

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proyek Insfrastruktur

Proyek insfrastruktur adalah suatu kegiatan kompleks, yang berlangsung dalam rentang waktu yang terbatas dengan sumber daya tertentu dengan tujuan menghasilkan suatu hasil konstruksi tertentu. Dalam mencapai suatu hasil konstruksi yang diharapkan maka diperlukan perpaduan berbagai disiplin ilmu dan pemahaman tentang metode pelaksanaan yang baik agar tujuan dari suatu proyek dapat tercapai.

Pembangunan insfrastruktur pada umumnya didefinisikan sebagai sarana kebutuhan pelayanan berupa fasilitas baik itu fisik maupun teknis, dimana dibedakan menjadi beberapa jenis sesuai dengan fungsional nya, seperti insfrastruktur transportasi (Jaringan jalan raya, Rel kereta api, Pelabuhan , Bandar udara, dan jaringan transportasi publik lainnya), insfrastruktur air (Jaringan irigasi, Suplai air minum, pengendali banjir), dan insfrastruktur energi (Pembangkit listrik, Gas Alam, Minyak bumi dan Sumber Energi lainnya).

2.2 Jalan Tol

Menurut Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 15 Tahun 2005, jalan tol merupakan jalan umum yang menjadi bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional dimana penggunaanya diwajibkan membayar tol. Pembangunan jalan tol / jalan bebas hambatan di Indonesia sangat dibutuhkan karena dapat mengurangi efisiensi akibat kemacetan pada ruas utama.

Untuk penyelenggaraan jalan tol, berdasarkan Undang Undang (UU) Nomor 38 Tahun 2004 diatur pada pasal 43 ayat 1 berbunyi, jalan tol diselenggarakan untuk memperlancar lalu lintas di daerah berkembang, meningkatkan hasil guna dan daya guna pelayanan distribusi barang dan jasa guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi, meringankan beban dana

Pemerintah melalui partisipasi pengguna jalan, dan meningkatkan pemerataan hasil pembangunan dan keadilan.

2.3 Risiko

2.3.1 Definisi Risiko

Risiko adalah keadaan adanya ketidakpastian dengan tingkat ketidakpastiannya terukur secara kuantitatif. Risiko juga di definisikan sebagai suatu keadaan ketidakpastian, di mana apabila adanya keadaan yang tidak dikehendaki yang mengakibatkan suatu kerugian. Risiko yang berhubungan dengan ketidakpastian dapat terjadi dikarenakan kurang cukupnya informasi tentang sesuatu keadaan/ kerugian yang dapat terjadi. Sesuatu ketidak pastian (*uncertain*) yang dapat berakibat menguntungkan atau merugikan.

Risiko juga dapat diartikan sebagai ketidakpastian atas terjadinya suatu peristiwa yang menjelaskan bahwa risiko adalah kondisi dimana terjadi suatu kemungkinan keuntungan/ kerugian ekonomi atau finansial, kerusakan fisik, keterlambatan, sebagai akibat dari ketidakpastian dalam periode pelaksanaan suatu proyek.

Menurut *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK) (2013) risiko proyek merupakan peristiwa atau kondisi yang tidak menentu, dikarenakan risiko dapat berdampak positif maupun negatif terhadap beberapa tujuan proyek seperti waktu, biaya, ruang lingkup dan mutu. Risiko dalam proyek konstruksi tidak dapat dihilangkan, akan tetapi dapat dikurangi atau ditransfer dari suatu pihak kepada pihak lainnya. Menurut Kangari (1995) risiko jika terjadi akan berdampak pada terganggunya kinerja proyek, baik secara sebagian atau keseluruhan proyek sehingga dapat menimbulkan kerugian terhadap biaya, mutu, dan waktu.

Risiko proyek juga dapat diartikan sebagai penjabaran terhadap dampak yang tidak menguntungkan, secara finansial maupun fisik, sebagai hasil keputusan yang diambil akibat kondisi lingkungan di lokasi suatu kegiatan. Pengertian risiko jika dikaitkan dengan konsep peluang merupakan peluang sebuah kejadian yang tidak diharapkan dan memberi konsekuensi atas semua *outcome* yang mungkin dihasilkan (Gray dan Larson, dalam Prapti, 2007).

2.3.2 Analisa Risiko

Analisa risiko atau *risk analysis* diartikan sebagai sebuah prosedur untuk mengenali satu ancaman dan kerentanan, kemudian menganalisisnya untuk memastikan bagaimana dampak-dampak yang ditimbulkan dapat dihilangkan atau dikurangi. Analisis risiko juga dipahami sebagai sebuah proses untuk menentukan pengamanan macam apa yang cocok atau layak untuk sebuah sistem atau lingkungan (ISO 1799, “*An Introduction To Risk Analysis*”, 2012).

Analisa risiko adalah langkah awal dalam penerapan manajemen risiko dan merupakan tahapan yang penting dalam pelaksanaan kegiatan. Dengan hal ini proses pelaksanaan kegiatan konstruksi akan diketahui risiko-risiko apa saja yang terjadi selama pelaksanaan kegiatan sejak mulai dikerjakan sampai selesai. Selanjutnya akan diketahui seberapa potensial risiko-risiko tersebut dalam mempengaruhi tercapainya sasaran kegiatan (Tumimomor, 2014).

Mitigasi risiko adalah bagian dari penanganan risiko dalam manajemen risiko. Strategi ini bertujuan untuk mengurangi probabilitas dan dampak dari risiko hingga menjadi berada dalam batas yang diterima (Yumaida, 2011). Dengan dilakukannya manajemen risiko, suatu organisasi dapat mengembangkan strategi untuk mengurangi probabilitas terjadinya kejadian berisiko serta dampak negatif yang ditimbulkannya.

2.3.3 Manajemen Risiko

Manajemen risiko pada dasarnya adalah proses menyeluruh yang dilengkapi dengan alat, teknik, dan pengetahuan yang diperlukan untuk mengenali, mengukur, dan mengelola risiko secara lebih transparan. Tujuan manajemen risiko adalah mencegah atau meminimisasi pengaruh yang tidak baik akibat kejadian yang tidak terduga melalui menghindari risiko atau mempersiapkan rencana kontingensi yang berkaitan dengan risiko tersebut (Santoso, 2009)

Manajemen risiko adalah pelaksanaan fungsi-fungsi manajemen dalam penanggulangan risiko, terutama risiko yang dihadapi oleh organisasi / perusahaan, keluarga dan masyarakat. Hal ini mencakup kegiatan merencanakan, mengorganisasi, menyusun, mengkoordinasi dan mengawasi (termasuk

mengevaluasi) program penanggulangan risiko. Manajemen risiko bertujuan untuk mengidentifikasi risiko proyek dan mengembangkan strategi secara signifikan yang dapat mengurangi risiko dan mengambil langkah untuk menghindari risiko tersebut (Wideman, 1992).

Adapun manfaat dari manajemen risiko menurut Godfrey (1996) adalah sebagai berikut:

1. Mengendalikan ketidakpastian yang lebih baik: akibat dari tingkat ketidakpastian yang tinggi, dapat dipahami kegiatan yang paling berisiko dan asumsi-asumsi yang paling berpengaruh.
2. Meningkatkan kepercayaan, dengan memahami ketidakpastian dan potensi konsekuensinya.
3. Menjelaskan dengan lebih baik, manajemen risiko dapat menjelaskan tujuan-tujuan dengan lebih baik dan mengidentifikasi kendala beserta akibatnya;
4. Meningkatkan dan menginformasikan pengambilan keputusan berdasarkan tujuan: kondisi yang realistis sesuai situasi dengan mempertimbangkan kemungkinan yang terjadi, serta dapat mengontrol risiko yang terjadi dari pengendalian risiko.
5. Mengkonsentrasikan sumber daya yang ada: jika sumber daya terbatas, dapat dikonsentrasikan pada hal atau kejadian yang memiliki risiko yang paling tinggi.
6. Memotivasi dan mengomunikasikan tim dengan mempertimbangkan risiko, seperti: memberi penilaian atau pertimbangan dari berbagai perspektif, dan meningkatkan motivasi dari berbagai pemangku kepentingan.
7. Mengurangi biaya risiko perencanaan risiko yang baik dapat meminimalisasi tingkat biaya.
8. Mengestimasi biaya lebih realistis karena mempertimbangkan ketidakpastian.
9. Menjadi dasar pertanggung jawaban jika terjadi hal yang tidak diinginkan kerusakan atau kerugian.
10. Memproteksi *balance sheet* apabila ingin melakukan dan membuat proyek lebih dari satu pada saat bersamaan,

11. Manajemen risiko dari setiap proyek dapat dibandingkan dan meyakinkan neraca, serta tidak terbebani oleh risiko rendah atau tinggi.

2.3.4 Jenis Risiko

Menurut *Information Risk Management (IRM)* ,2012 jenis – jenis risiko dapat dikategorikan menjadi 4 Jenis diantaranya:

1. Risiko Operasional, yakni risiko yang berhubungan dengan operasional organisasi, antara lain misalnya risiko yang mencakup sistem organisasi, proses kerja, teknologi dan sumber daya manusia.
2. Risiko Finansial, yakni risiko yang berdampak pada kinerja keuangan organisasi seperti kejadian risiko akibat dari fluktuasi mata uang, tingkat suku bunga termasuk risiko pemberian kredit, likuiditas dan kondisi pasar.
3. Hazard Risk, yaitu risiko yang terkait dengan kecelakaan fisik seperti kerusakan karena kebakaran, gempa bumi, ancaman fisik dll
4. Risiko strategi, yaitu risiko yang ada hubungannya dengan strategi perusahaan, politik, ekonomi, hukum. Risiko ini juga terkait dengan reputasi kepemimpinan organisasi dan perubahan selera pemilik (*owner*)

2.3.5 Sumber Risiko

Menurut Smith dan Bohn (1999), terdapat 6 tipe faktor penyebab risiko pada proyek konstruksi, yaitu : Risiko politik, Risiko alam , Risiko sumber daya, Risiko financial, Risiko hukum dan, Risiko konstruksi.

1. Risiko Politik merupakan risiko yang disebabkan adanya perubahan kebijakan pemerintah, opini masyarakat, perubahan ideology, adanya kerusuhan dan perang.
2. Risiko Alam merupakan merupakan risiko yang disebabkan oleh kejadian alam yang dapat mempengaruhi pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi yang tidak dapat diatasi ataupun dikendalikan oleh kontraktor karena diluar kemampuan atau kendali manusia serta tidak dapat diprediksi secara spesifik oleh manusia

3. Risiko sumber daya penyebabnya adalah kesalahan, kelalaian dan ketidak kompeten an dalam melaksanakan pekerjaan
4. Risiko *Financial* adalah risiko yang keberadaanya sangat berkaitan dengan permasalahan-permasalahan ekonomi baik dari sisi internal maupun eksternal. Risiko ini timbul karena kurangnya manajemen keuangan dalam sebuah proyek
5. Risiko Hukum dan peraturan adalah risiko dalam proyek konstruksi yang berhubungan dengan permasalahan hukum dan peraturan yang berlaku atau telah disepakati oleh pihak - pihak tertentu
6. Risiko konstruksi adalah risiko yang keberadaannya dipengaruhi oleh faktor-faktor dari segi desain. Adanya kesenjangan atau *gap* antara Desain dengan kenyataan menimbulkan suatu masalah

2.4 Kontrak Rancang Bangun (*Design And Build*)

Design and build (rancang bangun), dapat didefinisikan sebagai suatu pengadaan dengan sistem satu kontrak antara pemilik proyek (*owner*), Rancang Bangun atau *Design and Build* merupakan kontrak konstruksi pekerjaan yang berhubungan dengan pembangunan suatu kegiatan konstruksi dimana penyediannya memiliki satu kesatuan tanggung jawab perancangan dan pelaksanaan konstruksi, dengan sebuah tim pelaksana konstruksi yang bertanggung jawab melaksanakan proses perancangan dan konstruksi sekaligus secara efisien. Rancang bangun lebih sederhana dalam proses, bila dibandingkan dengan metode tradisional yang disebut dengan *design bid build*, dimana pada kontrak konvensional proses desain dan pelaksanaan konstruksi secara jelas terpisah oleh kontrak pekerjaan .

Peraturan mengenai Pekerjaan Rancang bangun (*Design And Build*) ini Dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 12/PRT/M/2017 tentang Standar dan Pedoman Pengadaan Pekerjaan Konstruksi Terintegrasi Rancang dan Bangun (*Design and Build*), yang selanjutnya disebut Permen PUPR No. 12 Tahun 2017, diatur ketentuan mulai tahap perencanaan kebutuhan, persiapan pengadaan sampai dengan serah terima barang/jasa.

2.5 Kontrak Konvensional

Kontrak Konvensional adalah kontrak Pekerjaan yang paling umum dikerjakan, dimana pengguna jasa menugaskan penyedia jasa untuk melaksanakan suatu pekerjaan. Pekerjaan tersebut sudah dibuat perencanaan nya oleh pihak lain, dan pihak pelaksana melaksanakan sesuai kontrak.

Beberapa bagian pekerjaan dapat diborongkan kepada sub penyedia jasa. Sebagai pengawas biasanya pengguna jasa menunjuk kembali konsultan pengawas untuk dapat membantu mengawasi kegiatan konstruksi sehingga dapat terkontrol dan termonitoring pekerjaan konstruksi sesuai dengan desain yang telah disepakati dalam perjanjian kontrak.

Menurut Gilbreath (1992), pengertian kontrak konvensional adalah :

- 1) Pengguna jasa menugaskan penyedia jasa untuk melaksanakan salah satu aspek pembangunan saja.
- 2) Setiap aspek satu penyedia jasa yaitu perencanaan, pengawasan, pelaksanaan dilakukan penyedia jasa berbeda.
- 3) Pengawas pekerjaan diperlukan untuk mengawasi pekerjaan penyedia jasa.
- 4) Jadi terdapat 3 (tiga) kontrak terpisah yaitu kontrak perencanaan, kontrak pengawasan dan kontrak pelaksanaan.

Dalam kegiatan konstruksi, pemilihan tipe kontrak konvensional lebih diutamakan dalam kegiatan konstruksi yang umum dengan skala yang tidak terlalu besar, hal ini dikarenakan pola kegiatan yang sederhana sehingga dapat mengurangi dampak risiko yang dapat terjadi.

2.6 Kegiatan Perencanaan Desain

Dalam kegiatan konstruksi, perencanaan desain dapat diartikan segala hal yang berkaitan dengan pembuatan konsep, analisis data, *project planning*, *drawing/rendering*, dimana kegiatan tersebut tidak terlepas dari koordinasi antara pihak berwenang diantaranya adalah pihak *owner*, juga pemangku kebijakan atau badan pengawas dan regulator yang berwenang dalam menyetujui prinsip dasar kegiatan konstruksi.

Menurut Kadir.Y (1998) Dalam kegiatan konstruksi terdapat prinsip dasar kegiatan konstruksi yang utama, dimana kegiatan perencanaan desain terdapat di dalamnya yang sesuai pola tahapan nya.

secara konseptual tahapan – tahapan dalam pelaksanaan desain konstruksi diantaranya meliputi :

1. Keterpaduan

Adalah kegiatan yang yang tidak terpisahan dari perencanaan kegiatan konstruksi secara keseluruhan, yang mempertimbangkan setiap aspek tahapan konstruksi untuk dapat mencapai kegiatan konstruksi yang berimbang, baik dari segi mutu, waktu, dan biaya.

2. Pengetahuan Konstruksi

Pengetahuan dan pengalaman konstruksi sangat dipertimbangkan untuk dapat menangani dan memudahkan memutuskan permasalahan – permasalahan yang dihadapi dan mengusahakan keuntungan yang akan dicapai dalam pengelolaan suatu konstruksi.

3. Keterampilan Tim

Pengalaman kecakapan dan keterampilan tim dalam komposisi suatu kegiatan konstruksi harus dapat sesuai dengan kebutuhan suatu kegiatan konstruksi, dimana hal ini dimaksudkan untuk mengefisienkan dalam pendayagunaan sumberdaya manusia yang dilibatkan.

4. Kemampuan Sumber Daya.

Dalam kegiatan konstruksi pemilihan teknologi dan solusi harus disesuaikan dengan kemampuan yang diperoleh, hal ini untuk dapat memudahkan perencanaan dalam memilih dan mengimplementasikan ide dan gagasan desain yang efektif dan benar benar efektif dilaksanakan.

5. Faktor Eksternal

Pada dasarnya faktor eksternal merupakan kondisi dimana sesuatu hal yang dapat menyebabkan/potensi yang mempengaruhi kelancaran suatu kegiatan konstruksi.

2.7 *Analitycal Hierarchy Process (AHP)*

Analytic Hierarchy Process (AHP) dikembangkan oleh Thomas L. Saaty pada tahun 70 – an ketika di Warston School. Model pendukung keputusan ini akan menguraikan masalah multi-faktor atau multi-kriteria yang kompleks menjadi suatu hirarki. Masalah kompleks dapat diartikan sebagai faktor atau kriteria dari suatu masalah yang multi-kriteria, struktur masalah yang belum jelas, ketidakpastian pendapat dari pengambil keputusan, pengambil keputusan lebih dari satu orang, serta ketidakakuratan data yang tersedia.

Menurut Saaty (1986), Hirarki didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multi-level dimana level pertama adalah tujuan, yang diikuti level faktor atau 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.

Permadi B. (1992) menyebutkan bahwa hirarki adalah alat yang paling mudah untuk memahami masalah yang kompleks dimana masalah tersebut diuraikan kedalam elemen-elemen yang bersangkutan, menyusun elemen-elemen tersebut secara hirarki dan akhirnya melakukan penelitian atas elemen-elemen tersebut sekaligus menentukan keputusan apa yang akan diambil. Proses penyusunan elemen-elemen hirarkis dengan pengelompokan elemen-elemen dalam komponen yang sifatnya homogen dan menyusun komponen tersebut dalam hirarki yang tepat.

Berdasarkan atas bentuknya, hirarki dapat dibagi menjadi bentuk hirarki linier dan bentuk hirarki nonlinier.

1. Bentuk Hirarki Linier

Bentuk hirarki linier disusun dengan menempatkan elemen terpenting pada level hirarki bagian teratas. Elemen terpenting tersebut merupakan elemen yang dapat mempengaruhi elemen-elemen lain pada level di bawahnya. Sedangkan elemen dengan level paling bawah merupakan elemen yang

sifatnya *dependent* karena kedudukannya sangat dipengaruhi oleh elemen-elemen lain yang ada pada level-level di atasnya.

2. Bentuk hirarki *non linier*

Bentuk hirarki *non linier* memiliki hubungan lebih dari satu arah. Pada jenis hirarki seperti ini tidak dapat diketahui mana elemen terpenting dengan level hirarki teratas dan mana elemen dengan level hirarki yang berada terbawahnya.

Berdasarkan atas jenisnya, hirarki secara umum dapat dibagi menjadi jenis hirarki struktural dan jenis hirarki fungsional.

1. Jenis hirarki struktural

Jenis hirarki struktural menguraikan masalah yang kompleks menjadi bagian-bagiannya atau elemen-elemennya menurut ciri atau besaran tertentu seperti jumlah, bentuk, ukuran atau warna.

2. Jenis hirarki fungsional

Jenis hirarki fungsional menguraikan masalah yang kompleks menjadi bagian-bagiannya sesuai dengan hubungan esensinya.

Dalam hirarki struktural hubungan diantara level bukanlah hubungan yang mempengaruhi, melainkan hanyalah hubungan yang didasarkan atas ciri atau besaran tertentu. Sedangkan dalam hirarki fungsional elemen yang berada di atas dapat mempengaruhi elemen yang posisinya berada di bawahnya bila kondisi linier (Permadi B. 1992).

2.7.1 Karakteristik AHP

Permadi B. (1992) menyebutkan bahwa AHP adalah salah satu bentuk model pengambilan keputusan yang pada dasarnya berusaha menutupi semua kekurangan dari model-model sebelumnya. Alat utama dari model ini adalah sebuah hirarki fungsional dengan input utama persepsi manusia.

Layaknya sebuah model pengambilan keputusan, metode AHP memiliki kelebihan dan kekurangan di dalamnya. Kelebihan metode AHP dibandingkan dengan model pengambilan keputusan lainnya antara lain sebagai berikut:

1. Model-model yang sudah ada umumnya memakai data input yang kuantitatif atau berasal dari data sekunder. Model AHP memakai persepsi manusia yang dianggap ahli sebagai input utama. Kriteria ahli disini lebih mengacu kepada orang yang mengerti betul permasalahan yang diajukan.
2. AHP mampu memecahkan masalah yang multi-objektif dan multi-kriteri. Kebanyakan model yang sudah ada memakai *single objective* dengan multi-kriteria. Kelebihan ini disebabkan oleh fleksibilitasnya yang tinggi terutama dalam pembuatan hirarki. Dengan sifat fleksibelnya tersebut, AHP dapat mencakup beberapa tujuan dan kriteria sekaligus dalam sebuah model atau hirarki. Model tersebut bisa juga memecahkan masalah yang mempunyai tujuan-tujuan dan kriteria-kriteria yang saling berlawanan dalam suatu model.

Disamping kelebihan tentu saja AHP mempunyai kekurangan, kekurangan tersebut antarlain sebagai berikut:

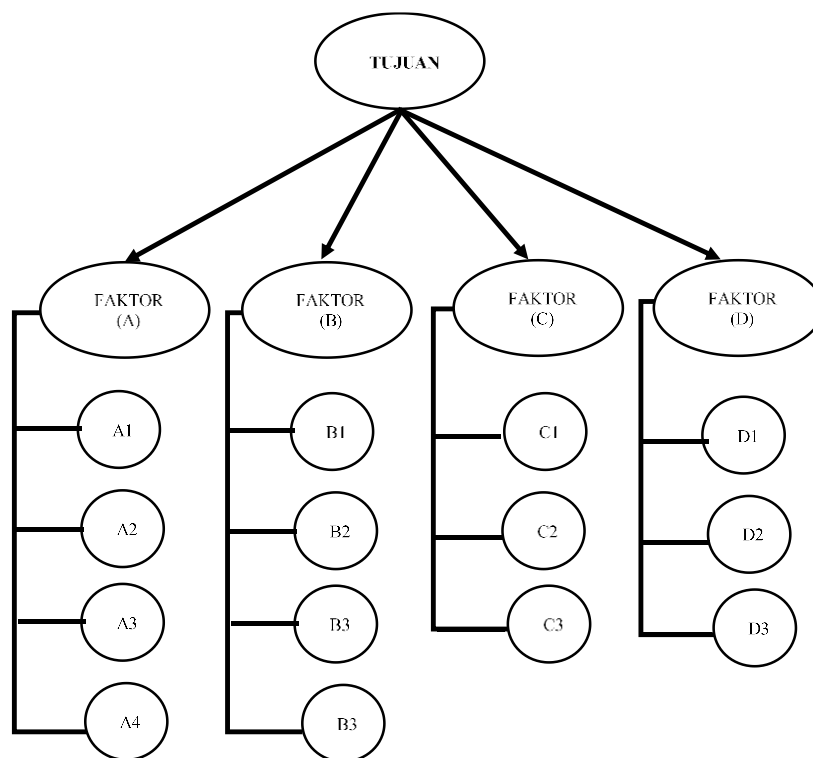
1. Ketergantungan model ini terhadap input berupa persepsi dari seorang ahli sangat besar. Hasil akhir model tidak akan maksimal apabila penilaian yang diberikan keliru. Ditambah dengan belum adanya kriteria yang jelas untuk seorang ahli yang diperlukan dalam memberikan persepsi.
2. Bagi para pengambil keputusan yang terbiasa dengan model-model kuantitatif akan menganggap bahwa bentuk model AHP yang sederhana bukanlah model yang cocok untuk pengambilan keputusan. Anggapan bahwa model yang sederhana tidak mencakup seluruh perhitungan akan mengurangi keakuran dari hasil perhitungan.

2.7.2 Prinsip-prinsip Dasar AHP

Dalam menyelesaikan suatu persoalan dengan menggunakan AHP, ada prinsip-prinsip dasar dalam AHP yang harus dipahami dalam penggunaannya. Prinsip-prinsip dasar tersebut anatara lain sebagai berikut:

1. *Decomposition* (Dekomposisi)

Decomposition adalah memecahkan atau membagi masalah yang utuh menjadi unsur-unsurnya ke bentuk hirarki proses pengambilan keputusan, setiap unsur atau elemen saling berhubungan. Untuk mendapatkan hasil yang akurat, pemecahan dilakukan terhadap unsur-unsur sampai tidak mungkin dilakukan pemecahan lebih lanjut, sehingga didapatkan beberapa tingkatan dari persoalan yang hendak dipecahkan. Struktur hirarki keputusan tersebut dapat dikategorikan sebagai *complete* dan *incomplete*. Suatu hirarki keputusan disebut *complete* jika semua elemen pada suatu tingkat memiliki hubungan terhadap semua elemen yang ada pada tingkat berikutnya, sementara hirarki keputusan *incomplete* merupakan kebalikannya.



Sumber : Saaty (1986)

Gambar 2.1 Bentuk Hirarki

2. *Comparative Judgement* (Perbandingan Penilaian/Perbandingan)

Comparative judgement dilakukan dengan penilaian tentang kepentingan relatif dua elemen pada suatu tingkat tertentu dalam kaitannya dengan tingkatan di atasnya. Penilaian ini merupakan inti dari AHP karena akan berpengaruh terhadap

urutan prioritas dari elemen-elemennya. Hasil dari penilaian ini lebih mudah disajikan dalam bentuk matriks *pairwise comparisons* yaitu matriks perbandingan berpasangan memuat tingkat preferensi beberapa alternatif untuk tiap faktor atau kriteria. Skala preferensi yang digunakan yaitu skala 1 yang menunjukkan tingkat yang paling rendah (*equal importance*) sampai dengan skala 9 yang menunjukkan tingkatan paling tinggi (*extreme more importance*).

3. *Synthesis of Priority* (Sintesa Prioritas)

Synthesis of priority dilakukan dengan menggunakan *eigen vector method* untuk mendapatkan bobot relatif bagi unsur-unsur pengambilan keputusan.

4. *Logical Consistency* (Konsistensi Logika)

Logical consistency dilakukan dengan mengagregasikan seluruh *eigen vector* yang diperoleh dari berbagai tingkatan hirarki dan selanjutnya diperoleh suatu *composite vector* tertimbang yang menghasilkan urutan pengambilan keputusan.

2.7.3 Penyusunan Prioritas

Setiap elemen yang terdapat dalam hirarki harus diketahui bobot relatifnya satu sama lain. Elemen dengan bobot paling tinggi adalah pilihan yang layak untuk dipertimbangkan. Setiap elemen harus dilakukan perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*), dengan membandingkan setiap elemen dengan elemen lainnya pada tingkat hirarki secara berpasangan. Perbandingan yang dilakukan bersifat kualitatif, untuk mempermudah perbandingan digunakan skala penilaian sehingga akan diperoleh nilai pendapat dalam bentuk angka (kualitatif). Menurut Saaty (1986) untuk berbagai permasalahan skala 1 sampai dengan 9 merupakan skala terbaik dalam mengkualitatifkan pendapat, dengan akurasinya berdasarkan nilai RMS (*Root Mean Square Deviation*) dan MAD (*Median Absolute Deviation*). Nilai dan definisi pendapat kualitatif dalam skala perbandingan Saaty dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Skala Matrik Perbandingan Berpasangan

Penilaian	Definisi	Penjelasan
1	Elemen yang sama pentingnya dibanding dengan elemen yang lain (<i>Equal importance</i>)	Kedua elemen menyumbang sama besar pd sifat tersebut.
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari pada elemen yg lain (<i>Moderate more importance</i>)	Pengalaman menyatakan sedikit berpihak pada satu elemen
5	Elemen yang satu jelas lebih penting dari pada elemen lain (<i>Essential, Strong more importance</i>)	Pengalaman menunjukan secara kuat memihak pada satu elemen
7	Elemen yang satu sangat jelas lebih penting dari pada elemen yang lain (<i>Demonstrated importance</i>)	Pengalaman menunjukan secara kuat disukai dan dominannya terlihat dalam praktek
9	Elemen yang satu mutlak lebih penting dari elemen yang lain (<i>Absolutely more importance</i>)	Pengalaman menunjukan satu elemen sangat jelas lebih penting
2, 4, 6, 8	Apabila ragu-ragu antara dua nilai ruang berdekatan (<i>grey area</i>)	Nilai ini diberikan bila diperlukan kompromi

Sumber : Saaty (1986)

Misalkan terdapat sub sistem hirarki dengan faktor atau kriteria C dan sejumlah n alternatif dibawahnya A_1 sampai A_n . Perbandingan antar alternatif untuk sub sistem hirarki itu dapat dibuat dalam bentuk matriks $n \times n$, seperti berikut.

Tabel 2.2 Matriks Perbandinga Berpasangan

C	A_1	A_2	...	A_n
A_1	α_{11}	α_{12}	...	α_{1n}
A_2	α_{21}	α_{22}	...	α_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots	...	\vdots
A_m	α_{m1}	α_{m2}	...	α_{mn}

Nilai α_{11} adalah nilai perbandingan elemen A_1 (baris) terhadap A_1 (kolom) yang menyatakan hubungan :

1. Seberapa jauh tingkat kepentingan A_1 (baris) terhadap kriteria C dibandingkan dengan A_1 (kolom) atau

2. Seberapa jauh dominasi A_I (baris) terhadap A_I (kolom), atau
3. Seberapa banyak sifat kriteria C terdapat pada A_I (baris) dibandingkan dengan A_I (kolom).

2.7.4 *Eigen Vector dan Eigen Value*

Eigen vector dan *eigen value* dilakukan setelah memasukkan persepsinya atau penilaian untuk setiap perbandingan antara faktor atau kriteria yang berada dalam satu level atau yang dapat diperbandingkan. Untuk mengetahui kriteria mana yang paling disukai atau paling penting, disusun sebuah matriks perbandingan disetiap level. Untuk melengkapi pembahasan mengenai *Eigen vector* dan *eigen value*, akan diberikan definisi-definisi terlebih dahulu mengenai matriks dan vektor.

1. Matriks

Matriks adalah sekumpulan elemen berupa angka/symbol tertentu yang tersusun dalam baris dan kolom berbentuk persegi. Suatu matriks biasanya dinotasikan dengan huruf kapital. Misalkan terdapat sebuah bentuk matriks A ditulis seperti berikut:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \end{bmatrix}$$

Pada notasi elemen matriks, angka sebelah kiri adalah informasi baris sedangkan angka di kanan adalah informasi kolom, contoh a_{23} berarti nilai yang diberikan oleh baris ke dua dan kolom ke tiga. Jika informasi baris dinotasikan dengan m dan informasi kolom dengan n maka ordo atau ukuran matriks tersebut adalah $m \times n$. Matriks dikatakan bujur sangkar (*square matrix*) jika dan skalar-skalanya berada di baris ke- i dan kolom ke- j yang disebut (ij) matriks entri.

2. Vektor dari n dimensi

Suatu vektor dengan n dimensi merupakan suatu susunan elemen-elemen yang teratur berupa angka-angka sebanyak n buah. Penyusunan baris dari kiri ke kanan (disebut vektor baris atau *Row Vector* dengan ordo $1 \times n$), sedangkan untuk penyusunan kolom dari atas ke bawah (disebut vektor kolom atau *Column Vector*

dengan ordo $n \times 1$). Himpunan semua vektor dengan n komponen dengan entri riil dinotasikan dengan R^n .

3. *Eigen Value dan Eigen Vector*

Jika A adalah suatu matrik dengan ordo $n \times n$ maka vektor tak nol dalam R^n dinamakan *eigen vector* dari A jika Ax kelipatan dari skalar λ , yakni:

$$Ax = \lambda x$$

Skalar λ dinamakan *eigen value* dari A , sedangkan x dikatakan *eigen vektor* yang bersesuaian dengan λ . Untuk mencari *eigen value* dari matriks A yang berukuran $n \times n$ maka dapat ditulis pada persamaan berikut:

$$Ax = \lambda x$$

Atau secara ekuivalen dapat ditulis

$$(\lambda I - A)x = 0$$

Agar λ menjadi eigen value, maka harus ada pemecahan tak nol dari persamaan ini. Akan tetapi, persamaan diatas akan mempunyai pemecahan tak nol jika dan hanya jika:

$$\det(\lambda I - A) = 0$$

Ini dinamakan persamaan karakteristik A , skalar yang memenuhi persamaan ini adalah *eigen value* dari A .

Bila diketahui bahwa nilai perbandingan elemen A_i terhadap elemen A_j adalah α_{ij} , maka secara teoritis matriks tersebut berciri positif berkebalikan, yakni $\alpha_{ij} = \frac{1}{\alpha_{ji}}$. Bobot yang dicari dinyatakan dalam vektor $\omega = (\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_n)$. Nilai ω_n menyatakan bobot kriteria A_n terhadap keseluruhan set kriteria pada sub sistem tersebut.

Jika α_{ij} mewakili derajat kepentingan i terhadap faktor j dan α_{jk} menyatakan kepentingan dari faktor j terhadap faktor k , maka agar keputusan menjadi *konsisten*, kepentingan I terhadap k harus sama dengan α_{ij} , α_{jk} atau jika $\alpha_{ik} = \alpha_{ij} \alpha_{jk}$ untuk semua i, j, k maka matriks tersebut konsisten. Untuk suatu matriks konsisten dengan vektor, maka elemen dapat ditulis menjadi:

$$\alpha_{ij} = \frac{\omega_i}{\omega_j}; \quad \forall i, j = 1, 2, 3, \dots, n \dots \dots \dots (2-1)$$

Jadi matriks konsisten adalah :

$$\alpha_{ij}, \alpha_{jk} = \frac{\omega_i}{\omega_j} \cdot \frac{\omega_j}{\omega_k} = \frac{\omega_i}{\omega_k} = \alpha_{ik} \dots\dots\dots (2-2)$$

Seperti yang di uraikan di atas, maka untuk matriks pairwise comparison diuraikan seperti berikut ini:

$$\alpha_{ij} = \frac{\omega_j}{\omega_i} \cdot \frac{1}{\frac{\omega_i}{\omega_j}} = \frac{1}{\omega_{ij}} \dots\dots\dots (2-3)$$

Dari persamaan tersebut di atas dapat dilihat bahwa:

$$\alpha_{ji} = \frac{\omega_i}{\omega_j} = 1 \quad \forall i, j = 1, 2, 3, n \dots\dots\dots (2-4)$$

Dengan demikian untuk matriks pairwise comparison yang konsisten menjadi:

$$\sum_{j=1}^n \alpha_{ij} \cdot \omega_{ij} \cdot \frac{1}{\omega_{ij}} = n; \quad \forall i, j = 1, 2, 3, \dots n \dots\dots\dots (2-5)$$

$$\sum_{j=1}^n \alpha_{ij} \cdot \omega_{ij} = n\omega_{ij}; \quad \forall i, j = 1, 2, 3, \dots n \dots\dots\dots (2-6)$$

Persamaan di atas ekivalen dengan bentuk persamaan matriks di bawah ini:

$$A \cdot \omega = n \cdot \omega \dots\dots\dots (2-7)$$

Dalam teori matriks, formulasi ini menyatakan bahwa ω adalah eigen vector dari matriks A dengan eigen value n . Perlu diketahui bahwa n merupakan dimensi matriks itu sendiri. Dalam bentuk persamaan matriks dapat ditulis sebagai berikut:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{\omega_1}{\omega_1} & \frac{\omega_1}{\omega_2} & \dots & \frac{\omega_1}{\omega_n} \\ \frac{\omega_2}{\omega_1} & \frac{\omega_2}{\omega_2} & \dots & \frac{\omega_2}{\omega_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\omega_n}{\omega_1} & \frac{\omega_n}{\omega_2} & \dots & \frac{\omega_n}{\omega_n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \vdots \\ \omega_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \vdots \\ \omega_n \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2-8)$$

Akan tetapi, pada prakteknya tidak dapat dijamin bahwa:

$$\alpha_{ij} = \frac{\alpha_{ij}}{\alpha_{jk}} \dots\dots\dots (2-9)$$

Salah satu faktor penyebabnya yaitu karena unsur manusia (decision maker) tidak selalu dapat konsisten mutlak (absolute consistent) dalam mengekspresikan preferensinya terhadap elemen-elemen yang dibandingkan. Dengan kata lain,

bahwa judgement yang diberikan untuk setiap elemen persoalan pada suatu level hirarki dapat saja inconsistent jika:

- a. Jika $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$, adalah bilangan – bilangan yang memenuhi persamaan:

$$Ax = \lambda x \dots\dots\dots (2-10)$$

Dengan eigen value dari matriks A dan jika $a_{ii} = 1; i = 1, 2, 3, \dots, n$; maka dapat ditulis :

$$\sum \lambda_i = n \dots\dots\dots (2-11)$$

Miasalkan suatu matriks pair wise comparison memenuhi kaidah konsistensi seperti pada persamaan 2, maka perkalian elemen matriks sama dengan satu.

$$A = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \text{ maka } A_{21} = \frac{1}{A_{12}} \dots\dots\dots (2-12)$$

Eigen value dari matriks A sebagai berikut:

$$Ax - \lambda x = 0$$

$$(Ax - \lambda I)x = 0$$

$$|Ax - \lambda I| = 0 \dots\dots\dots (2-13)$$

Persamaan 13 jika diuraikan akan menjadi sebagai berikut:

$$\begin{vmatrix} A_{11} - \lambda & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} - \lambda \end{vmatrix} = 0 \dots\dots\dots (2-14)$$

Dari Persamaan 14 jika diuraikan kembali untuk mencari nilai eigen value maksimum (λ_{max}) maka didapat:

$$(1-\lambda)^2 - 1 \dots\dots\dots$$

$$1 - 2\lambda + \lambda^2 - 1 \dots\dots\dots$$

$$\lambda^2 - 2\lambda \dots\dots\dots$$

$$\lambda(\lambda - 2) \dots\dots\dots$$

$$\lambda_1 = 0 \quad ; \quad \lambda_2 = 2$$

Dengan demikian matrik pada Persamaan 12 merupakan matriks yang konsisten, dengan nilai λ_{max} sama dengan ordo matriksnya. Jadi untuk $n > 2$, maka semua harga eigen value–nya sama dengan nol dan hanya ada satu eigen value yang sama dengan n (konstan dalam kondisi matriks konsisten).

- b. Bila ada perubahan kecil dari elemen matriks maka a_{ij} eigen value–nya akan berubah semakin kecil pula.

2.7.5 Uji konsistensi Indeks dan Rasio

Salah satu asumsi utama model AHP yang membedakan dengan model-model pengambil keputusan lain adalah tidak terdapatnya syarat konsistensi mutlak. Dasar dari teori utilitas manusia berangkat dari konsep *transitivity* dimana konsistensi 100% merupakan syarat mutlak. Keputusan manusia sebagian didasari logika dan sebagian lagi didasari pada unsur-unsur yang bukan logika seperti perasaan, pengalaman dan intuisi, maka sudah sepantasnyalah kalau suatu model pengambilan keputusan tidak menuntut syarat konsistensi 100% secara mutlak.

Dengan model AHP yang memakai persepsi manusia sebagai *input*, maka ketidak konsistenan itu mungkin terjadi seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Manusia mempunyai keterbatasan dalam menyatakan persepsi secara konsisten terutama jika harus membandingkan banyak elemen.

Pengukuran konsistensi dari suatu matriks itu sendiri didasarkan atas *eigen value* maksimum. Saaty telah membuktikan bahwa indeks konsistensi dari matriks berordo n dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{(n-1)} \dots\dots\dots (2-15)$$

Keterangan :

CI = Rasio penyimpangan (deviasi) konsistensi (*consistency index*)

λ_{maks} = Nilai terbesar dari matriks berordo n

n = Ordo matriks

Matriks *pairwise comparison* konsisten jika CI bernilai 0. Batas ketidak konsistenan (*inconsistency*) yang telah ditetapkan oleh Saaty ditentukan dengan menggunakan Rasio Konsistensi (CR), yaitu perbandingan indeks konsistensi dengan nilai Random Indeks (RI) yang didapatkan dari suatu eksperimen oleh *Oak Ridge National Laboratory* kemudian dikembangkan oleh *Wharton School* dan diperlihatkan seperti pada Tabel 2.3. Nilai ini bergantung pada ordo matriks n . Dengan demikian, Rasio Konsistensi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots\dots\dots (2-16)$$

Keterangan :

CR = Rasio Konsistensi

RI = Indeks Konsistensi.

Tabel 2.3 Nilai Random Indeks (RI)

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Ketidak konsistenan pendapat dari responden masih dapat diterima jika hasil matriks *pairwise comparison* dengan nilai $CR < 10\%$, sehingga penilaian tidak perlu diulang.

2.8 Studi Terdahulu

Penelitian yang *relevan* dengan sebelumnya yang pernah dilakukan adalah untuk dapat membandingkan hasil dari penelitian yang dilakukan terkait metode, topik penelitian dan hasil yang didapatkan. Berikut ini adalah beberapa studi mengenai kajian yang pernah dilakukan diantaranya :

No	Peneliti	Judul	Hasil Penelitian
1	Bambang E. Yuwono 2008	Faktor Penentu Kesuksesan Proyek Rancang Bangun	Mengetahui factor penentu kesuksesan dari kegiatan konstruksi rancang bangun adalah dari sisi manajerial Tim, serta adanya simbiosis komunikasi antara Tim rancang bangun dan <i>Owner</i> .
2	Leonard (2010)	Pengaruh proses Perencanaan Berdasarkan PMBOK 2004 Pada Jasa Konstruksi Terhadap Kinerja Waktu, Pada PT.X	Mengetahui Tingkat Risiko dari perencanaan dalam jasa konstruksi yang berpengaruh terhadap kinerja waktu pelaksanaan konstruksi.

No	Peneliti	Judul	Hasil Penelitian
3	Toni Alam (2011)	Identifikasi Faktor-Faktor Risiko Proyek Rancang Bangun (<i>Design And Build</i>) Pada Pt. Xyz Yang Berpengaruh Terhadap Kinerja Waktu (2011)	Melakukan identifikasi faktor-faktor risiko yang harus diantisipasi Pemberi Kerja dalam penyelenggaraan pekerjaan rancang bangun (<i>Design & Build</i>) yang memiliki pengaruh dan korelasi kuat terhadap kinerja waktu.
4	Asri Nurdiana, dkk (2011)	Aplikasi Manajemen Resiko Dari Persepsi Para <i>Stakeholders</i> (Studi Kasus Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang-Solo Seksi I Ruas Tembalang-Gedawang	penelitian ini adalah untuk menganalisis aplikasi manajemen resiko pada proyek pembangunan jalan tol dari persepsi para stakeholders yang ada, dan Mengetahui manajemen resiko pada proyek jalan tol secara komprehensif/ menyeluruh menurut sudut pandang para <i>stakeholders</i> .
5	Mastura Labombang (2012)	Pengelolaan Risiko Pada pelaksanaan Jalan Perkerasan Lentur PT X Dalam Rangka Meningkatkan Kinerja Mutu Proyek	Identifikasi risiko yang yang berpengaruh terhadap kinerja mutu pelaksanaan suatu proyek jalan dan upaya pengelolaan risiko yang terjadi serta mengantisipasi dampak dan kekurangan yang

No	Peneliti	Judul	Hasil Penelitian
			dihadapi dalam upaya peningkatan mutu proyek dapat terjaga.
6	Manlian Ronald A Simanjuntak (2018)	Kajian Faktor-Faktor Peran Manajemen Konstruksi pada Tahapan Pekerjaan <i>Design and Build</i> Ditinjau dari Aspek Regulasi	Mengetahui Peran dan tanggung jawab konsultan perencanaan dalam tahap perencanaan <i>Design</i> dan mengetahui peran manajemen konstruksi dalam proses Pekerjaan <i>Design And Build</i> .
7	Gunarso dkk. (2018)	Analisis Resiko Tahap <i>Engineering Design</i> Pada Pembiayaan Pekerjaan Konstruksi Proyek Epc	Mengetahui variabel resiko yang berpengaruh pada proses engineering terhadap biaya.