

www.itk.ac.id

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Bab Tinjauan Pustaka berisi teori dasar dan tinjauan pustaka dari penelitian-penelitian terdahulu yang dapat dijadikan referensi maupun acuan dalam melaksanakan penelitian dan teori yang digunakan dalam penelitian.

2.1 Galangan

Galangan adalah sebuah industri dimana terjadinya proses perubahan dari material (baja, *fiberglass*, kayu, dll) menjadi *output* yang bisa berupa kapal, bangun lepas pantai dan bangunan apung (Stroch, 1995). Memiliki lahan dan *water form* menjadi sebuah keseharusan untuk galangan, karena membangun atau memperbaiki kapal perlu adanya tempat. Berdasarkan pekerjaan yang dilakukan dapat dibagi menjadi 3, yaitu (Andreasson, 1980):

a. Galangan untuk bangunan baru

Galangan jenis ini galangan yang membangun kapal baru sesuai dengan permintaan *owner*. Proses produksi jumlah pekerjaannya lebih sedikit dibandingkan dengan banyaknya pekerja, hal ini menjadikan galangan tidak efisien, maka diperlukan strategi khusus agar galangan kapal baru tetap berjalan.

b. Galangan khusus reparasi

Galangan jenis ini mengerjakan perawatan perbaikan kapal, baik *annualrepair* maupun *specialrepair*.

c. Galangan bangunan baru dan reparasi

Galangan jenis ini memiliki pekerjaan ganda, bukan hanya melakukan pembuatan kapal baru saja tapi juga melakukan perawatan/perbaikan pada kapal.

Product Oriented atau *Job Shops Production* termasuk dalam klasifikasi akhir dari produk industri galangan. Produk ini sering juga disebut dengan *job order* atau bekerja berdasarkan permintaan. Jumlah produksi dihasilkan sering kali rendah dan umumnya digunakan untuk memenuhi pesanan yang tertentu dan karenanya banyak pekerjaan yang harus dilakukan.

2.2 Proses Produksi Kapal

Proses pembangunan perlu ditentukan secara rasional dan disesuaikan dengan sarana produksi yang tersedia di galangan, agar memastikan tercapainya proses pembangunan pada

waktu yang telah ditetapkan dan mendapatkan kualitas produksi yang diharapkan. Urutan proses pembangunan tidak akan lepas dari tahapan proses berikut (Andjar and Soejitno, 1996):

2.2.1 Persiapan Produksi

Persiapan produksi menjadi tahapan awal yang harus dilakukan sebelum melakukan proses produksi. Tujuannya dari tahapan ini untuk mengatur keadaan sehingga pada waktu yang ditentukan, pekerjaan dalam pembangunan kapal dapat dilaksanakan. Adapun tahapan pada ruang lingkup ini ialah:

1. Dokumen yang meliputi gambar dan *list* material, sebagai bentuk perkiraan kebutuhan tenaga kerja saat memperkirakan kebutuhan material.
2. Tenaga kerja yang terkait dengan kualifikasi dan jumlah tenaga kerja serta pekerjaan lain.
3. Material yang dipersiapkan perlu adanya pertimbangan, misalnya seperti stok atau keadaan di gudang, penggunaan material untuk pekerjaan sekarang, pembelian/pemesanan material dari luar (waktu dan jumlah).
4. Fasilitas untuk produksi meliputi, kemampuan bengkel produksi, kapasitas mesin, alat angkat dan angkut yang tersedia (kapasitas, jumlah, dan tempat) serta keadaan *building berth*.

2.2.2 Mould Loft

Mould Loft merupakan gambar dengan skala yang sebenarnya digunakan untuk membuat mal/tanda pada gambar produksi siap pakai. Adapun tugas dari *modul loft* secara singkatnya sebagai berikut:

1. Mengolah permasalahan melalui gambar dengan skala tertentu menjadi skala 1:1 dan membuat gambar dari *production drawing* menjadi gambar sebenarnya.
2. Membuat mal
3. Membuat gambar kerja

2.2.3 Fabrikasi

Fabrikasi menjadi tahap awal proses produksi komponen kapal yang siap dilas menjadi blok-blok kapal pada tahap berikutnya. Adapun tahapan pada proses fabrikasi sebagai berikut:

a. *Marking*

Marking adalah pemberian nama, nomor dan gambar detail suatu gambar produksi yang nantinya akan dicetak diatas pelat sebelum dilakukan pemotongan sesuai dengan model yang dikerjakan. Diperlukan pemeriksaan *marking* dan ukuran yang dilakukan oleh *QC* (*Quality Control*) sebelum dilakukannya perjaan selanjutnya, agar ketepatannya lebih terjamin untuk menghindari kesalahan dalam pemotongan.

b. *Cutting*

Cutting adalah pekerjaan pemotongan yang merupakan kelanjutan dari pekerjaan *marking*. Pelat yang sudah ditandai, harus diukur dan dipotong secara sejajar (*parallel*) dan bersiku (*angular*). Tepi pelat harus disiapkan untuk dilas (*welding*) begitupun lubang (*holes*) harus dipotong. Proses pemotongan ini dilakukan dengan menggunakan mesin potong, mesin pelubang, mesin shaping khusus. Saat ini, beberapa galangan sudah memasang/menempatkan *shears* untuk *parallel cutting* dan *edge* sekaligus untuk memotong *brackets*. *Mechanical cutting* adalah cara termurah untuk tiap *running* meternya. Kebanyakan galangan hanya menggunakan metode gas *cutting*, selain dengan manual, pembakar semi-otomatis kecil, atau mesin otomatis. Produktivitas saat ini membutuhkan proses pemotongan pelat dengan mesin *automatic gas cutting* dengan *multiple heads*. *Steering* dari mesin ini dilakukan dengan meng-copy foto atau gambar dengan skala 1:10. Biasanya, pelat diangkut ke bawah *cutting heads* dengan *rollers*. Yang paling mudah dari mesin ini hanya perlu melakukan *parallel* dan *angle cutting*, termasuk ujung/tepi pelat. Potongan-potongan yang sudah siap dan pelat yang sudah ditandai, disimpan pada penyimpanan sementara pada *plateshop*. Untuk pelat dalam jumlah besar; *flat bottom* and *double bottom*, *deck*, *sides*, *bulkheads*, dll; biasanya: untuk semua pelat datar (*flat*) yang akan dilas (*welding*) bersama menjadi bagian yang lebih besar pada *flat sections*, penandaan (*marking*) pada proses ini dibatasi hanya pada proses penomoran (*numbering*) berdasarkan pada perlakuan dan tempat. (*Ship Building Technology*)

c. *Bending dan Rolling*

Bending dan Rolling adalah pekerjaan pembentukan dan pengerolan pelat. Proses pembengkokan atau pembentukan pelat dilakukan dengan menggunakan mesin *bending* sampai didapatkan bentuk sesuai dengan gambar. Untuk pelat yang tebal di bending dengan menggunakan *roll bending machine*, sedangkan untuk pelat – pelat yang tebal digunakan *press bending machine*. Untuk potongan pelat dengan ukuran kecil dan memerlukan proses lebih lanjut dengan bentuk tertentu, maka diperlukan mesin tertentu pula, yaitu: mesin *rolling* dan bending dan alat penekan. Ada beberapa material yang perlu dibentuk atau *bending* pada kondisi tertentu, seperti dalam keadaan dingin, contohnya: *bow-plate*, *bilge strake*, *stern plates*. Beberapa hal harus diperhatikan pada *marking* pemanjangan atau penyusutan material selama proses *cold-forming*. Kebanyakan, mesin *bending* harus diprioritaskan dibandingkan dengan mesin *rolling*. Hanya beberapa pelat yang biasanya menerima perlakuan *hot-formed* under *presses* dan di atas pelat panas. Sebagai contoh: pelat untuk *bulb-bow* atau beberapa *stern-plate*.

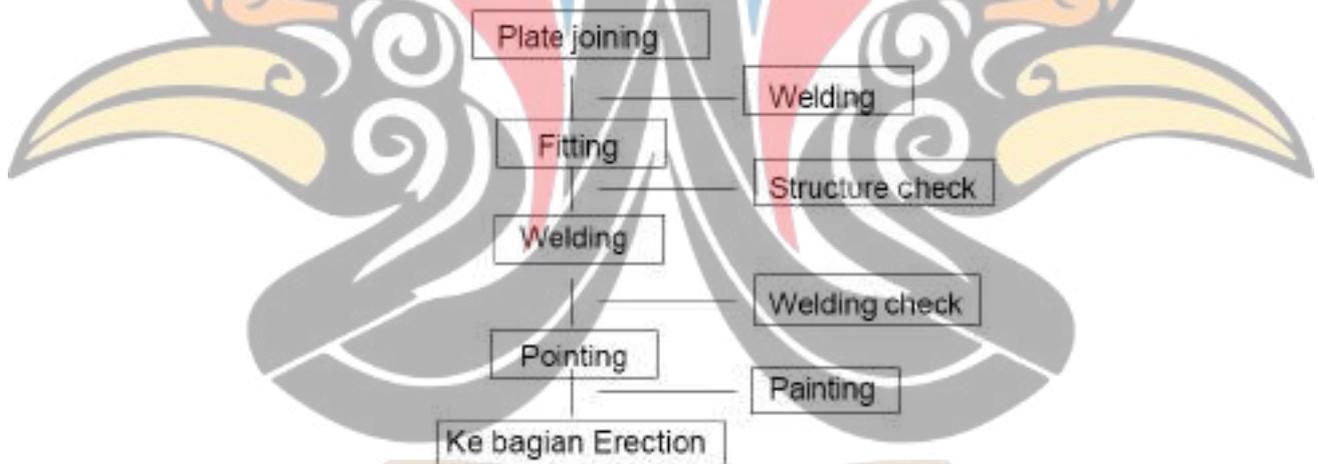
Konstruksi dan *ship-lines* yang sesuai dapat mencegah *hot forming*, atau memungkinkan juga bila beberapa bagian telah khusus dibuat untuk bagian tertentu. Setelah *forming*, pelat dibawa ke penyimpanan sementara atau *preassembly area*. (*Ship Building Technology*)

2.2.4 Sub Assembly

Sub Assembly merupakan proses penggabungan komponen – komponen dari bengkel fabrikasi menjadi blok – blok kecil (*part assembly*). Komponen – komponen tersebut masih berupa pelat dengan potongan lurus (*parallel*) maupun tidak lurus (*nonparallel*), pelat yang telah dilengkungkan dan lainnya seperti bagian pipa.

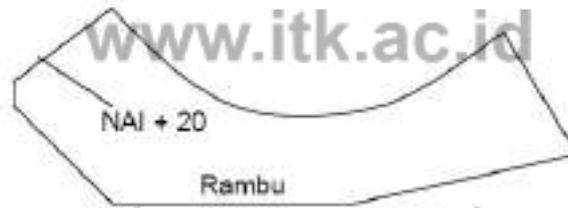
2.2.5 Assembly

Proses *assembly* adalah proses penggabungan *part assembly* yang telah selesai di bagian *sub assembly* menjadi sebuah blok. Blok yang dibangun diperhitungkan beratnya sesuai dengan kemampuan *craine*. Dari seluruh pekerjaan dibagian *assembly* akan diadakan pemeriksaan oleh badan berwenang diperusahaan galangan maupun oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Adapun prosedur pemeriksaan sebagai berikut:

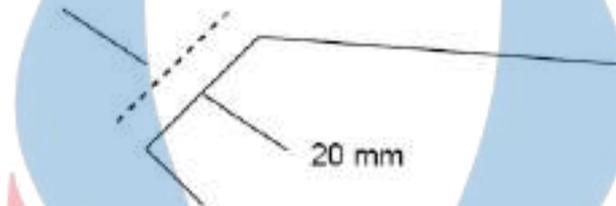


Gambar 2.1 Alur prosedur pemeriksaan pada tahap *assembly*

Akibat pengelasan akan timbul penarikan (deformasi) biasanya deformasi ini yang diukur adalah antara *stiffener* dengan *stiffener* atau antara penguat satu dengan penguat lainnya missal jarak antara *deck girder* jarak perubahan maksimum 0,6 cm harus dilakukan perbaikan (biasanya pemanasan). Tanda untuk margin (cadangan), margin/cadangan adalah kelebihan pelat yang diberikan pada setiap sambungan *block* atau sambungan-sambungan lain yang dianggap perlu umumnya ditulis + 20 + 30 + 10 dan sebagainya. Dimana pada rambunya sendiri (*dari mould loft*) hanya ditulis sebagai berikut :



Gambar 2.2 Rambu pada *mould loft* yang diberi kelebihan



Gambar 2.3 *Marking* yang diberi kelebihan +20

2.2.6 Erection

Pada tahap *erection*, blok – blok badan kapal yang telah selesai dibuat di bengkel *assembly* digabung di *building berth* sehingga menjadi sebuah kapal utuh. Jenis – jenis pekerjaan yang dilakukan pada tahap ini adalah :

1. *Preparation*, meliputi pekerjaan pemasangan kupingan, *guide plate*, *marking* dan pemasangan papan - papan pranca.
2. *Adjusting*, meliputi pekerjaan *leveling*, atau penyamaan, *cutting of allowance*.
3. *Fitting* atau penyetelan dimana pada pekerjaan ini dibutuhkan peralatan seperti gerinda, gajung dan lain-lain, serta dilaksanakan pekerjaan *heating* untuk menghilangkan deformasi atau tegangan sisa setelah terjadi pengelasan.
4. *Welding*, atau proses pengelasan.

2.3 Cut Material Order

Dalam metode *cut material order*, galangan akan menghitung kebutuhan pelat, setelah dikalkulasikan galangan memesan material ke *supplier* di wilayah yang akan dipilih. Kemudian *supplier* akan mengirim material ke bengkel potong. Pelat kemudian dipotongi sesuai dengan gambar rencana potongan menjadi komponen pembentuk gading. Setelah selesai dalam pemotongan, komponen tersebut dikemas sesuai dengan penomorannya kemudian dikirim ke galanga. Material yang tiba digalangan berupa komponen gading kemudian dirakit dalam proses fabrikasi dan seterusnya (Prambada, 2014). Metode ini digunakan sebagai penghemat biaya pengadaan material, khususnya material pelat. Biaya material dan biaya untuk pengiriman

pada metode ini lebih kecil sedangkan biaya pemotongannya lebih besar. Secara keseluruhan, metode *cut material orde* lebih ekonomis jika dibandingkan dengan metode yang dilakukan saat ini.

2.4 Metode *Outsourcing*

Istilah *outsourcing* dari kata “*out*” dan “*source*” yang berarti sumber dari luar, merupakan pendekatan manajemen yang memberikan kewenangan pada sebuah agen luar (pihak ketiga) untuk bertanggung jawab terhadap proses atau jasa yang sebelumnya dilakukan oleh perusahaan. Bisa juga didefinisikan sebagai membeli barang atau jasa yang sebelumnya disediakan secara internal (Franceschini et al., 2003). Ada dua faktor pokok dalam proses *outsourcing*, yakni “*outsourced*” dan “*outsourcer*”. Yang pertama menunjuk pada perusahaan yang menyerahkan pekerjaan, yang kedua merupakan perusahaan yang menerima pekerjaan. Sebutan berbeda digunakan oleh Harland et al. (2005) yakni “*outsourcer*” dan “*outsourcee*”. “*Outsourcer*” menunjuk pada perusahaan yang mempunyai wewenang dalam bisnis tersebut, dan “*outsourcee*” merupakan perusahaan yang diberi wewenang mengelolanya.

Menurut Priambada and Eka Maharata, (2008) tipe *outsourcing* dibedakan menjadi dua kelompok yaitu:

1. *Business Process Outsourcing (BPO)*, jika di Indonesia dikenal dengan pemborongan pekerjaan. *Outsourcing* jenis ini mengacu pada hasil akhir yang dikehendaki. Jika sebuah perusahaan manufaktur ingin mengalihkan penjualan produknya pada perusahaan lain, maka pembayaran kompensasinya berupa jumlah unit yang terjual.
2. *Outsourcing Sumber Daya Manusia*. *Outsourcing* ini mengacu pada kebutuhan penyediaan dan pengelolaan sumber daya manusia. Untuk contoh di atas, perusahaan manufaktur akan bekerja sama dengan perusahaan *outsourcing* (vendor) yang memberikan jasa penyediaan dan pengelolaan tenaga penjual. Kompensasi kepada vendor berupa *management fee* sesuai kesepakatan.

2.5 Kriteria Dalam Penentuan Pemilihan Perusahaan *Outsourcing*

Priandoyo (2006) dalam jurnalnya berjudul *Risk management in information technology outsourcing, Proceeding on Information System National Conference* menyatakan bahwa keputusan untuk mengambil *outsourcing* tidak hanya bergantung dengan biaya yang harus dikeluarkan, paling tidak ada empat elemen yang harus diperhatikan saat membuat keputusan, yaitu tingkat layanan dan harga (*Service levels and pricing*), kontrak dan hubungan kerja (*Contract and relationship*), kepuasan pelanggan (*Customer satisfaction*) dan tujuan strategis.

1. Cakupan dari setiap perjanjian *outsourcing* bervariasi dari kebutuhan teknis, tingkat layanan hingga hal-hal non teknis lain. Beberapa isu yang berkembang antara lain:
2. Asuransi, penyedia harus memiliki cukup asuransi atau perlindungan terhadap kerugian kerusakan atau kecelakaan lain.
3. Pemasok pihak ketiga, harus dijelaskan mana yang akan dikerjakan oleh penyedia ataupun mana yang akan dikerjakan pihak ketiga. Informasi ini harus disampaikan pada semua pihak.
4. Lisensi perangkat lunak, saat perangkat lunak yang digunakan disediakan oleh pihak ketiga, lisensi yang sesuai harus didapatkan.
5. Kepemilikan dari informasi, harus dijelaskan siapa yang memiliki data, apakah harus dihapuskan atau tidak.

Menurut Samosir dan Arvianto (2019) dalam identifikasi kriteria memilih perusahaan *outsourcing* perlunya menentukan:

1. Kualitas, sesuatu yang bisa mempertahankan loyalitas konsumen pada perusahaan. Ketika perusahaan mampu menghasilkan barang yang berkualitas, maka konsumen akan loyal terhadap produk tersebut karena pelanggan mendapatkan kepuasan.
2. Biaya, dalam memilih perusahaan *outsourcing* kriteria finansial menjadi pertimbangan utama setiap konsumen. Dalam hal ini kriteria biaya mencakup seluruh faktor yang berkaitan dengan finansial yaitu bahan baku itu sendiri serta biaya pengiriman bahan baku.
3. Ketepatan pengiriman, dalam kriteria ketepatan pengiriman konsumen menilai dari segi pelayanan pengiriman barang, baik dalam ketepatan waktu pengiriman maupun ketepatan jumlah barang yang dikirim. Dalam pengiriman harus dilakukan sesuai pada waktu yang telah ditentukan dan jumlah barang harus tepat sesuai dengan pesanan sehingga tidak mengganggu kelancaran kegiatan operasional.
4. Fleksibilitas, konsumen dapat menilai dari segi kemampuan perusahaan *outsourcing* untuk memenuhi permintaan jika terdapat perubahan jumlah barang dan perubahan waktu pengiriman barang.
5. Responsibilitas, konsumen dapat menilai perusahaan *outsourcing* dalam merespon masalah ataupun permintaan. Merespon masalah dalam pengertian bagaimana perusahaan menanggapi permasalahan-permasalahan yang dikeluhkan oleh konsumen serta bagaimana usaha yang dilakukan oleh perusahaan dalam mengatasi masalah yang dikeluhkan oleh konsumen.

2.6 Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Analytical Hierarchy Process merupakan suatu metode pendukung keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. Model pendukung keputusan ini akan menguraikan masalah multi faktor atau multi kriteria yang kompleks menjadi suatu hierarki.

Menurut Saaty (2008), hierarki didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multilevel dimana level pertama adalah tujuan, yang diikuti level faktor, kriteria, sub kriteria, dan seterusnya hingga level terakhir dari alternatif. *Analytical Hierarchy Process* digunakan sebagai metode pemecahan masalah dibanding dengan metode yang lain karena alasan-alasan berikut:

1. Struktur yang berhierarki, sebagai konsekuensi dari kriteria yang dipilih, sampai pada sub kriteria yang paling dalam.
2. Memperhitungkan validitas sampai dengan batas toleransi inkonsistensi sebagai kriteria dan alternatif yang dipilih oleh pengambil keputusan. Memperhitungkan daya tahan output analisis sensitivitas pengambilan keputusan.
3. Dalam pengambilan keputusan dengan AHP terdapat beberapa langkah-langkah yang perlu diperhatikan, yaitu :
4. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan;
5. Membuat struktur hirarki yang diawali dengan tujuan umum, dilanjutkan dengan kriteria - kriteria, sub kriteria dan alternatif-alternatif pilihan yang ingin diranking;
6. Membentuk matriks perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap masing-masing tujuan atau kriteria yang setingkat di atasnya. Perbandingan dilakukan berdasarkan pilihan atau judgement dari pembuat keputusan dengan menilai tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan elemen lainnya;
7. Menormalkan data, yaitu dengan membagi nilai dari setiap elemen di dalam matriks yang berpasangan dengan nilai total dari setiap kolom;
8. Menghitung nilai eigen vector dan menguji konsistensinya, jika tidak konsisten maka pengambilan data perlu diulang;
9. Mengulangi langkah c, d, dan e untuk seluruh tingkat hierarki;
10. Menghitung nilai eigen vector dari setiap matriks perbandingan berpasangan. Nilai eigen vector merupakan bobot dari setiap elemen. Langkah ini untuk mensintesis pilihan dan penentuan prioritas elemen -elemen pada tingkat hirarki terendah sampai pencapaian tujuan.

11. Menguji konsistensi hirarki. Jika tidak memenuhi dengan $CR \leq 0,100$ maka penilaian harus diulang kembali.

2.7 Prinsip-prinsip Pokok Dalam *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Dalam pengambilan keputusan dengan menggunakan metode AHP (Saaty, 2008) didasarkan 4 prinsip dasar, yaitu :

a. *Decomposition*

Setelah persoalan didefinisikan, tahapan yang perlu dilakukan adalah *decomposition* yaitu memecah persoalan-persoalan yang utuh menjadi unsur-unsurnya. Jika ingin mendapatkan hasil akurat, pemecahan juga dilakukan terhadap unsur-unsurnya sehingga didapatkan beberapa tingkatan dari persoalan tadi. Karena alasan ini maka proses analisis ini dinamakan hirarki. Ada dua jenis hirarki yaitu lengkap dan tak lengkap. Disebut hirarki lengkap jika semua elemen ada pada tingkat berikutnya, jika tidak demikian, hirarki yang terbentuk dinamakan hirarki tidak lengkap.

b. *Comparative Judgement*

Prinsip ini berarti membuat penilaian tentang kepentingan relatif dua elemen pada suatu tingkat tertentu dalam kaitannya dengan kriteria di atasnya. Penilaian ini merupakan inti dari AHP, karena ia akan berpengaruh dalam menentukan prioritas dari elemen-elemen yang ada sebagai dasar pengambilan keputusan. Hasil dari penilaian ini disajikan dalam bentuk matriks yang dinamakan matriks perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*).

Tabel 2.1 Skala Saaty (Saaty, 2008)

Tingkat Kepentingan	Definisi
1	Sama pentingnya dibanding yang lain
3	Moderat pentingnya dibanding yang lain
5	Kuat pentingnya dibanding yang lain
7	Sangat kuat pentingnya dibanding yang lain
9	Ekstrim pentingnya dibanding yang lain
2, 4, 6, 8	Nilai diantara dua penilaian yang berdekatan

c. *Synthesis of Priority*

Dari setiap matriks *pairwise comparison* (perbandingan berpasangan) kemudian dicari *eigenvector* dari setiap matriks perbandingan berpasangan untuk mendapatkan *local priority* karena matriks perbandingan berpasangan terdapat pada setiap tingkat, maka untuk mendapatkan *global priority* harus dilakukan sintesis di antara *local priority*. Prosedur melakukan sintesis berbeda menurut hirarki. Pengurutan elemen-elemen

menurut kepentingan relatif melalui prosedur sintesis dinamakan *priority setting*. *Global priority* adalah prioritas/bobot subkriteria maupun alternatif terhadap tujuan hirarki secara keseluruhan/level tertinggi dalam hirarki. Cara mendapatkan *global priority* ini dengan cara mengalikan *local priority* subkriteria maupun alternatif dengan prioritas dari *parent criterion* (kriteria level di atasnya).

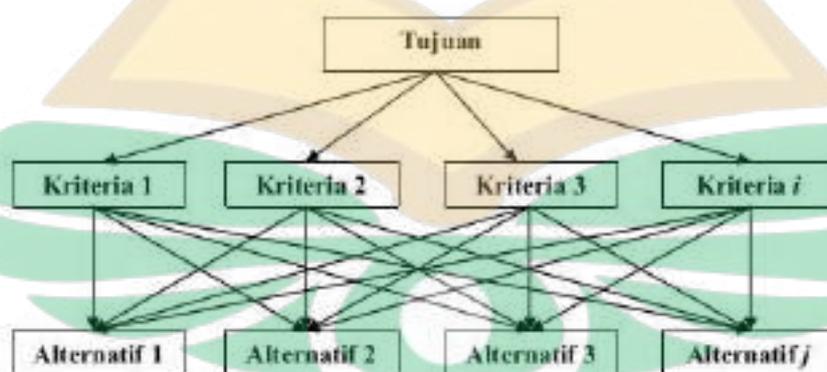
d. *Logical Consistency*

Konsistensi memiliki dua makna. Pertama adalah bahwa objek-objek yang serupa dapat dikelompokkan sesuai dengan keseragaman dan relevansinya. Contohnya, anggur dan kelereng dapat dikelompokkan sesuai dengan himpunan yang seragam jika “bulat” merupakan kriterianya. Tetapi tidak dapat jika “rasa” sebagai kriterianya. Arti kedua adalah menyangkut tingkat hubungan antara objek-objek yang didasarkan pada kriteria tertentu. Contohnya jika manis merupakan kriteria dan madu dinilai 5 kali lebih manis dibanding gula, dan gula 2 kali lebih manis dibanding sirup, maka seharusnya madu dinilai 10 kali lebih manis dibanding sirup. Jika madu dinilai 4 kali manisnya dibanding sirup, maka penilaian tidak konsisten dan proses harus diulang jika ingin memperoleh penilaian yang lebih tepat.

Dalam menggunakan keempat prinsip tersebut, AHP menyatukan dua aspek pengambilan keputusan yaitu:

- a. Secara kualitatif AHP mendefinisikan permasalahan dan penilaian untuk mendapatkan solusi permasalahan.
- b. Secara kuantitatif AHP melakukan perbandingan secara numerik dan penilaian untuk mendapatkan solusi permasalahan.

Sistem yang kompleks dapat dengan mudah dipahami kalau sistem tersebut dipecah menjadi berbagai elemen pokok kemudian elemen-elemen tersebut disusun secara hirarkis.



Gambar 2.4 Struktur Hirarki (Saaty, 2008)

Hirarki masalah disusun untuk membantu proses pengambilan keputusan dengan memperhatikan seluruh elemen keputusan yang terlibat dalam sistem. Sebagian besar masalah menjadi sulit untuk diselesaikan karena proses pemecahannya dilakukan tanpa memandang masalah sebagai suatu sistem dengan suatu struktur tertentu.

Pada tingkat tertinggi dari hirarki, dinyatakan tujuan, sasaran dari sistem yang dicari solusi masalahnya. Tingkat berikutnya merupakan penjabaran dari tujuan tersebut. Suatu hirarki dalam metode AHP merupakan penjabaran elemen yang tersusun dalam beberapa tingkat, dengan setiap tingkat mencakup beberapa elemen homogen. Sebuah elemen menjadi kriteria dan patokan bagi elemen-elemen yang berada di bawahnya. Dalam menyusun suatu hirarki tidak terdapat suatu pedoman tertentu yang harus diikuti. Hirarki tersebut tergantung pada kemampuan penyusun dalam memahami permasalahan. Namun tetap harus bersumber pada jenis keputusan yang akan diambil.

2.8 Hubungan Prioritas Sebagai *Eigen* Vektor

Menurut Mulyono (2004), banyak cara untuk mencari vektor prioritas dari matriks *pairwise comparison*. Tetapi penekanan pada konsistensi menyebabkan digunakan rumus *eigen value*. Diketahui elemen-elemen dari suatu tingkat dalam suatu hirarki adalah C_1, C_2, \dots, C_n dan bobot pengaruh mereka adalah w_1, w_2, \dots, w_n . Misalkan $a_{ij} = w_i/w_j$ menunjukkan kekuatan C_i jika dibandingkan dengan C_j . Matriks dari angka-angka a_{ij} ini dinamakan matriks *pairwise comparison*, yang diberi simbol A . Telah disebutkan bahwa A adalah matriks *reciprocal*, sehingga $a_{ij} = 1/a_{ji}$. Jika penilaian kita sempurna pada setiap perbandingan, maka $a_{ij} = a_{jk} \cdot a_{ki}$ untuk semua i, j, k dan matriks A dinamakan konsisten. Kemudian ikuti manipulasi matematika berikut:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1n} \\ \frac{1}{\alpha_{12}} & 1 & \dots & \alpha_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{\alpha_{1n}} & \frac{1}{\alpha_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Dengan demikian nilai perbandingan yang didapat dari pembuat keputusan berdasarkan penilaian pada persamaan 2.1 yaitu a_{ij} dapat dinyatakan kedalam bentuk sebagai berikut :

$$\alpha_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \quad \text{dimana, } i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2.2)$$

Dari persamaan (2.2) maka diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\alpha_{ij} \cdot \left(\frac{w_j}{w_i} \right) = 1 \quad \text{dimana, } i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2.3)$$

Maka diperoleh:

$$\sum_j^n = 1 \alpha_{ij} \cdot w_j \cdot \left(\frac{1}{w_1}\right) = n \text{ dimana, } i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2.4)$$

$$\sum_j^n = 1 \alpha_{ij} \cdot w_j \cdot = n w_i \text{ dimana, } i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2.5)$$

Persamaan (2.5) dalam bentuk matriks menjadi :

$$Aw = nw \quad (2.6)$$

Dalam teori matriks, diketahui bahwa w merupakan eigen vector dari matriks A dengan eigen value n. Bila ditulis secara lengkap maka persamaan tersebut akan menjadi seperti berikut:

$$\begin{pmatrix} \frac{W_1}{W_1} & \frac{W_1}{W_2} & \dots & \frac{W_1}{W_n} \\ \frac{W_2}{W_1} & \frac{W_2}{W_2} & \dots & \frac{W_2}{W_n} \\ \frac{W_3}{W_1} & \frac{W_3}{W_2} & \dots & \frac{W_3}{W_n} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ \frac{W_n}{W_1} & \frac{W_n}{W_2} & \dots & \frac{W_n}{W_n} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{pmatrix} = n \cdot \begin{pmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{pmatrix} \quad (2.7)$$

Mulyono (2004) menyatakan jika α_{ij} tidak didasarkan pada ukuran pasti seperti $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ tetapi pada penilaian subjektif, maka $\sum_{ij} \alpha_{ij}$ akan menyimpang rasio w_i/w_j yang sesungguhnya dan akibatnya $Aw = nw$ tidak terpenuhi lagi. Tetapi dalam teori matriks dapat memberikan kemudahan kepada kita melalui dua hal:

Pertama, jika $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n)$ adalah angka - angka yang memenuhi persamaan $Aw = \lambda w$ dimana λ merupakan *eigen value* dari matriks A dan jika $\sum_{ij} \alpha_{ij} = 1$ untuk i, maka :

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = n \quad (2.8)$$

Jika $Aw = \lambda w$ dipenuhi, maka semua nilai eigen value sama dengan nol kecuali eigen value yang bernilai sebesar n. Maka jelas dalam kasus konsistensi, n merupakan eigen value terbesar. Kedua jika salah satu α_{ij} dari matriks reciprocal A berubah sangat kecil, maka eigen value juga berubah sangat kecil. Kombinasi keduanya menjelaskan bahwa jika diagonal matriks A terdiri dari $\alpha_{ij} = 1$ dan jika A konsisten maka perubahan kecil pada α_{ij} menahan eigen value terbesar λ_{maks} dekat ke n dan eigen value sisanya dekat ke nol. Jika A merupakan matriks perbandingan berpasangan, maka untuk memperoleh vektor prioritas harus dicari w yang memenuhi:

$$Aw = \lambda_{maks} \cdot W \quad (2.9)$$

Kemudian pembobotan nilai, jika responden lebih dari satu maka bobot penilaian dinyatakan dengan menemukan rata-rata *geometric (geometric mean)* dari penilaian yang diberikan oleh seluruh responden. Secara matematis untuk menghitung geometric mean adalah sebagai berikut:

$$GM = (Z_1 \times Z_2 \times Z_3 \times \dots \times Z_n)^{(1/n)} \quad (2.10)$$

Dimana,

Z1 = hasil penilaian responden pertama

Z2 = hasil penilaian responden kedua

n = jumlah responden

2.9 Uji Konsistensi dan Indeks Rasio

Salah satu asumsi utama model AHP yang membedakannya dengan model-model pengambilan keputusan lain adalah tidak adanya syarat konsistensi mutlak. Dengan model AHP yang memakai persepsi manusia sebagai inputnya maka ketidakkonsistenan mungkin terjadi karena manusia memiliki keterbatasan dalam menyatakan persepsinya secara konsisten terutama kalau harus membandingkan banyak kriteria. Berdasarkan kondisi ini maka manusia dapat menyatakan persepsinya tersebut akan konsisten nantinya atau tidak.

Pengukuran konsistensi dari suatu matriks itu sendiri didasarkan atas *eigenvalue* maksimum. Dengan *eigenvalue* maksimum, inkonsistensi yang biasa dihasilkan matriks perbandingan dapat diminimumkan. Rumus dari indeks konsistensi (*consistency index/CI*) adalah sebagai berikut

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

Dengan CI adalah rasio penyimpangan (deviasi) konsistensi (*consistency indeks*), λ_{max} adalah nilai eigen terbesar dari matriks berordo n, dan n adalah ordo matriks. Apabila CI bernilai nol, maka matriks *pair wise comparison* tersebut konsisten. Batas ketidakkonsistenan (*inconsistency*) yang telah ditetapkan oleh Thomas L. 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 table 2.1. Nilai ini bergantung pada ordo matriks n. Dengan demikian, Rasio Konsistensi dapat dirumuskan sebagai berikut :

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

Dengan keterangan CR adalah rasio konsistensi dan RI adalah *indeks random*

Tabel 2.2 Nilai *Random Indeks* (Saaty, 2008)

n	RI	n	RI
1	0.00	9	1.45
2	0.00	10	1.49
3	0.58	11	1.51
4	0.90	12	1.48
5	1.12	13	1.56
6	1.24	14	1.57

Jika $CR \leq 0,1$ maka nilai perbandingan berpasangan pada matriks kriteria yang diberikan konsisten. Jika $CR \geq 0,1$ maka nilai perbandingan berpasangan pada matriks kriteria yang diberikan tidak konsisten. Sehingga jika tidak konsisten, maka pengisian nilai-nilai pada matriks berpasangan pada unsur kriteria maupun alternatif harus diulang.

2.10 Penelitian Terdahulu

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1	Satria Jaya Negara, 2017	<p>Permasalahan: Kalimantan Timur belum memiliki Industri Baja yang dapat digunakan sebagai material pembuatan kapal.</p> <p>Metode: Untuk peramalan produksi kapal <i>tugboat</i> menggunakan perhitungan <i>Mean Square Error</i> (MSE) dan untuk kelayakan investasi industri menggunakan metode <i>Payback Period</i> (PP), <i>Net Present Value</i> (NPV), dan <i>Internal Rate of Return</i> (IRR)</p> <p>Hasil: Estimasi peramalan untuk tahun 2016 bulan April hingga tahun 2019 didapatkan sebanyak 6 <i>unit</i> kapal tunda per bulan dengan 71 industri galangan kapal. Total perkiraan investasi pembangunan galangan kapal sebesar Rp 58.113.283.174 dan biaya operasional perbulan sebesar Rp 354,610,000. Total perkiraan pendapatan bersih pertahun penjualan kapal tunda dengan metode <i>Cuttet Material Order</i> adalah Rp 22.100.054.632. Dari perhitungan analisis mendirikan Industri fabrikasi <i>Cuttet Material Order</i> kapal tunda di Kalimantan timur dinyatakan layak untuk dilaksanakan</p>

Dalam penelitian terkait dijelaskan bahwa Kalimantan Timur belum memiliki Industri Baja yang dapat digunakan sebagai material pembuatan kapal. Material utama didatangkan dari pulau Jawa dan masih merupakan barang import. Hal tersebut membuat pengeluaran perusahaan akan meningkat karena biaya untuk pengiriman material ke Kalimantan Timur cukup tinggi, sehingga membuat harga jual kapal tunda melambung tinggi pun dengan waktu

yang dibutuhkan untuk memproduksi kapal akan menjadi lebih lama karena harus menunggu pengiriman material dari pulau Jawa dan diperlukan juga untuk proses fabrikasi.

Faktor-faktor penghambat industri perkapalan di Kalimantan timur untuk memproduksi kapal tugboat dapat disolusikan dengan metode *cutted material order*. Dengan menggunakan metode *cutted material order* biaya pengiriman akan lebih kecil, kualitas material yang dihasilkan lebih unggul karena memiliki permukaan bekas potong yang mulus dan tebal material yang terkikis konstan. Namun, untuk biaya pemotongan pelat pada metode *cutted material order* lebih besar. Dalam penerapan metode *cutted material order* maka diperlukannya untuk menentukan perusahaan *outsourcing* yang sesuai untuk galangan yang dituju. Bukan hanya biaya kirim, kualitas produk, ketepatan waktu produksi pun harus ditentukan agar produksi kapal selesai tepat waktu dan memiliki harga jual yang tidak melebihi pasar.

