

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kegiatan pengangkutan (*hauling*) berdasarkan Pasal 1 UU No.3 Tahun 2020 merupakan kegiatan usaha pertambangan untuk memindahkan mineral dan/atau batu bara dari lokasi tambang atau tempat pengolahan dan pemurnian sampai tempat penyimpanan mineral atau batubara (Adrian, 2022). Sistem pengangkutan, baik untuk tambang terbuka maupun tambang bawah tanah, terbagi menjadi dua metode. Pada tambang terbuka, sistem pengangkutan dimulai dari bahan galian yang telah diambil diangkut, lalu ditumpahkan (*dumping*) ketempat penimbunan sementara langsung ke *stockpile*. Hal yang sama terjadi pada tambang bawah tanah, yang berbeda hanya alat angkut pada kedua metode. Pengangkutan pada tambang terbuka menggunakan alat *dumper truck*, *power scraper*, dan *belt conveyor* (Hayyu, 2016).

PT Upajaya Raya adalah perusahaan swasta yang bergerak di bidang pertambangan, pemuatan dan pengangkutan (*loading* dan *hauling*) sirtu (mineral non logam dan batuan) yang telah ada sejak tahun 2007 di Makassar. PT Upajaya Raya untuk pekerja penimbunan material pada Kawasan Pelabuhan PT Indonesia Morowali Industrial Park (IMIP) yang terletak di Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali Sulawesi Tengah. Kegiatan penambangan yang dilakukan menggunakan alat berat dapat mempengaruhi kondisi di lapangan seperti rendahnya hasil produksi, tidak dapat terpenuhinya target yang ditentukan, serta kerugian biaya, sehingga pemilihan peralatan sudah pasti merupakan keputusan besar yang akan sangat mempengaruhi hasil kegiatan operasi penambangan (Taylor, 2013).

Rencana pemilihan alat berat ini mengandung risiko, yaitu beberapa hal seperti tingginya biaya investasi dan operasional. Dalam pengambilan keputusan berarti menentukan satu diantara beberapa pilihan yang tersedia sebagai bagian dari pemecahan masalah dan kemampuan relevan untuk menangani kriteria dalam



pemilihan peralatan (Nisa, 2019). Pemilihan peralatan untuk penambangan sudah pasti keputusan besar yang akan sangat mempengaruhi kelayakan dari suatu operasi. Selain itu, pemilihan suatu sistem juga merupakan

masalah yang penting dan dapat melibatkan banyak kriteria, termasuk kondisi operasi dan spesifikasi teknis peralatan pengupasan lubang terbuka (Wisjhnuadji, 2022). Analisis pemilihan peralatan alat gali muat dan alat angkut adalah proses penting dalam pengambilan keputusan yang dilakukan untuk menentukan jenis dan kualitas alat berat yang akan digunakan dalam suatu proyek pertambangan, konstruksi, atau pembangunan lainnya. Beberapa faktor penting yang perlu diperhatikan dalam analisis ini antara lain fungsi dan kapasitas yang diperlukan, pastikan bahwa alat yang dipilih dapat melaksanakan tugas yang diperlukan dalam skala yang sesuai dengan proyek, dengan memperhatikan kondisi lapangan, jenis tanah, kondisi lingkungan, dan akses ke tempat proyek. Alat yang tepat harus dapat bekerja di lingkungan tersebut dan mengatasi masalah yang mungkin muncul (Wisjhnuadji, 2022).

Kapasitas produktivitas dan efisiensi alat dalam melakukan tugas yang diperlukan dapat menghasilkan lebih banyak hasil dalam waktu yang tepat. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah biaya operasional dan investasi, biaya sewa, pengoperasian, dan perawatan alat, serta biaya investasi awal untuk membeli alat berat. Kualitas dan kelancaran pelayanan, sebaiknya memilih perusahaan alat berat yang memiliki reputasi baik dalam memberikan pelayanan yang handal, termasuk dukungan teknis, perbaikan, dan pembelian *sparepart*. Berdasarkan kebijakan lingkungan, pastikan alat yang dipilih memiliki sertifikasi lingkungan dan komitmen terhadap pengurangan dampak lingkungan. Dalam melakukan analisis ini, dapat menggunakan berbagai sumber seperti referensi teknis, catatan proyek sebelumnya, dan bantuan ahli dalam pilihannya. Setelah melakukan analisis, dapat memutuskan jenis dan merek alat berat yang tepat untuk proyek yang akan mempengaruhi efisiensi, biaya, dan penyelesaian proyek.

AHP (*Analytic Hierarchy Process*) adalah metode dalam menentukan dan memutuskan dari struktur kriteria, serta bagaimana membuat pilihan atau ranking alternatif keputusan dan mencari pilihan terbaik ketika pengambil keputusan memiliki lebih dari satu kriteria (Wisjhnuadji, 2022). *Analytical Hierarchy Process*



diterapkan dalam penelitian ini, karena umumnya diterapkan dalam ilan keputusan kegiatan penambangan (Fiala, 2001). Kelebihan dalam an metode AHP yaitu dapat membuat permasalahan yang luas dan tidak

terstruktur menjadi suatu model yang fleksibel dan mudah dipahami dan menyediakan skala pengukuran dan metode untuk mendapatkan prioritas dan juga mempertimbangkan konsistensi logis dalam penilaian yang digunakan untuk menentukan prioritas. Selain itu, AHP dapat membantu meningkatkan proses pengambilan keputusan, struktur hierarki yang digunakan dalam merumuskan model AHP dapat memungkinkan semua anggota tim evaluasi untuk memvisualisasikan masalah secara sistematis dalam hal kriteria dan subkriteria yang relevan (Chung, 2005).

Penggunaan metode AHP di pertambangan, yaitu pemilihan *excavator* kelas 30 ton untuk usaha pertambangan melalui penerapan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dilakukan penentuan multi atribut (atribut) keputusan dan penentuan alternatif berbagai *excavator* kelas 30 ton yang diperoleh dari wawancara langsung dengan pengambilan keputusan dan personel langsung yang berhubungan dengan peralatan tersebut (Irawan, 2017). Kegiatan penambangan lainnya dalam pemilihan bahan kimia dikolam pengendap lumpur *stockpile* 1 PT Bukit Asam dengan menggunakan metode *analytical hierarchy process* (AHP) dengan menggunakan data kuesioner yang disebar dilingkungan perusahaan, data yang digunakan terdiri dari dua yaitu data primer yang diperoleh dari observasi, wawancara serta kuesioner dan data sekunder dan diolah dengan menggunakan metode *analytical hierarchy process* (AHP) untuk mencari bahan kimia yang paling efisien (Saputra, 2021).

1.2 Rumusan Masalah

Rencana pemilihan alat berat PT Upajaya Raya dilakukan untuk memberikan pilihan terbaik unit alat gali muat dan alat angkut yang sesuai berdasarkan kriteria harga, kenyamanan, perawatan dan produktivitas yang dapat mempengaruhi situasi di lapangan seperti rendahnya produksi, tidak tercapainya target sesuai jadwal yang telah ditentukan, serta kerugian biaya, sehingga pemilihan peralatan sudah pasti merupakan keputusan besar yang akan sangat mempengaruhi hasil kegiatan operasi penambangan.



1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah melakukan analisis AHP (*Analytic Hierarchy Process*) pada jenis alat berat yaitu alat gali muat (CAT 333, HITACHI ZX350H-5G, KOMATSU PC300LC) dan alat angkut (FIGHTER X FN62F, HINO 500 S), berdasarkan kriteria-kriteria yang ditetapkan menggunakan AHP (*Analytic Hierarchy Process*).

1.3.2 Tujuan Khusus

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menentukan atribut yang mempengaruhi dalam menyusun prioritas untuk pemilihan alat gali muat dan alat angkut.
2. Mengidentifikasi alternatif alat gali muat dan alat angkut yang sesuai berdasarkan kegunaannya dalam meningkatkan produksi.
3. Menganalisis kriteria alat gali muat dan alat angkut berdasarkan kenyamanan, produktivitas, harga, dan *Maintenanc* yang diolah menggunakan sistem AHP.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah agar dapat menjadi salah satu bahan referensi untuk peneliti selanjutnya dan memberikan informasi tentang pemilihan alat gali muat dan alat angkut menggunakan sistem AHP.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini yaitu berfokus menganalisis tujuan, kriteria dan alternatif yang digunakan dalam pemilihan alat gali muat dan alat angkut menggunakan analisis AHP.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pertambangan

Ilmu pertambangan adalah suatu cabang ilmu pengetahuan yang meliputi pekerjaan pencarian (prospeksi), penyelidikan (eksplorasi), penambangan (*mining*), pemurnian dan pengolahan (*extraction metallurgy and mineral dressing*), penjualan (*marketing*) terhadap mineral-mineral dan batuan yang memiliki arti ekonomis (berharga), sampai dengan proses penutupan tambang. Pekerjaan mengambil bahan galian atau bahan tambang dari bumi disebut penambangan dan usahanya disebut pertambangan (Hariyadi, 2018).

Pertambangan adalah suatu bentuk usaha dalam pengambilan endapan bahan galian yang mempunyai nilai ekonomis dari bumi dan diangkut ke tempat pengolahan atau penggunaannya. Pada hakekatnya industri pertambangan merupakan industri dasar yang menyediakan bahan baku bagi keperluan industri lainnya. mengingat industri pertambangan adalah industri yang tidak dapat diperbaharui lagi (*unrenewable*) dan karena terjadinya suatu endapan bahan galian memerlukan proses yang sangat lama, maka dalam pemanfaatannya diusahakan semaksimal mungkin (Hariyadi, 2018).

2.2 Tahapan Pertambangan

Pertambangan adalah suatu rangkaian kegiatan mulai dari kegiatan penyelidikan umum atau penyelidikan bahan galian. Secara umum tahapan kegiatan pertambangan terdiri dari penyelidikan umum, eksplorasi, penambangan, pengolahan, pengangkutan dan pemasaran (Ilham, 2011).

1. Penyelidikan umum merupakan kegiatan penyelidikan, pencarian atau penemuan endapan-endapan mineral berharga, atau dengan kata lain kegiatan ini bertujuan untuk menemukan keberadaan atau indikasi adanya bahan galian yang akan dapat memberikan harapan untuk diselidiki lebih lanjut. Jika pada tahap prospeksi ini tidak ditemukan adanya cadangan bahan galian yang berprospek

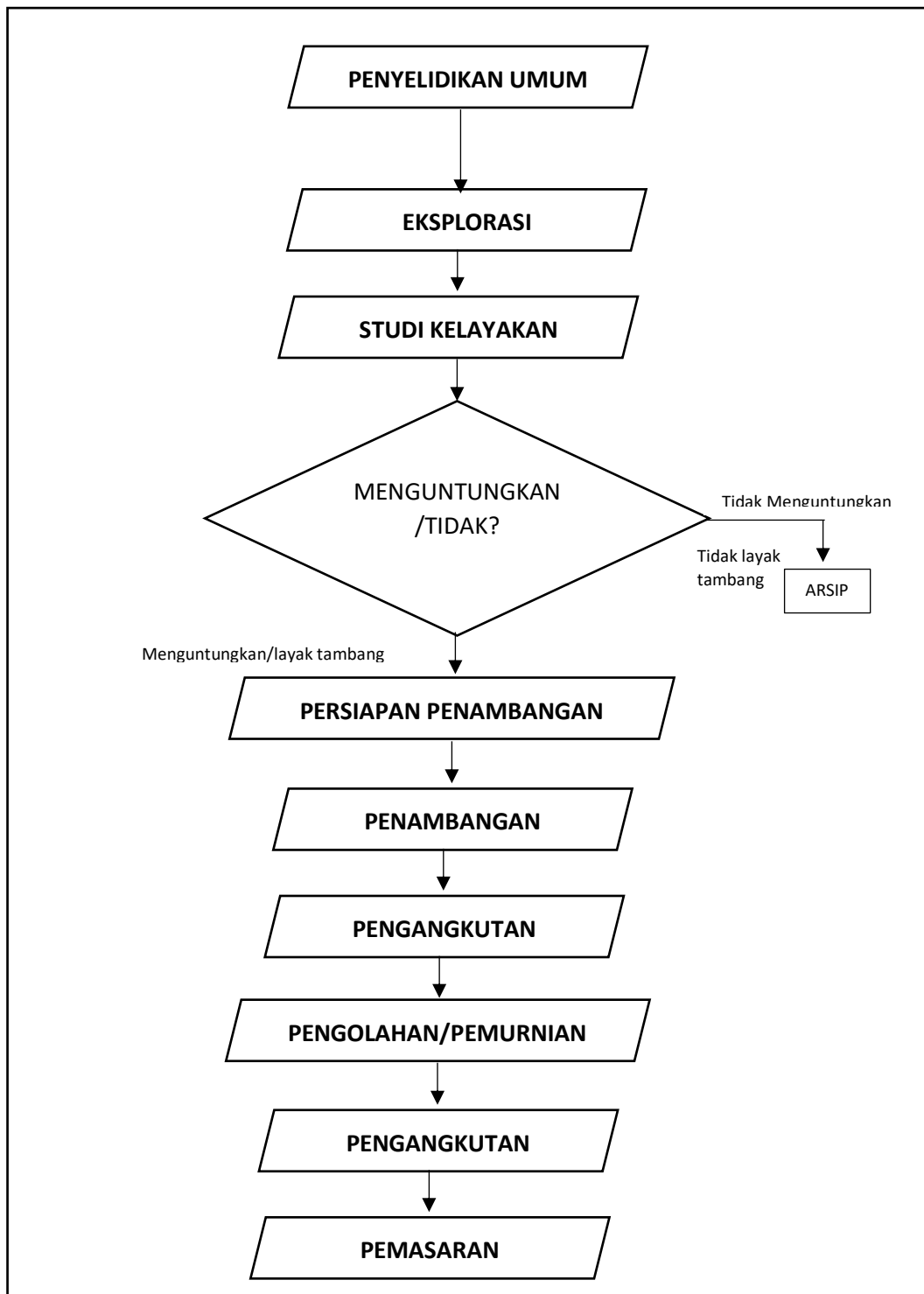
diteruskan sampai ke tahapan eksplorasi, maka kegiatan ini harus ikan atau diarsipkan. Apabila tetap diteruskan akan menghabiskan dana sia-sia, tahapan prospeksi ini sering juga dilewatkan karena dianggap



sudah ditemukan adanya indikasi atau tanda-tanda keberadaan bahan galian yang sudah langsung bisa dieksplorasi.

2. Eksplorasi, merupakan kegiatan lanjutan dari penyelidikan umum yang bertujuan untuk mendapatkan kepastian tentang endapan bahan galian tersebut meliputi bentuk, ukuran, letak kedudukan, kualitas kadar endapan bahan galian serta karakteristik fisik endapan bahan galian dan batuan sampling.
3. Studi kelayakan, merupakan tahapan akhir dari rentetan penyelidikan awal yang dilakukan sebelumnya sebagai penentu apakah kegiatan penambangan endapan bahan galian tersebut layak dilakukan atau tidak. Dasar pertimbangan yang digunakan meliputi pertimbangan teknis dan ekonomis dengan memperhatikan keselamatan kerja serta kelestarian lingkungan hidup.
4. Persiapan penambangan, kegiatan ini meliputi penyiapan infrastruktur dan lahan kerja penambangan yang antara lain meliputi pembuatan jalan, pembabatan semak/pohon, pengupasan tanah penutup, pembangunan kantor, gedung, bengkel dll.
5. Penambangan, kegiatan ini ditujukan untuk membebaskan dan mengambil bahan galian dari dalam kulit bumi, kemudian dibawa ke permukaan untuk dimanfaatkan.
6. Pengolahan bahan galian, kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan kadar atau mempertinggi mutu bahan galian yang dihasilkan dari tambang sampai memenuhi persyaratan untuk diperdagangkan atau sebagai bahan baku untuk industry lain. Keuntungan lain dari kegiatan ini adalah mengurangi jumlah dan beratnya sehingga dapat mengurangi ongkos pengangkutan.
7. Pengangkutan, segala usaha untuk memindahkan bahan galian hasil tambang atau pengolahan dan pemurnian hasil tambang dari daerah penambangan atau tempat pengolahan dan pemurnian ke tempat pemasaran atau pemanfaatan selanjutnya dari bahan galian tersebut.
8. Pemasaran, adalah kegiatan untuk memperdagangkan atau menjual hasil-hasil tambang dan pengolahan bahan galian.





Gambar 1 Bagan alir tahapan penambangan (Ridha, 2008)



Pengklasifikasian Alat Berat

Secara umum alat berat dapat dikategorikan didalam beberapa klasifikasi. Salah satunya adalah pengklasifikasian alat berat berdasarkan klasifikasi fungsional dan klasifikasi operasional alat berat (Susy, 2002).

2.3.1. Klasifikasi Fungsional Alat Berat

Yang dimaksud dengan klasifikasi fungsional alat adalah pembagian alat tersebut berdasarkan fungsi-fungsi utama alat. Berdasarkan fungsinya alat berat dapat dibagi atas tujuh fungsi dasar (Susy, 2002).

2.3.2. Alat Pengolah Lahan

Kondisi lahan proyek kadang-kadang masih merupakan lahan asli yang harus dipersiapkan sebelum lahan tersebut mulai diolah. Jika pada lahan masih terdapat semak atau pepohonan maka pembukaan lahan dapat dilakukan dengan menggunakan *dozer*. Untuk pengangkatan lapisan tanah paling atas dapat digunakan *scraper*. Pembentukan permukaan supaya rata selain *dozer* dapat digunakan juga motor *grader* (Amin, 2022). Gambar 2 memperlihatkan alat pengolahan lahan berupa motor *grader*.



Gambar 2 Motor *grader* alat pengolah lahan (Amin, 2022)

2.3.3. Alat Penggali



Jenis alat ini dikenal juga dengan istilah *excavator*. Fungsi dari alat ini untuk menggali, seperti dalam pekerjaan pembuatan basement atau saluran. Alat berat yang digunakan untuk menggali tanah dan batuan termasuk kategori ini yaitu alat sekop depan, *backhoe*, alat sekop tali baja, dan alat

sekop dua arah (Febrianti, 2018). Gambar 3 memperlihatkan alat penggali jenis *backhoe* yang sedang mengisi truk.



Gambar 3 Alat penggali *backhoe* (Febrianti, 2018)

2.3.4. Alat Pengangkut Material

Pengangkutan material dapat dibagi menjadi pengangkutan horizontal maupun vertikal. Truk dan wagon termasuk dalam alat pengangkutan horizontal karena material yang diangkutnya hanya dipindahkan secara horizontal dari satu tempat ke tempat lain (Susy, 2002). Umumnya alat ini dipakai untuk material lepas (*loose material*) dengan jarak tempuh yang jauh. Truk maupun wagon memerlukan alat lain yang membantu muatan material ke dalamnya. Alat *crane* termasuk dalam kategori alat pengangkutan vertikal. Material yang diangkut *crane* dipindahkan secara vertikal dari satu elevasi ke elevasi yang lebih tinggi (Susy, 2002). Jarak jangkauan pengangkutan *crane* relatif kecil. Gambar 4 memperlihatkan truk atau wagon yang memuat material.





Gambar 4 Dump truk yang memuat material (Susy, 2002)

2.3.5 Alat Pemindahan Material

Alat pemindahan material yang termasuk dalam kategori ini adalah alat yang biasanya tidak digunakan sebagai alat transportasi tetapi digunakan untuk memindahkan material dari satu alat ke alat yang lain (Susy, 2002). *Loader* dan *dozer* adalah alat pemindahan material. Gambar 5 memperlihatkan alat pemindahan material jenis *loader*.



5 Alat pemindahan material jenis *loader* (Susy, 2002)



2.3.6 Alat Pemadatan

Pada pekerjaan penimbunan lahan biasanya setelah dilakukan penimbunan maka pada lahan tersebut perlu dilakukan pemadatan (Susy, 2002). Hal ini dilakukan untuk mendapatkan permukaan yang rata dan padat. Pemadatan juga dilakukan untuk pembuatan jalan baik itu jalan tanah dan jalan dengan pengerasan lentur maupun pengerasan kaku. Bagian dari alat pemadatan adalah *tamping roller*, *pneumatic-tired roller*, *compactor*, dan lain-lain (Susy, 2002). Gambar 6 memperlihatkan alat pemadatan jenis *compactor*.



Gambar 6 Alat pemadatan jenis *compactor* (Susy, 2002)

2.4. Klasifikasi Operasional Alat Berat

Alat-alat berat dalam pengoperasiannya dapat dipindahkan dari satu tempat ke tempat lain atau tidak dapat digerakkan atau statis (Prasmoro, 2018). Jadi, klasifikasi alat berdasarkan pergerakannya dapat dibagi atas:

2.4.1. Alat dengan Penggerak

Alat penggerak merupakan bagian dari alat berat yang menerjemahkan hasil tenaga menjadi kerja. Bentuk dari alat penggerak adalah roda rantai atau roda ban dan ban karet. Jenis alat *belt* merupakan alat penggerak pada *conveyor* (Prasmoro, 2018). Untuk beberapa jenis alat berat seperti truk, *scraper* atau



motor *grader*, alat penggerakannya adalah ban karet. Untuk alat-alat seperti *backhoe*, alat penggerakannya bisa salah satu dari kedua jenis di atas. Umumnya penggunaan ban karet dijadikan pilihan karena alat berat dengan ban karet mempunyai mobilitas lebih tinggi daripada alat berat yang menggunakan *crawler*. Alat penggerak ban karet juga menjadi pilihan untuk kondisi permukaan yang baik. Sedangkan pada permukaan tanah yang lembek, basah atau berpori umumnya digunakan alat berat beroda *crawler* (Prasmoro, 2018). Pada Tabel 1, terdapat faktor-faktor yang menjadi dasar pemilihan alat dengan menggunakan roda ban dan roda crawler.

2.4.2. Alat Statis

Alat statis adalah alat berat yang dalam menjalankan fungsinya tidak berpindah tempat. Kategori dari alat statis adalah *tower crane*, dan *batching plant* baik untuk beton maupun untuk aspal serta *crusher plant* (Susy, 2002). Dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Kategori alat statis (Susy, 2002)

Roda Ban Karet	Roda Rantai
Digunakan pada permukaan yang baik (misalnya pada beton, tanah padat)	Untuk digunakan pada bermacam-macam jenis permukaan
Bekerja baik pada permukaan yang menurun dan datar	Dapat bekerja pada berbagai permukaan
Cuaca yang basah dapat menyebabkan slip	Dapat bekerja pada tanah yang basah atau berlumpur
Bekerja baik untuk jarak tempuh yang panjang	Mempunyai jarak tempuh yang pendek
Dipakai untuk mengatasi tanah lepas	Dapat dipakai untuk mengatasi tanah keras
Kecepatan alat dalam keadaan kosong tinggi	Kecepatan alat dalam keadaan kosong rendah



2.5 Faktor yang Mempengaruhi Pemilihan Alat Berat

Pemilihan alat berat dilakukan pada tahap perencanaan, dimana jenis, ukuran, dan kapasitas alat merupakan faktor-faktor penentu. Tidak setiap alat berat cocok dipakai untuk setiap proyek konstruksi (Nurhadi, 2018). Oleh karena itu

pemilihan alat berat yang tepat sangatlah diperlukan. Apabila terjadi kesalahan dalam pemilihan alat berat maka akan terjadi keterlambatan di dalam pelaksanaan, biaya proyek yang membengkak, dan hasil yang tidak sesuai dengan rencana (Nurhadi, 2018).

Dalam pemilihan alat berat, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan sehingga kesalahan dalam pemilihan alat dapat dihindari. Faktor-faktor tersebut antara lain:

1. Fungsi yang harus dilaksanakan. Alat berat dikelompokkan berdasarkan fungsinya, seperti untuk menggali, mengangkut, meratakan permukaan, dan lain-lain.
2. Kapasitas peralatan. Pemilihan alat berat didasarkan pada volume total atau berat material yang harus diangkut atau dikerjakan. Kapasitas alat yang dipilih harus sesuai sehingga pekerjaan dapat diselesaikan pada waktu yang telah ditentukan.
3. Cara operasi. Alat berat dipilih berdasarkan arah (horizontal maupun vertikal) dan jarak gerakan, kecepatan, frekuensi gerakan, dan lain-lain.
4. Pembatasan dari metode yang dipakai. Pembatasan yang mempengaruhi pemilihan alat berat antara lain peraturan lalu lintas, biaya, dan pembongkaran. Selain itu metode konstruksi yang dipakai dapat membuat pemilihan alat dapat berubah.
5. Ekonomi. Selain biaya investasi atau biaya sewa peralatan, biaya operasi dan pemeliharaan merupakan faktor penting di dalam pemilihan alat berat.
6. Jenis proyek. Ada beberapa jenis proyek yang umumnya menggunakan alat berat. Proyek-proyek tersebut antara lain proyek gedung, pelabuhan, jalan, jembatan, irigasi, pembukaan hutan, dam, dan lain-lain.
7. Lokasi proyek. Lokasi proyek juga merupakan hal lain yang perlu diperhatikan dalam pemilihan alat berat. Sebagai contoh lokasi proyek di dataran tinggi memerlukan alat berat yang berbeda dengan lokasi proyek di dataran rendah.
8. Jenis dan daya dukung tanah. Jenis tanah di lokasi proyek dan jenis material

akan dikerjakan dapat mempengaruhi alat berat yang akan dipakai. Tanah t dalam kondisi padat, lepas, keras, atau lembek.



9. Kondisi lapangan. Kondisi dengan medan yang sulit dan medan yang baik merupakan faktor lain yang mempengaruhi pemilihan alat berat (Nurhadi, 2018).

2.6 Produktivitas Alat Berat

Produktivitas alat berat yang kurang maksimal dapat merugikan perusahaan. Produktivitas alat berat tergantung pada kapasitas *bucket*, *bucket factor*, *cycle time*, dan faktor koreksi produksi (Sujatmiko, 2015). Optimalisasi produksi di pertambangan bisa dilakukan dengan berbagai cara yaitu melakukan optimalisasi kemampuan produksi alat berat, efisiensi waktu kerja, dan sebagainya (Ilahi, 2014). Optimalisasi kemampuan produksi alat berat merupakan faktor yang paling penting mengingat biaya yang dikeluarkan dalam operasional tambang banyak dihasilkan oleh aktivitas operasional alat berat (Rahadian, 2011).

Dalam menentukan durasi suatu pekerjaan maka hal-hal yang perlu diketahui adalah volume pekerjaan dan produktivitas alat tersebut. Produktivitas adalah perbandingan antara hasil yang dicapai (*output*) dengan seluruh sumberdaya yang digunakan (*input*). Produktivitas alat tergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat. Umumnya waktu siklus alat ditetapkan dalam menit, sedangkan produktivitas alat dihitung dalam produksi per/jam sehingga perlu ada perubahan dari menit ke jam (Purwanto, 2016).

Pada umumnya dalam suatu pekerjaan terdapat lebih dari satu jenis alat yang dipakai. Sebagai contoh pekerjaan penggalian dan pemindahan tanah. Umumnya alat yang dipakai adalah *excavator* untuk menggali, *loader* untuk memindahkan hasil galian ke dalam bak truk dan truk digunakan untuk pemindahan tanah. Karena ketiga jenis contoh alat tersebut mempunyai produktivitas yang berbeda-beda, maka perlu diperhitungkan jumlah masing-masing alat. Jumlah alat perlu diperhitungkan untuk mempersingkat durasi pekerjaan (Purwanto, 2016). Salah satu cara menghitung jumlah alat adalah:

1. Tentukan alat mana yang mempunyai produktivitas terbesar.



Isikan alat dengan produktivitas terbesar berjumlah satu.

Isikan jumlah alat jenis lainnya dengan selalu berpatokan pada alat dengan produktivitas terbesar.

Setelah jumlah masing-masing alat diketahui maka selanjutnya perlu dihitung durasi pekerjaan alat-alat tersebut, salah satu caranya dengan menentukan berapa produktivitas total alat setelah dikalikan jumlahnya, kemudian dengan membandingkan produktivitas total masing-masing alat dicari produktivitas total terkecil (Coronado, 2014).

2.7 Alat Gali Muat (*Excavator*)

Bagian dari alat gali adalah *backhoe*, alat sekop depan, alat sekop tali baja, dan alat sekop dua arah. Secara umum alat terdiri atas struktur bawah, struktur atas, sistem dan *bucket*. Struktur bawah alat adalah penggerak yang dapat berupa roda ban maupun roda rantai. Alat-alat gali mempunyai cincin putar di antara alat penggerak dan badan mesin sehingga alat berat tersebut dapat melakukan gerakan memutar walaupun tidak ada gerakan pada alat penggerak atau mobilisasi (Susy, 2002). Kemudian sistem pada alat gali ada dua macam, yaitu sistem hidrolis dan sistem kabel. *Backhoe* dan alat penggali dengan sistem hidrolis karena *bucket* digerakkan secara hidrolis. Sistem hidrolis ini selain menggerakkan *bucket* juga menggerakkan lengan ayun dan lengan. Sedangkan alat sekop dua arah dan alat sekop tali baja merupakan alat-alat dengan sistem kabel. Sistem kabel ini dipasangkan pada lengan ayun yang berupa rangka baja (Susy, 2002).

Pemilihan alat tergantung dari kemampuan alat tersebut pada suatu kondisi lapangan tertentu. Perbedaan setiap alat gali adalah pada benda yang dipasang di bagian depan, akan tetapi semua alat tersebut mempunyai kesamaan pada alat penggerak yaitu roda ban atau rantai (Susy, 2002). Alat beroda rantai umumnya dipilih jika alat tersebut akan digunakan pada permukaan kasar atau kurang padat. Selain itu juga karena alat tersebut dalam pengoperasiannya tidak perlu melakukan banyak gerak (Susy, 2002).

2.7.1 *Backhoe*

Pengoperasian *backhoe* umumnya untuk penggalian saluran, terowongan, atau *basement*. *Backhoe* beroda ban biasanya tidak digunakan untuk penggalian, ih sering digunakan untuk pekerjaan umum lainnya. *Backhoe* digunakan erjaan penggalian di bawah permukaan serta untuk penggalian material ngan menggunakan *backhoe* maka akan didapatkan hasil galian yang rata.



Pemilihan kapasitas *bucket backhoe* harus sesuai dengan pekerjaan yang akan dilakukan (Choudhary, 2015).

2.7.2 Alat Sekop Depan

Alat sekop depan adalah alat berat yang digerakkan oleh tenaga hidrolis yang digerakkan dengan mesin diesel dan berada di atas roda rantai, digunakan untuk menggali material yang letaknya di atas permukaan di mana alat tersebut berada. Alat ini mempunyai kemampuan untuk menggali material yang keras. Jika material yang akan digali bersifat lunak, maka alat sekop depan akan mengalami kesulitan. Dengan demikian, waktu penggalian dapat menjadi lebih lama. Sama halnya dengan kondisi di mana permukaan material yang akan digali lebih tinggi dari ketinggian minimum yang diperbolehkan untuk mengisi *bucket*. Faktor penggali untuk ketinggian penggalian dan pengaruh sudut putaran yang harus diperhitungkan dalam menentukan produktivitas alat sekop depan (May, 2012).

2.7.3 Alat Sekop Tali Baja

Alat sekop tali baja merupakan alat gali yang dipakai untuk menggali material dengan jangkauan yang lebih jauh dari alat-alat gali lainnya. Ketinggian timbunan hasil pembongkaran, radius pergerakan dan jangkauan penggalian alat sekop tali baja lebih besar dibandingkan dengan alat gali lainnya pada ukuran *bucket* yang sama. Jika dibandingkan dengan alat sekop depan, untuk kapasitas yang sama maka penggunaan alat sekop tali baja akan memberikan jangkauan yang lebih jauh. Namun dilihat dari segi produktivitasnya, dengan kapasitas yang sama maka produktivitas alat sekop depan lebih besar daripada produktivitas alat sekop tali baja (Susy, 2002).

2.7.4 Alat Sekop Dua Arah

Pada umumnya alat sekop dua arah digunakan untuk penggalian tanah lepas seperti pasir, kerikil, batuan pecah, dan lain-lain. Alat sekop dua arah mengangkat material secara vertikal. Ukuran *bucket* pada alat sekop dua arah bervariasi antara ringan sampai berat. *Bucket* yang ringan umumnya digunakan untuk memindahkan material, sedangkan *bucket* berukuran berat digunakan untuk menggali. Pada *bucket* ukuran berat umumnya dipasangkan gigi yang membantu alat dalam material. Dalam pemilihan tipe *bucket* perlu diperhatikan bahwa *bucket*



yang berat dapat mempersulit pengangkutan namun membantu penggalian (Susy, 2002).

Pada pengoperasian alat sekop dua arah perlu diperhatikan bahwa penggalian tergantung pada berat *bucket* serta kapasitas mesin seperti yang telah dijelaskan di atas. Selain itu panjang rantai akan mempengaruhi kedalaman penggalian. Jangkauan alat sekop dua arah akan tergantung pada panjang lengan ayun. Dalam memaksimalkan daya angkat alat sekop dua arah maka lengan ayun yang digunakan sependek mungkin. Hal ini erat kaitannya dengan kestabilan alat. Semakin panjang lengan ayun maka alat akan semakin tidak stabil yang pada akhirnya akan menurunkan daya angkat alat. Daya angkat alat sekop dua arah juga dapat ditingkatkan dengan memperkecil sudut *swing*.

2.8 Alat Angkut

2.8.1 Bulldozer

Bulldozer adalah traktor beroda rantai, serba guna dan memiliki kemampuan traksi yang besar. Digunakan untuk bermacam-macam pekerjaan, seperti menggali, mendorong, menggusur, mengurug dan sebagainya. Efisien untuk kondisi medan kerja yang berat sekalipun, seperti daerah berbukit, berbatu, hutan dan sebagainya. Beroperasi pada tanah kering hingga lembab, dalam kondisi tanah yang sangat lunak (liat berlumpur) dapat dipergunakan *Swamp Bulldozer*. Jarak pemindahan tanah dengan menggunakan bulldozer masih efisien sampai sejauh 100 meter (Bascetin, 2009).

2.8.2 Dozer Shovel

Dozer Shovel adalah pemuat beroda rantai yang digunakan untuk pekerjaan memuat seperti mengisi *logging truck*, *dump truck*, *hopper* atau memindahkan material jarak pendek secara *load and carry*. Efisien untuk dioperasikan di daerah yang mempunyai landasan kerja yang rata sampai dengan tidak rata atau kasar, serta mampu bekerja dengan baik pada kondisi tanah kering hingga lembab (May, 2012).

2.8.3 Wheel Loader



Wheel loader adalah alat pemuat beroda karet (ban), penggunaannya hampir sama dengan *dozer shovel*. Perbedaannya terletak pada landasan kerjanya, dimana untuk *wheel loader* harus relatif rata, kering dan kokoh.

Dipergunakan terutama pada pengoperasian yang menuntut kecepatan & mobilitas tinggi, serta tidak diperlukan traksi yang besar (umumnya material yang dikerjakan dalam keadaan gembur dan tidak berat) (May, 2012).

2.9 Pengambilan Keputusan

Dalam kehidupan sehari-hari pengambilan keputusan sering menggunakan intuisi, padahal kita mengetahui bahwa dengan intuisi banyak sekali kekurangan sehingga dikembangkan sistematika baru yang disebut dengan analisis keputusan. Ada tiga aspek yang memiliki peranan dalam analisis keputusan yaitu, kecerdasan, persepsi dan falsafah. Setelah menggunakan kecerdasan, persepsi dan falsafah untuk membuat model, menentukan nilai kemungkinan, menetapkan nilai pada hasil yang diharapkan dan menjajaki preferensi terhadap waktu dan preferensi terhadap resiko, maka untuk sampai pada suatu keputusan diperlukan logika (Ahmadi, 2017).

Dari informasi awal yang dikumpulkan, dilakukan pendefinisian dan penghubungan variabel-variabel yang mempengaruhi keputusan pada tahap deterministik. Setelah itu, dilakukan penetapan nilai untuk mengukur tingkat kepentingan variabel-variabel tersebut tanpa memperhatikan unsur ketidakpastian. Pada tahap probalistik, dilakukan penetapan nilai ketidakpastian secara kuantitatif yang meliputi variabel-variabel yang sangat berpengaruh. Setelah didapatkan nilai-nilai variabel, selanjutnya dilakukan peninjauan terhadap nilai-nilai tersebut pada tahap informasional untuk menentukan nilai ekonomisnya pada variabel-variabel yang cukup berpengaruh, sehingga didapatkan suatu keputusan (Lee, 2010).

Keputusan yang dihasilkan dari tahap informasional dapat langsung ditindaklanjuti berupa tindakan, atau dapat dikaji ulang dengan mengumpulkan informasi tambahan dengan tujuan untuk mengurangi kadar ketidakpastian. Dan jika hal ini terjadi, maka akan kembali mengikuti ketiga tahap tersebut, begitu seterusnya (Lee, 2010).

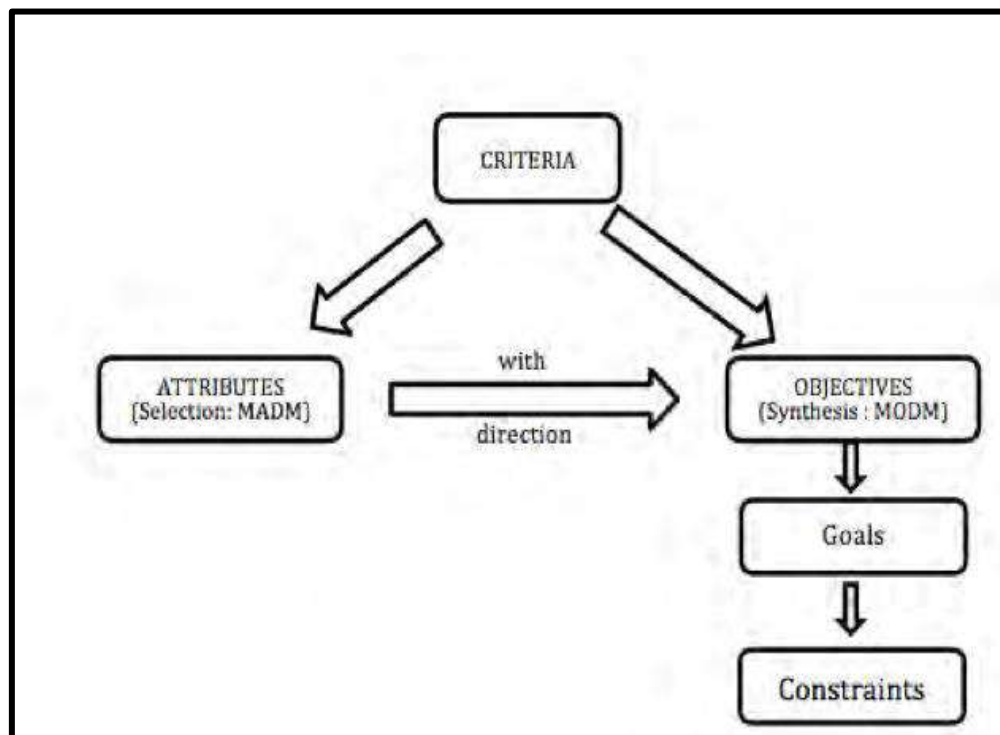
2.9.1 Klasifikasi Pengambilan Keputusan



ada umumnya pengambilan keputusan seringkali melibatkan banyak yang dapat memunculkan pertentangan antar atribut yang ditetapkan.

Hal tersebut dapat diklasifikasikan secara luas pada salah satu dari dua tipe prioritas dibawah ini.

1. Penentuan sebuah alternative berdasarkan pada prioritas atribut dari beberapa alternative (*Multiple Attribute Decision Making* atau MADM).
2. Pemilihan sebuah atau beberapa alternatif berdasarkan pada prioritas tujuan (*Multiple Objective Decision Making* atau MODM). Dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Klasifikasi Pengambilan Keputusan (Nisa, 2019)

Dalam proses penilaian *excavator* di PT. Upajaya Raya maka metode yang dapat digunakan dalam menerapkan alternative berdasarkan beberapa kriteria yang ada adalah metode AHP (*Analytical Hierarcy Process*). Pada penilaian *excavator* maka proses yang bisa diringkas sebagai berikut:

1. Menentukan kriteria-kriteria pemilihan
2. Menentukan bobot masing masing kriteria
3. Mengidentifikasi alternatif yang telah diidentifikasi



gevaluasi alternatif dengan kriteria yang ditentukan pada langkah pertama
ilai bobot masing masing kriteria
gurutkan kriteria berdasar tingkat bobot

Proses hierarki analitik (*Analytical Hierarchy Process*) dikembangkan oleh Dr. Thomas L. Saaty dari Wharton School of Business pada tahun 1970. AHP digunakan untuk mengorganisasikan informasi dan penilaian dalam memilih alternatif yang paling disukai. Dengan menggunakan AHP suatu persoalan yang akan dipecahkan dalam suatu kerangka berpikir yang terorganisir dapat diekspresikan, sehingga memungkinkan untuk mengambil keputusan yang efektif atas persoalan tersebut. Persoalan yang kompleks dapat disederhanakan dan dipercepat proses pengambilan keputusannya.

Prinsip kerja AHP adalah menyederhanakan suatu persoalan kompleks yang tidak terstruktur menjadi unsur-unsurnya serta menata dalam hierarki. Kemudian tingkat kepentingan setiap variabel diberi nilai numerik tentang arti penting variabel tersebut secara efektif dibandingkan dengan variabel yang lain. Dari berbagai pertimbangan tersebut kemudian dilakukan sintesa untuk menetapkan variabel yang memiliki prioritas tertinggi dan berperan untuk mempengaruhi hasil pada sistem tersebut.

Secara grafis, persoalan keputusan AHP dapat dikonstruksikan sebagai diagram bertingkat yang dimulai dengan goal/tujuan, atribut, sub atribut dan yang terakhir alternatif. Melalui AHP memungkinkan pengguna untuk memberikan nilai bobot relatif dari suatu faktor atribut, sub atribut dan maupun alternatif berdasarkan persepsi pengguna terhadap faktor atribut, sub atribut maupun alternatif lainnya dengan cara melakukan perbandingan berpasangan (*pairwise comparisons*). Dengan cara yang konsisten perbandingan berpasangan tersebut diubah menjadi suatu himpunan bilangan yang mempresentasikan prioritas relatif dari setiap atribut, sub atribut dan alternatif. Bila terjadi penyimpangan yang terlalu jauh dari konsistensi, maka penilaian tersebut perlu diperbaiki atau hierarki harus disusun ulang (Meade, 1999).

Kelebihan dari metode AHP (*Analytic Hierarchy Proses*) menurut (Meade, 1999) dalam pengambilan keputusan adalah:

1. Dapat menyelesaikan permasalahan yang kompleks, dan strukturnya tidak teratur, bahkan permasalahan yang tidak terstruktur sama sekali.



2. Kurang lengkapnya data tertulis atau data kuantitatif mengenai permasalahan tidak mempengaruhi kelancaran proses pengambilan keputusan karena penilaian merupakan sintesis pemikiran berbagai sudut pandang responden.
3. Sesuai dengan kemampuan dasar manusia dalam menilai suatu hal sehingga memudahkan penilaian dan pengukuran elemen.

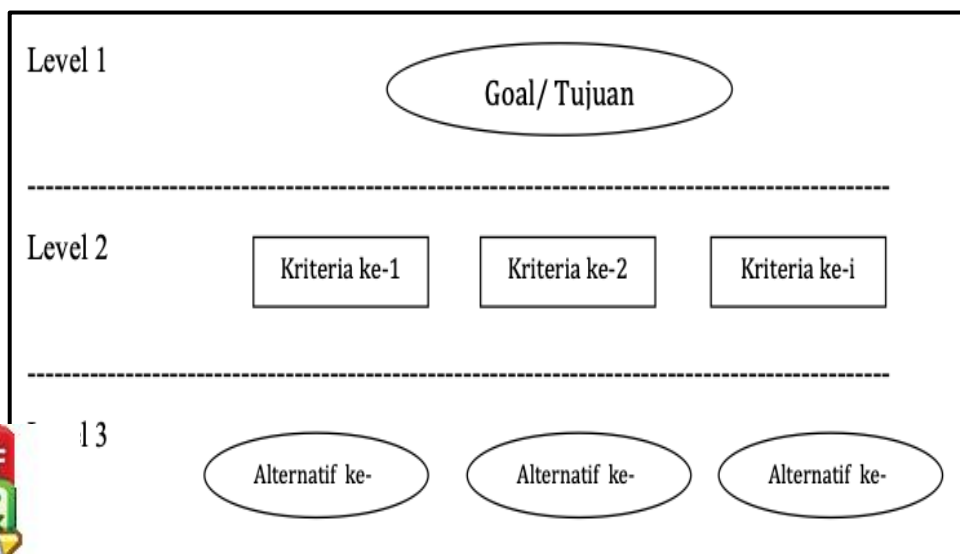
Metode dilengkapi dengan pengujian konsistensi sehingga dapat memberikan jaminan terhadap keputusan yang diambil. Kelemahan-kelemahan menurut AHP (*Analytic Hierarchy Proses*) (Meade, 1999) adalah:

1. AHP (*Analytic Hierarchy Proses*) tidak dapat diterapkan pada suatu perbedaan sudut pandang yang sangat tajam atau ekstrim di kalangan responden
2. Responden yang dilibatkan harus memiliki pengetahuan dan pengalaman yang cukup tentang permasalahan serta metode AHP itu sendiri

2.9.2 Langkah-langkah Proses Penerapan AHP

Berikut merupakan langkah-langkah dalam menyusun hierarki keputusan (Saaty, 1996):

1. Menerapkan permasalahan dan menentukan tujuan/goal
2. Menyusun hirarki yang dimulai dari (atas) atau tujuan sesuai pendapat. Pengambil keputusan, berikutnya dilanjutkan pada level menengah (atribut) serta diakhiri pada level paling bawah yaitu menyusun daftar alternatif-alternatif yang dipilih. Dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Penyusunan Hirarki AHP (Saaty, 1996)



Keterangan:

Level 1 : Goal/Tujuan

Level 2 : Atribut

Level 3 : Alternatif -alternatif

Atribut merupakan standart yang digunakan untuk menyatakan pencapaian tujuan, maka atribut harus mempunyai sifat antara lain (Saaty, 1996):

1. Lengkap

Pada suatu set atribut disebut lengkap bila dapat menunjukkan seberapa jauh seluruh tujuan dapat dicapai. Dengan mengetahui tingkat pencapaian atribut, pengambil keputusan dapat mempunyai gambaran yang jelas berkenaan dengan seberapa jauh tujuan dapat dicapai. Bila set tersebut tidak lengkap, maka meskipun dilakukan analisa yang mendalam terhadap atribut tersebut akan mendapatkan hasil yang tidak memuaskan. Hal tersebut terjadi karena ada beberapa aspek yang belum dimasukkan didalam analisa. Kelengkapan set kriteria sangat penting untuk memperoleh suatu keputusan yang baik.

2. Operasional

Suatu set atribut yang dipilih haruslah operasional maknanya mencakup beberapa pengertian bahwa set atribut tersebut harus mempunyai arti bagi pengambil keputusan, sehingga pengambil keputusan benar-benar menghayati implikasinya terhadap alternative yang ada. Nila analisa keputusan ini digunakan untuk meyakinkan pihak lain, maka set atribut adalah sebagai sarana untuk memberikan penjelasan atau komunikasi.

3. Tidak berlebihan

Untuk menentukan set atribut, jangan sampai terdapat atribut yang mengandung pengertian yang sama. Atribut harus ditentukan sedemikian rupa sehingga terjadi perhitungan ulang.

4. Minimum

Diupayakan set atribut berjumlah sedikit mungkin. Semakin banyak atribut, n semakin sulit untuk mengerti dan membandingkannya. Selain itu jumlah an yang diperlukan dalam analisa akan semakin banyak. Dalam beberapa atau tiga atribut dapat dikombinasikan menjadi satu atribut. Hal tersebut igurangi jumlah atribut dan menyederhanakan proses perhitungan. Saat



membandingkan elemen-elemen dalam suatu tingkat terkadang ditemukan kesulitan sehingga perlu diciptakan suatu tingkat baru dengan perbedaan yang lebih halus di antara atribut dan alternatif. Tingkatan baru itu biasa disebut dengan subatribut. Hierarki bersifat luwes, selalu dapat diubah beberapa bagiannya kelak untuk menampung atribut baru yang baru terpikir atau dianggap tidak penting ketika pertama merancangnya.

Membuat set matrik perbandingan berpasangan dengan ukuran $(n \times n)$ seperti Tabel 2 yang menggambarkan kontribusi relative atau pengaruh setiap elemen terhadap atribut yang setingkat di atasnya dengan menggunakan skala ukuran relatif Tabel 2. Tabel ini termuat skala banding berpasangan. skala itu mendefinisikan dan menjelaskan nilai 1 sampai dengan 9 yang ditetapkan bagi pertimbangan dalam membandingkan pasangan elemen yang sejenis disetiap tingkat hierarki terhadap suatu atribut yang berada setingkat di atasnya.

Tabel 2. Contoh matrik perbandingan berpasangan (Saaty, 1996)

C	A1	A2	...	An
A1	$W1/W1$	$W1/W2$	...	$W1/Wn$
A1	$W2/W1$	$W2/W2$	...	$W2/Wn$
...	...	...	...	...
An	$Wn/W1$	$Wn/W2$	...	Wn/Wn

Pada matrik perbandingan berpasangan tersebut dilakukan perbandingan elemen A1 dalam kolom disebelah kiri denga elemen A1, A2, A3 dan seterusnya yang terdapat di baris atas berkenaan dengan sifat C di sudut kiri atas. Lalu ulangi elemen A2 dan seterusnya. Dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.



Tabel 3. Skala Perbandingan Berpasangan (Saaty, 1996)

Intensitas Kepentingan	Keterangan	Penjelasan
1	Kedua elemen sama pentingnya	Dua elemen yang mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap tujuan
3	Elemen yang satu lebih sedikit dari elemen lainnya	Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen dibandingkan elemen lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting dari elemen lainnya	Pengalaman dan penilaian sangat kuat menyokong satu elemen lainnya
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya	Satu elemen kuat menyokong satu elemen dibandingkan elemen lainnya
9	Satu elemen mutlak penting daripada elemen lainnya	Bukti yang mendukung yang satu terhadap elemen lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan
2,4,6,8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan berdekatan	Nilai-nilai ini diberikan bila ada dua kompromi diantara dua pilihan
Kebalikan	Jika untuk aktifitas/mendapatkan satu angka dibandingkan dengan aktifitas j, maka j mempunyai nilai kebalikannya dibandingkan dengan nilai i	

Perbandingan berpasangan diperoleh judgement seluruhnya sebanyak $n(n-1)$ buah, dengan n adalah banyaknya elemen yang dibandingkan. Melakukan normalisasi matrik perbandingan berpasangan dengan menggunakan formulasi matematis pada model AHP. Misalkan dalam suatu sub sistem operasi terdapat n elemen operasi yaitu $A_1, A_2, \dots, A_n$. Maka hasil perbandingan secara berpasangan elemen-elemen operasi tersebut akan membentuk matrik perbandingan.

Perbandingan berpasangan mulai dari tingkat hierarki paling tinggi, dimana atribut n sebagai dasar perbuatan perbandingan (Mehralian, 2017). Dapat dilihat tabel 4 berikut.



Tabel 4. Contoh Sintesa Matrik Perbandingan Berpasangan (Mehralian, 2017)

C	A1	A2	...	An
A1	a11	A21	...	an1
A1	a21	A22	...	an2
...	...	...	...	...
An	an1	an2	...	an3
Σ	Ca1	Ca2	...	Can

Matrik A dengan ukuran $n \times n$ merupakan matrik resiprokal dan diasumsikan terdapat n elemen yaitu w_1, w_2, w_n , yang akan dinilai secara perbandingan. Nilai (*judgement*) perbandingan secara berpasangan antara (w_i, w_j) dapat dipresentasikan seperti matrik tersebut (Mehralian, 2017).

