PENERAPAN *ANALYTIC NETWORK PROCESS* UNTUK MENENTUKAN PRIORITAS PEMILIHAN FUNGSI BENDUNGAN
(Studi Kasus di Bendungan Sutami)

SKRIPSI

Oleh:
YULIANA KURNIAWATI. D
0310950056

PROGRAM STUDI STATISTIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2008

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PENERAPAN *ANALYTIC NETWORK PROCESS* UNTUK MENENTUKAN PRIORITAS PEMILIHAN FUNGSI BENDUNGAN
(Studi Kasus di Bendungan Sutami)

Oleh :
YULIANA KURNIAWATI. D
0310950056

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 10 Juli 2008
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Statistika

Pembimbing I	**P embimbing II**
Prof.Dr.Ir.Loekito Adi S.,M.Agr	**Dra. Ani Budi Astuti, MSi**
NIP. 130 518 961	**NIP. 131 993 385**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Dr. Agus Suryanto, MSc
NIP. 132 126 049

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yuliana Kurniawati D
NIM : 0310950056-95
Jurusan : Statistika
Menulis Tugas Akhir berjudul : Penerapan *Analytic Network Process* Untuk Menentukan Prioritas Pemilihan Fungsi Bendungan (Studi Kasus Di Bendungan Sutami)

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari Tugas Akhir yang saya buat adalah benar – benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama – nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam Tugas Akhir.
2. Apabila dikemudian hari ternyata Tugas Akhir yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 10 Juli 2008
Yang menyatakan,

(Yuliana Kurniawati D)
NIM. 0310950056-95

ABSTRAK

Pengambilan keputusan merupakan suatu proses pemilihan alternatif terbaik dari beberapa alternatif yang ada sebagai suatu cara untuk memecahkan masalah. Salah satu metode pengambilan keputusan yang sering digunakan adalah *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Salah satu aksioma AHP adalah kebebasan antar kriteria atau alternatif. Namun sering permasalahan yang dihadapi lebih kompleks di mana terdapat hubungan timbal balik (*feedback*) antar elemen, sehingga tidak dapat diselesaikan dengan menggunakan AHP. Saaty mengembangkan suatu metode yang dapat menyelesaikan masalah *feedback* yaitu metode *Analytic Network Process* (ANP), yang merupakan pengembangan dari AHP. Apabila dalam AHP kriteria dan alternatif dibentuk menjadi hirarki berjenjang maka dalam ANP kriteria dan alternatif tersebut dibentuk ke dalam *cluster-cluster* jaringan yang tidak memiliki hirarki linier. ANP dan AHP sama tahapannya dalam *comparative judgement* namun berbeda dalam sintesis prioritas. Penelitian ini bertujuan menerapkan ANP untuk menentukan prioritas pemilihan fungsi Bendungan Sutami dengan mempertimbangkan level air. Beberapa fungsi bendungan yang diteliti adalah pengendali banjir, pariwisata, PLTA, air baku, irigasi, sedangkan level air dibagi menjadi level air rendah, normal dan tinggi. Syarat responden dalam ANP adalah mereka yang ahli dalam permasalah penelitian maka pemilihan responden menggunakan sensus. Data yang digunakan adalah data primer hasil kuisioner dari 10 pengelola dan pengamat Bendungan Sutami. Hasil dari penelitian ini adalah pengelola lebih memilih fungsi Bendungan Sutami sebagai tempat pariwisata dan pengontrol banjir, sedangkan level air yang dipilih untuk mendukung fungsi bendungan tersebut adalah level air rendah dan level air normal.

Kata kunci: *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Analytic Network Process* (ANP), konsistensi, supermatriks.

ABSTRACT

Decision making is a process to select best alternative from some existing alternatives to solve the problem. One of the decision making method which often used is Analytic Hierarchy Process (AHP). One of the axiom of AHP is independence between alternative or criterion. But if it is a complex problems where there are interrelationship or feedback, so we can't using AHP. Saaty developed a method to finish the problem of feedback, that is method of Analytic Network Process (ANP). If in AHP, alternative and criterion formed into hierarchy, hence in the ANP alternative and criterion formed into clusters which not have linear hierarchy. ANP and AHP same in comparative judgement but different in priority sintesis. The purpose of this research is to apply ANP to determine priority election of reservoir function of Sutami by considering water level. Some reservoir function are flood control, tourism, hidroelectric power, standard water, irrigation, while the water level are low, high and normal water level. Responder condition in ANP is them which expert in the research, so census used for selection the responder. We used primary data from the result of questionnare from 10 organizer and observer of Sutami reservoir. The result of this research is the organizer chose Sutami reservoir function as tourism place and floods control, while water level selected to support the reservoir function are low water level and normal water level.

Keyword: Analytic Hierarchy Process (AHP), Analytic Network Process (ANP), consistency, supermatrix.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Bapa di Surga atas berkat penyertaan dan akal budi-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir yang berjudul Penerapan *Analytic Network Process* Untuk Menentukan Prioritas Pemilihan Fungsi Bendungan (Studi Kasus di Bendungan Sutami). Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Sains dalam bidang Statistika di Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.

Penyusunan Tugas Akhir ini tak lepas dari bantuan yang diberikan oleh beberapa pihak, maka dari itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Loekito Adi S., M.Agr dan Dra. Ani Budi Astuti. MSi selaku dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II atas bimbingan dan masukan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Ir. Heni Kusdarwati. MS, Eni Sumarminingsih. SSi., MM, dan Suci Astutik. SSi., MSi., selaku dosen penguji atas saran dan masukan yang diberikan.
3. Pimpinan dan Staf Perum Jasa Tirta, Divisi Jasa Asa I atas semua bantuan yang diberikan selama penelitian tugas akhir.
4. Keluarga atas cinta, doa, semangat, dan perhatian yang selalu diberikan.
5. Dr. Agus Suryanto, MSc selaku Ketua Jurusan Matematika
6. Staf Tata Usaha Jurusan Matematika atas kerjasama yang baik selama ini.
7. Såm atas waktu dan perhatian yang diberikan.
8. Sahabat dan teman-teman Statistika Universitas Brawijaya 2003 dan 2004 yang memberikan motivasi dan bantuan.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, sehingga kritik dan saran diharapkan dari pembaca. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi pemerhati Statistika dan pembaca sekalian.

Malang, Juli 2008
Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL ..... **i**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **ii**
HALAMAN PERNYATAAN iii
ABSTRAK..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
KATA PENGANTAR ..... **vi**
DAFTAR ISI..... **vii**
DAFTAR GAMBAR ..... **ix**
DAFTAR TABEL ..... **x**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xii**

BAB I PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Perumusan Masalah 2
1.3. Batasan Masalah 2
1.4. Tujuan 2
1.5. Manfaat 2

BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1. Defenisi Analytic Network Process (ANP) 3
2.2. Matriks Perbandingan Berpasangan 5
2.3. Rata-rata Geometri 7
2.4. Nilai Eigen dan Vektor Eigen 7
2.5. Konsistensi Matriks Perbandingan Berpasangan 10
2.6. Supermatriks..... 11
2.7. Kelebihan ANP Bila Dibandingkan dengan AHP 17
2.8. Metode Pemilihan Responden 18
2.9. Pengujian Kuisioner 18
2.10. Definisi dan Fungsi Bendungan 19

BAB III METODE PENELITIAN
3.1. Sumber Data 21
3.2. Metode 21

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1. Penyusunan Hirarki Kontrol 24

4.2. Hasil Perhitungan Rata-rata Geometri..... 24
4.3. Matriks Perbandingan Berpasangan, Vektor Eigen, Nilai Eigen dan Uji Konsistensi 25
4.4. Penyusunan Entri Supermatriks 36
4.5. Pengambilan Keputusan 37

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN
5.1. Kesimpulan..... 41
5.2. Saran..... 41

DAFTAR PUSTAKA 42

LAMPIRAN..... 45

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1. *Network* Ketergantungan 3
Gambar 2.2. Hirarki AHP 4
Gambar 2.3. Matriks dari Hirarki 12
Gambar 2.4. Supermatriks dari Jaringan 13
Gambar 2.5. Komponen Supermatriks Jaringan.....14
Gambar 2.6. Struktur 1 15
Gambar 2.7. Struktur 2 16
Gambar 2.8. Hirarki Kontrol 20
Gambar 3.1. Diagram Alir Metode ANP.....23
Gambar 4.1. Hirarki Kontrol Permasalahan 24

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1. Contoh Tabel Matriks Perbandingan Berpasangan 5
Tabel 2.2. Contoh Tabel Matriks Perbandingan Berpasangan 6
Tabel 2.3. Skala Banding Berpasangan 7
Tabel 2.4. Random *Consistensy Index* 11
Tabel 2.5. Supermatriks dari Jaringan 14
Tabel 3.1. Pembagian Level Tiap Elemen 21
Tabel 4.1. Rata-rata Geometri Sub-*cluster* 24
Tabel 4.2. Matriks Perbandingan Berpasangan Sub-*cluster* Kontrol Banjir 25
Tabel 4.3. Vektor Eigen, Nilai Eigen dan Uji Konsistensi Sub-*cluster* Kontrol Banjir 26
Tabel 4.4. Tabel γ 26
Tabel 4.5. Matriks Perbandingan Berpasangan Sub-*cluster* Kontrol Banjir (perbaikan) 27
Tabel 4.6. Vektor Eigen, Nilai Eigen dan Uji Konsistensi Sub-*cluster* Kontrol Banjir 27
Tabel 4.7. Tabel γ 28
Tabel 4.8. Matriks Perbandingan Berpasangan Sub-*cluster* Kontrol Banjir (perbaikan) 28
Tabel 4.9. Vektor Eigen, Nilai Eigen dan Uji Konsistensi Sub-*cluster* Kontrol Banjir 29
Tabel 4.10. Matriks Perbandingan Berpasangan Sub-*cluster* Pariwisata 29
Tabel 4.11. Vektor Eigen, Nilai Eigen dan Uji Konsistensi Sub-*cluster* Pariwisata 29
Tabel 4.12. Matriks Perbandingan Berpasangan Sub-*cluster* PLTA 30
Tabel 4.13. Vektor Eigen, Nilai Eigen dan Uji Konsistensi Sub-*cluster* PLTA 30
Tabel 4.14. Matriks Perbandingan Berpasangan Sub-*cluster* Irigasi 30
Tabel 4.15. Vektor Eigen, Nilai Eigen dan Uji Konsistensi Sub-*cluster* Irigasi 31
Tabel 4.16. Matriks Perbandingan Berpasangan Sub-*cluster* Air Baku PDAM 31

Tabel 4.17. Vektor Eigen, Nilai Eigen dan Uji Konsistensi Sub-*cluster* Air Baku PDAM 31
Tabel 4.18. Matriks Perbandingan Berpasangan Sub-*cluster* Level Air Rendah 32
Tabel 4.19. Vektor Eigen, Nilai Eigen dan Uji Konsistensi Sub-*cluster* Level Air Rendah 32
Tabel 4.20. Matriks Perbandingan Berpasangan Sub-*cluster* Level Air Normal 33
Tabel 4.21. Vektor Eigen, Nilai Eigen dan Uji Konsistensi Sub-*cluster* Level Air Normal 33
Tabel 4.22. Matriks Perbandingan Berpasangan Sub-*cluster* Level Air Tinggi 33
Tabel 4.23. Vektor Eigen, Nilai Eigen dan Uji Konsistensi Sub-*cluster* Level Air Tinggi 34
Tabel 4.24. Tabel γ 34
Tabel 4.25. Matriks Perbandingan Berpasangan Sub-*cluster* Level Air Tinggi 35
Tabel 4.26. Vektor Eigen, Nilai Eigen dan Uji Konsistensi Sub-*cluster* Level Air Tinggi 35
Tabel 4.27. Supermatriks 36
Tabel 4.28. *Limiting* Supermatriks 37
Tabel 4.29. *Limiting* Supermatriks Hasil Transformasi 37
Tabel 4.30. Peringkat Prioritas Sub-*cluster* 38

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Kuisioner Penelitian.....45
Lampiran 2. Frekuensi dan Rata-rata Geometri Skor Jawaban.....50
Lampiran 3. Matriks Perbandingan Berpasangan, Vektor Eigen, Nilai Eigen dan Uji Konsistensi.....55
Lampiran 4. Supermatriks.....66
Lampiran 5. *Limiting* Supermatriks.....67
Lampiran 6. Transformasi *Limiting* Supermatriks.....68
Lampiran 7. Macro.....69

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengambilan keputusan merupakan suatu proses pemilihan alternatif terbaik dari beberapa alternatif yang ada sebagai suatu cara untuk memecahkan masalah. Salah satu kendala dalam pengambilan keputusan adalah data dan informasi dari masalah yang dihadapi sangat minim. Seringkali data dan informasi yang ada bersifat kualitatif yang didasarkan pada persepsi subyektif, pengalaman dan intuisi pengambil keputusan. Salah satu metode pengambilan keputusan yang dapat mengoptimasikan faktor-faktor logika dan persepsi subyektif adalah *Analytic Hierarchy Proces* (AHP).

Menurut Saaty (1993), AHP digunakan untuk mengkaji permasalahan yang dimulai dengan mendefinisikan permasalahan tersebut secara seksama kemudian menyusunnya ke dalam suatu hirarki yang terdiri dari beberapa tingkat yaitu tingkat tujuan, kriteria dan alternatif. Salah satu aksioma AHP adalah kebebasan antar kriteria atau alternatif. Namun sering permasalahan yang dihadapi lebih komplek di mana terdapat hubungan timbal balik (*feedback*) antar elemen, sehingga tidak dapat diselesaikan dengan menggunakan AHP.

Oleh karena itu Saaty (1999) mengembangkan suatu metode untuk menyelesaikan masalah *feedback* tersebut. *Analytic Network Process* (ANP) adalah metode pengembangan dari AHP di mana metode ini mampu memperbaiki kelemahan AHP berupa kemampuan mengakomodasi keterkaitan antar kriteria atau alternatif. Karena adanya ketergantungan ini maka dalam ANP hirarki dibentuk tidak secara linier (dari atas ke bawah), namun setiap tingkat dibentuk ke dalam *cluster* dan disusun menjadi hirarki kontrol. Terdapat dua jenis keterkaitan dalam ANP yaitu keterkaitan antar elemen dalam satu *cluster* (*inner dependence*) dan keterkaitan antar elemen dari *cluster* yang berbeda (*outer dependence*).

Pengaturan kebijakan sumber daya air bendungan dipengaruhi oleh fungsi bendungan dan level air. Fungsi bendungan dan level air memiliki hubungan saling ketergantungan. Hal ini berarti bahwa fungsi bendungan dipengaruhi oleh level air, dan sebaliknya, pengaturan level air dipengaruhi oleh fungsi bendungan (Topcu, 2001). Bendungan Sutami memiliki multi fungsi seperti pembangkit

listrik tenaga air, pariwisata, irigasi, penyedia air baku rumah tangga dan pengendali banjir. Oleh karena itu pengelola bendungan harus dapat mengatur level air mana yang sesuai sehingga dapat mendukung fungsi bendungan tersebut dan sebaliknya, fungsi bendungan mana yang dapat mendukung level air yang ada. Dengan adanya ketergantungan ini maka metode ANP dapat digunakan.

1.2. Perumusan Masalah

Bagaimana menerapkan *Analytic Network Process* (ANP) untuk mengetahui prioritas pengelola Bendungan Sutami dalam memilih fungsi bendungan dengan mempertimbangkan level air?

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada :

1. Data yang digunakan merupakan data primer yaitu data hasil survai dari 10 responden pengelola Bendungan Sutami (Perum Jasa Tirta I).
2. Prosedur ANP diterapkan pada dua *cluster*.

1.4. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah menerapkan prosedur *Analytic Network Process* untuk mengetahui prioritas pemilihan fungsi Bendungan Sutami untuk memberikan kontribusi bagi pengelola bendungan dalam menyusun kebijakan pemeliharan sumber daya air bendungan.

1.5. Manfaat

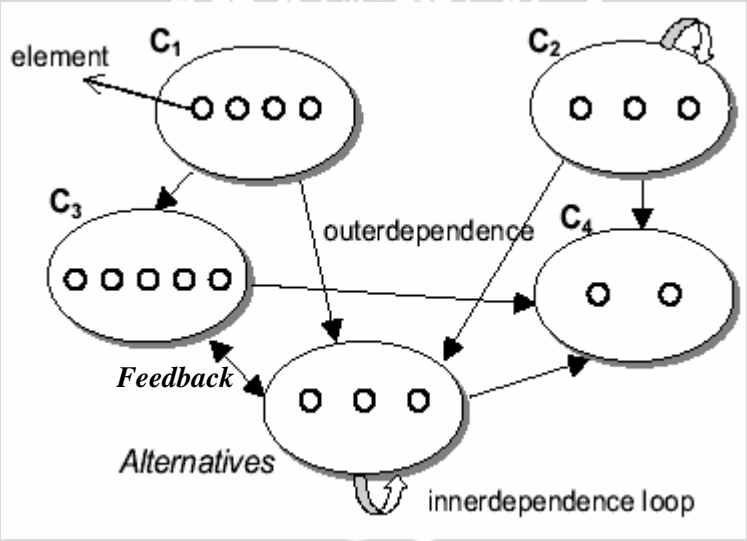
Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan masukan kepada pengelola dalam menyusun kebijakan pemeliharaan sumber daya air bendungan.
2. Para pengambil keputusan dapat menggunakan metode ANP pada masalah *feedback* yang tidak dapat diselesaikan dengan metode AHP.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi *Analytic Network Process* (ANP)

Metode *Analytic Network Process* (ANP) adalah salah satu metode yang mampu merepresentasikan tingkat kepentingan berbagai pihak dengan mempertimbangkan saling keterkaitan antar kriteria dan sub kriteria yang ada. Model ini merupakan pengembangan dari AHP sehingga kompleksitasnya lebih tinggi dibandingkan metode AHP. Konsep utama dari ANP adalah elemen berpengaruh sedangkan konsep utama dari AHP adalah preferensi. Ada 2 jenis keterkaitan dalam ANP yaitu keterkaitan dalam satu set elemen (*inner dependence*) dan keterkaitan antarelemen dari *cluster* yang berbeda (*outer dependence*). Banyak masalah yang dapat dimodelkan menggunakan diagram yang disebut *network* seperti pada Gambar 2.1.



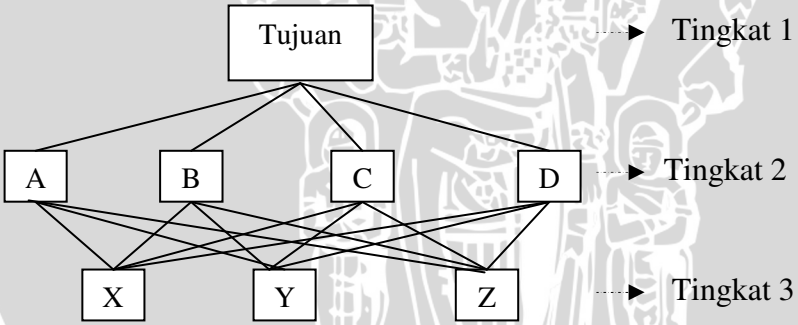
Gambar 2.1 *Network* ketergantungan.

Network tidak harus menggambarkan struktur hirarki, yang artinya jaringan tersebut tidak perlu mempunyai bentuk linier dari atas ke bawah (Sucu dan Buyukyazici, 2002). Pada hirarki AHP terdapat level tujuan, kriteria, subkriteria, dan alternatif seperti pada Gambar 2.2. Sementara itu, pada jaringan ANP, level dalam AHP

disebut *cluster* yang dapat memiliki kriteria atau alternatif di dalamnya. Dengan adanya *feedback*, alternatif-alternatif dapat terikat pada kriteria seperti pada hirarki tetapi juga bergantung/terikat pada sesama alternatif. Lebih jauh lagi, kriteria-kriteria itu sendiri dapat tergantung pada alternatif dan sesama kriteria.

Dari jaringan *feedback* pada Gambar 2.1 dapat dilihat bahwa elemen utama dan elemen-elemen yang akan dibandingkan dapat berada pada *cluster-cluster* yang berbeda. Sebagai contoh, ada hubungan langsung dari simpul utama C_1 ke *cluster* lain (C_3 dan alternatif), yang merupakan *outer dependence*. Sementara itu, ada elemen utama dan elemen-elemen yang akan dibandingkan berada pada *cluster* yang sama, sehingga *cluster* ini terhubung dengan dirinya sendiri dan membentuk hubungan *loop.* Hal ini disebut *inner dependence*.

ANP bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari semua elemen dalam tiap *cluster*. Oleh karena itu, semua elemen harus diatur dalam *cluster* dan disusun dalam suatu kerangka kerja hirarki kontrol atau jaringan, melakukan perbandingan dan sintesis untuk memperoleh urutan prioritas dari sekumpulan kriteria ini (Vanany, 2003).



Gambar 2.2. Hirarki AHP

Keterangan: Tingkat 1 = tujuan
Tingkat 2 = kriteria
Tingkat 3 = alternatif.

ANP dan AHP sama tahapannya dalam *comparative judgement* namun berbeda dalam sintesis prioritas. Tahapan ANP dimulai

dengan menguraikan masalah ke dalam unsur-unsur, sampai yang sekecil-kecilnya, lalu melakukan perbandingan berpasangan, membentuk supermatriks dan mengambil keputusan.

2.2. Matriks Perbandingan Berpasangan

Untuk menentukan susunan prioritas elemen, langkah awal adalah menyusun perbandingan berpasangan, yaitu membandingkan secara berpasangan seluruh elemen pada *cluster-cluster* yang berhubungan. Perbandingan tersebut kemudian ditransformasi ke dalam bentuk matriks yang digunakan dalam analisis numerik. Menurut Saaty (1993), pada perbandingan berpasangan, bentuk matriks adalah bentuk yang paling diminati karena merupakan alat yang sedehana dan bisa digunakan untuk memberikan kerangka pengujian konsistensi, memperoleh informasi tambahan dengan jalan membuat segala perbandingan yang mungkin dan menganalisis kepekaan prioritas menyeluruh terhadap perubahan dalam perbandingan.

Elemen matriks kolom sebelah kiri, selalu dibandingkan dengan elemen baris puncak, dan nilainya diberikan kepada elemen dalam kolom sebelah kiri. Jika elemen dalam kolom sebelah kiri dianggap kurang menguntungkan, penilaian merupakan suatu pecahan. Nilai kebalikan diberikan kepada elemen baris ketika tampil sebagai elemen kolom dan elemen kolom tampil sebagai elemen baris, sesuai persamaan $a_{ij} = 1/a_{ji}$, yang artinya elemen ke-*i* lebih disukai daripada elemen ke-j pada skala *1/x*, atau elemen ke-*j* lebih disukai daripada elemen ke-*i* pada skala *x*. Dalam matriks ini terdapat perbandingan dengan elemen itu sendiri pada diagonal utama dan bernilai 1.

Misalkan *cluster* C memiliki beberapa elemen di bawahnya, yaitu: $A_1, A_2, \ldots, A_n$. Tabel matriks perbandingan berpasangan berdasarkan kriteria C dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Contoh tabel matriks perbandingan berpasangan (a_{ij}).

C	A_1	A_2	...	A_n
A_1	*1*	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	*1*	...	a_{2n}
...	...	...	...	...
A_n	a_{n1}	a_{n2}	...	*1*

Jika $w_{i.}$ dan $w_{.j}$ merupakan bobot atau prioritas elemen ke-*i* dan elemen ke-*j*, maka pada matriks perbandingan berpasangan yang konsisten $a_{ij} = w_i/w_j$, di mana $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$ dan $\sum_{j=1}^{n} w_j = 1$. Tabel matriks perbandingan berpasangan yang konsisten dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Contoh tabel matriks perbandingan berpasangan ($a_{ij} = w_i/w_j$).

C	A_1	A_2	...	A_n
A_1	*1*	w_1/w_2	...	w_1/w_n
A_2	w_2/w_1	*1*	...	w_2/w_n
...	...	...	...	...
A_n	w_n/w_1	w_n/w_2	...	*1*

ANP menggunakan skala rasio yang sama seperti AHP. Skala tersebut diperoleh dari perbandingan berpasangan dengan menggunakan *comparative judgements* atau rasio dominasi pasangan dengan menggunakan pengukuran aktual. Dalam hal penggunaan *judgements*, dalam AHP seseorang bertanya: "Mana yang lebih disukai atau lebih penting?", sementara dalam ANP seseorang bertanya: "Mana yang mempunyai pengaruh lebih besar?"(Ascarya, 2005). Perbandingan dilakukan berdasarkan model hirarki kontrol yang telah dibentuk. Semakin kompleks hirarki yang terbentuk maka semakin kompleks pula perbandingan antar elemennya. Pedoman untuk penilaian dalam perbandingan berpasangan dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Skala banding berpasangan.

Intensitas kepercayaan	Definisi
1	Sama besar pengaruhnya
3	Sedikit lebih besar pengaruhnya
5	Lebih besar pengaruhnya
7	Sangat lebih besar pengaruhnya
9	Mutlak lebih besar pengaruhnya
2,4,6,8	Diberikan bila terdapat kompromi di antara dua pilihan.

Sumber: Angelo (2006)

2.3. Rata-rata Geometri

Dalam penelitian yang melibatkan lebih dari satu responden dapat menimbulkan banyak perbedaan pendapat terhadap kriteria yang sama. Untuk mengatasi hal tersebut, menurut Saaty (1993) input akhir yang dimasukkan ke dalam perhitungan matriks perbandingan berpasangan adalah rata-rata geometri. Hasil penelitian sebelumnya tentang ukuran pemusatan yang digunakan dalam AHP disimpulkan bahwa rata-rata geometri menghasilkan lebih sedikit matriks perbandingan berpasangan yang tidak konsisten, dibandingkan dengan mean dan median (Arafiyanuri, 2007). Dalam Yitnosumarto (1994) rata-rata geometri dihitung dengan rumus:

$$\overline{X}_g = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^{n} X_i} \qquad (2.1)$$

Di mana: $\overline{X}_g$ = rata-rata geometri
n = banyak sampel
X_i = skor yang diberikan.

2.4. Nilai Eigen dan Vektor Eigen

A = (a_{ij}) merupakan suatu matriks A yang elemen-elemennya a_{ij}, di mana *i* menyatakan baris ke-i dan j menyatakan kolom ke-*j* dari A, di mana *i, j* = 1,2,..,n. Menurut Hill (1991) untuk mencari nilai Eigen dari A :

$\underline{A}\,\underline{x} = \lambda\,\underline{x}$; $x \neq 0$ (2.2)

$\underline{A}\,\underline{x} = \lambda \underline{I}\,\underline{x}$; $x \neq 0$

Atau secara ekivalen

$(\underline{A} - \lambda\,\underline{I})\,\underline{x} = 0$; $x \neq 0$ (2.3)

Persamaan (2.3) akan ada suatu penyelesaian jika dan hanya jika:

$|\underline{A} - \underline{\lambda}\,\underline{I}| = 0$ (2.4)

Persamaan (2.4) dinamakan persamaan karakteristik untuk A dan memiliki n akar. Akar-akar persamaan karakteristik, yang dinyatakan dengan λ_i, i = 1, 2, ..., n, disebut nilai eigen dari A.

Nilai perbandingan yang didapat dari responden berdasarkan penilaian pada Tabel 2.3 yaitu a_{ij} dapat dinyatakan dalam vektor w :

$\underline{w} = a_{ij} = w_i/w_j$ (2.6)

Dari persamaan 2.6 dapat dibuat persamaan:

$$a_{ij}\frac{w_j}{w_i}=1 \qquad i, j = 1,2,...n$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\frac{w_j}{w_i}=n$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}w_j = nw_i \qquad (2.7)$$

Bentuk persamaan ini sama dengan $\underline{A}\ \underline{w} = n\underline{w}$. Dalam teori matriks, rumus tersebut menyatakan bahwa *w* adalah vektor eigen dari *A* dengan nilai eigen n. Variabel n pada Persamaan 2.7 secara umum dapat diganti dengan sebuah vektor λ sebagai berikut:

$$\underline{A}\ \underline{w} = \underline{\lambda}\ \underline{w} \qquad (2.8)$$

di mana $\underline{\lambda} = (\lambda_1, \lambda_2,..., \lambda_n)$

Penentuan nilai eigen didasarkan pada Persamaan 2.8. Apabila matriks A adalah matriks yang konsisten maka semua nilai eigen benilai nol kecuali satu, yaitu λ_{maks} yang bernilai sama dengan n. Bila A adalah matriks tak konsisten maka nilai eigen terbesar yaitu λ_{maks} tetap dekat dengan n dan nilai eigen lainnya mendekati 0. Nilai λ_{maks} dapat dicari dengan persamaan:

$\underline{A}\ \underline{w} = \lambda_{maks}\ \underline{w}$.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & ... & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & ... & a_{2n} \\ . & . & . & . \\ a_{n1} & a_{n2} & ... & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ .... \\ w_n \end{pmatrix} = \lambda_{\text{maks}} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ .... \\ w_n \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} a_{11}w_1 + a_{12}w_2 + ... + a_{1n}w_n \\ a_{21}w_2 + a_{22}w_2 + ... + a_{2n}w_n \\ .... \\ a_{n1}w_1 + a_{n2}w_2 + ... + a_{nn}w_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda_{maks}w_1 \\ \lambda_{maks}w_2 \\ .... \\ \lambda_{maks}w_n \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \sum_{j=1}^{n} a_{1j} w_j \\ \sum_{j=1}^{n} a_{2j} w_j \\ .... \\ \sum_{j=1}^{n} a_{nj} w_j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda_{maks} w_1 \\ \lambda_{maks} w_2 \\ .... \\ \lambda_{maks} w_n \end{pmatrix} \qquad \text{untuk } i, j = 1,2,\ldots,n.$$

Pada matriks berordo $n \times n$, untuk semua i diperoleh λ_{maks} sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^{n} \lambda_{maks} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \frac{w_j}{w_i}$$

$$n\lambda_{maks} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \frac{w_j}{w_i} \qquad (2.9)$$

$$\lambda_{maks} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \frac{w_j}{w_i}$$

Untuk matriks yang konsisten, λ_{maks} = n, berdasarkan penguraian berikut:

$$\lambda_{maks} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \frac{w_j}{w_i}, \qquad \text{untuk } i,j = 1,2,..,n.$$

$$= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \frac{w_j}{w_i} \frac{w_i}{w_j}$$

$$= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \frac{w_i}{w_i} \sum_{j=1}^{n} \frac{w_j}{w_j}$$

$$= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} 1 \sum_{j=1}^{n} 1$$

$$= \frac{1}{n} nn$$

$$= n$$

Vektor eigen dan nilai eigen diperoleh dengan menormalisasikan *A* terdahulu, sehingga $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$. Normalisasi ini dilakukan dengan membagi entri suatu kolom dengan jumlah seluruh entri dalam kolom tersebut. Setelah dinormalisasi, entri dari kolom-kolom dijumlahkan menurut baris. Untuk mendapatkan vektor eigen, entri masing-masing baris dihitung rata-ratanya. Secara matematis entri vektor eigen dapat ditulis sebagai berikut:

$$w_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}}$$

$$= \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{a_{ij}}{a_{.j}} \qquad (2.10)$$

Secara lengkap perhitungan vektor Eigen dapat dilihat dalam Hill (1991).

2.5. Konsistensi Matriks Perbandingan Berpasangan

Konsistensi dari matriks perbandingan berpasangan diperlukan untuk menjamin bahwa pemikiran atau objek yang serupa dikelompokkan menurut homogenitas dan relevansinya serta bahwa intensitas relasi antar gagasan didasarkan pada satu kriteria tertentu saling membenarkan secara logis. Hubungan preferensi yang dikenakan pada dua elemen tidak mempunyai masalah konsistensi relasi jika elemen A adalah tiga kali lebih berpengaruh dari elemen B maka elemen B sepertiga kali pengaruhnya elemen A. Tetapi konsistensi seperti ini tidak selalu berlaku bila terdapat banyak elemen yang harus dibandingkan. Oleh karena itu terdapat sebuah ukuran tingkat konsistensi dalam perhitungan prioritas matriks perbandingan berpasangan yang dinamakan *Consistency ratio* (CR).

Saaty (1993) mengemukakan bahwa CR menunjukan inkonsistensi matriks. Inkonsistensi yang terlalu besar pada perhitungan matriks perbandingan berpasangan tidak dapat diterima dan dapat menjurus pada pengambilan keputusan yang salah. Untuk mendapatkan CR, pertama-tama dicari *Consistency Index* (CI).

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n-1} \quad (2.11)$$

Setelah CI didapat maka CR dihitung sebagai berikut:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.12)$$

Di mana RI adalah *random index* yang telah ditentukan, seperti dalam Tabel 2.4

Tabel 2.4. *Random consistency Index*.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Sumber : Saaty (1993)

Agar matriks perbandingan berpasangan dapat diterima maka CR harus lebih kecil dari 10% untuk n≥5 dan CR bernilai antara 5% sampai 8% untuk n<5. n adalah jumlah elemen yang dibandingkan. Saaty (1993) menyatakan bahwa a_{ij} yang memiliki nilai γ_{ij} paling jauh menyimpang dari 1 adalah entri penyebab ketidakkonsistenan matriks perbandingan berpasangan, di mana untuk menghitung γ_{ij} digunakan rumus:

$$\gamma_{ij} = a_{ij} w_j / w_i \quad (2.13)$$

Cara untuk memperbaiki ketidakkonsistenan tersebut adalah dengan merubah a_{ij} menjadi w_i/w_j.

2.6. Supermatriks

Walaupun ANP dan AHP sama tahapannya dalam *comparative judgement* namun berbeda dalam tahap sintesis. Dalam ANP, skala rasio vektor prioritas yang didapat dari matriks perbandingan berpasangan tidak dibentuk linier sintesis seperti dalam AHP. Saaty (1999) membentuk teknik "supermatriks" untuk mensintesis skala rasio. Supermatriks didapat dari vektor eigen kolom matriks perbandingan pasangan dari elemen-elemen.

Jika diasumsikan suatu sistem memiliki *N cluster* di mana elemen-elemen dalam tiap *cluster* saling berinteraksi atau memiliki pengaruh terhadap beberapa atau seluruh *cluster* yang ada. Jika *cluster* dinotasikan dengan C_h, di mana $h = 1, 2, \ldots, N$, dengan

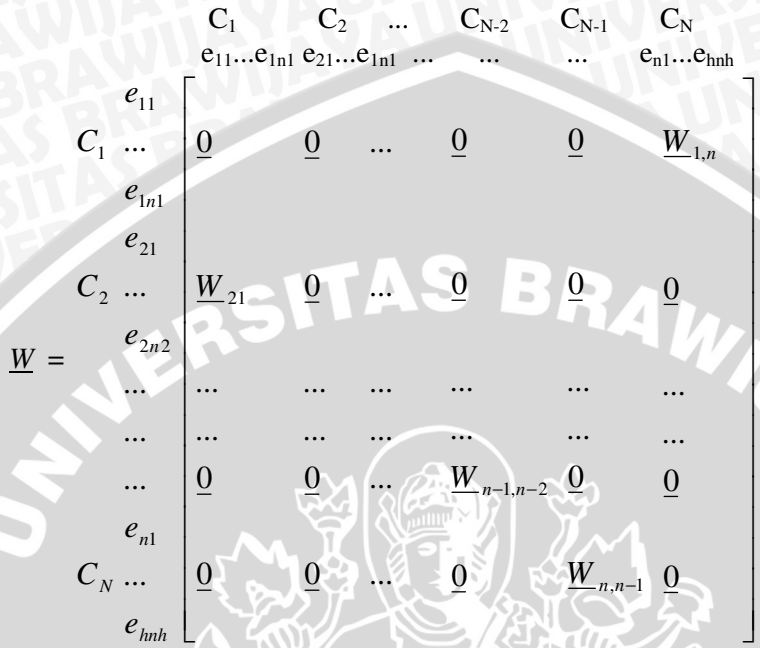
elemen sebanyak *nh* yang dinotasikan dengan e_{h1}, e_{h2}, …, e_{hnh}. Pengaruh dari satu set elemen dalam suatu *cluster* pada elemen yang lain dalam suatu sistem dapat direpresentasikan melalui vektor prioritas berskala rasio yang diambil dari perbandingan berpasangan.

$$
\underline{W} = \begin{array}{c} \\ C_1 \\ \\ \\ C_2 \\ \\ \\ \\ \\ C_N \\ \end{array}
\begin{array}{c}
\begin{array}{cccccc} C_1 & C_2 & \dots & C_{N-2} & C_{N-1} & C_N \end{array} \\
\begin{array}{cccccc} e_{11}\dots e_{1n1} & e_{21}\dots e_{1n1} & \dots & \dots & \dots & e_{n1}\dots e_{hnh} \end{array} \\
\begin{bmatrix}
\underline{0} & \underline{0} & \dots & \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} \\
\underline{W}_{21} & \underline{0} & \dots & \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} \\
\dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
\dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
\underline{0} & \underline{0} & \dots & \underline{W}_{n-1,n-2} & \underline{0} & \underline{0} \\
\underline{0} & \underline{0} & \dots & \underline{0} & \underline{W}_{n,n-1} & I
\end{bmatrix}
\end{array}
$$

Gambar 2.3. Supermatriks dari hirarki.

Ketika level paling bawah/dasar mempengaruhi level paling atas dari suatu hirarki, bentuk jaringan holarki terbentuk. Supermatriksnya akan seperti pada Gambar 2.4.

Perhatikan bahwa komponen pada baris dan kolom terakhir dari supermatriks pada Gambar 2.3 adalah matriks identitas I yang sesuai dengan adanya *loop* pada level dasar dari hirarki. Sementara itu, komponen dari baris pertama kolom terakhir suatu jaringan pada Tabel 2.5 adalah tidak nol, yang menunjukkan bahwa level paling atas tergantung kepada level yang paling bawah.



Gambar 2.4. Supermatriks dari holarki.

Supermatriks yang memiliki pengaruh bolak-balik dapat terbentuk dengan menata semua *cluster* dan semua elemen dalam setiap *cluster* secara vertikal di kiri dan secara horisontal di atas, seperti Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Supermatriks dari jaringan.

$\underline{W}=$		C_1 $e_{11}...e_{1n1}$	C_2 $e_{21}...e_{2n1}$	... ...	$C_{N(j)}$ $e_{n1}...e_{hnh}$
C_1	e_{11} ... e_{1n1}	$\underline{W}_{11}$	$\underline{W}_{12}$	...	$\underline{W}_{1N}$
C_2	e_{21} ... e_{2n1}	$\underline{W}_{11}$	$\underline{W}_{12}$	...	$\underline{W}_{2N}$
	...	...	...	...	...
$C_{N(i)}$	e_{n1} ... e_{hnh}	$\underline{W}_{N1}$	$\underline{W}_{N2}$	...	$\underline{W}_{N(i)N(j)}$

Di mana $C_{N(i)}$ adalah *cluster* ke-*N* pada baris ke-*i* dan $C_{N(j)}$ adalah *cluster* ke-*N* pada kolom ke-*j*, e_{Nn} menunjukkan elemen ke-*n* dalam *cluster* ke-*N*, dan $W_{N(i)N(j)}$ merupakan vektor eigen dari pengaruh elemen yang dibandingkan antara *cluster* ke-$N_{(i)}$ dan *cluster* ke-$N_{(j)}$. Apabila *cluster* ke-$N_{(i)}$ tidak mempunyai pengaruh ke *cluster* ke-$N_{(j)}$ maka $\underline{W}_{ij} = 0$ (Ascarya, 2005).

Komponen dari $\underline{W}_{ij}$ dapat dijabarkan seperti pada Gambar 2.5.

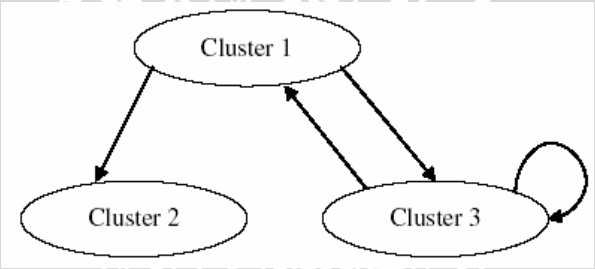
$$\underline{W}_{ij} = \begin{bmatrix} W_{i1}^{(j_1)} & W_{i1}^{(j_2)} & \cdots & W_{i1}^{(jn_j)} \\ W_{i2}^{(j_1)} & W_{i2}^{(j_2)} & \cdots & W_{i2}^{(jn_j)} \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ W_{in_i}^{(j_1)} & W_{in_i}^{(j_2)} & \cdots & W_{in_i}^{(jn_j)} \end{bmatrix}$$

Gambar 2.5. Komponen supermatriks dalam jaringan.

Komponen dari sub-matriks dalam $\underline{W}_{ij}$ adalah merupakan skala rasio yang diturunkan dari perbandingan berpasangan yang dilakukan pada elemen di dalam *cluster* itu sendiri sesuai dengan

pengaruhnya pada setiap elemen pada *cluster* yang lain (*outer dependence*) atau elemen-elemen dalam *cluster* yang sama (*inner dependence*). Dalam hal ini, supermatriks menyusun beberapa submatriks, tiap kolomnya adalah vektor eigen utama yang menggambarkan pengaruh dari seluruh elemen di dalam sebuah *cluster* dengan tiap elemen dari *cluster* lain (maupun *cluster* yang sama). Tidak ada syarat bahwa tiap elemen dari sebuah *cluster* mempunyai pengaruh ke elemen *cluster* lain. Apabila elemen tersebut tidak pempengaruhi elemen lain maka elemen tersebut memberikan kontribusi nol. Supermatriks harus stokastik sehingga memberikan hasil yang berarti. (Saaty, 1999).

Oleh karena itu, susunan supermatriks tergantung banyaknya jenis struktur. Saaty memperkenalkan beberapa stuktur umum untuk menunjukkan bagaimana struktur mempengaruhi supermatriks. Untuk penggambaran lebih jelas diberikan suatu kasus dengan tiga *cluster*, digambarkan sebagai berikut:

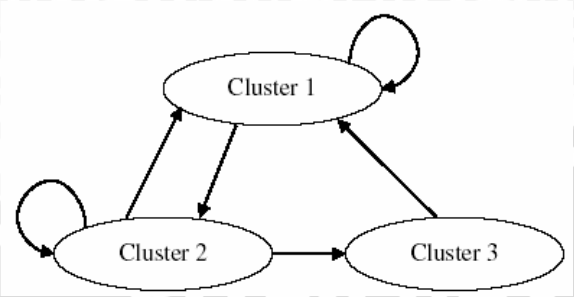


Gambar 2.6. Stuktur 1.

Supermatriks yang terbentuk adalah:

$$\underline{W} = \begin{array}{c} \\ C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} C_1 & C_2 & C_3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & \underline{W}_{13} \\ \underline{W}_{21} & 0 & 0 \\ \underline{W}_{31} & 0 & \underline{W}_{33} \end{bmatrix} \end{array}$$

Supermatriks yang terbentuk akan lebih kompleks apabila struktur semakin kompleks seperti pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Struktur 2.

Supermatriks yang terbentuk:

$$W = \begin{array}{c} \\ C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} C_1 & C_2 & C_3 \end{array} \\ \begin{bmatrix} \underline{W}_{11} & \underline{W}_{21} & \underline{W}_{13} \\ \underline{W}_{21} & \underline{W}_{22} & 0 \\ 0 & \underline{W}_{32} & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

Hasilnya yang berupa *unweighted supermatrix* kemudian ditransformasikan menjadi suatu matriks yang penjumlahan dalam kolom menghasilkan angka satu (*unity*) untuk mendapatkan supermatriks stokastik (normalisasi). Bobot yang diperoleh digunakan untuk membobot elemen-elemen pada blok-blok kolom (*cluster*) yang sesuai dari supermatriks, yang akan menghasilkan *weighted supermatrix* yang stokastik. Setelah mendapatkan *weighted supermatrix* maka langkah berikutnya adalah membentuk *limiting supermatriks* untuk mendapatkan vektor prioritas global. Cara mendapatkan *limiting matriks* adalah dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\lim_{k\to\infty} \underline{W}^k \qquad (2.14)$$

Apabila supermatriks yang didapat mempunyai pengaruh siklus (tidak mendapatkan hasil yang konvergen) maka *limiting matriks* lebih dari satu bentuk. Untuk mendapatkan prioritas maka digunakan penjumlahan Casero yang diformulasikan sebagai berikut:

$$\lim_{k\to\infty} \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{k=1}^{N} \underline{W}^k \qquad (2.15)$$

Yang dipakai untuk menghitung rata-rata prioritas dari *limiting supermatriks* (Ong dan Huang, 2003).

Namun pada kenyataannya kita hanya perlu memangkatkan supermatriks stokastik dengan pangkat yang besar untuk mendapatkan prioritas terakhir di mana prioritas dari elemen dalam setiap *cluster* dinormalisasikan ke angka satu. Aturan pemangkatan didasarkan pada bentuk jaringan hirarki kontrol. Karena suatu elemen dapat mempengaruhi elemen kedua secara langsung dan tidak langsung melalui pengaruhnya pada elemen ketiga dan kemudian dengan pengaruh elemen ketiga pada elemen kedua maka pangkat minimal supermatriks tersebut adalah pangkat dua. Untuk maksimal pemangkatan supermatrik hanya dapat diketahui dengan mencoba-coba sampai didapat *limiting* supermatriks yang menghasilkan nilai bobot yang stabil. Nilai bobot dinyatakan stabil bila dominasi antar elemen telah terdistribusi pada keseluruhan matriks. Setelah mendapatkan *limiting* supermatriks maka pengambilan keputusan sudah dapat dilakukan yaitu dengan melihat nilai prioritas elemen pada tiap *cluster* (Ascarya, 2005).

2.7. Kelebihan ANP bila dibandingkan dengan AHP

Karena ANP adalah metode baru bila dibandingkan dengan AHP, maka masih sedikit jumlah penelitian tentang topik ini. Walaupun begitu, beberapa penelitian menunjukkan bahwa terdapat beberapa kelebihan ANP dibandingkan dengan AHP. Taslicali (2006) mengemukakan bahwa AHP mengharuskan suatu hirarki sempurna dan hubungan diantara faktor dan syarat ini tidak membolehkan kemungkinan hubungan ketergantungan *top-bottom* dan *bottom-top* di antara kriteria. ANP telah membuktikan dapat diterapkan pada kasus hirarki non linear dan ketergantungan antar *cluster*. Sebagai ganti dari hirarki, ANP mendasarkan sistemnya pada *network* yang menggantikan hubungan searah dengan ketergantungan dan hubungan timbal balik. Oleh karena itu ANP lebih kuat dalam pengambilan keputusan untuk kasus yang tidak menentu dan dinamis.

Keuntungan yang kedua adalah ANP lebih akurat dan lebih berguna daripada AHP sebagai alat pendukung pengambilan keputusan pada kasus yang berbelit-belit. Walaupun ANP dan AHP berdasarkan preferensi pengguna dan memberikan pembobot untuk setiap alternatif, namun ANP dan AHP berbeda dalam jumlah dan

tipe perbandingan berpasangan, dan juga cara mendapatkan pembobot.

Garuti dan Sandoval (2005) mengemukakan bahwa proses pemodelan ANP menggantikan banyak kriteria dari hirarki dengan hubungan network yang tepat antar elemen dan *cluster*, sehingga masalah tersebut dapat mendekati masalah sebenarnya. Berikutnya, kecuali untuk perhitungan eigen vektor yang mana menggunakan alat perhitungan yang tidak tersedia bebas, perhitungan ANP yang lain dapat menggunakan alat manajerial seperti program akuntansi. Dagdeviren (2005) menunjukan banyak dari pengambilan keputusan tidak dapat distrukturkan dalam hirarki karena dalam masalah tersebut terdapat hubungan ketergantungan dan interaksi antara variabel di level atas dengan level bawah.

2.8. Metode Pemilihan Responden

Dalam ANP jumlah sampel/responden tidak digunakan sebagai patokan validitas. Syarat responden yang valid dalam ANP adalah bahwa mereka adalah orang-orang yang ahli di bidangnya (Ascarya, 2005). Penggunaan sampel dalam suatu penelitian berdasarkan atas pertimbangan berikut:

- Apabila tidak mungkin mengamati semua anggota populasi.
- Pengamatan terhadap semua anggota populasi dapat bersifat merusak.
- Menghemat waktu, biaya dan tenaga.
- Mampu memberikan informasi yang lebih menyeluruh dan mendalam.

Oleh karena itu penggunaan sampel tidak dibutuhkan apabila semua anggota populasi dapat diamati. Sensus adalah cara pengumpulan data yang dilakukan melalui pencacahan semua unit populasi (Zea, 2008).

2.9. Pengujian Kuisioner

Kesimpulan penelitian bergantung pada kualitas data yang dianalisis dan instrumen yang digunakan untuk mengumpulkan data penelitian. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuisioner. Karakteristik dari sebuah instrumen penelitian yang baik harus memenuhi persyaratan validitas dan reliabilitas. Menurut Singarimbun dan Effendi (1995), validitas menunjukan sejauh mana

suatu alat pengukur dapat mengukur apa yang ingin diukur, dan reliabilitas adalah indeks yang menunjukan sejauh mana alat pengukur dapat dipercaya atau dapat diandalkan.

Namun uji validitas dan reliabilitas bisa saja tidak dilakukan dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Terdapat penelitian sebelumnya yang telah membuktikan bahwa pertanyaan kuisioner tersebut telah valid dan reliabel.
2. Penelitian menggunakan responden yang sama.
3. Terdapat aturan baku untuk menjawab pertanyaan kuisioner.
4. Pertanyaan kuisioner adalah satu-satunya pertanyaan yang dapat diberikan berdasarkan skala pengukuran yang digunakan.

Dengan mempertimbangkan point (2), (3), dan (4) maka penelitian ini tidak menggunakan uji validitas dan reliabilitas.

2.10. Definisi dan Fungsi Bendungan

Bendungan adalah suatu tembok penahan air yang dibentuk dari berbagai batuan dan tanah, di mana air yang dibendung akan digunakan untuk pemenuhan kebutuhan masyarakat. Bendungan Sutami merupakan bendungan terbesar di Indonesia. Beberapa manfaat dari bendungan sutami adalah sebagai pengendali banjir, PLTA, irigasi, pariwisata dan penyedia air baku PDAM.

Dalam hal perlindungan wilayah dari ancaman banjir dan kerusakan lain yan ditimbulkannya, maka bendungan berperan dalam pengendalian banjir. Pengendalian banjir melalui bendungan dapat dilakukan dengan cara menahan atau menampung sementara debit banjir di dalam bendungan, selanjutnya air dilepaskan setelah keadaan debit air di hilir memungkinkan atau apabila di hilir memerlukan tambahan air.

Bendungan Sutami juga dapat dipakai sebagai tempat rekreasi keluarga, yang memiliki fasilitas cukup lengkap seperti arena lomba dayung, tempat pemancingan ikan, rekreasi air, studi tour, dan arena sepeda gunung. Selain itu di area bendungan tersebut juga dilengkapi dengan wisma dan gedung pertemuan. PLTA di Bendungan Sutami merupakan salah satu yang memberikan pasokan listrik terbesar untuk pulau Jawa dan Bali.

Adapun karakteristik Bendungan Sutami adalah sebagai berikut:

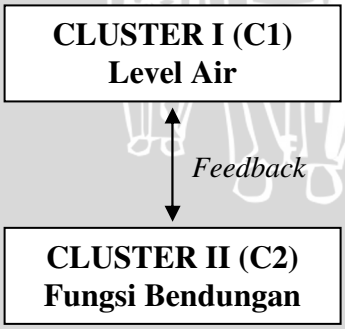
- Kapasitas maksimum : 343.000.000 m^3
- Kapasitas efektif : 253.000.000 m^3
- Daerah terendam : 15 km^2

- Level air normal : ± 250,40 m (mengikuti pola operasi waduk/POW)
- Level air rendah : 246,00 m
- Level air banjir/tinggi : 272,50 m
- Panjang puncak : 823,50 m
- Lebar puncak : 13,70 m
- Lebar dasar : 400,00 m

(Perum Jasa Tirta, 2008)

Pengaturan kebijakan pemeliharaan sumber daya air bendungan dipengaruhi oleh fungsi bendungan dan level air. Penentuan fungsi bendungan dipengaruhi level air, begitupun sebaliknya, pengaturan level air dipengaruhi oleh fungsi bendungan yang dipilih (Topcu, 2001). Pengaturan level air harus disesuaikan dengan fungsi bendungan yang dipilih, begitupun pemilihan fungsi bendungan harus disesuaikan dengan level air yang tersedia. Untuk Bendungan Sutami, PLTA hanya dapat berfungsi baik apabila level air 252,5 m terpenuhi dan level air terendah 242 m masih dapat mendukung fungsi bendungan sebagai penyedia air baku dan irigasi. Apabila fungsi bendungan sebagai PLTA yang dipilih oleh pengelola maka level air akan diatur berada di atas 252,5 m. Sedangkan apabila fungsi bendungan sebagai pengontrol banjir dan pariwisata yang dipilih maka pengelola akan mengatur level air dibawah level air tinggi. Irigasi dan air baku PDAM akan berfungsi baik apabila kualitas air terjamin dan layak digunakan (Perum Jasa Tirta, 2001).

Hirarki kontrol dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.8. Hirarki kontrol untuk menentukan prioritas pemilihan fungsi bendungan.

(Topcu, 2001)

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yaitu data hasil kuisioner. Syarat responden dalam ANP adalah mereka yang ahli dibidang penelitian tersebut. Dalam penelitian ini hanya terdapat 10 responden yang ahli dibidang pengelolaan Bendungan Sutami. Oleh karena itu pemilihan responden menggunakan sensus. Data yang dikumpulkan berupa preferensi pengamat dan pengelola bendungan terhadap pemilihan level air dan fungsi bendungan yang terdiri dari dua *cluster*. Hasil jawaban kuisioner dapat dilihat pada Lampiran 2. Masing-masing *cluster* terdiri dari beberapa elemen yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1. Pembagian elemen tiap *cluster*.

Level Air	**Fungsi Bendungan**
Level air rendah (LR)	Pengontrol banjir (K)
Level air normal (LN)	Pariwisata (P)
Level air tinggi (LT)	Irigasi (I)
	Penyedia air baku PDAM (A)
	PLTA

3.2. Metode

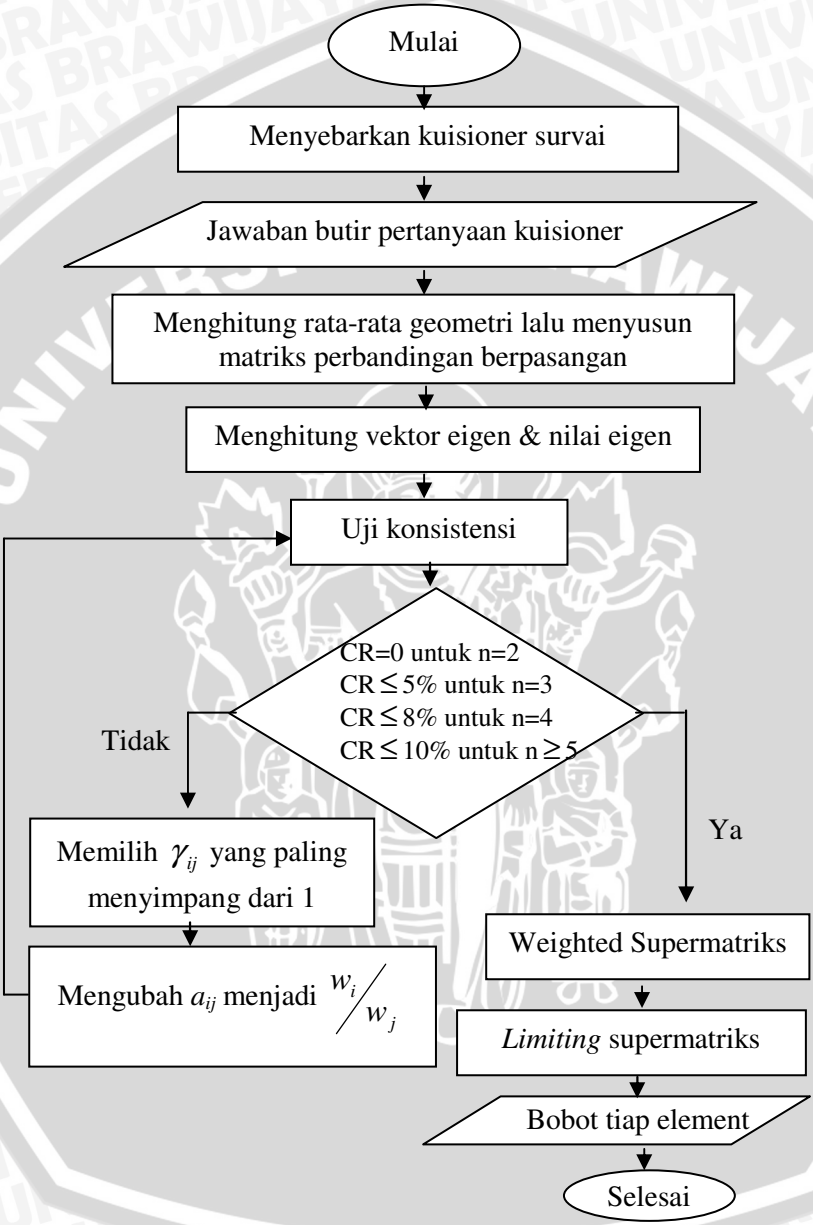
Langkah-langkah dalam penelitian ini adalah:

1. Bentuk hirarki kontrol/jaringan. Hirarki kontrol adalah suatu hirarki dari kriteria dan subkriteria yang mana prioritas didapat dengan cara seperti pada AHP dengan merujuk pada tujuan sistem tersebut.
2. Melakukan survai dengan membagikan kuisioner kepada pengelola bendungan.
3. Menghitung rata-rata geometri jawaban responden. Perhitungan rata-rata geometri sesuai persamaan (2.1)
4. Bentuk matriks perbandingan berpasangan untuk semua elemen dan *cluster* yang saling berhubungan. Lalu hitung nilai eigen dan

vektor eigen sesuai persamaan (2.9) dan (2.10), dilakukan dengan menggunakan *macro minitab.*

5. Melakukan uji konsistensi pada setiap matriks perbandingan berpasangan:
   - Menghitung *Consistensy Index* sesuai persamaan (2.11).
   - Menghitung *Consistensy Ratio* sesuai persamaan (2.12). Jika CR = 0 untuk n = 2, CR $\leq$ 5% untuk n = 3, CR $\leq$ 8% untuk n = 4 dan CR $\leq$ 10% untuk n $\geq$ 5 maka matriks tersebut konsisten.
     Jika terdapat matriks perbandingan berpasangan yang tidak konsisten maka dilakukan perbaikan perbandingan berpasangan.
   - Menghitung γ_{ij} sesuai persamaan (2.13), kemudian memilih a_{ij} yang memiliki γ_{ij} paling jauh menyimpang dari 1 sebagai entri penyebab ketidakkonsistenan.
   - Mengubah a_{ij} penyebab ketidakkonsistenan menjadi w_i/w_j, lakukan uji konsistensi.
6. Bentuk supermatriks dari vektor eigen yang telah dinormalisasi dengan kolom paling kiri sebagai faktor yang mempengaruhi baris paling atas.
7. Menghitung *limiting* supermatriks sesuai persamaan (2.14) atau apabila supermatriks tersebut memiliki pola siklus maka *limiting* supermatriks didapat melalui persamaan (2.15). Namun tahap ini dapat disederhanakan dengan memangkatkan supermatriks tersebut dengan angka yang besar sehingga didapat supermatriks yang stabil. Perhitungan *limiting* supermatriks dengan bantuan *software Matlab 5*.
8. Mengambil keputusan prioritas dengan mempertimbangkan hasil *limiting* supermatriks.

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.

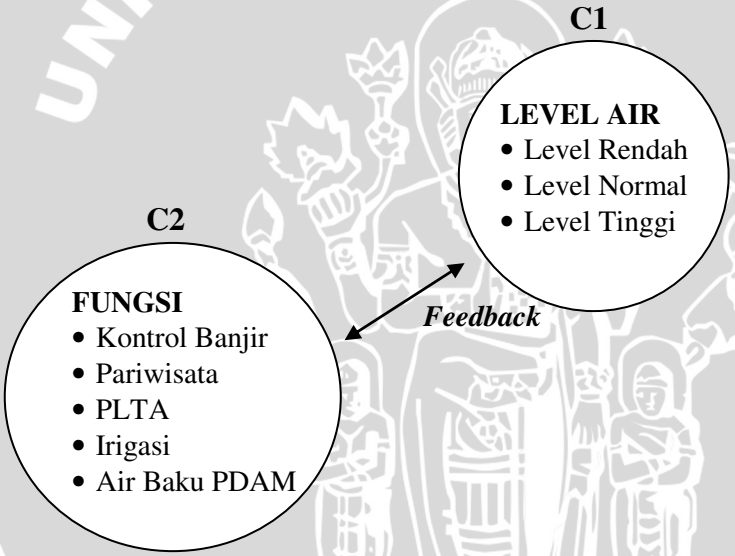


Gambar 3.1. Diagram alir metode ANP

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Penyusunan Hirarki Kontrol

Hirarki kontrol dibentuk berdasarkan teori dan dikembangkan oleh peneliti sesuai dengan keadaan objek penelitian. Hirarki kontrol yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 4.1. Pertanyaan kuisioner penelitian dibentuk berdasarkan hirarki kontrol tersebut. Pertanyaan-pertanyaan yang terbentuk bersifat perbandingan antara dua elemen dan penilaian yang diberikan berdasarkan skala banding berpasangan pada Tabel 2.3. Hasil kuisioner selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.



Gambar 4.1. Hirarki kontrol untuk menentukan prioritas pemilihan fungsi Bendungan Sutami.

Cluster level air dapat dianggap sebagai kriteria dan *cluster* fungsi bendungan dianggap sebagai alternatif.

4.2. Hasil Perhitungan Rata-rata Geometri

Perhitungan rata-rata geometri sub-*cluster* kontrol banjir dan level air rendah dapat dilihat pada Tabel 4.1. Hasil perhitungan rata-rata geometri selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

Tabel 4.1. Rata-rata geometri sub-*cluster*.

Kontrol Banjir	**Rata-Rata Geometri**
LR Vs LN	2,9421
LR Vs LT	3,2321
LN Vs LT	5,1856
Level air rendah	**Rata-Rata Geometri**
K Vs P	1,1486
K Vs PLTA	2,4754
K Vs I	2,6051
K Vs A	2,0912
P Vs PLTA	3,4418
P Vs I	3,5466
P Vs A	3,4181
PLTA VS I	1,7411
PLTA VS A	1,7411
I Vs A	2,7865

Rata-rata geometri yang didapat diinterpretasikan berdasarkan skala preferensi pada Tabel 2.3. Dari Tabel 4.1 dapat dilihat untuk sub-*cluster* kontrol banjir, rata-rata responden memilih lever air rendah sedikit lebih besar pengaruhnya daripada level air normal dan level air tinggi, sedangkan level air normal lebih besar pengaruhnya daripada level air tinggi.

Untuk sub-*cluster* level air rendah, rata-rata responden memilih kontrol banjir sama pengaruhnya dengan pariwisata namun sedikit lebih besar pengaruhnya dari PLTA, irigasi dan air baku PDAM. Pariwisata sedikit lebih besar pengaruhnya dari PLTA, irigasi dan air baku. PLTA memiliki pengaruh yang hampir sama atau sedikit lebih besar dari irigasi dan air baku. Sedangkan irigasi sedikit lebih besar pengaruhnya daripada air baku. Selanjutnya hasil rata-rata geometri dipakai untuk membentuk matriks perbandingan berpasangan.

4.3. Matriks Perbandingan Berpasangan, Vektor Eigen, Nilai Eigen dan Uji Konsistensi

Terdapat 8 matriks perbandingan berpasangan kebalikan yaitu 3 matriks sub-*cluster* level air dan 5 matriks sub-*cluster* fungsi bendungan. Matriks perbandingan berpasangan dapat dilihat pada Tabel 4.2 sampai Tabel 4.26 dan selengkapnya pada Lampiran 3. Dari matriks perbandingan berpasangan yang telah dibuat dapat dicari vektor eigen, nilai eigen dan uji konsistensi.

Tabel 4.2. Matriks perbandingan berpasangan sub-*cluster* kontrol banjir.

Kontrol banjir	LR	LN	LT
LR	1	2,9421	3,2321
LN	0,3398	1	5,1856
LT	0,3093	0,1928	1

Dengan vektor eigen, nilai eigen dan uji konsistensi seperti pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Vektor eigen, nilai eigen dan uji konsistensi sub-*cluster* kontrol banjir.

Kontrol banjir	Vektor eigen	Nilai eigen
LR	0,5699	3,4310
LN	0,3249	3,3332
LT	0,1051	3,0753

$\lambda maks$ = 3,2798
CR = 0,2413

Pada Tabel 4.3 terlihat bahwa sub-*cluster* kontrol banjir memiliki CR = 0,2413. Menurut Saaty (1993), matriks perbandingan berpasangan berordo 3*x*3 dinyatakan konsisten jika CR ≤ 5%, dengan demikian matriks perbandingan berpasangan tersebut tidak konsisten karena CR > 5%. Dengan demikian harus dilakukan perbaikan terhadap perbandingan antara elemen. Untuk mengetahui penyebab ketidakkonsistenan matriks perbandingan berpasangan, maka dicari

entri matriks yang memiliki γ_{ij} paling jauh menyimpang dari 1. Nilai γ_{ij} matriks perbandingan berpasangan sub-*cluster* kontrol banjir dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4. Tabel $\gamma_{ij} = a_{ij}{}^{w_j}\!/_{w_i}$

Kontrol banjir	LR	LN	LT
LR	1	1,6758	0,5961
LN	0,5961	1	1,6774
LT	1,6774	0,5961	1

Pada Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa γ_{23} = 1,6774 merupakan nilai yang paling jauh menyimpang dari 1. Dengan demikian penilaian terhadap elemen level air rendah dibandingkan dengan elemen level air tinggi harus diperbaiki dengan nilai w_2/w_3 , sehingga diperoleh yang baru:

$$a_{23} = \frac{w_2}{w_3}$$
$$= \frac{0{,}3249}{0{,}1051}$$
$$= 3{,}0913$$

Matriks perbandingan berpasangan yang diperbaiki seperti yang terlihat di Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Matriks perbandingan berpasangan sub-*cluster* kontrol banjir (perbaikan)

Kontrol bajir	LR	LN	LT
LR	1	2,9421	3,0913
LN	0,3398	1	3,0913
LT	0,3234	0,3234	1

Dengan vektor eigen, nilai eigen dan uji konsistensi seperti terlihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Vektor eigen, nilai eigen dan uji konsistensi sub-cluster kontrol banjir

Kontrol banjir	Vektor eigen	Nilai eigen
LR	0,5838	3,2210
LN	0,2843	3,1297
LT	0,1318	3,0461

$\lambda maks$ = 3,1324
CR = 0,1141

Pada Tabel 4.6 terlihat bahwa matriks perbandingan berpasangan antar kriteria mempunyai CR = 0,1141. Matriks perbandingan berpasangan ini juga belum konsisten, sehingga nilai γ_{ij} matriks perbandingan berpasangan sub-*cluster* kontrol banjir dicari sebagai berikut:

Tabel 4.7. Tabel $\gamma_{ij} = a_{ij}{}^{w_j}\!/_{w_i}$

Kontrol banjir	LR	LN	LT
LR	1	1,4329	0,6978
LN	0,6977	1	1,4331
LT	1,4329	0,6978	1

Pada Tabel 4.7 dapat dilihat bahwa γ_{23} = 1,4331 merupakan nilai yang paling jauh menyimpang dari 1. Dengan demikian penilaian terhadap elemen level air rendah dibandingkan dengan elemen level air tinggi harus diperbaiki dengan nilai w_2/w_3 , sehingga diperoleh yang baru:

$$a_{23} = \frac{w_2}{w_3}$$
$$= \frac{0,2843}{0,1318}$$
$$= 2,15737$$

Matriks perbandingan berpasangan yang diperbaiki seperti yang terlihat di Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Matriks perbandingan berpasangan sub-*cluster* kontrol banjir (perbaikan)

Kontrol banjir	LR	LN	LT
LR	1	2,9421	3,0913
LN	0,3398	1	2,1573
LT	0,3234	0,4635	1

Dengan vektor eigen, nilai eigen dan uji konsistensi seperti terlihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Vektor eigen, nilai eigen dan uji konsistensi sub-cluster kontrol banjir

Kontrol banjir	Vektor eigen	Nilai eigen
LR	0,5929	3,1012
LN	0,2561	3,0490
LT	0,1509	3,0240

$\lambda maks$ = 3,0581
CR = 0,0500

Pada Tabel 4.9 dapat dilihat bahwa matriks perbandingan berpasangan sub-*cluster* kontrol banjir memiliki CR = 5%, dengan demikian matriks perbandingan berpasangan tersebut konsisten.

Tabel 4.10.Matriks perbandingan berpasangan sub-*cluster* pariwisata.

Pariwisata	LR	LN	LT
LR	1	1,3351	3,0638
LN	0,7489	1	3,6801
LT	0,3263	0,2717	1

Dengan vektor eigen, nilai eigen dan uji konsistensi seperti terlihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11. Vektor eigen, nilai eigen dan uji konsistensi sub-*cluster* pariwisata

Pariwisata	Vektor eigen	Nilai eigen
LR	0,4639	3,0331
LN	0,4067	3,0319
LT	0,1293	3,0095

$\lambda maks$ = 3,0248
CR = 0,0214

Hasil Tabel 4.11 dapat dilihat bahwa matriks perbandingan berpasangan sub-*cluster* pariwisata memiliki CR < 5%, dengan demikian matriks perbandingan berpasangan tersebut konsisten.

Tabel 4.12. Matriks perbandingan berpasangan sub-*cluster* PLTA

PLTA	LR	LN	LT
LR	1	3,0638	2,6051
LN	0,3263	1	1,5518
LT	0,3838	0,6443	1

Dengan vektor eigen, nilai eigen dan uji konsistensi seperti terlihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13. Vektor eigen, nilai eigen dan uji konsistensi sub-*cluster* PLTA

PLTA	Vektor eigen	Nilai eigen
LR	0,5837	3,0704
LN	0,2328	3,0304
LT	0,1833	3,0206

$\lambda maks$ = 3,0405
CR = 0,0349

Pada Tabel 4.13 dapat dilihat bahwa matriks perbandingan berpasangan sub-*cluster* pariwisata memiliki CR < 5%, dengan demikian matriks perbandingan berpasangan tersebut konsisten.

Tabel 4.14. Matriks perbandingan berpasangan sub-*cluster* irigasi.

Irigasi	LR	LN	LT
LR	1	0,9150	3,1892
LN	1,0928	1	4,0759
LT	0,3135	0,2453	1

Dengan vektor eigen, nilai eigen dan uji konsistensi seperti terlihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15. Vektor eigen, nilai eigen dan uji konsistensi sub-*cluster* irigasi.

Irigasi	Vektor eigen	Nilai eigen
LR	0,4083	3,0032
LN	0,4701	3,0038
LT	0,1215	3,0009

$\lambda maks$ = 3,0027
CR = 0,0023

Hasil dari Tabel 4.15 dapat dilihat bahwa matriks perbandingan berpasangan sub-*cluster* pariwisata memiliki CR < 5%, dengan demikian matriks perbandingan berpasangan tersebut konsisten.

Tabel 4.16. Matriks perbandingan berpasangan sub-*cluster* air baku PDAM

Air baku	LR	LN	LT
LR	1	0,8383	3,2704
LN	1,1928	1	2,5508
LT	0,3057	0,3920	1

Dengan vektor eigen, nilai eigen dan uji konsistensi seperti terlihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17. Vektor eigen, nilai eigen dan uji konsistensi sub-*cluster* air baku PDAM

Air baku PDAM	Vektor eigen	Nilai eigen
LR	0,4188	3,0263
LN	0,4336	3,0252
LT	0,1475	3,0089

λmaks = 3,0201
CR = 0,0173

Pada Tabel 4.17 dapat dilihat bahwa matriks perbandingan berpasangan sub-*cluster* air baku PDAM memiliki CR < 5%, dengan demikian matriks perbandingan berpasangan tersebut konsisten.

Tabel 4.18. Matriks perbandingan berpasangan sub-*cluster* level air rendah.

LR	K	P	PLTA	I	A
K	1	1,1486	2,4754	2,6051	2,0912
P	0,8705	1	3,4418	3,5466	3,4181
PLTA	0,4039	0,2905	1	1,7411	1,7411
I	0,3838	0,2819	0,5743	1	2,7865
A	0,4781	0,2925	0,5743	0,3588	1

Dengan vektor eigen, nilai eigen dan uji konsistensi seperti terlihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19. Vektor eigen, nilai eigen dan uji konsistensi sub-*cluster* level air rendah.

Level air rendah	Vektor eigen	Nilai eigen
K	0,2987	5,2868
P	0,3542	5,3460
PLTA	0,1404	5,3314
I	0,1216	5,1815
A	0,0849	5,0972

λmaks = 5,2487
CR = 0,0555

Menurut saaty (1993) matriks perbandingan berpasangan berordo 5*x*5 dinyatakan konsisten jika CR ≤ 10%, hasil dari Tabel 4.19 dapat dilihat bahwa matriks perbandingan berpasangan sub-*cluster* pariwisata memiliki CR<10%, dengan demikian matriks perbandingan berpasangan tersebut konsisten.

Tabel 4.20. Matriks perbandingan berpasangan sub-*cluster* level air normal.

LN	K	P	PLTA	I	A
K	1	2,0518	2,1411	1,7187	1,3797
P	0,4873	1	1,7826	1,9743	1,9743
PLTA	0,4670	0,5609	1	1,2457	1,3797
I	0,5818	0,5064	0,8027	1	1,6331
A	0,7247	0,5064	0,7247	0,6123	1

Dengan vektor eigen, nilai eigen dan uji konsistensi seperti terlihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21. Vektor eigen, nilai eigen dan uji konsistensi sub-*cluster* level air normal.

Level air normal	Vektor eigen	Nilai eigen
K	0,3044	5,2258
P	0,2431	5,1687
PLTA	0,1624	5,1457
I	0,1575	5,1238
A	0,1325	5,1333

$\lambda maks$ = 5,15948
CR = 0,035598

Pada Tabel 4.21 dapat dilihat bahwa matriks perbandingan berpasangan sub-*cluster* level air normal memiliki CR<10%, dengan demikian matriks perbandingan berpasangan tersebut konsisten.

Tabel 4.22. Matriks perbandingan berpasangan sub-*cluster* level air tinggi.

LT	K	P	PLTA	I	A
K	1	3,4057	0,7480	0,7480	0,5773
P	0,2936	1	1,9663	1,9105	2,1297
PLTA	1,3368	0,5085	1	1,2457	1,2457
I	1,3368	0,5234	0,8027	1	1,5518
A	1,7320	0,4695	0,8027	0,6443	1

Dengan vektor eigen, nilai eigen dan uji konsistensi seperti terlihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23. Vektor eigen, nilai eigen dan uji konsistensi sub-*cluster* level air tinggi.

LT	Vektor eigen	Nilai eigen
K	0,2026	6,4851
P	0,2358	5,4086
PLTA	0,2009	5,5942
I	0,1934	5,6401
A	0,1671	5,7795

$\lambda maks$ = 5,781533
CR = 0,174449

Pada Tabel 4.23 terlihat bahwa matriks perbandingan berpasangan tidak konsisten karena memiliki CR>10%. Oleh karena itu dicari entri matriks yang memiliki nilai γ_{ij} paling jauh menyimpang dari 1. Nilai γ_{ij} matriks perbandingan berpasangan sub-*cluster* kontrol banjir dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24. Tabel $\gamma_{ij} = a_{ij}^{\,w_j / w_i}$

LT	K	P	PLTA	I	A
K	1	3,9636	0,7417	0,7139	0,4763
P	0,2522	1	1,6754	1,5668	1,5098
PLTA	1,3480	0,5968	1	1,1990	1,0364
I	1,4005	0,6382	0,8339	1	1,3414
A	2,0992	0,6623	0,9647	0,7454	1

Pada Tabel 4.24 dapat dilihat bahwa $\gamma_{12} = 3{,}9636$ merupakan nilai yang paling jauh menyimpang dari 1. Dengan demikian penilaian terhadap elemen level air rendah dibandingkan dengan elemen level air tinggi harus diperbaiki dengan nilai w_1/w_2 , sehingga diperoleh yang baru:

$$a_{23} = \frac{w_1}{w_2}$$

$$= \frac{0{,}2026}{0{,}2358} = 0{,}8592$$

Matriks perbandingan berpasangan yang diperbaiki seperti yang terlihat di Tabel 4.25.

Tabel 4.25. Matriks perbandingan berpasangan sub-*cluster* level air tinggi (perbaikan).

LT	K	P	PLTA	I	A
K	1	0,8592	0,7480	0,7805	0,5773
P	1,1638	1	1,9663	1,9105	2,1297
PLTA	1,3368	0,5085	1	1,2457	1,2457
I	1,2811	0,5234	0,8027	1	1,5518
A	1,7320	0,4695	0,8027	0,6443	1

Dengan vektor eigen, nilai eigen dan uji konsistensi seperti terlihat pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26. Vektor eigen, nilai eigen dan uji konsistensi sub-*cluster* level air tinggi (perbaikan).

LT	Vektor eigen	Nilai eigen
K	0,1512	5,1307
P	0,3028	5,1636
PLTA	0,1959	5,1568
I	0,1869	5,1711
A	0,1630	5,1460

$\lambda maks = 5{,}1537$

CR = 0,0320

Pada Tabel 4.26 dapat dilihat bahwa matriks perbandingan berpasangan sub-*cluster* level air tinggi memiliki CR<10%, dengan demikian matriks perbandingan berpasangan tersebut konsisten.

Apabila vektor eigen telah didapat dan kekonsistenan telah terpenuhi maka selanjutnya supermatriks dapat dibentuk.

4.4. Penyusunan Entri Supermatriks

Entri supermatriks adalah vektor eigen yang telah didapat dari matriks perbandingan berpasangan dengan baris atas mempengaruhi kolom paling kiri. Supermatriks yang terbentuk dapat dilihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27. Supermatriks

	K	P	PLTA	I	A	LR	LN	LT
K	0	0	0	0	0	0,29	0,30	0,15
P	0	0	0	0	0	0,35	0,24	0,30
PLTA	0	0	0	0	0	0,14	0,16	0,19
I	0	0	0	0	0	0,12	0,16	0,19
A	0	0	0	0	0	0,08	0,13	0,16
LR	0,59	0,46	0,59	0,41	0,42	0	0	0
LN	0,25	0,41	0,23	0,47	0,43	0	0	0
LT	0,15	0,13	0,18	0,12	0,15	0	0	0

Supermatriks selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4. Prioritas tiap elemen didapat melalui Persamaan 2.14 atau disederhanakan dengan memangkatkan supermatriks tersebut dengan pangkat yang besar sampai supermatriks tersebut stabil. Dalam penelitian ini supermatriks akan stabil setelah dipangkatkan dengan angka 52. Hasilnya berupa *limiting* supermatriks, dapat dilihat pada Tabel 4.28 dan selengkapnya pada Lampiran 5.

Tabel 4.28. *Limiting* supermatriks.

	K	P	PLTA	I	A	LR	LN	LT
K	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0	0	0
P	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0	0	0
PLTA	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0	0	0
I	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0	0	0
A	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0	0	0
LR	0	0	0	0	0	0,50	0,50	0,50
LN	0	0	0	0	0	0,35	0,35	0,35
LT	0	0	0	0	0	0,15	0,15	0,15

Limiting supermatriks tersebut apabila dipangkatkan dengan angka genap maupun ganjil yang berurutan maka memiliki pola siklus. Oleh karena itu perlu ditransformasi menggunakan penjumlahan Casero sesuai Persamaan 2.15 dengan angka pembagi adalah 2. Hasil akhir *limiting* supermatriks dapat dilihat pada Tabel 4.29 dan selengkapnya pada Lampiran 6.

Tabel 4.29. *Limiting* supermatriks hasil transformasi.

	K	P	PLTA	I	A	LR	LN	LT
K	0,1323	0,1323	0,1323	0,1323	0,1323	0,1323	0,1323	0,1323
P	0,1451	0,1451	0,1451	0,1451	0,1451	0,1451	0,1451	0,1451
PLTA	0,0746	0,0746	0,0746	0,0746	0,0746	0,0746	0,0746	0,0746
I	0,0688	0,0688	0,0688	0,0688	0,0688	0,0688	0,0688	0,0688
A	0,0771	0,0771	0,0771	0,0771	0,0771	0,0771	0,0771	0,0771
LR	0,2499	0,2499	0,2499	0,2499	0,2499	0,2499	0,2499	0,2499
LN	0,1758	0,1758	0,1758	0,1758	0,1758	0,1758	0,1758	0,1758
LT	0,0723	0,0723	0,0723	0,0723	0,0723	0,0723	0,0723	0,0723

Setelah menentukan *limiting* supermatriks, prioritas tiap elemen sudah dapat ditentukan.

4.5. Pengambilan Keputusan

Nilai *limiting* supermatriks pada Tabel 4.29 disusun kembali ke dalam peringkat prioritas seperti telihat pada Tabel 4.30.

Tabel 4.30. Peringkat prioritas sub-*cluster*

Cluster	Sub-*cluster*	Prioritas	Peringkat
Level air	Level air rendah	24,99%	I
	Level air normal	17,58%	II
	Level air tinggi	7,23%	III
Fungsi bendungan	Pariwisata	14,51%	I
	Pengontrol banjir	13,23%	II
	Air baku PDAM	7,71%	III
	PLTA	7,46%	IV
	Irigasi	6,88%	V

Terdapat dua aspek yang mempengaruhi penyusun suatu kebijakan pemeliharaan sumber daya air bendungan yaitu level air dan fungsi bendungan. Dari Tabel 4.30 disimpulkan bahwa pengelola lebih memilih fungsi Bendungan Sutami sebagai tempat pariwisata dan pengontrol banjir diikuti oleh penyedia air baku, PLTA dan irigasi. Dan level air yang dipilih untuk mendukung fungsi bendungan tersebut adalah level air rendah dan level air normal diikuti level air tinggi.

Hasil penelitian ini bertolak belakang dengan manfaat dan tujuan Bendungan Sutami dibentuk. Menurut Bapak Giyono (2008) sebagai pengelola, Bendungan Sutami adalah bendungan tahunan di mana pada musim hujan air ditampung mencapai level air tinggi dan pada musim kemarau air dikelola sampai mencapai level rendah untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Bendungan Sutami dibangun dengan tujuan sebagai pengendali banjir, irigasi dan PLTA. Bendungan Sutami merupakan bendungan terbesar yang dapat menampung air Sungai Brantas dan mencegah terjadinya banjir di daerah Surabaya dan sekitarnya. Namun dengan adanya sedimentasi yang sudah tidak terkontrol beberapa tahun terakhir mengakibatkan bendungan kurang maksimal dalam menjalankan fungsinya. Pada tahun 1972 di awal pembuatannya, Bendungan Sutami dapat menampung air 343 juta m^3, namun pada tahun 2004 bendungan tersebut hanya dapat menampung 175 juta m^3. Sedimentasi ini disebabkan oleh beberapa hal seperti penggundulan hutan di daerah hulu, daerah terendam yang dipakai untuk bertani dan materi vulkanik Gunung Semeru. Perhari rata-rata air yang dikeluarkan bendungan 150 m^3/detik. Namun beberapa tahun terakhir bendungan

dapat mengeluarkan rata-rata 500 m^3/detik perhari. Hal ini dapat menyebabkan banjir di daerah Surabaya dan sekitarnya.

Namun dengan adanya bendungan pendukung di daerah hilir maka kemungkinan terjadi banjir dapat berkurang. Beberapa bendungan yang dapat menampung debit air yang dikeluarkan oleh Bendungan Sutami seperti Bendungan Lahor, Bendungan Wlingi dan Bendungan Nganjuk. Misalkan pada musim penghujan level air normal Bendungan Sutami adalah 267,53 m. Apabila level air ini sudah dilewati maka secara langsung pintu air (*water gate*) akan melimpahkan air ke Bendungan Lahor. Apabila Bendungan Lahor tidak bisa menampung air tersebut maka akan dilimpahkan ke Bendungan Wlingi-Blitar. Jika Bendungan Wlingi sudah tidak dapat menampung air limpahan tersebut maka akan diarahkan ke Bendungan Nganjuk. Terdapat 3 siaga banjir yang diberlakukan oleh pengelola bendungan, antara lain: siaga hijau (waspada 1) apabila level air mencapai 272,8 m, siaga kuning (waspada 2) apabila level air mencapai 274 m dan siaga merah (awas) apabila level air mencapai 275,5 m. Walaupun level air selama ini mencapai siaga merah namun karena terdapat beberapa bendungan di hilir sebagai penampung air Bendungan Sutami maka banjir tidak pernah terjadi di daerah sekitar bendungan (Subijanto, 2008).

Pendangkalan bendungan juga mengakibatkan sistem irigasi dan PLTA kurang berfungsi baik. Irigasi sangat diperlukan oleh petani lembah Brantas untuk mengairi lahan pertanian. Hasil pertanian dari daerah Sungai Brantas merupakan pemasok utama pangan nasional. Dengan adanya pendangkalan bendungan maka daerah terendam yang dipakai sebagai lahan pertanian akan berkurang. Bendungan Sutami mempunyai PLTA yang berfungsi sebagai penyuplai listrik Jawa-Bali dengan kapasitas 1 miliar kWh pertahun. Namun beberapa tahun terakhir berkurang sebanyak 200 juta kWh. Oleh karena itu pengelola bendungan berencana untuk membangun beberapa waduk pengendali sedimen seperti Waduk Sengguruh, Lesti I dan Lesti II. Namun sejauh ini baru terealisasi pembangunan Waduk Sengguruh. Selain membangun bendungan pengendali sedimen, pengelola juga melakukan pengerukan bendungan setiap bulannya.

Salah satu fungsi Bendungan Sutami adalah sebagai penyedia air baku PDAM. Namun berdasarkan hasil wawancara dengan pengelola bendungan, fungsi ini kurang diprioritaskan karena air baku tersebut

hanya dinikmati oleh masyarakat sekitar bendungan dan dikelola langsung oleh Perum Jasa Tirta.

Bendungan Sutami menjadi salah satu tempat rekreasi yang ramai dikunjungi wisatawan dari berbagai daerah (termasuk masyarakat sekitar bendungan). Waktu kunjung Bendungan Sutami antara pukul 09.00 WIB sampai dengan 17.00. Dengan harga tiket yang murah banyak pengunjung yang datang ke Bendungan Sutami khususnya pada akhir minggu atau hari libur. Fasilitas yang mencukupi namun belum maksimal membuat pengelola pada Tahun 2007/2008 melakukan beberapa proyek pengadaan dan pengembangan fasilitas. Fasilitas bendungan yang sudah ada seperti aula, penginapan, kebun binatang mini, mainan anak, kantin, tempat penjualan souvenir, tempat ibadah, kamar mandi, WC, arena lomba dayung, tempat pemancingan ikan, rekreasi air, tempat *out bond* dan tempat *study tour* (Jasa Tirta, 2008).

BAB V
KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan uraian pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Analisis prioritas menyatakan bahwa pengelola lebih memilih fungsi Bendungan Sutami sebagai tempat pariwisata dan pengontrol banjir diikuti oleh air baku PDAM, PLTA dan irigasi.
- Level air yang dipilih untuk mendukung fungsi Bendungan Sutami adalah level air rendah dan level air normal diikuti oleh level air tinggi.
- Hasil wawancara dengan pengelola menyatakan bahwa fungsi utama Bendungan Sutami dibangun adalah sebagai pengontrol banjir di daerah hilir khususnya Surabaya. Namun akibat sedimentasi maka fungsi tersebut kurang maksimal.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian ini adalah:

- Pengelola memilih fungsi Bendungan Sutami sebagai tempat pariwisata dan pengontrol banjir, oleh karena itu disarankan kepada pengelola untuk meningkatkan kualitas pelayanan pariwisata dan memperhatikan pengaturan level air untuk mengantisipasi banjir akibat pendangkalan dan luapan air bendungan pada musim penghujan.
- Penelitian tentang ANP dapat dilanjutkan dengan menerapkan metode tersebut pada data *multidimensional scaling* (MDS) yang mengandung hubungan timbal balik.