 dan 6.2)

I. Pendahuluan

Waduk Sutami merupakan salah satu waduk yang berada di wilayah sungai Brantas yang berfungsi sebagai penyedia air untuk pembangkit energi listrik, irigasi pertanian, industri, masyarakat serta pengendali banjir. Fungsi waduk Sutami semakin lama semakin berkurang akibat peningkatan laju sedimen setiap tahun, apabila dibiarkan maka akan dapat menurunkan fungsi dari dibangunnya waduk tersebut serta memperpendek usia guna waduk. Metode AHP dipergunakan dalam penelitian ini untuk menentukan urutan prioritas terhadap alternatif-alternatif tindakan yang diusulkan.

II. Tujuan Survei

Memperoleh penilaian bobot kepentingan masing-masing alternatif, kriteria, sub-kriteria sebagai masukan (*in put*) dalam proses akhir pengolahan data AHP.

III. Kerahasiaan Informasi

Data dan informasi yang diberikan dalam kuisioner ini dijamin kerahasiannya dan hanya dipakai untuk keperluan penelitian

IV. Data Responden

a. Nama : Ir. Widya Parwanto, M.Tech.
 b. Perusahaan/Instansi : Perum Jasa Tirta I
 c. Jabatan : Komite Risiko / Konsultan SDA
 d. Jenis Kelamin *) : Pria / Wanita : TENAGA Ahli Utama, Bengkulu
 e. Usia : 64...tahun
 f. Pendidikan Terakhir*) : S3 (S2) S1 / Diploma /
 g. Pengalaman kerja : 40...tahun
 Keterangan :
 *) Lingkari pilihan yang sesuai

Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4

3.1b. Berdasarkan pada sub-kriteria "S2" (Lihat Tabel 6.1 dan 6.2)

Alternatif	Bobot																	Alternatif
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 2
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4

3.1c. Berdasarkan pada sub-kriteria "S3" (Lihat Tabel 6.1 dan 6.2)

Alternatif	Bobot																	Alternatif
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 2
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4

3.1d. Berdasarkan pada sub-kriteria "S4" (Lihat Tabel 6.1 dan 6.2)

Alternatif	Bobot																	Alternatif
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 2
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4

3.2 Perbandingan Berpasangan antar Alternatif Sub-kriteria "Lingkungan"

3.2a. Berdasarkan pada sub-kriteria "L1" (Lihat Tabel 6.1 dan 6.2)

Alternatif	Bobot																	Alternatif
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 2
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3
Alt. 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 4
Alt. 2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alt. 3

I. Pendahuluan

Waduk Sutami merupakan salah satu waduk yang berada di wilayah sungai Brantas yang berfungsi sebagai penyedia air untuk pembangkit energi listrik, irigasi pertanian, industri, masyarakat serta pengendali banjir. Fungsi waduk Sutami semakin lama semakin berkurang akibat peningkatan laju sedimen setiap tahun, apabila dibiarkan maka akan dapat menurunkan fungsi dari dibangunnya waduk tersebut serta memperpendek usia guna waduk. Metode AHP dipergunakan dalam penelitian ini untuk menentukan urutan prioritas terhadap alternatif-alternatif tindakan yang diusulkan.

II. Tujuan Survei

Memperoleh penilaian bobot kepentingan masing-masing alternatif, kriteria, sub-kriteria sebagai masukan (*in put*) dalam proses akhir pengolahan data AHP.

III. Kerahasiaan Informasi

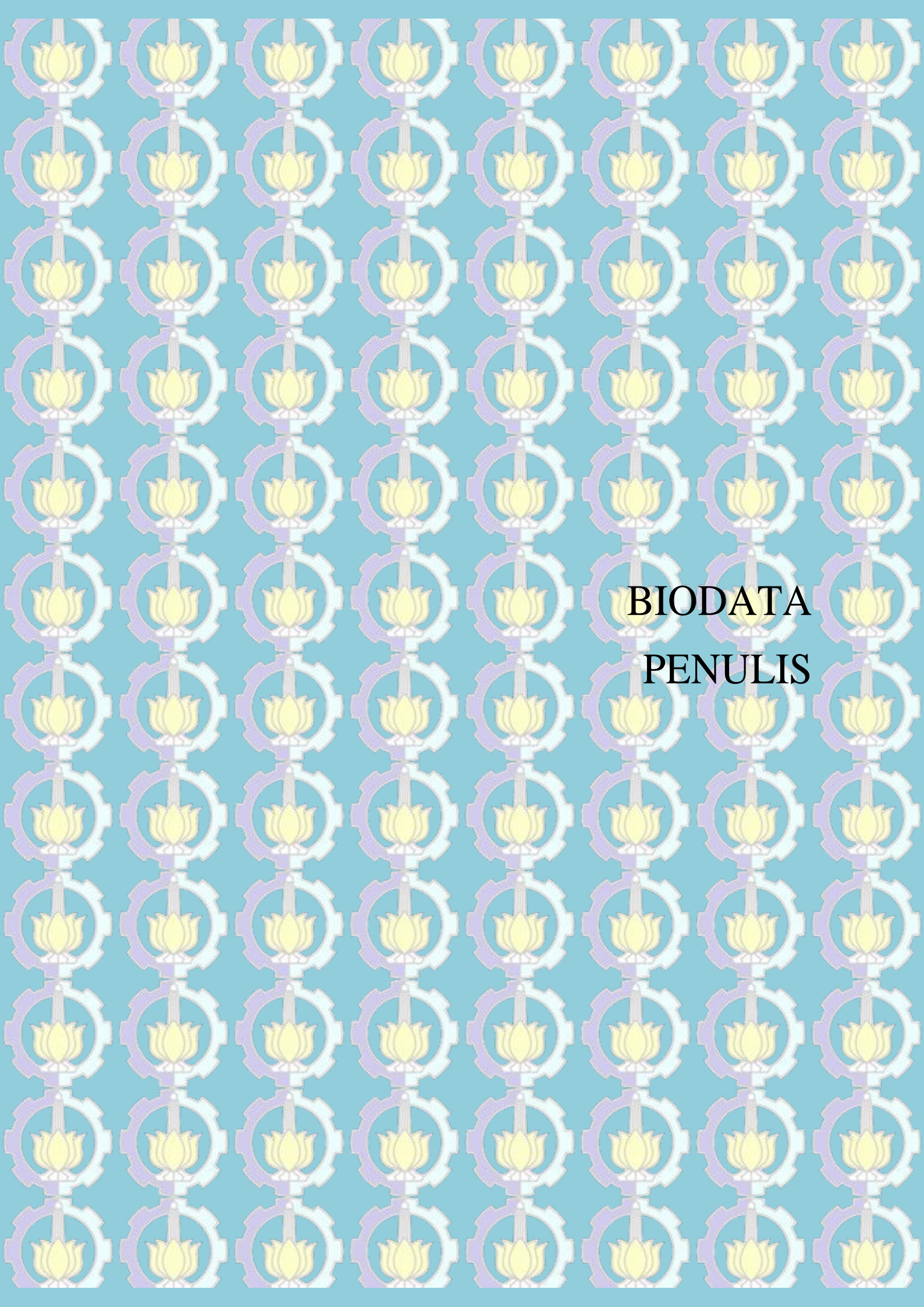
Data dan informasi yang diberikan dalam kuisisioner ini dijamin kerahasiannya dan hanya dipakai untuk keperluan penelitian

IV. Data Responden

	TEKNOLOGI
a. Nama	: G KEAHLIAN MANAJEMEN PROYEK
b. Perusahaan/Instansi	: BISNIS DAN MANAJEMEN TEKNOLOGI
c. Jabatan	: TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
	SURABAYA
d. Jenis Kelamin *)	: Pria / Wanita
e. Usia	: 49... tahun
f. Pendidikan Terakhir*)	: S1 / S2 / S3 / Diploma /
g. Pengalaman kerja	: 23..... tahun

Keterangan :

*) Lingkari pilihan yang sesuai



BIODATA
PENULIS

BIODATA PENULIS



Ir. Bambang Gutomo, lahir di Malang pada tanggal 20 November 1959. Menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknik Mesin di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun 1985 dengan predikat Cum laude. Mulai bergabung di MMT-ITS, Manajemen Proyek kelas eksekutif pada tahun ajaran 2016/2017 dan selesai tepat waktu 4 (empat) semester pada awal 2019 ini. Tinggal di Rungkut Asri Barat Surabaya dengan nomor hp 081293956306 dan alamat email gutomobambang@gmail.com.

Riwayat pekerjaan antara lain sebagai Dosen di Universitas Kristen Petra Surabaya (1986-1987) dan Universitas Islam Riau (1988-1991), General Engineering dan Purchasing Departement PT. Caltex Pacific Indonesia (1987-1996), Manager of Purchasing & Material Departement PT. HM. Sampoerna (1996-1999), Project Manager CME and Telecommunication/Radio Link PT. Citra Ajiantama Abadi di Surabaya, dan menjadi Staff Ahli Direksi PD. Pembangunan Sarana Jaya di Jakarta untuk proyek pengembangan Sentra Primer Tanah Abang Jakarta (2012-2016). Pada bulan Januari 2016, penulis mendapat kepercayaan untuk menjabat sebagai anggota Dewan Pengawas Perusahaan Umum (Perum) Jasa Tirta I berdasarkan Surat Keputusan Menteri BUMN Nomor: SK-14/MBU/01/2016 tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Anggota Dewan Pengawas Perusahaan Umum (Perum) Jasa Tirta I. Saat ini penulis menjabat sebagai Anggota Dewan Pengawas merangkap Ketua Komite Risiko Perum. Jasa Tirta I dan berkantor di Jl. Barito No. 11A, Kebayoran Baru Jakarta Selatan.

Pelatihan yang pernah diikuti antara lain Logistics Management oleh Festo Didactic Management Programme, Quality Action Teams Workshop, Quality Awareness Workshop, Construction Contracting Under The New FIDIC Terms, Managerial Development of Purchasing Skills oleh Institute of Purchasing and Supply, Logistics Management, serta “Peningkatan Efektifitas Peran Dewas/Dekom untuk Akselerasi Pertumbuhan Nilai BUMN dan Anak Perusahaan” di Bandung (Maret 2018).

Sedangkan Seminar maupun konferensi yang pernah diikuti antara lain Seminar Nasional “Infrastruktur, Transportasi & Logistik Nasional” oleh BUMN Executive Club (Juli 2016), “Breakthrough Indonesian Talent Readiness to Win Global Competition”, Indonesia Human Capital Summit 2016 oleh: Forum Human Capital Indonesia (Oktober 2016), Strategic Meeting dalam pengelolaan sumber daya air secara terintegrasi (IWRM) at The Headquarters of JWA and NARBO, Saitama – Tokyo (Desember 2016), “Fostering Indonesian Heroes: The Future Competitive Great Talent” The 2nd. Indonesia Human Capital Summit 2017 oleh: Forum Human Capital Indonesia (Nopember 2017), “The 2018 Annual Conference of Disaster Prevention Research Institute” Joint research on

“Reservoir Sedimentation Management in the Brantas River Basin” oleh: Kyoto University (Pebruari 2018). Studi ini telah dipublikasikan oleh penulis dalam “2nd. International Conference on Management Study, Business Economics, Engineering and Information Technology” (MEIT-2019) yang diselenggarakan oleh Bali Institute of Research Excellence (BIRE) pada tanggal 23-24 Januari 2019 di Hotel Seminyak Bali.