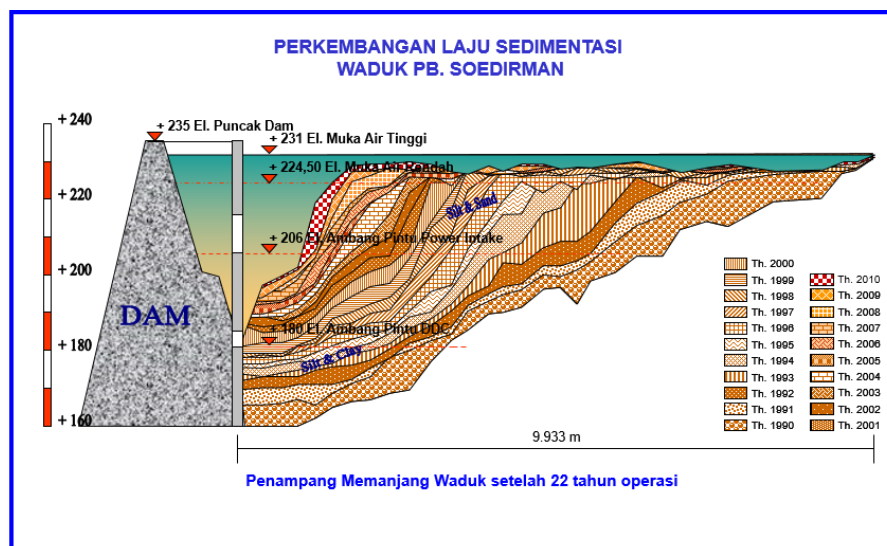


BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sedimen Waduk Mrica

Berdasarkan laporan PT Indonesia Power Unit Pembangkit (UP) Mrica tahun 2016, sedimen Waduk Mrica telah memasuki fase kritis karena telah mencapai 110,69 juta m³ dan memenuhi sekitar 75% volume waduk, dengan laju sedimentasi rata-rata sejak tahun awal operasi pada 1988 hingga tahun 2015 yakni sebesar 4,09 juta m³ (Darsono, 2016).



Sumber: PT Indonesia Power UP Mrica, 2017

Gambar 2.1 Perkembangan Laju Sedimentasi Waduk PB. Soedirman

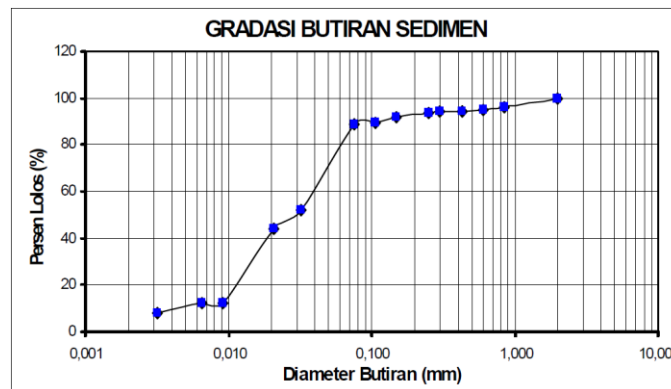
Penyebab utama tingginya laju sedimentasi di Waduk Mrica ini diakibatkan oleh aktifitas pertanian maupun perkebunan di daerah hulu sungai dan di sepanjang daerah aliran sungai (DAS) kali Serayu, Merawu dan Lumajang yang kurang memerhatikan konservasi tanah dan air sehingga memperbesar laju erosi di sekitar DAS. PT Indonesia Power UP Mrica telah melakukan berbagai upaya untuk menangani permasalahan sedimentasi di Waduk Mrica. Beberapa diantaranya adalah penggelontoran (*flushing*) sedimen secara berkala melalui *Drawdown Culvert* (DDC) yang dirasa sangat kecil

manfaatnya karena banyaknya air yang terbangun berbanding 10:1 dengan lumpur yang bisa dikeluarkan (Antisto, 2009).

Kegiatan rehabilitasi hutan lindung, penyuluhan dan penghijauan di sekitar DAS oleh perhutani bersama Pemerintah Daerah, Dinas dan Instansi terkait seperti BRLKT, Perkebunan, Pertanian, Pariwisata dan PU pengairan juga telah dilakukan. Bahkan untuk menyentuh kesadaran masyarakat secara langsung dan berkesinambungan terkait konservasi tanah dan air secara rutin dibuat sekolah lapangan konservasi untuk para petani perkebunan di sekitar DAS maupun Jambore Bakti Lingkungan Alam Raya (JAMBALAYA) yang diikuti siswa-siswa SMA (Wulandari, 2007).

2.2 Karakteristik Sedimen Waduk Mrica

Berdasarkan hasil analisis ayakan dan analisis hidrometer yang dilakukan oleh Suroso dan Widiyanto (2009), sedimen waduk Mrica memiliki karakter kohesif di mana kandungan pasir pada sedimen waduk Mrica kurang dari 20%. Berikut hasil analisis ayakan dan analisis hidrometer sedimen waduk Mrica.



Sumber: Suroso dan Widiyanto, 2009

Gambar 2.2 Gradasi Butiran Sedimen

Berdasarkan Gambar 2.2 terlihat bahwa diameter butiran sedimen yang penting dan sering digunakan yaitu $d_{16} = 0,005$ mm; $d_{25} = 0,015$ mm; $d_{50} = 0,03$ mm; $d_{75} = 0,05$ mm; dan $d_{84} = 0,07$ mm. Koefisien sebaran butiran (S_o) waduk Mrica bernilai 1,5 dan 2 sehingga sedimen waduk Mrica memiliki ukuran dan tingkat keseragaman sedang. Selain analisis ayakan dan hidrometer, dilakukan pengujian karakteristik fisik lain dari sedimen waduk merica. Berikut hasil pengujian karakteristik fisik sedimen Mrica.

Tabel 2.1 Karakteristik Fisik Sedimen Waduk Mrica

Parameter Sifat Sedimen	Nilai	Satuan
Diameter Median	0,03	Mm
Diameter Rerata	0,01871	Mm
Koef. Sebaran Butiran	1,82574	-
Deviasi Standar	3,74166	-
Berat Jenis	2,65	-
Kadar Air	44,95	%
Koef. Permeabilitas	0,01272	Cm/det

Sumber: Suroso dan Widiyanto, 2009

Berdasarkan karakteristik tersebut maka sedimen waduk Mrica termasuk kategori lumpur sedang kasar. Hal ini ditunjukkan dengan persentase butiran yang berdiameter 0,063 mm kurang dari 20%. Hal ini menunjukkan bahwa sedimen waduk Mrica bersifat kohesif daripada granuler. Berdasarkan hasil tersebut, sedimen waduk Mrica dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku batu bata. Pembuatan batu bata menggunakan sedimen waduk Mrica telah dilakukan dan diteliti sebelumnya oleh Nastain (2009). Berdasarkan hasil penelitian Nastain (2009), sedimen di bagian hulu, tengah, dan hilir waduk Mrica dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku batu bata.

Pada tahun 2016 PT. Indonesia Power UP Mrica melalui Badan Penelitian dan Pengembangan Industri Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi melakukan analisis karakteristik sedimen waduk Mrica dan didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 2.2 Karakteristik Kimia Sedimen Waduk Mrica

Parameter	Satuan	Hasil Analisa
Kalium (K)	Mg/kg	8332,51
Nitrogen (N)	Mg/kg	2,03
Total-P	Mg/kg	454,69
C-Organik	Mg/kg	12,17

Sumber: Sari, 2018

Berdasarkan karakteristik kimi sedimen waduk Mrica, dapat dilihat bahwa sedimen tersebut memiliki nilai Kalium (K), total P dan Organik yang tinggi sehingga sedimen dapat dimanfaatkan masyarakat sebagai pengganti pupuk NPK untuk tanaman.

2.3 Erosi

Erosi adalah suatu perpindahan atau terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat yang lain oleh media alami (Arsyad, 2010). Pada dasarnya erosi yang paling sering terjadi dengan tingkat produksi sedimen (*sediment yield*) paling besar adalah erosi permukaan (*sheet erosion*) jika dibandingkan dengan beberapa jenis erosi yang lain yakni erosi alur (*rill erosion*), erosi parit (*gully erosion*) dan erosi tebing sungai (*stream bank erosion*). Secara keseluruhan laju erosi yang terjadi disebabkan dan dipengaruhi oleh lima faktor diantaranya faktor iklim, struktur dan jenis tanah, vegetasi, topografi dan factor pengelolaan tanah. Faktor iklim yang paling menentukan laju erosi adalah hujan yang dinyatakan dalam nilai indeks erosivitas hujan (Arsyad, 2010).

Curah hujan yang jatuh secara langsung atau tidak langsung dapat mengikis permukaan tanah secara perlahan dengan pertambahan waktu dan akumulasi intensitas hujan tersebut akan mendatangkan erosi (Asdak, 2007). Dari kerusakan yang ditimbulkan oleh peristiwa erosi dapat terjadi di dua tempat, yaitu pada tanah tempat erosi terjadi dan pada tempat tujuan akhir tanah yang terangkut diendapkan. (Arsyad, 2006).

Akibat erosi tanah yang meliputi proses pelepasan agregat-agregat tanah dan proses pemindahan atau pengangkutan tanah oleh air akan menyebabkan timbulnya bahan endapan (*sediment*) di tempat lain. Bersama aliran air, agregat-agregat tanah yang lepas akan diangkut, kemudian akan diendapkan pada tempat tertentu berupa pengendapan atau sedimentasi (*deposition*), baik untuk sementara maupun tetap. Banyak dan sedikitnya bahan endapan (*sediment*) terangkut yang terpantau di stasiun pengukuran, menerangkan besar dan kecilnya tingkat erosi tanah yang terjadi pada suatu daerah aliran sungai.

2.4 Konservasi Waduk

Sedimentasi merupakan peristiwa yang selalu terjadi pada waduk. Banyaknya kegiatan manusia yang terjadi di hulu DAS menyebabkan tingginya laju sedimentasi yang terjadi di waduk. Bila tidak dilakukan penanganan yang efektif, maka akan terjadi akumulasi di waduk sehingga menyebabkan pendangkalan pada waduk yang berdampak pada umur operasional waduk. Oleh karena itu perlu dilakukan pengelolaan lingkungan secara efektif untuk mengatasi permasalahan sedimen. Dalam Undang-undang Pengelolaan Lingkungan Hidup (UULH) No.23 Tahun 1997 Bab II Pasal 1 dinyatakan bahwa: "Pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya terpadu untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup, yang meliputi: kebijaksanaan penataan, pemanfaatan, pengembangan, pemeliharaan, pemulihan, pengawasan, dan pengendalian lingkungan hidup". Lalu pada Pasal 3 dinyatakan bahwa: "Pengelolaan lingkungan hidup yang diselenggarakan dengan asas tanggung jawab negara, asas berkelanjutan, dan asas manfaat bertujuan untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan hidup dalam rangka pembangunan manusia Indonesia seutuhnya dan pembangunan masyarakat Indonesia seluruhnya yang beriman dan bertaqwa kepada Tuhan Yang Maha Esa". Oleh sebab itu diperlukan kegiatan konservasi yang mengupayakan kelestarian kemampuan lingkungan sekaligus membangun masyarakat di sekitar DAS dengan meningkatkan ekonomi masyarakat di sekitar DAS (Nursa'ban, 2006).

Penyusunan strategi pengelolaan sedimentasi waduk perlu didasarkan pada tuntutan kajian yang memandu kearah pilihan terbaik atas kegiatan penanganan yang harus dilakukan. Penanganan sedimentasi waduk secara umum dapat dibedakan menjadi empat jenis kegiatan atau usaha, yaitu: a). Menekan laju erosi kawasan hulu, b) Meminimalkan beban sedimen yang masuk ke waduk, c) Meminimalkan jumlah sedimen yang mengendap di waduk dan d) Mengeluarkan endapan sedimen di waduk (Marhendi, 2013).

Terdapat dua kelompok kegiatan yang dapat dilakukan dalam rangka mengurangi laju sedimentasi waduk, yaitu kegiatan pada daerah tangkapan, serta kegiatan pada

waduknya sendiri. Tingkat kemudahan dan keberhasilan dari kegiatan yang dilakukan sangat tergantung pada tingkat permasalahan sedimentasi dari waduk yang bersangkutan. Namun demikian, pada umumnya penanganan sedimentasi dengan cara evakuasi atau pembuangan sedimen dari dalam waduk dengan cara pengerukan merupakan alternatif terakhir yang sebaiknya dihindari. Untuk itu suatu strategi pengelolaan sedimentasi waduk perlu disusun secara cermat, sehingga pilihan jenis kegiatan penanganan akan merupakan pilihan terbaik baik dari segi teknis ataupun non-teknis (Marhendi, 2013).

2.4.1. Konservasi Secara Non Teknis

Konservasi secara non teknis dilakukan secara vegetatif yang bertujuan untuk memelihara kondisi, fungsi dan keberlanjutan waduk sehingga kualitas dan kuantitas air dalam waduk tetap terjaga. Kegiatan konservasi sumber daya air sebelumnya telah diatur dalam UU Sumber Daya Air ayat 2 pasal 22 yaitu:

- Perlindungan dan pelestarian sumber air
- Pengawetan air
- Pengelolaan kualitas air
- Pengendalian pencemaran air

Dalam memelihara dan menjaga fungsi waduk, maka perlu dilakukan pemeliharaan dan konservasi di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) agar terhindar dari kerusakan dan perubahan fungsi lahan yang dapat menyebabkan terjadinya erosi dan sedimentasi di waduk. Konservasi yang dapat dilakukan di DAS waduk yaitu dengan menjaga agar tidak terjadi penebangan ilegal dan melakukan penghijauan pada lahan gundul atau rawan erosi. Metode konservasi non teknis dikelompokkan menjadi tiga bagian, yaitu:

A. Metode Agronomis

Konservasi dengan metode agronomis atau biologi dilakukan secara vegetatif dengan memanfaatkan tanaman dalam menekan laju erosi, mengurangi aliran permukaan air (*run off*), memperbesar jumlah tampungan air dalam tanah serta meningkatkan jumlah dan fungsi air tanah. Berikut beberapa langkah atau kegiatan dalam melaksanakan konservasi secara agronomis, yaitu:

- Penanaman tanaman atau tumbuhan penutup tanah secara terus menerus (*permanent plan cover*).
- Penanaman dalam strip (*strip cropping*).
- Penanaman berganda (*multiple cropping*)
- Penanaman bergilir (*rotation cropping*)
- Pemanfaatan mulsa (*residue management*)
- Sistem pertanian hutan (*agroforestry*)

B. Metode Penghijauan atau Penghutanan Kembali

Penghijauan merupakan cara yang paling efektif dalam menekan laju erosi dan menurunkan aliran permukaan. Kegiatan ini bertujuan dalam memulihkan dan menghutankan kembali lahan yang mengalami kerusakan secara fisik, kimia, maupun biologi. Dalam melaksanakan penghijauan, tanaman yang digunakan yaitu tanaman berbatang keras dan memiliki nilai ekonomis, baik dari segi kayunya maupun dari segi lainnya seperti buah, getah, minyak, hingga akarnya.

Dalam kaitannya dengan usaha konservasi, tanaman yang dipilih hendaknya mempunyai persyaratan sebagai berikut :

- Mempunyai sistem perakaran yang kuat, dalam dan luas, sehingga membentuk jaringan akar yang rapat.
- Pertumbuhannya cepat sehingga mampu menutup tanah dalam waktu singkat.
- Mempunyai nilai ekonomis baik kayunya maupun hasil sampingnya.
- Dapat memperbaiki kualitas/kesuburan tanah.

C. Metode Kimiawi

Konservasi secara kimiawi dilakukan untuk memperbaiki struktur tanah menggunakan bahan kimia yang bertujuan untuk memperbaiki struktur tanah sehingga tanah lebih kokoh dan tahan terhadap erosi. Salah satu sifat fisik tanah yang sangat menentukan tingkat erosi tanah yaitu struktur tanah sehingga perlu dilakukan pemeliharaan, salah satunya yaitu dengan memberikan preparat-preparat

kimia atau disebut dengan pemantap tanah (*soil conditioner*). Bahan pemantap tanah yang baik harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut (*Seta, 1991*):

- Mempunyai sifat adhesif serta dapat bercampur dengan tanah secara merata.
- Dapat merubah sifat hidrophobik atau hidrophilik tanah, yang dengan demikian dapat merubah kurva penahanan air tanah.
- Dapat meningkatkan kapasitas tukar kation tanah, yang berarti memengaruhi kemampuan tanah dalam menahan air.
- Daya tahan sebagai pemantap tanah cukup memadai, tidak terlalu singkat dan tidak terlalu lama.
- Tidak bersifat racun (*phytotoxix*) dan harganya terjangkau (*murah*)

2.4.2. Konservasi Secara Teknis

Penanganan sedimen secara struktural dilakukan untuk menangani sedimen waduk secara efektif dan efisien mengingat kondisi waduk yang telah memasuki fase kritis. Metode penanganan sedimen dibedakan berdasarkan Volume, teknis dan lokasi penanganannya. Upaya pengendalian sedimentasi secara teknis antara lain:

A. Pembuatan *Check Dam* di hulu waduk.

Check Dam berfungsi mengumpulkan sedimen sebelum masuk ke dalam waduk. Apabila *check dam* tidak dibangun, maka sedimen akan masuk ke dalam waduk sehingga dapat memperpendek umur waduk.

B. *Flushing*

Prinsip dan metode penggelontoran sedimen dengan energi potensial air waduk (*flushing*) adalah mengeluarkan sedimen dengan mengambil manfaat energi hidraulik akibat beda tinggi antara muka air di depan dan belakang bendungani, untuk menyuplai energi pada sediment flushing system.

C. Perencanaan bangunan (*structure*) yang baik.

Perencanaan bangunan harus sebaik mungkin agar dapat dihindarkan terjadinya endapan sedimen di depan bukaan atau di ruang ambang-ambang pintu, katup berada dan bergerak.

D. Pengerukan Waduk

Pengerukan waduk yang dilakukan secara terus-menerus dapat mengurangi endapan sedimen di waduk.

2.5 Analytical Hierarchy Process (AHP)

Analytical Hierarchy Process (AHP) dikembangkan oleh Thomas L. Saaty pada tahun 1970-an. Metode ini merupakan salah satu model pengambilan keputusan multi kriteria yang dapat membantu kerangka berpikir manusia di mana faktor logika, pengalaman pengetahuan, emosi dan rasa dioptimalkan ke dalam suatu proses sistematis. Pada dasarnya, AHP merupakan metode yang digunakan untuk memecahkan masalah yang kompleks dan tidak terstruktur kedalam kelompok-kelompoknya, dengan mengatur kelompok tersebut ke dalam suatu hirarki, kemudian memasukkan nilai numerik sebagai pengganti persepsi manusia dalam melakukan perbandingan relatif sehingga dapat ditentukan elemen mana yang mempunyai prioritas tertinggi.

2.5.1. Analytical hierarchy process (AHP) sebagai Pengambil Keputusan

Menurut Badiru (1995), AHP merupakan suatu pendekatan praktis untuk memecahkan masalah keputusan kompleks yang meliputi perbandingan alternatif. AHP juga memungkinkan pengambil keputusan menyajikan hubungan hirarki antar aktor, atribut, karakteristik atau alternatif dalam lingkungan pengambilan keputusan. Dengan ciri-ciri khusus hirarki yang dimilikinya, masalah kompleks yang tidak terstruktur dipecah dalam kelompok kelompoknya.

2.5.1.1 Manfaat Analytical Hierarchy Process (AHP)

Manfaat dari penggunaan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) antara lain yaitu:

- a. Memadukan intuisi pemikiran, perasaan dan pengindraan dalam menganalisa pengambilan keputusan.
- b. Memperhitungkan konsistensi dan penilaian yang telah dilakukan dalam membandingkan faktor-faktor untuk menilai validitas keputusan.

- c. Kemudahan pengukuran dalam elemen
- d. Memungkinkan perencanaan ke depan

Salah satu manfaat yang membedakan dengan model pengambilan keputusan lainnya adalah ada syarat konsistensi mutlak. Hal ini didasarkan karena pengambilan keputusan yang dilakukan manusia sebagian didasarkan logika dan sebagian didasarkan juga pada intuisi.

2.5.1.2 Kelebihan *analytical hierarchy process* (AHP)

Kelebihan metode ini menurut Badiru (1995) adalah:

- a. Struktur yang berhirarki merupakan konsekuensi dari kriteria yang dipilih sampai pada sub kriteria paling dalam.
- b. Menghitung validitas sampai dengan batas toleransi inkonsistensi berbagai kriteria dan alternatif yang dipilih oleh pengambil keputusan.

Memperhitungkan daya tahan atau ketahanan output analisis sensitivitas pengambil keputusan.

2.5.1.3 Kelemahan *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Meskipun mempunyai kelebihan, namun metode AHP juga mempunyai kelemahan, antara lain:

- a. Orang yang dilibatkan adalah orang-orang yang memiliki pengetahuan ataupun banyak pengalaman yang berhubungan dengan hal yang akan dipilih dengan menggunakan metode AHP.
- b. Untuk melakukan perbaikan keputusan, harus dimulai dari tahap awal.

2.5.2. Prinsip dasar *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Menurut Saaty (1993), prinsip dasar dalam proses penyusunan model hirarki analitik dalam AHP, meliputi:

2.5.2.1 *Problem decomposition* (penyusunan hirarki masalah)

Dalam penyusunan hirarki ini perlu dilakukan perincian atau pemecahan dari persoalan yang utuh menjadi beberapa unsur komponen yang kemudian dari komponen tersebut dibentuk suatu hirarki. Pemecahan unsur ini dilakukan sampai unsur tersebut sudah tidak dapat dipecah lagi sehingga didapat beberapa tingkat suatu persoalan. Penyusunan hirarki merupakan langkah penting dalam model analisa hirarki. Adapun langkah-langkah penyusunan hirarki adalah sebagai berikut ini:

- a. Identifikasi tujuan keseluruhan dan sub tujuan
- b. Mencari kriteria untuk memperoleh sub tujuan dari tujuan keseluruhan
- c. Menyusun sub kriteria dari masing-masing kriteria, di mana setiap kriteria dan sub kriteria harus spesifik dan menunjukkan tingkat nilai dari parameter atau intensitas verbal.
- d. Menentukan pelaku yang terlibat
- e. Kebijakan dari pelaku
- f. Penentuan alternatif sebagai *output* tujuan yang akan ditentukan prioritasnya

2.5.2.2 Comparative judgment (penilaian perbandingan berpasangan)

Prinsip ini dilakukan dengan membuat penilaian perbandingan berpasangan tentang kepentingan relatif dari dua elemen pada suatu tingkat hirarki tertentu dalam kaitannya dengan tingkat di atasnya dan memberikan bobot numerik berdasarkan perbandingan tersebut. Hasil penelitian ini disajikan dalam matriks yang disebut *pairwise comparison*.

2.5.2.3 Synthesis of priority (penentuan prioritas)

Sintesa adalah tahap untuk mendapatkan bobot bagi setiap elemen hirarki dan elemen alternatif. Karena matriks *pairwise comparison* terdapat pada setiap tingkat untuk mendapatkan *global priority*, maka sintesis harus dilakukan pada setiap *local priority*. Prosedur pelaksanaan sintesis berbeda dengan bentuk hirarki. Sedangkan pengurutan elemen-elemen menurut kepentingan relatif melalui prosedur sintesis dinamakan *priority setting*.

2.5.2.4 Logical consistency (konsistensi logis)

Konsistensi berarti dua makna atau objek yang serupa. Konsistensi data didapat dari rasio konsistensi (CR) yang merupakan hasil bagi antara indeks konsistensi (CI) dan indeks random (RI).

2.5.3. Langkah dan prosedur AHP

Buchara (2000) menjelaskan bahwa secara umum, langkah-langkah yang harus dilakukan dalam menggunakan AHP untuk memecahkan suatu masalah adalah sebagai berikut:

- 1) Mengidentifikasi permasalahan dan menentukan tujuan. Bila AHP digunakan untuk memilih alternatif atau menyusun prioritas alternatif, maka tahap ini dilakukan pengembangan alternatif.
- 2) Menyusun masalah kedalam suatu struktur hirarki sehingga permasalahan yang kompleks dapat ditinjau dari sisi yang detail dan terukur.
- 3) Menyusun prioritas dari tiap elemen masalah pada setiap hirarki, Prioritas ini dihasilkan dari suatu matriks perbandingan berpasangan antar seluruh elemen pada tingkat hirarki yang sama.
- 4) Melakukan pengujian konsistensi terhadap perbandingan antar elemen yang didapatkan pada tiap tingkat hirarki.