

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Dasar pemikiran Pengambilan Keputusan

Suatu organisasi dalam proses perjalanannya akan selalu tumbuh dan berkembang dengan tantangan baru dan tujuan baru, sehingga setiap keputusan yang akan diambil merupakan hasil proses komunikasi dan partisipasi yang terus menerus dari keseluruhan organisasi. Hasil keputusan tersebut dapat merupakan pernyataan yang disetujui dan alternatif tindakan optimal untuk mencapai tujuan tertentu.

Proses pengambilan keputusan pada dasarnya merupakan proses penyeleksian beberapa alternatif keputusan baik yang disepakati sehingga akhir keputusan itu merupakan alternatif optimal yang dipilih dengan proses mekanisme tertentu. Proses pengambilan keputusan adalah suatu proses memilih alternatif tindakan untuk mencapai tujuan.

Metoda proses pengambilan keputusan yang di perkenalkan oleh Simon, H.A (1977) terdiri dari empat fasa utama⁷ yaitu:

1. Fase Intelijen

Proses pengambilan keputusan berawal pada fasa ini dimana penyelidikan dan mengidentifikasi lingkup problematika yang dikumpulkan.

2. Fase Desain

Tahap ini merupakan proses konstruksi dengan membuat perkiraan-perkiraan kemungkinan terjadi dari setiap variable dan hubungan antar variabelnya.

Tahap ini meliputi proses untuk mengembangkan dan menganalisa alternatif tindakan yang bisa dilakukan.

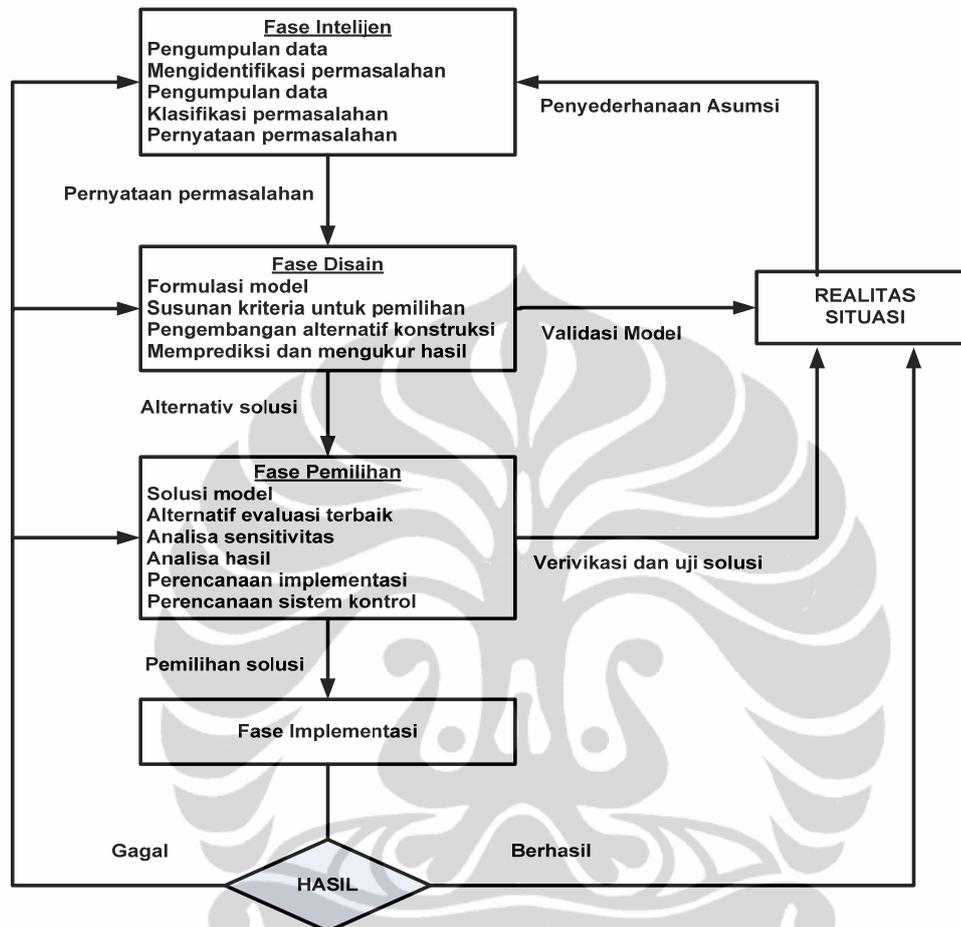
3. Fasa Pemilihan

Setelah menganalisa alternatif-alternatif tindakan maka pada tahap ini dilakukan proses pemilihan diantara alternatif untuk dijalankan. Proses pemilihan ini meliputi mencari, mengevaluasi dan merekomendasikan solusi yang tepat dari model. Solusi dari suatu model adalah satu kesatuan nilai variable keputusan dalam beberapa alternatif yang dipilih.

⁷ Simon, H.A. (1977). *The New Science of Management Decision*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA. p 15

4. Fasa Implementasi

Pada tahap ini solusi yang telah disepakati mulai dijalankan



Gambar 2.1 Aktifitas Pengambilan Keputusan

Alternatif keputusan baik yang disepakati setelah melakukan evaluasi sehingga akhir keputusan itu merupakan alternatif optimal yang dipilih. Aktivitas-aktivitas pada setiap fase diatas dapat dilihat pada gambar 2.1 diatas.

2.1.1 Dasar Model Pengambilan Keputusan

Disetiap organisasi pengambilan keputusan dipegang kendali atau ditanggung jawabkan pada spesial personal, dikarenakan pengambilan keputusan ini lebih kepoint organisasi. Pengambilan keputusan akhir-akhir ini banyak metoda keluar yang memaparkan permodelan dalam ruang lingkup pengambilan keputusan terhadap permasalahan multi aspek dan multi solusi yang cenderung membingungkan untuk

memilih paling optimal. Pada model pengambilan keputusan dibagi menjadi tiga komponen utama yaitu:⁸

1. *Objective function*, Suatu tujuan yang akan dicapai
2. *Constraints*, mencari batasan nilai bawah dari lapisan objektif
3. *Alternative*, pilihan yang akan diambil dari multi pilihan

Metoda ini dapat diterapkan pada sedikit criteria hingga multi criteria bahkan kompleks. Bahkan pada permasalahan berinvestasi untuk hal yang sangat penting, menjadi kekuatan tersendiri dari metoda pengambilan keputusan ini dengan biaya yang tidak besar. Untuk pencapaian suatu tujuan yang diinginkan, jumlah kevariasian dari atribut sangat dibutuhkan. Jika variasi ini terpenuhi point yang tidak kalah penting adalah tingkat frekuensi data cenderung berimbang dan sulit untuk dibedakan. Dasar pendekatan pengklasifikasian metoda pengambilan keputusan berdasarkan informasi yang diterima yaitu:⁹

1. Metoda dengan kuantitatif pengukuran
2. Metode dengan dasar penaksiran kualitatif
3. Metoda dengan dasar pengukuran kuantitatif tetapi dengan menggunakan beberapa criteria sebagai komparasi
4. Metoda dengan dasar pengukuran kualitatif, akan tetapi data tidak menggunakan variable transformasi dari kuantitatif

2.1.2 Tahapan Pengambilan Keputusan

Banyak artikel yang menerangkan analisa model untuk membantu situasi konflik pada manajemen perusahaan. Diantara artikel ini pendekatannya dapat diterima terhadap konflik manajemen, salah satu yang paling populer adalah *multi criteria decision making*. MCDM ini berfokus pada kompleks dan dinamisnya proses didalam manajemen dan level *engineering*. Di level manajerial menemukan nilai tujuan dan memilih final alternatif pilihan dengan optimal merupakan natural tekanan untuk mengambil keputusan.

Dalam organisasi manajerial pelaku teknik pengambilan keputusan ini dikenal dengan *decision makers*, yang mempunyai power yang sangat kuat untuk menerima atau

⁸ Sanandaji, Houman, (2006). *A Study of different decision making models and their pros and cons*. Carleton University, Ottawa, Canada. p.1

⁹ Ustinovichius, L., Zavadskas, E.K., Pedvesco, V. (2007). *Application of a quantitative multiple criteria decision making approach to the analysis of investment in construction*. Vilnius Gediminas Technical University. p.2

menolak suatu solusi yang diajukan oleh *engineering level*. Pengambil keputusan menyajikan struktur yang cenderung *off line* dari optimalisasi prosedur yang telah dijalankan. Terkadang kecenderungan struktur yang dilakukan oleh pengambil keputusan rada politik dari pada teknik kriteria.¹⁰ Pada kasus kasus tertentu system analisa dapat memberikan bantuan kepada pengambil keputusan dengan membuat komprehensif analisa dan mencatat semua properties penting dalam solusi baik yang minor maupun solusi yang komprehensif.

Pada level *engineering*, proses MCDM mendefinisikan dan mencari semua kemungkinan alternatif yang diinginkan/ terjadi dengan mengabaikan atau diluar konsekuensi pertimbangan atas pilihan alternatif tersebut sebagai dasar berpijaknya suatu metoda analisa multi kriteria. Level ini mampu menjalankan pengklasifikasian *multi criteria* dari multi alternatif. Langkah-langkah dalam *multi criteria decision making* adalah sebagai berikut:¹¹

1. Menentukan sistem evaluasi kriteria yang berhubungan dengan kapabilitas tujuan.
2. Membangun atau membuat sistem alternatif untuk pencapaian tujuan (*generating alternatives*).
3. Evaluasi alternatif pada fungsi-fungsi kriteria (nilai dari fungsi kriteria)
4. Menjalankan atau menggunakan *normative criteria analysis method*.
5. Diterimanya satu dari multi alternatif yang menunjukkan nilai optimal (lebih disukai)
6. Jika keputusan terakhir ini tidak dapat diterima, maka kumpulkan informasi baru dan kembali ke iterasi lanjutan untuk optimalisasi data multi kriteria tersebut

Tahapan tahapan pada poin 1 dan 5 banyak menempatkan pada pelaku manajerial level, dimana pembuat keputusan memiliki peran sentral di organisasi dan tahapan yang lainnya kebanyakan peran *engineering level*. Untuk tahapan di poin 4 pembuat keputusan perlu menyatakan pilihannya dalam kaitan relatif kepentingan suatu kriteria dan satu pendekatannya adalah pada proses pengenalan atau memperkenalkan bobot dari kriteria tersebut. Pembobotan pada MCDM tidak signifikan jelas

¹⁰ Yu, P.L. A class of solution for group decision problems. Management Science. p.19

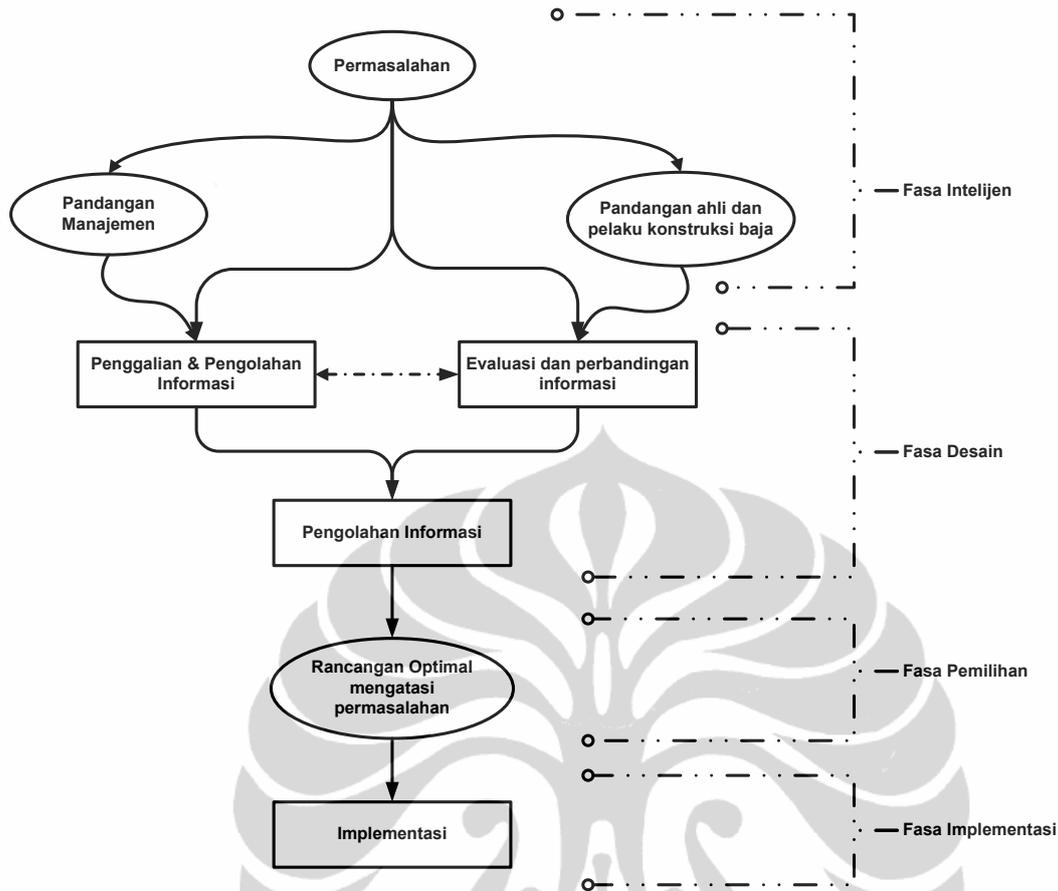
¹¹ Lotfi. F. Hosseinzadeh., Allahviranloo T., Jondabeh. M. Alimardani., Kiani N A. (2007). *A new method for complex decision making base on TOPSIS for complex decision making with fuzzy data*. Islamic Azad University, Tehran, Iran. p.2

menunjukkan nilai ekonomis suatu kriteria tetapi ini menyediakan kesempatan memodelkan actual aspek (kemungkinan terjadi) sebuah kebijakan pengambilan keputusan (struktur pilihan). Pendekatan lainnya adalah memperkenalkan pembobotan sederhana dalam mengumpulkan fungsi atribut (*alternative function*), dimana pembobotan ini mencerminkan kriteria kepentingan dan sebagai skala pengukuran.

Karena kriteria pada umumnya menyatakan dalam unit pengukuran berbeda (*non commensurable*) maka ini sulit untuk menentukan nilai dari pembobotan tersebut. Banyak penerapan yang dilakukan untuk menentukan matrik pencapaian dan ini tidak mempunyai keterkaitan erat dengan pilihan dari pengambil keputusan. Pada *engineering level*, usaha paling utama dalam mengembangkan dan mengevaluasi alternatif, itu tercermin pada point 2 dan 3. Untuk usaha ini memiliki perbedaan dalam tugas individu hingga tugas ini dibutuhkan berdasarkan tipe permasalahannya dan penyelesaian permasalahannya. Alternatif dapat di arahkan atau dibuat dan kelayakan ini dapat di uji oleh model matematika, model fisik dan percobaannya pada system yang sedang berjalan atau system yang serupa/ mirip. Batasan pada proses ini dapat diamati sebagai keutamaan objektif, yang harus dipenuhi dalam proses pengembangan/ membangun alternatif.¹²

Mengembangkan alternatif merupakan suatu proses yang rumit sehingga prosedur dan tahapan dalam pencarian nilai kreatifitas suatu fungsi objektif. Optimalisasi multi kriteria adalah proses menentukan solusi terbaik yang terpercay sesuai menurut pembuktian kriteria (mensajikan efek yang berbeda). Permasalahan praktis adalah sering ditandai dengan beberapa ketidak sepadanan dan konflik kriteria, ini mungkin kondisi yang tidak memuaskan terhadap semua kriteria secara simultan. Solusi seperti ini adalah sebuah bentuk tidak bermutunya suatu solusi, atau suatu pengambilan solusi secara kompromi menurut pilihan pengambil keputusan dan cenderung subjektif. Sebahagian besar metoda multi kriteria membutuhkan definisi bobot kuantitatif untuk kriteria, nilai dari bobot ini merupakan suatu ukuran jarak stabilitas dan menghilangkan sifat subjektif dengan tidak mengubah perolehan satuan pembobotan, hingga semua order yang lain memiliki perbandingan awal. Dapat dilihat ilustrasi ini pada gambar 2.2.

¹² Opricovic. Serafim., Treng. Gwo. Hshiang., (2004). *Compromise solution by MCDM methods a comparative analysis of VIKOR and TOPSIS*. European journal of operation research. Elsevier Inc. p.2



Gambar 2.2 Tahapan pengambilan keputusan

Dalam pengolahan dan mengatasi permasalahan ini dilakukan tahapan intelijen dengan mempertimbangkan informasi dari manajemen dan ahli sehingga informasi ini berimbang. Setiap informasi yang didapat merupakan fungsi yang saling berkaitan satu dengan lainnya sehingga perlunya mengelompokkan berdasarkan nilai objektif dan sebagai atribut. Pada fasa desain, ini yang akan diolah *engineering level* untuk mencari hubungan sebab akibat dari permasalahan. Kemudian dilakukan rancangan yang bervariasi untuk memberikan peluang kemungkinan sebuah rancangan tersebut memiliki nilai yang lebih baik dari sebelumnya. Sebagai batasan dari multi rancangan tersebut diklasifikasi dan dilakukan penilaian ahli terhadap fungsi dan seberapa besar berpengaruh.

Setelah dilakukan perhitungan dan didapatnya solusi terbaik maka dianalisa untuk memastikan seberapa signifikannya perubahan rancangan tersebut, maka fasa ini disebut pemilihan rancangan. Kemudian mulai dilakukan persiapan implementasi perubahan ini dengan koordinasi antar lini dalam sistim manajemen dan *engineering*.

2.2 Pengambilan Keputusan Untuk Perubahan

Dalam *engineering* melakukan dan mengaplikasikan teknik evaluasi rancangan dan pencarian alternatif solusi untuk pencapaian nilai ekonomis adalah suatu yang harus jika organisasi perusahaan tumbuh dan berkembang. Dalam usaha mengembangkan organisasi beberapa yang menjadi pertimbangan adalah memprediksikan peluang dan kemungkinan akan terjadi di kemudian hari dan kemungkinan yang menghambat pertumbuhan perusahaan.

Pengeluaran dan keuntungan yang didapat haruslah di prediksi untuk kedepan, sehingga infestasi menjadi penting jika peluang kedepan jelas dan memiliki alasan dan argumen terukur. Konsekuensinya analisa finansial menjadi harus diterapkan kedepan dengan pengambilan keputusan yang mempunyai dasar kuat. Beberapa alasan pengambilan keputusan harus dilakukan pada teknik ekonomi adalah:

1. Inflasi, merupakan penurunan harga mata uang dan ini dapat di prediksi kejadiannya.
2. Analisa resiko merupakan pengumpulan atribut dalam pengambilan keputusan
3. *Cost of money*

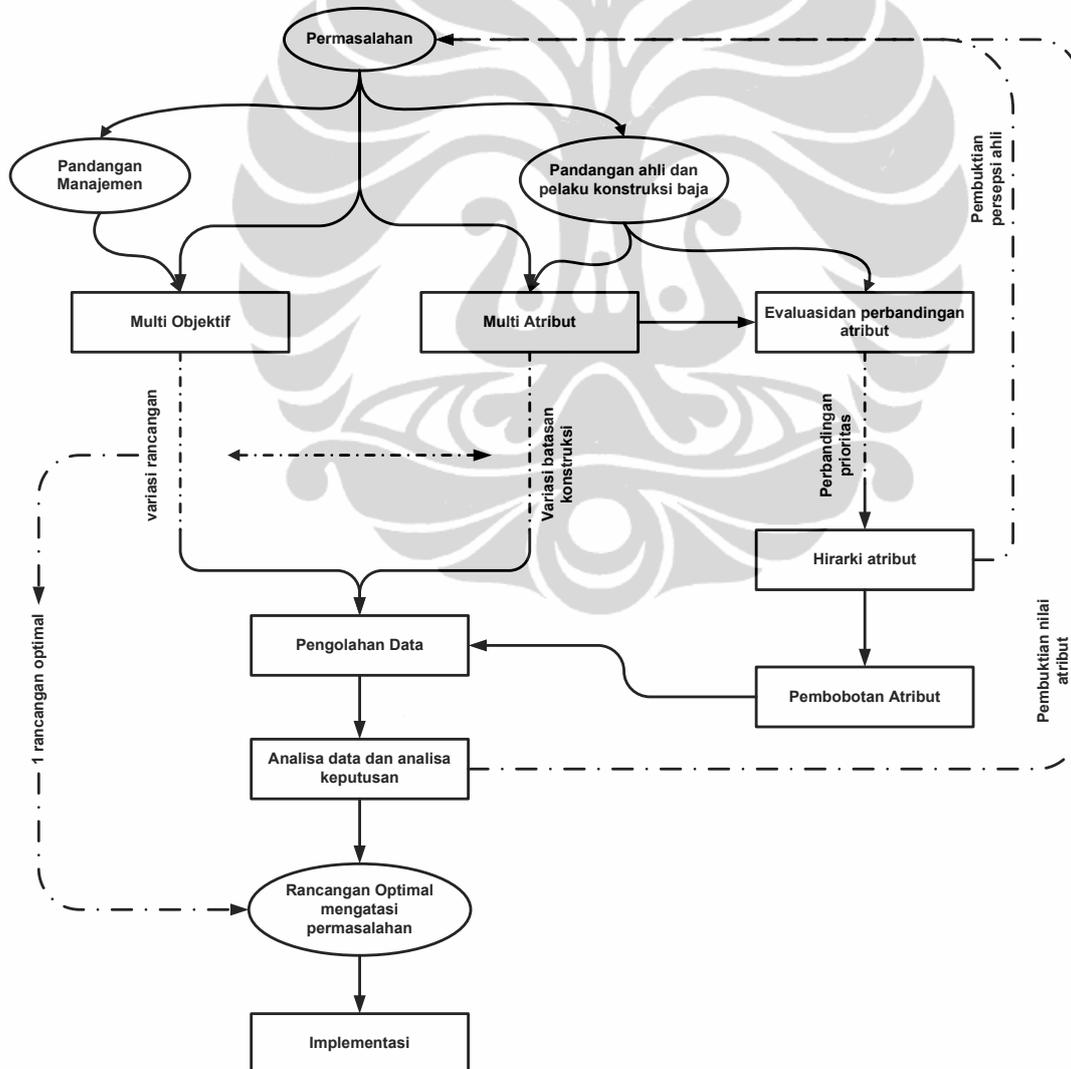
Pengeluaran uang merupakan hal yang dapat di hitung dan diprediksi, ini merupakan komponen penting dalam analisa ekonomi.

Keputusan dalam konteks dunia nyata sering dibuat di hadapan banyak, bertentangan dan tidak sebandingnya kriteria. Khususnya, banyak masalah keputusan ditingkat taktis dan strategis seperti masalah perancangan dan perencanaan strategis harus mempertimbangkan secara eksplisit model yang melibatkan berbagai tujuan atau atribut yang bertentangan maupun yang berhubungan dengan kriteria, tujuan, dan atribut yang digunakan dalam pengambilan keputusan, Kemudian memperkenalkan pengambilan keputusan multi objektif dan multi atribut model yang relevan.¹³

Masalah manajerial jarang dievaluasi dengan satu tujuan sederhana seperti memaksimalkan keuntungan. Sistem manajemen saat ini jauh lebih kompleks, dan

¹³ Lu.Jie., Zhang.Guangquan., Ruan.Da., Wu.Fengjie, (2007) *Multi-Objective Group Decision Making Methods, Software and Applications With Fuzzy Set Technique*, Imperial College Press, Series in electrical and Computer Engineering vol 6. p.17

manajer ingin untuk mencapai tujuan secara simultan, di mana beberapa di antaranya konflik. Ketika suatu keputusan harus dibuat tentang suatu permasalahan penggunaan bahan baku, manajemen menginginkan terjadinya efisiensi dengan tidak menurunkan kualitas produk, sebagian dari tujuan-tujuan ini saling melengkapi satu sama lain sementara yang lain saling konflik. Sehingga perlu mendefinisikan multi objektif (multi rancangan) dan atribut (batasan rancangan) yang berpengaruh dalam permasalahan ini kemudian diolah dengan MCDM hingga menghasilkan keputusan bulat untuk melakukan perubahan rancangan. Oleh karena itu, seringkali diperlukan untuk menganalisa masing-masing alternatif dalam kondisi jelas dengan penentuan masing-masing dari beberapa tujuan.



Gambar 2.3 Perubahan rancangan untuk mengatasi permasalahan

Permasalahan muncul dari informasi yang diserap baik melalui langsung maupun proses intelijen, kemudian informasi ini dikelompokkan menjadi fungsi masing masing dapat dilihat pada gambar 2.3. Multi objektif adalah multi rancangan atau alternatif perubahan rancangan dengan beberapa bentuk susunan *shell wall* dan alternatif penggunaan *reinforcement* beserta susunannya untuk mencapai tujuan. Kemudian multi atribut didefinisikan adalah multi *constraint* atau multi batasan dari fungsi pencapaian objektif (perubahan rancangan), oleh karena itu batasan dapat sebagai tujuan, proses dan juga perlakuan *testing (incommensurable unit)*. Dua kelompok ini memiliki hubungan erat sebagai fungsi sehingga perlu di klarifikasi dengan melakukan penilaian perspektif ahli terhadap multi atribut. Dari penilaian ini akan diolah dengan multi perbandingan atribut sehingga didapat hirarki nilai tertinggi dari prioritas. Dengan ini dapat dilakukan klarifikasi ke permasalahan awal untuk memastikan hubungan ini ada dan dapat dipertanggung jawabkan.

Pengolahan data gabungan untuk menghasilkan keputusan perubahan rancangan sebagai batasan fungsi atribut. Hasil pengolahan ini akan mendapatkan satu dari rancangan optimal untuk mengatasi permasalahan. Kemudian akan dilakukannya proses implementasi. Multi-kriteria pengambilan keputusan (MCDM) adalah kelompok dari teknik pengambilan keputusan dari identifikasi satu dari kecenderungan multi opsi dengan merengking setiap opsi tersebut untuk evaluasi berikutnya,¹⁴ kemudian pengelompokannya menjadi:

1. *Multiple criteria (multi objective and multi atribut)* adalah pengelompokan pencapayan dan idea solusi dengan fungsi batasan.
2. *Conflicting among criteria* merupakan konflik antar kelompok maupun dalam satu kelompok atribut.
3. *Incommensurable unit (criteria have different unit)* juga menjadi suatu kelebihan dalam mengolah variasi data berlabel ukuran.
4. *Design/ Selection (best alternative solution)*

Ini menunjukkan bahwa metoda pengambilan keputusan harus melakukan fasa intelijen untuk menyaring informasi dan kemudian dapat dikelompokkan menjadi multi objektif dan multi atribut. Data yang disajikan merupakan data kuantitatif dengan ukuran atau dimensi unit yang berbeda dan cenderung konflik antaranya.

¹⁴ Ibid, p.18

2.2.1 Strategi Manajemen

Henry Mintzberg mengungkapkan bahwa strategi bukanlah hasil akhir dari proses perencanaan, namun sebaliknya yaitu awal dari proses tersebut. Seorang pemimpin harus merencanakan dan menyediakan ruang yang memungkinkan tercapainya tujuan serta memberikan energi emosional untuk memenangkan persaingan sebagai *strategic intent*. Sehingga esensi dari strategi adalah ilmu pengetahuan dan seni dalam merencanakan dan memenangkan pelanggan dan *stakeholder* lainnya.¹⁵ Michael Porter dalam karyanya "*What is Strategy?*" mengungkapkan bahwa strategi dalam manajemen umum adalah berkaitan dengan :

1. Memposisikan produk dan jasa pada pasar sasaran
2. Menjadi khusus dan berbeda dalam pasar
3. Memberikan nilai yang unik kepada pelanggan
4. Penyesuaian aktifitas yang menjadi identitas perusahaan.

Strategi dan implementasi saat ini sudah menjadi sebuah kesatuan yang tak terpisahkan untuk mencapai sebuah keberhasilan. Strategi yang bagus tanpa diikuti implementasi dan pelaksanaan yang benar tidak akan memberikan hasil sesuai dengan tujuan yang direncanakan. Dan tidak mungkin implementasi akan baik tanpa adanya strategi terencana yang mendahuluinya. Bagaikan sebuah koin mata uang yang kedua sisinya tidak bisa terpisahkan maka strategi dan implementasinya harus tepat dan perusahaan harus berhasil melaksanakan keduanya untuk berhasil mencapai tujuannya. Sedangkan manajemen strategi dapat didefinisikan sebagai seni dan pengetahuan dalam merumuskan, mengimplementasikan dan mengevaluasi keputusan-keputusan strategis untuk mencapai tujuan. Sehingga, tujuan dari manajemen strategi adalah untuk mengeksploitasi dan menciptakan peluang-peluang yang baru dan berbeda untuk rencana jangka panjang ke depan serta mengoptimalkannya berdasarkan kecenderungan saat ini.¹⁶

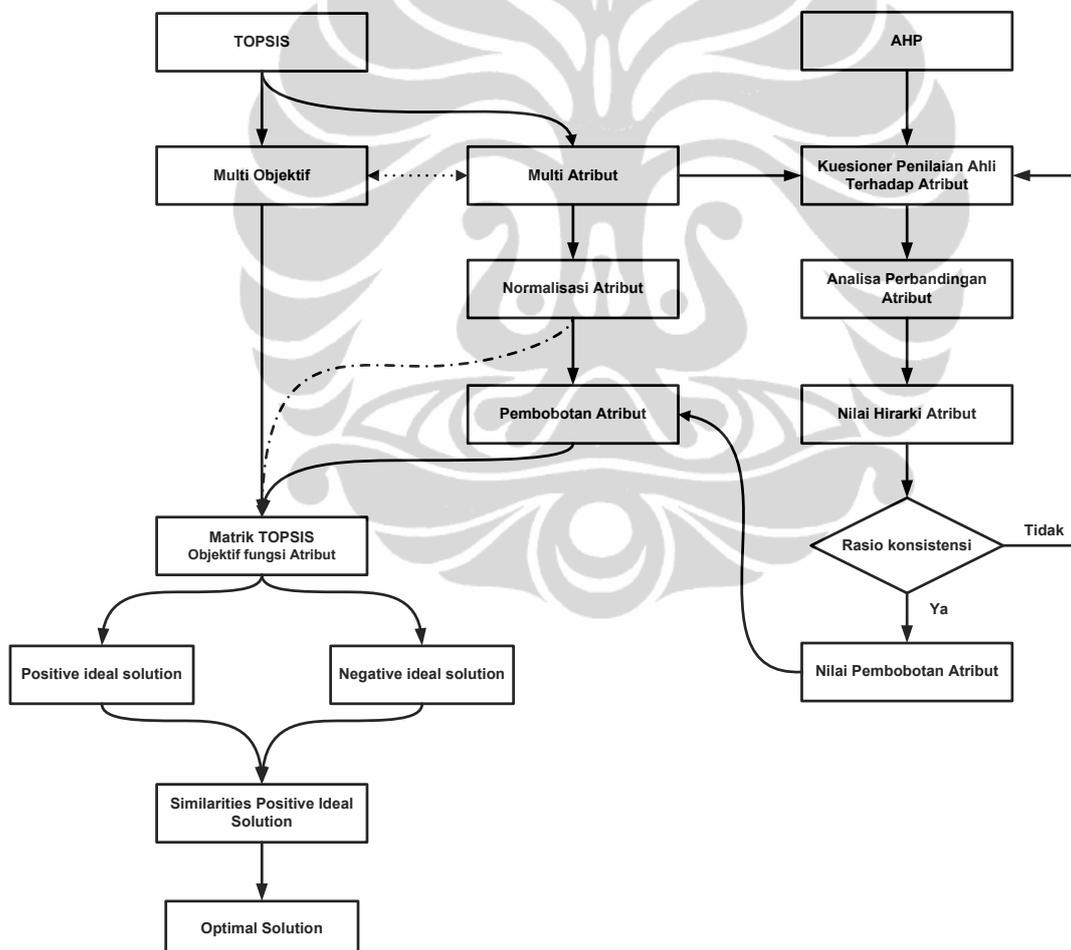
Strategi sangat penting dalam perencanaan pengambilan keputusan karena tanpa strategi perusahaan tidak bisa menentukan tema strategis yang akan diraih. Tanpa adanya tema strategis perusahaan tidak dapat merumuskan elemen kunci pada setiap perspektif sehingga fokus terhadap tujuan. Elemen elemen dalam proses

¹⁵ Nair, M., (2004). *Essential of Balanced Scorecard*, John Willey & Son, Inc., New Jersey, p.60

¹⁶ David, F.R., (2007). *Strategic Management*, Pearson Prentice Hall, 11th Edition, New Jersey, p.5

pengambilan keputusan ini dapat digolongkan sebagai berikut, sehingga elemen ini merupakan cerminan data dan pengolahan dalam metoda ini yaitu:

1. Metoda dengan dasar data kuantitatif dari hasil perhitungan
2. Metoda dengan dasar penaksiran kualitatif (persepsi ahli)
3. Metoda dengan multi kriteria komparasi kuantitatif dengan kualitatif
4. *Conflicting criteria*
5. *Incommensurable unit (criteria have different unit)*
6. Objectif (multi alternatif rancangan untuk solusi mengatasi permasalahan)
7. Atribut (batasan dari lapisan objektif sebagai data kuantitatif)
8. *Design selection (best alternative solution)*



Gambar 2.4 pengambilan keputusan dengan TOPSIS dan AHP

Dari penjelasan sebelumnya metoda dalam pengambilan keputusan akan dikelompokkan menjadi dua yaitu kelompok informasi data kuantitatif dan kelompok

data kualitatif. Strategi ini bertujuan menganalisa data kualitatif dengan memperhatikan perspektif dan penilaian ahli sehingga data yang disajikan dapat menjadi objektif. Maka metoda ini adalah *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) dan *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Seperti pada diagram kombinasi pengolahan data dengan TOPSIS dan AHP pada gambar 2.4. Multi atribut diolah dengan menghitung multi rancangan dan tiap atribut ini akan dinilai oleh ahli sedemikian rupa data yang disajikan sebagai pembobotan lebih objektif.

Manajemen Strategi merupakan salah satu usaha keras untuk sukses dalam bisnis. Informasi dalam organisasi harus diatur dengan sepatutnya, banyak organisasi gagal dalam menggunakan dan memanfaatkan keuntungan informasi. Untuk menjawab kesuksesan dalam pengimplementasian manajemen informasi, perusahaan harus memilih strategi manajemen yang paling disenangi sebelum proses mengimplementasikan. Pemilihan dari beberapa strategi manajemen untuk melakukan perubahan dapat dilakukan dengan multi criteria decision making. Strategi manajemen memilih dan mengidentifikasi criteria atribut dalam pengambilan keputusan, enam criteria dalam manajemen strategi adalah:¹⁷

1. Support dari pimpinan manajemen
2. Komunikasi
3. Kultur dan type masyarakat
4. Incentive
5. Waktu
6. Biaya

2.2.2 Perspektif Pelanggan

Pada perspektif pelanggan, perusahaan mengidentifikasi pelanggan dan segmen pasar dimana unit bisnis tersebut akan bersaing. Segmen tersebut akan menggambarkan dari mana pendapatan akan diperoleh yang merupakan tujuan finansial perusahaan. Pada masa lalu, perusahaan dapat berkonsentrasi pada kemampuan internal dengan menitikberatkan pada performa produk dan inovasi teknologi. Tetapi perusahaan yang tidak memahami kebutuhan pelanggan

¹⁷ Sanayei. Amir., Mousavi. S. Farid. (2008). *A group based fuzzy TOPSIS approach to selecting a knowledge managemen strategy*. Islamic Azad University. Tehran Iran. p.1

menemukan bahwa pesaing semakin kuat dengan menawarkan produk atau jasa yang lebih baik dan sesuai dengan preferensi pelanggan. Sehingga saat ini perusahaan beralih fokus pada faktor eksternal yaitu pelanggan.

Pernyataan visi dan misi secara rutin/konsisten mendeklarasikan tujuan perusahaan untuk menjadi “nomor satu dalam memberikan nilai kepada pelanggan” dan menjadi “pemasok nomor satu bagi pelanggan”. Terlepas dari ketidakmungkinan perusahaan menjadi penyedia yang terdepan pada semua pelanggan, pernyataan inspirasional yang mengarahkan segenap upaya karyawan untuk dapat memuaskan kebutuhan pelanggan tidak perlu dipertentangkan. Jika bisnis ingin mencapai keberhasilan performa finansial dalam jangka panjang mereka, harus bisa menciptakan produk dan jasa yang bernilai pada pelanggan. Untuk mencapai kepuasan pelanggan, eksekutif perusahaan harus bisa menerjemahkan pernyataan misi dan strategi ke dalam tujuan-tujuan spesifik yang mengacu pada pasar dan pelanggan. Perusahaan yang berusaha menjadi segala-galanya bagi semua pelanggan hanya akan berujung pada kegagalan. Sebuah bisnis harus mengidentifikasi segmen pasar dimana pelanggan loyal dan yang berpotensi menjadi pelanggan berada, kemudian menentukan pilihan pada segmen mana perusahaan akan bersaing. Identifikasi dan membangun nilai-nilai kompetitif yang akan ditawarkan kepada segmen yang ditargetkan menjadi kunci dalam membangun tujuan dan ukuran pada perspektif pelanggan. Dengan demikian pada perspektif pelanggan menterjemahkan misi dan strategi organisasi ke dalam tujuan spesifik dari segmen pasar dan pelanggan yang ditargetkan sehingga dapat dikomunikasikan ke dalam organisasi.

Pada umumnya, pelanggan yang sudah ada dan yang berpotensi menjadi pelanggan tidak homogen. Mereka memiliki preferensi yang berbeda dengan masing-masing sifat dan atribut pada produk dan jasa yang juga berbeda. Proses perumusan strategi menggunakan penelitian pasar yang mendalam akan bisa menyingkap perbedaan diantara segmen pasar dan pelanggan serta preferensi pada dimensi harga, fungsi, kualitas, imej, reputasi, dan pelayanan. Strategi perusahaan kemudian bisa didefinisikan pada target pasar dan pelanggan yang telah dipilih.

Ada dua kelompok kelompok dalam pengukuran perspektif pelanggan yaitu:

1. *Customer Core Measurement Group*

Kelompok pengukuran inti dari perspektif pelanggan adalah pengukuran generik yang digunakan oleh semua perusahaan. Termasuk dalam kelompok pengukuran ini adalah :

1. *Market share* adalah pengukuran yang mencerminkan besarnya pelanggan yang berhasil dikuasai atau proporsi bisnis yang berhasil dijual oleh unit bisnis dari segmen pasar yang ditargetkan. Selain itu terdapat pengukuran yang kedua yaitu *account share* atau *share of wallet* yang mengukur seberapa besar transaksi keuangan pelanggan dari segmen pasar tertentu yang berhasil diambil oleh perusahaan.
2. *Customer Retention* adalah mengukur kemampuan perusahaan mempertahankan *customer* yang telah ada. Cara mempertahankan atau meningkatkan *market share* dari segmen yang ditargetkan dimulai dengan mempertahankan *customer* yang sudah ada hingga menjadikannya *loyal customer*.
3. *Customer Acquisition* adalah mengukur keberhasilan unit bisnis menarik atau memenangkan pelanggan atau bisnis baru.
4. *Customer Satisfaction* adalah pengukuran yang merefleksikan seberapa baik unit bisnis atau perusahaan telah melayani pelanggan. *Customer retention* dan *customer acquisition* diawali oleh terpenuhinya kebutuhan *customer* yang berujung pada *customer satisfaction*.
5. *Customer Profitability* adalah mengukur keuntungan bersih dari pelanggan atau segmen tertentu setelah dikurangi pengeluaran yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan tersebut. Pengukuran *customer profitability* dapat dilakukan dengan teknik *activity-based cost system (ABC system)*.

Customer core measurement group membentuk satu hubungan sebab akibat yang berpengaruh pada pertumbuhan dan keuntungan perusahaan yang ingin diraih.

2. *Customer Value Proposition*

Customer value proposition menunjukkan segala atribut yang melekat pada produk dan jasa yang akan diberikan kepada pelanggan yang akan

menciptakan kepuasan dan loyalitas pada segmen pelanggan yang ditargetkan. Atribut-atribut tersebut dikelompokkan ke dalam tiga kategori yaitu :

1. Atribut produk dan jasa yang meliputi fungsi produk dan jasa, harga, dan kualitas
2. *Customer Relationship* meliputi dimensi penyerahan produk dan jasa kepada pelanggan termasuk respon, kecepatan dan ketepatan waktu pengiriman serta bagaimana perasaan pelanggan dalam melakukan transaksi pembelian.
3. *Image* dan *Reputation* yang merefleksikan faktor *intangibile* dari produk dan jasa yang menarik pelanggan sehingga menghasilkan loyalitas pelanggan.

2.2.3 Proses Operasi

Proses operasi adalah gelombang pendek penciptaan nilai dalam perusahaan. Dimulai dengan diterimanya pesanan pelanggan dan diakhiri dengan penyampaian produk dan jasa kepada pelanggan. Proses ini menitikberatkan kepada penyampaian produk dan jasa kepada pelanggan secara efisien, konsisten dan tepat waktu. Operasi perusahaan cenderung repetitif sehingga teknik manajemen ilmiah dapat diterapkan untuk meningkatkan pesanan pelanggan, produksi, vendor, dan penyampaian produk dan jasa.

Pengukuran kinerja pada proses operasi mengaplikasikan *total quality management* yang mencakup ukuran finansial, mutu dan *cycletime*. Selain pengukuran tersebut, perusahaan dapat mengukur karakteristik tambahan dari proses produk dan jasa seperti pengukuran fleksibilitas, dan karakteristik khusus produk dan jasa yang menciptakan nilai bagi pelanggan.

2.2.4 Proses Inovasi

Proses inovasi adalah bagian integral dari *internal business process* dimana unit bisnis melakukan riset untuk kebutuhan dan keinginan pelanggan baik yang baru muncul maupun yang masih laten, kemudian menciptakan produk dan jasa yang bisa memenuhi kebutuhan tersebut. Proses inovasi terdiri dari dua tahap yaitu :

1. Identifikasi pasar yaitu dengan riset mendalam untuk mengetahui besarnya pasar, preferensi pelanggan dan harga yang tepat untuk produk dan jasa yang ditargetkan.
2. Mendesain dan mengembangkan produk dan jasa berdasarkan masukan dari riset identifikasi pasar yang telah dilakukan. Pada tahap ini perusahaan harus bisa melakukan proses riset untuk mengembangkan produk inovatif, kemudian mengkaji teknologi saat ini untuk produk yang dikembangkan dan selanjutnya berkonsentrasi untuk menjual produk dan jasa tersebut ke pasar.

Pada tahap pengembangan produk terdapat ukuran yang dikembangkan untuk keefektifan siklus pengembangan produk yaitu *break even time* (BET) yang mengukur waktu yang dibutuhkan dari permulaan pengembangan produk hingga produk tersebut diperkenalkan ke pasar dan menghasilkan keuntungan yang cukup untuk menutupi investasi yang ditanamkan dalam pengembangan produk. BET menyatukan tiga unsur penting proses pengembangan produk yang efektif dan efisien. Pertama, BET tidak hanya mengukur hasil yang dicapai dari pengembangan produk, tetapi juga biaya yang diinvestasikan untuk proses tersebut. Kedua, BET menekankan profitabilitas yang mendorong departemen marketing, manufaktur, dan R&D bekerja sama mengembangkan sebuah produk yang benar-benar memenuhi kebutuhan pelanggan. Ketiga, BET menetapkan target jangka waktu dimana produk didorong untuk dapat diluncurkan lebih cepat daripada pesaing sehingga tingkat penjualan yang tinggi akan menutupi investasi pengembangan produk lebih cepat.

2.3 Tahapan *Analytic Hierarchy Process* (AHP)

AHP merupakan suatu alat analisa yang dapat digunakan untuk membuat keputusan pada kondisi yang kompleks, terutama jika keputusan tersebut bersifat subjektif. AHP merupakan salah satu metoda pengambilan keputusan yang dikembangkan oleh Thomas Lorie Saaty seorang profesor ilmu matematika dari *Univerty of Pittsburgh*, Amerika Serikat pada awal 1970an, menghasilkan pendekatan terstruktur untuk menentukan nilai dan bobot untuk permasalahan multi kriteria.

Secara teknis aplikasi AHP terdiri dari menyusun hirarki kemudian mendapatkan penilaian melalui perbandingan berpasangan yang akan disintesis

menjadi prioritas dan nilai yang dihasilkan dapat menjadi pembobotan untuk proses lanjut. Manusia mempunyai kemampuan untuk mempersepsikan gagasan, mengidentifikasinya dan mengkomunikasikan apa diamati. Untuk memperoleh pengetahuan terperinci pikiran manusia menyusun realitas yang kompleks kedalam bagian yang menjadi elemen pokoknya dan kemudian menyusun bagian ini kedalam bagian lainnya dan seterusnya secara hirarki.

Penyusunan hirarki ini merupakan tahapan paling penting dalam pengaplikasian AHP sebagai model dari permasalahan yang ingin dipecahkan. Manusia mempunyai kemampuan mempersepsikan hubungan antara hal-hal mereka amati, membandingkan berpasangan benda atau hal yang serupa terhadap kriteria tertentu, dan membedakan kedua anggota pasangan itu dengan menimbang intensitas preferensinya satu sama lain. Dalam menyusun hirarki ini diperlukan pemikiran kreatif, pengumpulan informasi, penggabungan informasi, proses mengingat dan sudut pandang orang lain.

Tahapan pengambilan keputusan dengan AHP adalah sebagai berikut:

Tahap 1. Konstruksi model dan permasalahan

Masalah perlu distrukturkan ke dalam komponen-komponen pentingnya. Kriteria yang relevan dan alternatif distrukturkan dalam bentuk suatu hirarki, dimana semakin tinggi levelnya semakin strategis keputusannya. Elemen paling atas diurai menjadi sub-komponen dan atribut. Pembentukan model akan membutuhkan atribut pada tiap level dan definisi dari hubungannya.

Tahap 2. Pembentukan matrik-matrik perbandingan berpasangan dari level-level komponen yang saling tergantung

Pada tahap kedua ini, pengambil keputusan diminta untuk merespon suatu deret berpasangan (*pairwise comparison*) dengan melihat pada kriteria kontrol level yang lebih tinggi. Di AHP, perbandingan berpasangan dari elemen di tiap level dilakukan dengan mempertimbangkan kepentingan relatifnya terhadap kriteria kontrol. Kriteria kontrol untuk perbandingan-perbandingan berpasangan dapat berupa kriteria pada level yang lebih tinggi maupun level yang lebih rendah. Dalam kasus saling ketergantungan (*interdependencies*), komponen

dalam level yang sama akan dilihat sebagai komponen kontrol untuk komponen yang lain.

Tabel 2.1. Prinsip Skala Dalam Angka

Nilai Numerik	Definisi	Keterangan
1	Sama penting	Dua faktor dengan kontribusi yang sama terhadap tujuan
3	Sedikit lebih penting	Pengalaman dan penilaian satu faktor sedikit lebih dari yang lain
5	Lebih penting	Pengalaman dan penilaian satu faktor lebih kuat dibanding faktor lain
7	Sangat penting	Suatu faktor lebih kuat dan dominasinya terlihat dalam praktek
9	Amat sangat penting	Perbedaan antar item yang dibandingkan sangat besar sehingga semestinya tidak dibandingkan langsung
2,4,6,8	Nilai tengah	Untuk menggambarkan kompromi diantara dua penilaian yang berdekatan

Untuk membandingkan dua elemen, AHP menggunakan skala pengukuran rasio sembilan poin dari Saaty, yang dapat dilihat pada Tabel 2.2. AHP mengasumsikan bahwa pengambil keputusan harus membuat perbandingan kepentingan antara dua pasangan atribut yang mungkin, menggunakan suatu skala verbal (dari yang paling penting ke kurang penting) untuk tiap varian. Pengambil keputusan juga membuat perbandingan yang mirip untuk seluruh pasangan subkriteria. Informasi yang diperoleh dalam proses ini digunakan untuk menghitung skor subkriteria, dengan melihat tiap kriteria.

Skor 1 menunjukkan dua pilihan mempunyai tingkat kepentingan yang sama atau tidak ada perbedaan dan skor 9 menunjukkan dominasi yang besar sekali dari suatu komponen yang dipertimbangkan (komponen baris) terhadap komponen pembanding (komponen kolom). Jika suatu komponen mempunyai tingkat pengaruh

yang lemah, rentang skor berkisar dari 1 sampai 1/9, dimana 1 menunjukkan tidak ada perbedaan dan 1/9 menunjukkan dominasi yang kuat dari elemen kolom terhadap elemen baris. Ketika penilaian skor dilakukan untuk suatu pasangan, suatu nilai kebalikan secara otomatis merupakan perbandingan kebalikan di dalam matrik. Jadi a_{ij} merupakan suatu nilai dalam matrik yang menunjukkan hubungan antara komponen i terhadap komponen j , maka a_{ij} sama dengan $1/a_{ji}$ atau $a_{ij} \cdot a_{ji} = 1$. Jika perbandingan berpasangan telah komplet, vektor prioritas w (yang disebut *eigenvector*) dihitung dengan rumus :

$$A \cdot w = \lambda_{\max} \cdot w$$

dengan A adalah matrik perbandingan berpasangan dan λ_{\max} adalah *eigenvalue* terbesar dari A . *Eigenvector* merupakan bobot prioritas suatu matrik yang kemudian digunakan dalam penyusunan supermatrik.

Apabila perbandingan berpasangan dilakukan dengan cara kusioner kepada multi responden, maka perlu dilakukan pengolahan data pendahuluan yang hasilnya akan dimasukkan ke dalam sebuah matrik. Data hasil kusioner adalah data kualitatif, ordinal sehingga diambil nilai menggunakan rata-rata geometrik (*geometric mean*) dengan rumus:

$$GM_j = \sqrt[n]{y_1 y_2 y_3 \dots y_n}$$

dimana :

GM : *Geometric Mean* (rata-rata geometrik)

y : data

n : jumlah data

Tahap 3. Perhitungan Rasio Konsistensi

Dalam penilaian proses terdapat kemungkinan masalah kelengkapan atau konsistensi dari perbandingan berpasangan. Rasio konsistensi (*consistency ratio*) memberikan suatu penilaian numerik mengenai bagaimana ketidakkonsistenan suatu evaluasi. Indeks konsistensi (*consistency index/CI*) suatu matrik perbandingan dihitung dengan rumus:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

dimana:

λ_{\max} = *eigenvalue* terbesar dari matrik perbandingan berpasangan $n \times n$

n = jumlah item yang dibandingkan

Rasio konsistensi diperoleh dengan membandingkan indeks konsistensi dengan satu nilai dari bilangan indeks konsistensi acak (*random consistency index/RI*), atau dengan rumus;

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Indeks konsistensi acak berbagai ukuran matrik (n) dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.2. Indeks Konsistensi Acak

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Vektor hasil perhitungan diterima jika CR sekitar 0,1 atau kurang (maksimal toleransi 0,2). Jika CR tidak kurang dari 0,1, masalah dipelajari lagi dan dilakukan penilaian ulang.

Tahap 4. Pemilihan alternatif terbaik

Pemilihan alternatif terbaik ditentukan oleh nilai akhir (*final score*) untuk tiap pilihan dari hasil matrik akhir (*final supermatrix*) yang diperoleh. Alternatif yang dipilih adalah alternatif yang memiliki nilai akhir terbesar.

2.4 Tahap TOPSIS

Suatu metoda MCDM (*Multi Criteria Decision Making*) multi criteria suatu fungsi permasalahan dengan m alternatif (objektif) yang di evaluasi oleh n atribut, dipandang sebagai suatu system yang *geometric* dengan m berada pada posisi ruang n dimensional. Hwang dan Yoon (1981) mengembangkan TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) yang didasarkan pada konsep multi alternatif suatu nilai objektif sebagai fungsi atribut yang dipilih dengan nilai jarak paling pendek dari *positive ideal solution* dan nilai yang paling panjang dari *negatif ideal solution*. Belakangan ini prinsip ini telah juga diusung dan diusulkan oleh Zeleny (1982) dan Hall /Aula (1989). Telah diperkaya oleh Yoon (1987) dan Hwang,

Lai, dan Liu (1993). Pada dasarnya metoda ini didefinisikan adalah metoda pengambilan keputusan yang didasarkan pada konsep multi alternatif suatu nilai objektif sebagai fungsi atribut yang dipilih dengan nilai jarak paling pendek dari *positive ideal solution* dan nilai yang paling panjang dari *negatif ideal solution* dengan *similariti ideal solution*

Tahap 1. Rancangan Konstruksi nilai objektif dan atribut

Rancangan konstruksi perlu distrukturkan ke dalam komponen-komponen pentingnya. Komponen multi objektif ini disusun berdasarkan kriteria dan aspek variasi yang mungkin terjadi dengan fungsi nilai atributnya harus baik atau masuk kriteria sehingga nilainya sangat berdekatan dan membingungkan menentukan nilai terbaik dari beberapa objektif ini. Kriteria yang relevan dan alternatif distrukturkan dalam bentuk suatu herarki, dimana semakin tinggi levelnya semakin strategis keputusannya.¹⁸

Tahap 2. Pembentukan matrik-matrik perbandingan multi objektif sebagai fungsi nilai atribut

Pada tahap kedua ini, nilai masing masing criteria multi objektif menghasilkan nilai atribut yang masuk dalam skala baik dan nilainya dalam criteria yang sangat berdekatan. Atribut ini merupakan nilai evaluasi dari multi objektif sehingga dipandang sebagai suatu system yang *geometric*.

Multi objektif dan multi atribut ini cenderung menimbulkan konflik kepentingan dalam memilih. Karena atribut mempersentasikan data yang relatif efektif dan fungsional. Sehingga di susun dalam matrik geometrik perbandingan.

Tahap 3 Pembentukan matrik-matrik normalization

Vector normalisasi ini menggunakan perhitungan r_{ij} dengan rumus:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n.$$

¹⁸ Balli, Serkan, Korukoglu, Serdar. (2009). *Operating system selection using fuzzy AHP and TOPSIS methods*. Ege University, Bornova, Izmir, Turkey. p.3

r_{ij} = Vector normalisasi

X_{ij} = Nilai objektif 'i' sebagai fungsi 'j' atribut

$\sqrt{\sum X_{ij}^2}$ = Fungsi akar kuadrat nilai objektif

Tahap 4. Pembentukan matrik-matrik dengan pembobotan atribut

Atribut memiliki fungsi yang mandiri dan dapat di bobotkan berdasarkan kepentingan yang berpengaruh untuk mencapai tujuan. Keeney dan Raiffa (1976) menyarankan penggunaan dari suatu literatur mensurvei dan/atau suatu panel dari ahli untuk mengidentifikasi atribut di area permasalahan untuk mencari nilai pembobotan atribut.

$$v_{ij} = w_j r_{ij}, \quad i = 1, \dots, m \quad m; j = 1, \dots, n$$

Tahap 5. Identifikasi positive ideal solution dan negative ideal solution

Identifikasi ini berdasarkan nilai atribut yang memiliki fungsi dominant atau fungsi paling baik dari multi atribut, sehingga nilai dominant dan nilai tidak dominant ini menjadi metoda pemisah dari *positif solution* dan *negatif solution* untuk mencari nilai terdekat dari *positif solution* dan nilai terjauh dari *negative solution*.

$$\begin{aligned} A^* &= \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_j^*, \dots, v_n^*\} \\ &= \{(\max_i v_{ij} | j \in J_1), (\min_i v_{ij} | j \in J_2) | i = 1, \dots, m\} \\ A^- &= \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\} \\ &= \{(\min_i v_{ij} | j \in J_1), (\max_i v_{ij} | j \in J_2) | i = 1, \dots, m\} \end{aligned}$$

Tahap 6. Pemisahan pengukuran data positive ideal solution

Pemisahan perhitungan *positive ideal solution* adalah menghitung selisih data terhadap nilai maksimumnya sebagai nilai resultan separation.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}, \quad i = 1, \dots, m.$$

Tahap 7. Pemisahan pengukuran data negative ideal solution

Pemisahan perhitungan *negative ideal solution* adalah menghitung selisih data terhadap nilai minimumnya sebagai nilai *resultant separation*.

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad i = 1, \dots, m.$$

Tahap 8. Similarities positive ideal solution

Setelah data *positive ideal solution* dan *negative ideal solution* dihasilkan maka dilakukan langkah terakhir yaitu *similarities positive ideal solution* untuk mendapatkan penilaian hirarki kepentingan dari tiap tiap objectif diatas. Nilai separasi (*distance*) positif dan separasi (*distance*) negatif dijumlah sebagai factor pembagi dari nilai objectif masing masing atribut.

Similarities ideal solution adalah:

$$C_i^* = S_i^- / (S_i^+ + S_i^-), \quad i = 1, \dots, m.$$

Oleh karena itu alternatif terbaik adalah salah satu yang memiliki jarak terpendek ke solusi ideal. Definisi sebelumnya juga dapat digunakan untuk menunjukkan bahwa setiap alternatif yang mempunyai jarak terpendek dari solusi ideal juga dijamin memiliki jarak terpanjang dari ideal negatif solution. Masalah ini dianggap oleh Lai et al. (1994) sebagai tingkat memuaskan untuk kedua kriteria jarak terpendek dari ideal dan jarak terjauh dari ideal negatif, dan menyimpulkan solusi kompromi akan ada pada titik di mana tingkat yang memuaskan dari kedua kriteria tersebut sama.¹⁹

¹⁹ Opricovic. Serafim., Treng. Gwo. Hshiang., (2004). *Compromise solution by MCDM methods a comparative analysis of VIKOR and TOPSIS*. European journal of operation research. Elsevier Inc. p.3

BAB 3

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

3.1 Profil Umum Metal Konstruksi

Pada pengolahan data ini, langkah pertama adalah mencari nilai nilai atribut yang mempengaruhi proses pemotongan dan penyambungan material dan proses pengujian dari kekuatan konstruksi. Sehingga atribut yang di dapatkan nantinya menjadi aspek yang sangat penting untuk dipertahankan dan masing masing atribut memiliki hubungan erat.

Setelah didapatnya atribut yang berpengaruh, maka langkah berikutnya menjabarkan proses pencarian nilai objektif sebanyak mungkin sehingga nilai atribut di masing masing objektif memiliki fungsi penting dalam proses konstruksi baja.

3.1.1 Profil material konstruksi

Konstruksi baja merupakan proses manufaktur baja karbon dengan menggunakan material-material yang berbentuk *plate, bar, tube, profile* dan lainnya. Pada pelaksanaannya banyak menggunakan proses sambungan, permesinan dan pembautan sehingga menjadi benda fungsi yang diperuntukkan pada proses berikutnya. Dapat diklasifikasikan penggunaan material baja berdasarkan komposisi karbon dan paduan yaitu:

1. *Plain carbon steel*

Pengelompokan ini dibagi menjadi tiga kelompok:

- *Low carbon steel*, dengan komposisi carbon 0.05% – 0.3%
- *Medium carbon steel*, dengan komposisi carbon 0.3% – 0.5%
- *High carbon steel*, dengan komposisi carbon lebih dari 0.5%

2. *Low alloy structural steel*

- *Low tensile strength carbon steel*
- *High tensile strength carbon steel*

3. *High alloy structural steel*

- *Stainless steel*

- *Tool steel*

Manufaktur bergerak pada konstruksi pembuatan bodi mobil dan manufaktur pembuatan *wire* pada umumnya menggunakan *material Low carbon steel*. Secara konstruksi tipe material ini sangat memberikan kemudahan dalam proses *rolling*, *forging* dan *extruding* dikarenakan struktur material ini sangat liat. Pada manufaktur konstruksi baja lebih banyak menggunakan material dengan *Low carbon - low alloy structural steel*. Kelebihan dari tipe baja ini ada pada kemampuannya untuk dilakukan proses *rolling* dan *forging* untuk mendapatkan mikro struktur kecil dan ditambahkan sedikit material paduan untuk mendapatkan kemampuan tegangan yang diinginkan dan liat.

Pengolahan data dan penggunaan pada konstruksi baja akan mengarahkan pada penggunaan *material Low carbon - low alloy structural steel* yang umum digunakan pada industri manufaktur. Untuk memberikan batasan yang lebih kecil lagi maka konstruksi akan menggunakan *material Rolled Structural Steel* dengan *Low carbon - low alloy*. Standar material akan menggunakan tipe material ASTM A 283.

Tabel 3.1 Kode material ASTM dan spesifikasi

ASTM designation	Title of specification
ASTM A 6/A 6M: General requirements for rolled steel plates, shapes, sheet piling, and bars for structural use(a)	
A 36/A 36M	Structural steel
A 131/A 131M	Structural steel for ships
A 242/A 242M	High-strength low-alloy structural steel
A 283/A 283M	Low and intermediate tensile strength carbon steel plates, shapes, and bars
A 284/A 284M	Low and intermediate tensile strength carbon-silicon steel plates for machine parts and general construction
A 328/A 328M	Steel sheet piling

Berdasarkan tipe material yang akan digunakan memiliki properties dari komposisi kimia tipe A 283 adalah:

Tabel 3.2 Komposisi kimia material ASTM A283

ASTM specification	Material grade or type	Composition, %(a)									
		C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo	Cu	Others
Low-alloy steel											
A 283	A	0.14	0.90	0.04	0.05	0.04(e)	...	...	...	0.20(f)	...
	B	0.17	0.90	0.04	0.05	0.04(e)	...	...	...	0.20(f)	...
	C	0.24	0.90	0.04	0.05	0.04(e)	...	...	...	0.20(f)	...
	D	0.27	0.90	0.04	0.05	0.04(e)	...	...	...	0.20(f)	...

Tabel 3.3 Material properties ASTM A283

ASTM specification	Material grade or type	Tensile strength(a)		Yield strength(a)		Minimum elongation(b) in 200 mm (8 in.), %	Minimum elongation(b) in 50 mm (2 in.), %
		MPa	ksi	MPa	ksi		
Carbon steel							
A 283	A	310–415	45–60	165	24	27	30
	B	345–405	50–65	185	27	25	28
	C	380–485	55–70	205	30	22	25
	D	415–515(b)	60–75(b)	230	33	20	23

3.1.2 Komponen konstruksi

Manufaktur baja dan perakitan baja konstruksi menghasilkan beraneka ragam benda yang sangat luas digunakan oleh industri perakitan, perminyakan, tambang, makanan, kimia dan energi. Pada dasarnya rancangan atau bentuk konstruksi baja banyak menggunakan jenis sambungan pengelasan dan konsumsi material banyak menggunakan *plate* dan *profile*. Perbedaan terjadi pada fungsi dan kekuatan konstruksi yang diinginkan oleh pengguna,

Spesifikasi atau persyaratan teknik dan komersial yang dipenuhi akan memberikan kesamaan dari beragam hasil metal manufaktur dan perakitan baja yaitu:²⁰

1. Penggolongan produk mencakup batasan ukuran fungsional, kondisi produk dan banyaknya komen pada hasil produk.
2. Komposisi kimia yang terperinci, memberikan indikasi material untuk dapat di manufaktur.
3. Kualitas baik dan kualitas meliputi persyaratan yang ditambahkan pada produk untuk menguatkan fungsinya.
4. Pernyaran kuantitatif untuk mengidentifikasi tegangan ijin, mekanikal properties material, test method untuk menguatkan fungsinya.
5. Persyaratan tambahan dapat meliputi toleransi ukuran, permukaan material, pengemasan dan proses pemuatan produk.

Dengan spesifikasi atau persyaratan teknik diatas maka diambil sebuah proses konstruksi baja pada pembuatan *shell tank* atau wadah power trafo yang akan digunakan sebagai perhitungan dan analisa. Tidak menutup kemungkinan proses metoda ini akan digunakan pada selain *shell tank* trafo, metoda ini dapat diterapkan

²⁰ ASM Handbook, Volume 1, *Properties and Selection: Irons, Steels and High Performance Alloys*

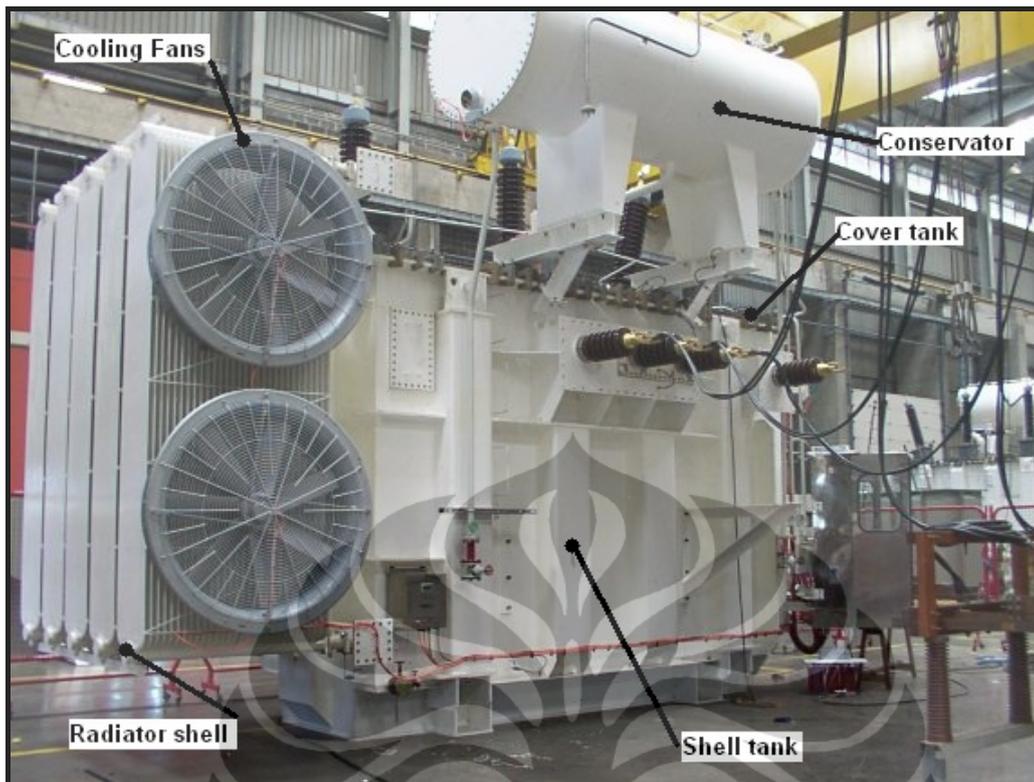
pada konstruksi baja *shell tank* lainnya yang memiliki fungsi sebagai wadah atau *tank* untuk berbagai komponen yang memiliki tekanan hidrostatis dan kekuatan konstruksinya sebagai prioritas. Power trafo merupakan produk manufaktur yang digunakan pada industri energi. Produk ini menggunakan tegangan ekstra tinggi dan energi transformasi tinggi, sehingga dimensi konstruksi sangat mempengaruhi konsumsi material baja yang digunakan.



Gambar 3.1 Pauwels trafo 132/66 kV – 100MVA

Komponen metal konstruksi utama pada manufaktur trafo adalah:

1. *Shell tank*, merupakan wadah atau tempat diisinya kumparan elektrikal yang konstruksinya menggunakan material baja *plate* dan baja *bending*.
2. *Cover tank*, merupakan penutup wadah kumparan didalamnya.
3. *Conservator* merupakan wadah ekspansinya oli didalam trafo untuk memberi ruang gerak termal *expansion liquid*.
4. *Cooling radiator*, merupakan komponen untuk *heat exchanger* perpindahan panas pada trafo.



Gambar 3.2 Pauwels trafo dengan komponen metal konstruksi

Pencarian data dan analisa data hanya pada komponen utama trafo yaitu *shell tank* dengan dasar komponen ini merupakan komponen utama dan komponen yang menggunakan material baja paling besar. Serta konstruksi ini merupakan umum digunakan sebagai wadah atau *tank* untuk berbagai macam konstruksi *tank*. Dengan dimensi yang besar maka akan menyulitkan komposisi penggunaan material baja sehingga disinilah proses optimalisasi penggunaan material dan menurunkan material sisa pada *plate* baja dilakukan. *Shell tank* merupakan representasi keseluruhan konstruksi baja pada trafo, sehingga *shell tank* diberikan persyaratan kuantitatif ketepatan dimensi, panjang sambungan, pengujian hasil pengelasan, analisa pengujian tegangan-regangan konstruksi pada subjek pemuatan, transportasi sebagai proses analisa.

Multi objektif adalah multi rancangan atau alternatif perubahan rancangan dengan beberapa bentuk susunan *shell wall* dan alternatif penggunaan *reinforcement* beserta susunannya untuk mencapai tujuan. Kemudian multi atribut didefinisikan adalah multi *constraint* atau multi batasan dari fungsi pencapaian objektif (perubahan rancangan), oleh karena itu batasan dapat sebagai tujuan, proses dan juga perlakuan

testing (incommensurable unit). Dua kelompok ini memiliki hubungan erat sebagai fungsi sehingga perlu di klarifikasi dengan melakukan penilaian perspektif ahli terhadap multi atribut

3.1.3 Disain konstruksi

Perancangan konstruksi pada *shell tank* mempertimbangkan metoda sambungan yang dianggap dapat memberikan optimalisasi penggunaan material dan menurunkan sisa bahan. Komponen-komponen pada *shell tank* dapat dibagi menjadi 4 konsumsi *plate* baja:

1. Konsumsi *plate* baja *wall tank* dengan menggunakan tebal material 10mm
2. Konsumsi *plate* baja *bottom plate tank* dengan menggunakan tebal material 15mm dan 20mm
3. Konsumsi *plate* baja *reinforcement* dapat dibagi menjadi 2 type
 - *Reinforcement "U bending"* dengan menggunakan material tebal 10mm
 - *Reinforcement "I" (strip plate)* dengan menggunakan material tebal 30mm
4. Konsumsi *plate tank frame* dengan menggunakan material tebal 30mm

Setelah banyak melakukan analisa kekuatan konstruksi pada rancangan trafo lainnya, konsumsi material baja untuk *plate bottom tank* dan *plate frame tank* tidak memberikan alternatif rancangan sehingga konstruksi *plate* baja untuk bottom dan frame *tank* ini menjadi komponen pelengkap dari satu kesatuan konsumsi total berat sebuah *shell tank* trafo.

Dengan melihat adanya peluang melakukan perubahan type sambungan pada *wall* dan *reinforcement tank*, maka dapat di kelompokkan peluang terjadinya itu menjadi variasi-variasi sebagai berikut:

1. Variasi sambungan *wall plate shell tank* trafo
 - Model sambungan dengan pengelasan *plate* secara *vertical*
 - Model sambungan dengan pengelasan *plate* secara *horizontal*
2. Variasi konstruksi pemasangan *reinforcement*
 - Model pemasangan *reinforcement* secara *vertical*
 - Model pemasangan *reinforcement* secara *horizontal*
3. Variasi penggunaan *reinforcement* dengan type

- Konstruksi *reinforcement* dengan menggunakan “U” *bending plate*
- Konstruksi *reinforcement* dengan menggunakan “I” *strip plate*

Dengan adanya alternatif perubahan konstruksi pada sambungan *wall* dan *reinforcement shell tank* trafo ini nantinya akan ditindak lanjuti pada pengambilan dan penetapan komponen objektifitas.

3.1.4 *Welding* dan *testing* proses

Material *plate* baja ini dimanufaktur banyak menggunakan metoda sambungan *welding* dan setiap sambungan tersebut harus di test kerapatan kampuh lasannya dengan menggunakan metoda pengetesan *non destructive test*. Ini diharapkan menjadi rujukan untuk menentukan data objektif yang digunakan pada proses *multi atribut decision making*. Proses *welding* dan *testing welding* untuk nilai objektif akan diperoleh dari data informasi dibawah ini.

A. *Zona fusion* dan *non fusion* dengan *heat affected zone* (HAZ)

Pada metoda sambungan *welding* terjadi peleburan bersama dua benda dengan pengisian material sehingga terjadi sambungan atau ikatan dua benda tersebut dan mikro struktur di zona ini akan berbeda dari mikro struktur benda awalnya. Peleburan bersama dua benda dengan adanya pengisian benda lain sebagai pengikat pada proses *welding* terjadi perbedaan mikro struktur di zona ini diakibatkan oleh terbentuknya *zona fusion* (peleburan) dan *zona non fusion* (tidak melebur), zona non fusion ini terjadi *heat affected zone* (HAZ).

- *Zona fusion* adalah zona meleburnya material isi sebagai material pengikat dua benda.
- *Zona non fusion* adalah zona tidak terjadi peleburan material akan tetapi terjadi *over heat* dan *high quench* sehingga mikro struktur yang terbentuk berbeda dengan bendanya.
- *Heat affected zone* (HAZ) adalah zona non fusion dengan terjadinya *over heat* dan pendinginan cepat (*high quench*) sehingga mikro struktur yang terbentuk paling lemah dari yang lainnya.

Berdasarkan teori zona HAZ ini penelitian akan menjadikan fungsi *welding* sebagai atribut *decision making*, sehingga panjang *welding* yang terbentuk

menjadi penting untuk analisa kekuatan konstruksi dan peluang terjadinya bocor (leaked oil) pada fungsi kualitas produk.

B. Type pengelasan

Proses *welding* dapat diklasifikasikan dengan bermacam variasi dan fungsinya, akan tetapi pada konstruksi ini type *welding* yang digunakan adalah *consumable electrode arc* dan *permanent electrode arc*:

- *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) adalah proses *welding* dengan *consumable electrode* dan perlindungan gas sebagai pencegah reaksi oksidasi.
- *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) adalah proses *welding* dengan *consumable electrode* dan material pengisi (*core*) di selimuti zat penghasil gas pelindung reaksi oksidasi.
- *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) adalah proses *welding* dengan *permanent electrode* (*tungsten arc*) dan perlindungan gas sebagai pencegah reaksi oksidas dan material pengisi dari luar system.
- *Flux Cored Arc Welding* (FCAW) adalah proses *welding* dengan *consumable electrode* dan material pengisi (*core*) di selimuti *flux* penghasil gas pelindung reaksi oksidasi.

C. Type non destructive test welding

Welding harus di uji kualitasnya untuk menjamin kualitas produk sehingga proses pengujian ini menggunakan *non destructive test* (NDT) yaitu pengetesan *welding* dengan tanpa terjadinya kerusakan pada *welding* tersebut. Pada proses konstruksi *shell tank* trafo pengetesan *welding* dengan NDT di bagi menjadi 3 type yaitu:

- *Radiographic test*
Proses radiographic test dengan panjang pengetesan 20% dari panjang *welding* pada titik kritis dan random. *Testing* ini lebih di fokuskan pada tempat sambungan kritis dan area oil contact.
- *Dye penetrant test*
Proses penetrasi dengan menggunakan cairan warna yang dapat masuk di celah porositas dan dapat diketahui kualitas *welding*. *Testing* ini akan dilakukan pada tempat *oil contact*.

D. Pembentukan atribut multi kriteria pada proses *welding*

Dari data diatas dapat difungsikan menjadi data atribut multi kriteria pada proses *welding*. Data atribut ini akan difungsikan ke data objektif sebagai variasi keputusan sehingga proses *welding* dapat menjadi pertimbangan signifikan pada *multi decision making*. Data atribut pada proses *welding* ini adalah:

1. Jumlah panjang *welding* (mm)
2. Jumlah panjang *radiographic test* (20%) *welding* (mm)
3. Jumlah panjang Dye penetrant test *welding* (mm)

3.1.5 Desain kekuatan konstruksi

Kekuatan konstruksi pada trafo sangat penting dikalkulasi dan dianalisa untuk mendapatkan kualitas baik dan handal saat operasi maupun pemuatan trafo. Desain kekuatan konstruksi dikelompokkan menjadi 4 analisa:

1. Analisa kekuatan *shell tank* untuk *vacuum proses*
Shell tank akan dianalisa dengan pemberian *vacuum* dan *pressure* sebesar 1 ATM atau 1.01325 bar atau 101325 pascal.
2. Analisa kekuatan *shell tank* untuk *lifting* trafo
Shell tank akan dianalisa dengan pemberian beban *lifting* sebesar berat trafo.
3. Analisa kekuatan *shell tank* untuk *jacking* trafo
Shell tank akan dianalisa dengan pemberian beban *jacking* sebesar berat trafo
4. Analisa kekuatan *shell tank* untuk *seismic* / gempa trafo
Shell tank akan dianalisa dengan pemberian beban gempa maksimum dari data spesifikasi *earthquake* pelanggan

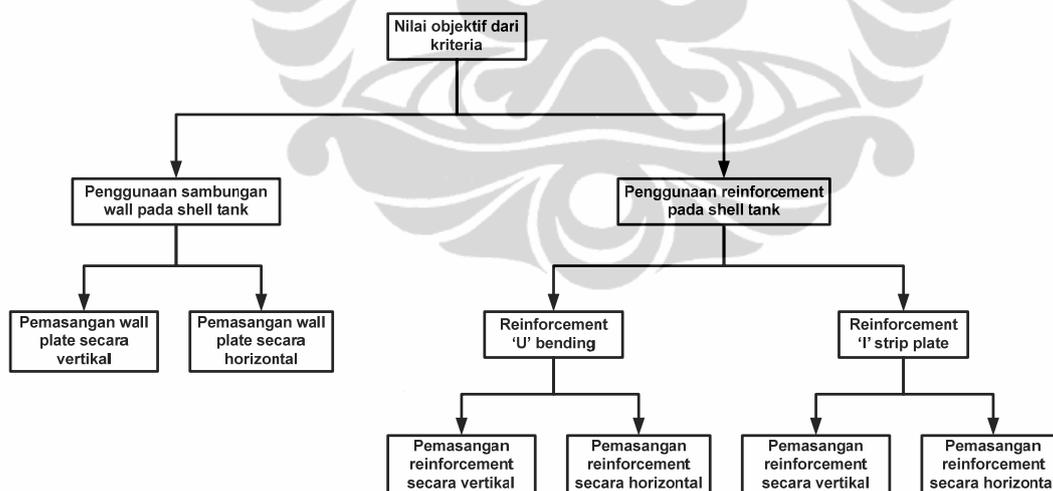
Analisa kekuatan konstruksi ini akan dibantu dengan *software Cosmos work finite element* untuk mengetahui atau mengidentifikasi maksimum *stress* (N/mm²) di *shell tank*.

3.2 Pengumpulan Data

Ketika suatu keputusan harus dibuat tentang suatu permasalahan penggunaan bahan baku, manajemen menginginkan terjadinya efisiensi dengan tidak menurunkan kualitas produk, sebagian dari tujuan-tujuan ini saling melengkapi satu sama lain sementara yang lain saling konflik. Sehingga perlu mendefinisikan multi objektif (multi

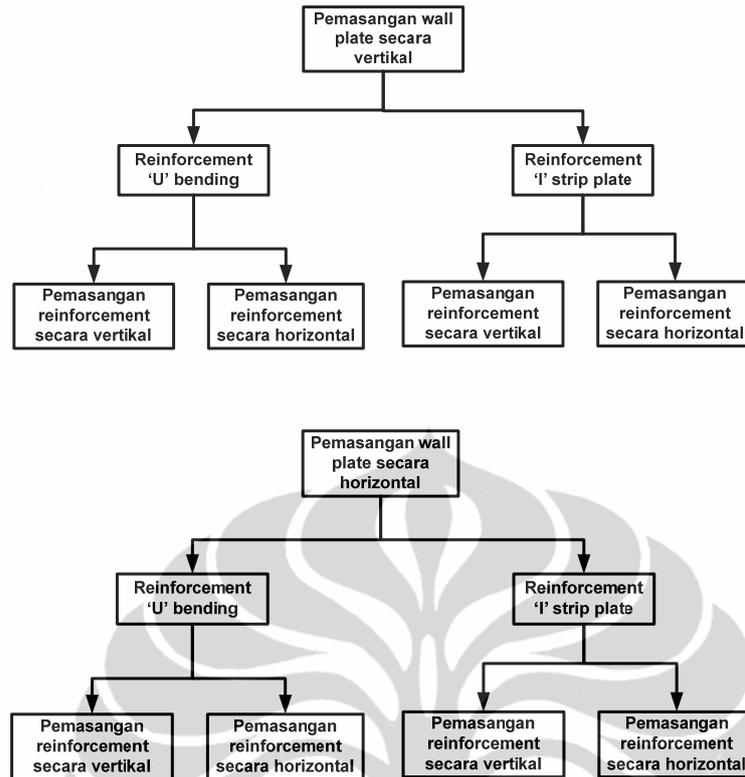
rancangan) dan atribut (batasan rancangan) yang berpengaruh dalam permasalahan ini kemudian diolah dengan MCDM hingga menghasilkan keputusan bulat untuk melakukan perubahan rancangan. Oleh karena itu, seringkali diperlukan untuk menganalisa masing-masing alternatif dalam kondisi jelas dengan penentuan masing-masing dari beberapa tujuan. Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh keputusan melakukan standarisasi metal konstruksi untuk menurunkan material sisa dengan menggunakan kelompok metoda MCDM (*Multi Criteria Decision Making*) yang salah satu bagiannya adalah AHP (*analytic Hierarchy Process*) dan suatu metoda yang menggunakan analisa kombinasi *positive ideal* dengan *negative ideal* menjadi ideal solution yaitu TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) dengan memperhatikan kualitas produk.

Dalam pengumpulan data diawali dengan penentuan criteria objektif dari nilai kepentingan pengambilan keputusan. Multi objektif adalah multi rancangan atau alternatif perubahan rancangan dengan beberapa bentuk susunan *shell wall* dan alternatif penggunaan *reinforcement* beserta susunannya untuk mencapai tujuan. Sehingga variasi objektif dapat dijabarkan berdasarkan fungsi dan posisi komponennya yaitu:



Gambar 3.3 Variasi nilai objektif pada proses konstruksi *shell tank*

Dengan data variasi penggunaan sambungan *wall* dan data variasi penggunaan *reinforcement* maka dapat dijabarkan criteria ini menjadi 8 variasi nilai objektif. Variasi objektif merupakan variasi rancangan konstruksi yang dibuat berdasarkan fungsi dari komponen-komponennya yaitu *shell wall* dan *reinforcement* sebagai penguat *shell*.



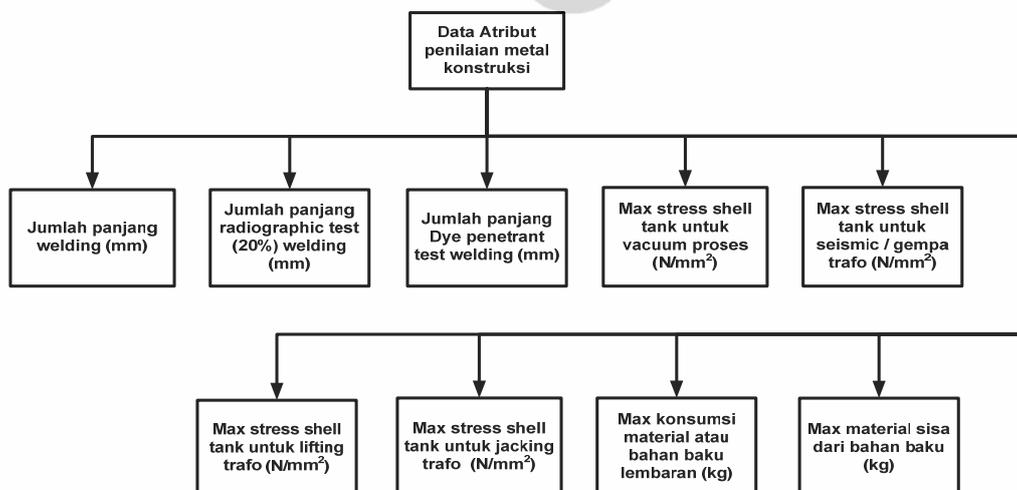
Gambar 3.4 Variasi berpasangan nilai objektif

1. Sambungan *wall tank* secara *vertical* dengan *reinforcement 'U' bending* dipasang dengan posisi *vertical* (kondisi sekarang)
2. Sambungan *wall tank* secara *vertical* dengan *reinforcement 'U' bending* dipasang dengan posisi *horizontal*
3. Sambungan *wall tank* secara *vertical* dengan *reinforcement 'I' strip plate* dipasang dengan posisi *vertical*
4. Sambungan *wall tank* secara *vertical* dengan *reinforcement 'I' strip plate* dipasang dengan posisi *horizontal*
5. Sambungan *wall tank* secara *horizontal* dengan *reinforcement 'U' bending* dipasang dengan posisi *vertical*
6. Sambungan *wall tank* secara *horizontal* dengan *reinforcement 'U' bending* dipasang dengan posisi *horizontal*
7. Sambungan *wall tank* secara *horizontal* dengan *reinforcement 'I' strip plate* dipasang dengan posisi *vertical*
8. Sambungan *wall tank* secara *horizontal* dengan *reinforcement 'I' strip plate* dipasang dengan posisi *horizontal*

Kemudian multi atribut didefinisikan adalah multi *constraint* atau multi batasan dari fungsi pencapaian objektif (perubahan rancangan), oleh karena itu batasan dapat sebagai tujuan, proses dan juga perlakuan *testing (incommensurable unit)*. Pengumpulan data lainnya adalah criteria nilai atribut yang berfungsi sebagai batasan dari criteria objektif (rancangan konstruksi). Variasi atribut merupakan variasi batasan rancangan konstruksi yang dibuat berdasarkan aspek ketergantungan dan sebab akibat suatu rancangan. Pembentukan 9 data atribut sebagai batasan penilaian nilai objektif yaitu:

- A. Jumlah panjang *welding* (mm)
- B. Jumlah panjang *radiographic test (20%) welding* (mm)
- C. Jumlah panjang *Dye penetrant test welding* (mm)
- D. Max *stress shell tank* untuk *vacuum proses* (N/mm^2)
- E. Max *stress shell tank* untuk *seismic / gempa trafo* (N/mm^2)
- F. Max *stress shell tank* untuk *lifting trafo* (N/mm^2)
- G. Max *stress shell tank* untuk *jacking trafo* (N/mm^2)
- H. Max konsumsi material atau bahan baku lembaran (kg)
- I. Max material sisa dari bahan baku (kg)

Sembilan data atribut dianalisa dengan matrik perbandingan berpasangan yang dilakukan dengan metoda AHP (analytic Hierarchy Process). Data atribut berpasangan ini diambil dengan penyebaran kuestioner kepada responden perusahaan pemberi order dan subcontractor yang diwakili oleh orang yang kompeten atau ahli dibidang metal konstruksi. Perbandingan delapan data atribut berpasangan.



Gambar 3.5 Data atribut penilaian metal konstruksi

(A1) Penggunaan raw material (kg)

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

(A2) Material sisa (kg)

Tabel 3.4 Atribut proses

<i>Atribut Proses</i>	<i>Keterangan</i>
<i>Penggunaan raw material (kg)</i>	Penggunaan bahan baku lembaran (A1)
<i>Material sisa (kg)</i>	Material sisa pemotongan (A2)
<i>Panjang welding (mm)</i>	Panjang pengelasan atau sambungan (A3)
<i>Panjang Radiographic Test (20%) (mm)</i>	Panjang lasan yang akan di test <i>radiographyc</i> untuk mengurangi kecenderungan bocor (A4)
<i>Panjang Dye Penetrant Test (mm)</i>	Panjang lasan yang akan di test <i>Dye Penetrant</i> untuk mengurangi kecenderungan bocor (A5)
<i>Stress shell tank saat vacuum proses (N/mm²)</i>	Kekuatan <i>shell tank</i> saat <i>vacuum</i> proses (A6)
<i>Stress shell tank saat lifting proses (N/mm²)</i>	Kekuatan <i>shell tank</i> saat <i>lifting</i> proses (A7)
<i>Stress shell saat jacking proses (N/mm²)</i>	Kekuatan <i>shell tank</i> saat <i>jacking</i> proses (A8)
<i>Stress shell tank pada seismic test (N/mm²)</i>	Kekuatan <i>shell tank</i> saat <i>seismic</i> terjadi (A9)

3.3 Pengolahan Data Kualitatif

Pada tahap ini pengumpulan data penilaian responden terhadap tingkat kepentingan relative setiap atribut secara berpasangan. Pengolahan data dilakukan dalam 2 tahap:

1. Penggabungan penilaian responden terhadap tingkat kepentingan relatif setiap atribut. Penilaian kelompok dalam AHP dapat digabungkan menjadi satu penilaian yaitu melalui rata-rata geometri dari penilaian respon.
2. Menghitung bobot yang merupakan prioritas untuk setiap atribut serta rasio inkonsistensi responden.

3.3.1 Pengumpulan Data Kualitatif dengan Kuesioner

Penyelesaian penilaian perspektif ahli terhadap atribut dengan metode AHP dan membutuhkan penilaian dari pihak-pihak yang dianggap berkompeten. Penilaian yang dilakukan berupa suatu perbandingan berpasangan antar masing masing atribut yang terdapat dalam model yang telah dibuat. Profil responden dapat dilihat pada Table 3.5.

Tabel 3.5 Profil Responden

No	Jabatan Perusahaan	Pendidikan	Pengalaman Kerja (tahun)	Subcont
1	Prod Manager	S1	10	1
2	Dep Manager Eng	S1	14	2
3	Prod Manager	STM	11	3
4	Senior Engineering	S1	5	3
5	Supervisor	STM	9	3
6	Engineering	S1	4	4

Sumber : Data Responden Kuesioner AHP

Kuesioner perbandingan berpasangan menggunakan skala 9 point untuk atribut-atribut terkait dalam model AHP yang telah dibuat, bentuk pengisian kuesioner kepada responden dapat dilihat pada lampiran 1 dan untuk hasil dari masing masing responden dapat dilihat di lampiran 2. Hasil penilaian para responden kemudian dilakukan pengolahan awal yaitu untuk mendapatkan nilai rata-rata dari beberapa responden sebelum dimasukkan kedalam matrik AHP. Pengolahan data tersebut menggunakan rata-rata geometrik (geometric mean) dengan rumus:

$$GM_g = \sqrt[n]{y_1 y_2 y_3 \dots y_n}$$

dimana : GM : Geometric Mean (rata-rata geometrik)
 y : data
 n : jumlah data

Salah satu matrix table perbandingan dari pengolahan data kuesioner responden 1:

Tabel 3.6 Hasil kuesioner responden 1

Respon 1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
A1	1.000	0.125	0.333	0.333	0.333	0.143	0.200	0.200	0.143
A2	8.000	1.000	7.000	7.000	7.000	2.000	4.000	4.000	2.000
A3	3.000	0.143	1.000	0.200	0.200	0.143	0.200	0.200	0.143
A4	3.000	0.143	5.000	1.000	0.333	0.200	0.333	0.333	0.200
A5	3.000	0.143	5.000	3.000	1.000	0.200	0.333	0.333	0.200
A6	7.000	0.500	7.000	5.000	5.000	1.000	5.000	5.000	1.000
A7	5.000	0.250	5.000	3.000	3.000	0.200	1.000	1.000	0.200
A8	5.000	0.250	5.000	3.000	3.000	0.200	1.000	1.000	0.200
A9	7.000	0.500	7.000	5.000	5.000	1.000	5.000	5.000	1.000

3.3.2 Pengolahan Data Kuantitatif dengan AHP

Dengan menganalisa dari 6 responden maka dilakukan perhitungan rata rata geometris dari penilaian responden dan data penilaian responden dapat dilihat di lampiran 2. Kemudian data responden ini sebagai imputan ke proses perhitungan AHP. Hasil perhitungan rata-rata geometris ini ditampilkan pada tabel 3.7 dibawah ini.

Dari hasil nilai perbandingan berpasangan dapat dihitung tingkat kepentingan dari masing masing atribut berdasarkan perspektif ahli pada metal konstruksi. Dengan perumusan AHP yang membagi setiap elemen-elemen diatas terhadap jumlah total kolom, dan kemudian merata-ratakan setiap hasilnya.

Tabel 3.7 Hasil perhitungan rata rata geometris responden

AHP	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
A1	1.000	0.134	0.389	0.309	0.382	0.156	0.217	0.189	0.148
A2	7.483	1.000	4.740	3.888	4.141	1.513	3.772	3.086	1.906
A3	2.570	0.211	1.000	0.183	0.243	0.158	0.235	0.243	0.137
A4	3.238	0.257	5.477	1.000	0.309	0.243	0.589	0.437	0.232
A5	2.621	0.242	4.107	3.238	1.000	0.168	0.333	0.340	0.178
A6	6.428	0.661	6.316	4.107	5.944	1.000	4.648	4.752	1.260
A7	4.610	0.265	4.263	1.698	3.000	0.215	1.000	1.070	0.228
A8	5.277	0.324	4.107	2.289	2.942	0.210	0.935	1.000	0.188
A9	6.744	0.525	7.294	4.309	5.620	0.794	4.395	5.313	1.000
sum	39.971	3.618	37.693	21.021	23.580	4.458	16.123	16.431	5.277

Langkah 01:

Langkah pertama adalah melakukan penjumlahan masing masing nilai *geometric mean* atribut A1 sampai dengan A9.

Maka atribut A1 adalah 39.971 sampai dengan A9 adalah 5.277

Langkah 02:

Melakukan perbandingan masing masing nilai *geometric mean* atribut dengan nilai penjumlahan *geometric mean*. Maka perbandingan data atribut (A1,A1) adalah

$$\frac{1.00}{39.971} = 0.025$$

Langkah 03:

Menghitung nilai *ideal solution* untuk masing masing penilaian responden adalah:

Ideal solution dan dapat dilihat pada tabel 2.8

$$= (0.025+0.037+0.01+0.015+0.016+0.035+0.013+0.012+0.028)/9$$

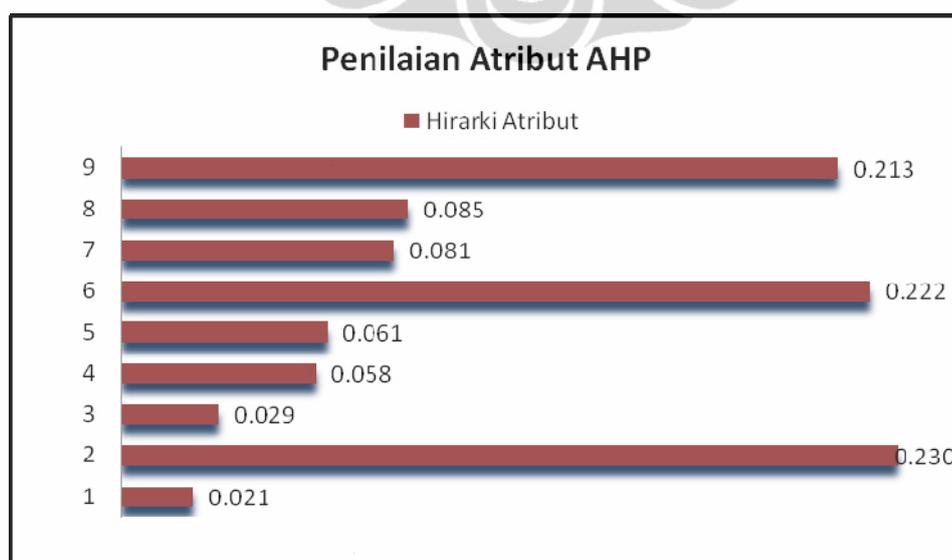
Ideal solution = 0.021 kemudian di *ranking*

Hasil perhitungan ini dapat dilihat pada table 3.8 dan tingkat hirarki yang terjadi merupakan cerminan perspektif responden terhadap keutamaan dari multi batasan konstruksi baja. Penilaian ahli ini merupakan penegasan dari permasalahan dan akan dilakukan pengolahan TOPSIS dengan imputan data ideal solution AHP sebagai penilaian objektifitas rancangan konstruksi.

Tabel 3.8 Hasil perhitungan AHP

AHP	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	Ideal	Ranking
A1	0.025	0.037	0.010	0.015	0.016	0.035	0.013	0.012	0.028	0.021	9
A2	0.187	0.276	0.126	0.185	0.176	0.339	0.234	0.188	0.361	0.230	1
A3	0.064	0.058	0.027	0.009	0.010	0.036	0.015	0.015	0.026	0.029	8
A4	0.081	0.071	0.145	0.048	0.013	0.055	0.037	0.027	0.044	0.058	7
A5	0.066	0.067	0.109	0.154	0.042	0.038	0.021	0.021	0.034	0.061	6
A6	0.161	0.183	0.168	0.195	0.252	0.224	0.288	0.289	0.239	0.222	2
A7	0.115	0.073	0.113	0.081	0.127	0.048	0.062	0.065	0.043	0.081	5
A8	0.132	0.090	0.109	0.109	0.125	0.047	0.058	0.061	0.036	0.085	4
A9	0.169	0.145	0.193	0.205	0.238	0.178	0.273	0.323	0.189	0.213	3
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Dari hasil perhitungan pada table 3.8 diatas dibuatlah grafik pembobotan atau prioritas atribut konstruksi baja berdasarkan pada pandangan para ahli, kemudian akan disinergikan dengan permasalahan yang timbul dan kebenaran informasi yang dikumpulkan. Sehingga dapat dilihat nilai prioritas dari data atribut pada gambar 3.6 yang kemudian data ini mempengaruhi perhitungan data kuantitatif nantinya.



Gambar 3.6 Grafik penilaian atribut dengan AHP

Gambar 3.6, grafik penilaian atribut ini menerangkan hirarki kepentingan sehingga dapat di *ranking* berdasarkan prioritas atribut untuk analisa kombinasi dengan hasil kuantitatif berikutnya. Pada table 2.9 menerangkan ranking tiap atribut yang telah disusun. Data ini akan di sinergikan dengan informasi awal dan kebenaran dari besarnya sisa bahan yang terjadi pada permasalahan.

Tabel 3.9 Nilai pembobotan masing masing atribut dan *ranking*

<i>Atribut Proses</i>	<i>Pembobotan</i>	<i>Ranking</i>
<i>Penggunaan raw material (kg)</i>	0.021	9
<i>Material sisa (kg)</i>	0.230	1
<i>Panjang welding (mm)</i>	0.029	8
<i>Panjang Radiographic Test (20%) (mm)</i>	0.058	7
<i>Panjang Dye Penetrant Test (mm)</i>	0.061	6
<i>Stress shell tank saat vacuum proses (N/mm²)</i>	0.222	2
<i>Stress shell tank saat lifting proses (N/mm²)</i>	0.081	5
<i>Stress shell saat jacking proses (N/mm²)</i>	0.085	4
<i>Stress shell tank pada seismic test (N/mm²)</i>	0.213	3

Hasil data prioritas ini menjadi data pembobotan dari fungsi nilai atribut masing masing yang nantinya akan dilanjutkan dengan perhitungan TOPSIS.

3.3.3 Perhitungan Konsistensi Data AHP

Untuk melihat dan menilai nilai konsistensinya maka dilakukan perhitungan konsistensi data. Perhitungan ini oleh AHP di beri batasan yang kecil dari 0.1 dari pembagian nilai random index dengan jumlah atribut 9 adalah 1,45. Perhitungan penilaian konsistensi data adalah sebagai berikut:

Langkah 01:

Dari penjumlahan nilai ideal solution untuk $w_{A1} = 0.021$ sampai dengan $w_{A9} = 0.213$ dikalikan dengan nilai rata-rata geometris responden $A_{1,1}=1.00$ sampai dengan $A_{9,9}=1.00$

1.000		0.135		0.404		0.297		0.365		0.156		0.222		0.185		0.142	0.204	
7.428		1.000		5.700		5.723		6.085		2.505		4.143		3.057		1.937	2.313	
2.473		0.175		1.000		0.181		0.240		0.158		0.234		0.240		0.135	0.261	
3.365		0.175		5.533		1.000		0.297		0.240		0.533		0.437		0.232	0.550	
0.021x	2.742	+0.23 x	0.164	+0.029x	4.173	+0.058x	3.365	+0.061x	1.000	+0.222x	0.171	+0.081x	0.333	+0.085x	0.338	+0.213x	0.178	0.609
	6.391		0.399		6.316		4.173		5.843		1.000		5.785		4.875		1.318	2.342
	4.507		0.241		4.278		1.876		3.000		0.173		1.000		0.926		0.189	0.831
	5.397		0.327		4.173		2.289		2.961		0.205		1.080		1.000		0.184	0.865
	7.034		0.516		7.411		4.309		5.629		0.759		5.289		5.422		1.000	2.263

Langkah 02:

Perhitungan penjumlahan nilai $P_{A1} = w_{A1} \cdot A_{1,1} + w_{A2} \cdot A_{1,2} + \dots + w_{A9} \cdot A_{1,9}$

$$P_{A1} = 0.021 \cdot 1.00 + 0.230 \cdot 0.134 + \dots + 0.213 \cdot 0.189 = 0.204$$

Langkah 03:

Perhitungan P/w yaitu pembagian nilai P dengan nilai pembobotannya (*ideal solution*).

$$P_{A1} / w_{A1} = 0.204 / 0.021 = 9.613$$

$$P_{A2} / w_{A2} = 2.313 / 0.230 = 10.044$$

Langkah 1 sampai dengan 3 dilakukan pada setiap atribut maka perhitungan ini ditampilkan pada tabel 3.10 dibawah ini.

Tabel 3.10 Matrik perhitungan nilai konsistensi

Bobot (w)	0.021	0.230	0.029	0.058	0.061	0.222	0.081	0.085	0.213	sum
AHP	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	P
A1	0.021	0.031	0.011	0.018	0.023	0.035	0.018	0.016	0.032	0.204
A2	0.159	0.230	0.136	0.225	0.253	0.336	0.305	0.263	0.405	2.313
A3	0.055	0.049	0.029	0.011	0.015	0.035	0.019	0.021	0.029	0.261
A4	0.069	0.059	0.158	0.058	0.019	0.054	0.048	0.037	0.049	0.550
A5	0.056	0.056	0.118	0.187	0.061	0.037	0.027	0.029	0.038	0.609
A6	0.137	0.152	0.182	0.237	0.364	0.222	0.376	0.404	0.268	2.342
A7	0.098	0.061	0.123	0.098	0.184	0.048	0.081	0.091	0.048	0.831
A8	0.112	0.075	0.118	0.132	0.180	0.047	0.076	0.085	0.040	0.865
A9	0.143	0.121	0.210	0.249	0.344	0.176	0.356	0.452	0.213	2.263
P/w	9.613	10.044	9.083	9.532	9.951	10.543	10.274	10.159	10.642	89.843

Langkah 04:

Perhitungan rata rata P/w yaitu nilai eigen maksimum (λ_{max}).

$$\lambda = \{(P_{A1} / w_{A1}) + (P_{A2} / w_{A2}) + \dots + (P_{A9} / w_{A9})\} / 9$$

$$\lambda = 9.984$$

Langkah 05:

Perhitungan indek konsistensi (CI):

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad \Rightarrow \quad CI = \frac{9.984 - 9}{9 - 1}$$

$$CI = 0.123$$

Langkah 06:

Perhitungan Rasio konsistensi (CR) untuk 9 variasi atribut dengan nilai rasio indeks RI 1.45.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad \Rightarrow \quad CR = \frac{0.085}{1.45}$$

$$CI = 0.085$$

Dikarenakan perhitungan nilai rasio konsistensi ini kurang dari 0.1 maka data responden ini dapat dikatakan konsisten, berhak untuk dilanjutkan ke proses perhitungan berikutnya yaitu metoda TOPSIS untuk menggabungkan data kualitatif dengan data kuantitatif.

3.4 Pengolahan Data Kuantitatif

Pada pengolahan data kuantitatif atribut, data diambil berdasarkan rancangan dan perhitungan. Untuk beberapa nilai atribut sebagai batasan atas dan bawah diambil dari fungsi dan sifat atribut itu sendiri. Dibawah ini pertimbangan data kuantitatif nilai baik (batas atas) dan nilai tidak baik (batas bawah), sebagai contoh adalah:

- Material sisa dinilai baik apabila minimum berat material yang dihasilkan dan buruk apabila material sisa maksimum /besar berat sisa yang dihasilkan.
- Panjang *radiographic test* (20%) dinilai baik apabila maksimum panjang pengetesan dilakukan sehingga terhindar dari kemungkinan bocor begitu sebaliknya. Untuk keseluruhan atribut dapat dilihat pada tabel 3.11.

Pada tahap ini pengumpulan data dan pengolahan data objektif sebagai fungsi atribut dilakukan dalam 4 tahap:

1. Pengelompokan 8 variasi nilai objektif.
2. Penghitungan data atribut berat yang menyangkut konsumsi material, row material dan sisa bahan yang terjadi.
3. Penghitungan panjang sambungan yang dilakukan dengan pengelasan dan di test dengan *non destructive test* (NDT) yaitu *radiographic test* dan *Dye penetrant test*.
4. Perhitungan *stress* material yang terjadi dengan memberikan *external load* yang sangat berpengaruh terhadap kualitas produk. *External load* seperti *vacuum process*, *lifting process*, *jacking process* dan *seismic load*.

Tabel 3.11 Nilai baik dan buruk data atribut dan ranking

Atribut Proses	Hight Great	Low Great	Simbol	Ranking
<i>Penggunaan raw material (kg)</i>	min (kg)	max (kg)	(A1)	9
<i>Material sisa (kg)</i>	min (kg)	max (kg)	(A2)	1
<i>Panjang welding (mm)</i>	min (mm)	max (mm)	(A3)	8
<i>Panjang Radiographic Test (20%) (mm)</i>	max (mm)	min (mm)	(A4)	7
<i>Panjang Dye Penetrant Test (mm)</i>	max (mm)	min (mm)	(A5)	6
<i>Stress shell tank saat vacuum proses (N/mm²)</i>	min (N/mm ²)	max (N/mm ²)	(A6)	2
<i>Stress shell tank saat lifting proses (N/mm²)</i>	min (N/mm ²)	max (N/mm ²)	(A7)	5
<i>Stress shell saat jacking proses (N/mm²)</i>	min (N/mm ²)	max (N/mm ²)	(A8)	4
<i>Stress shell tank pada seismic test (N/mm²)</i>	min (N/mm ²)	max (N/mm ²)	(A9)	3

3.4.1 Pengelompokan variasi nilai objektif

Perhitungan nantinya akan menghasilkan matrik objektif relatif terhadap nilai atribut. Dengan data variasi penggunaan sambungan *wall* dan data variasi penggunaan *reinforcement* maka dapat dijabarkan criteria ini menjadi 8 variasi nilai objektif yaitu:

Tabel 3.12 Variasi objektif

<i>Variation nilai Objective.</i>	<i>Simbol</i>	<i>Keterangan</i>
<i>Vertical joining wall dengan vertical 'U' bend reinforcement</i>	O1	Sambungan <i>wall</i> dengan penggunaan row material posisi <i>vertical</i> (kondisi sekarang)
<i>Vertical joining wall dengan vertica 'T' plate reinforcement</i>	O2	Sambungan <i>wall</i> dengan penggunaan row material posisi <i>vertical</i>
<i>Vertical joining wall dengan horizontal 'U' bend reinforcement</i>	O3	Sambungan <i>wall</i> dengan penggunaan row material posisi <i>vertical</i>
<i>Vertical joining wall dengan horizontal 'T' bend reinforcement</i>	O4	Sambungan <i>wall</i> dengan penggunaan row material posisi <i>vertical</i>
<i>Horizontal joining wall dengan vertical 'U' bend reinforcement</i>	O5	Sambungan <i>wall</i> dengan penggunaan row material posisi <i>horizontal</i>
<i>Horizontal joining wall dengan vertica 'T' plate reinforcement</i>	O6	Sambungan <i>wall</i> dengan penggunaan row material posisi <i>horizontal</i>
<i>Horizontal joining wall dengan horizontal 'U' bend reinforcement</i>	O7	Sambungan <i>wall</i> dengan penggunaan row material posisi <i>horizontal</i>
<i>Horizontal joining wall dengan horizontal 'T' bend reinforcement</i>	O8	Sambungan <i>wall</i> dengan penggunaan row material posisi <i>horizontal</i>

3.4.2 Perhitungan data berat material

Pada tahap ini pengumpulan data dan pengolahan data tiap objektif terhadap fungsi atribut berat material. Data yang diambil dengan pengolahan penggunaan row material pada susunan objektif *shell tank* dan penggunaan *raw material* pada *reinforcemennya*. Perhitungan akan mengambil objektif 1 dengan konsumsi bahan jadi untuk konstruksi ini ditampilkan pada tabel 3.13.

Tabel 3.13 Material digunakan

Material ASTM A283		Material Used				
Objective 01	Qty	L	W	H	Volume	Weight
Front Wall Plate	2	6750	3080	10	2.08E+08	3285
Side Wall Plate	2	3080	2350	10	7.24E+07	1144
Reinforcement 01	2	3080	800	10	2.46E+07	389
Reinforcement 02	8	3080	1000	10	3.08E+07	1947
Reinforcement 03	4	3560	750	10	2.67E+07	844
Total						7608

Penggunaan material jadi pada objektif 1 telah didapat dan konsumsi row material yang terjadi ditampilkan pada table 3.14. Kemudian dari selisih konsumsi row material dengan penggunaan material jadi akan menghasilkan sisa bahan maka dapat disajikan pada table 3.14. Pengolahan row material dan sisa bahan untuk lebih jelas dapat dilihat gambar pada lampiran 3 dan penyajiannya sangat jelas dengan bentuk dan susunan pemotongan material sesuai objektifnya.

Tabel 3.14 Row material digunakan dan residual material

Material ASTM A283		Raw Material Used					Residual
Objective 01	Qty	L	W	H	Volume	Weight	Material
Front Wall Plate	8	6050	1800	10	1.09E+08	6882	3598
Side Wall Plate	3	6080	1800	10	1.09E+08	2594	1450
Reinforcement 01	2	6080	1800	10	1.09E+08	1729	1340
Reinforcement 02	4	6080	1800	10	1.09E+08	3458	1512
Reinforcement 03	2	6080	1800	10	1.09E+08	1729	885
Total						16393	8785

Untuk perhitungan berat material yang lainnya dapat dilihat di lampiran 3. Dalam gambar dilampiran ini dihasilkan pengolahan tiap objektif yang dilakukan berdasarkan proses pemotongan material dan proses penyambungannya sehingga menghasilkan

besaran penggunaan bahan baku dan sisa bahan yang terjadi. Sehingga dari semua objektif ini di sajikan dalam bentuk table fungsi tiap atribut (raw material dan material sisa) seperti pada table 3.15 dibawah ini.

Tabel 3.15 Konsumsi material tiap objektif

Objektif	A1	A2
	Penggunaan raw material (kg)	Material sisa (kg)
O1	16393	8785
O2	19851	12408
O3	14664	6518
O4	16739	8105
O5	12947	5339
O6	16406	8963
O7	11218	3072
O8	13293	4659

3.4.3 Perhitungan data atribut panjang sambungan dan kontrol pengelasan

Perhitungan panjang *welding* berpengaruh terhadap kekuatan dan timbulnya peluang bocor sehingga atribut ini merupakan kepentingan akan menjaga kualitas produk terhadap metoda pemotongan yang dilakukan. Pemotongan dilakukan berdasarkan fungsi objektif yang akan dicapai sehingga dilakukan pembatasan dengan atribut ini. Proses pengetesan lasan dilakukan dengan 2 metoda *non destructive test* yaitu:

1. Pengetesan sambungan *welding* dilakukan dengan radiographic test 20%, yaitu pengetesan di 20% dari panjang *welding* (spot test) terkonsentrasi pada area kritis dan hasil pengetesan 100% baik.
2. Pengetesan sambungan *welding* dilakukan dengan dye penetran test sepanjang lasan (full test) dengan 100% baik

Proses perhitungan nilai objektif fungsi atribut (panjang pengelasan, kontrol pengelasan) dilakukan dengan berdasarkan kontur pemotongannya kemudian menyesuaikan pengelasannya dan dilakukan proses control terhadap lasan. Data ini diolah pada lampiran 3 dan fungsi fungsi dari metoda pengetesan juga diterangkan sehingga dapat ditabelkan seluruh hasil objektif yang dilakukan seperti table 3.16. Untuk detail dapat dilihat pada lampiran 3.

Tabel 3.16 Perhitungan panjang dan pengetesan *welding*

Objektif	A3	A4	A5
	Panjang <i>welding</i> (mm)	Panjang Radiographic Test (20%) (mm)	Panjang Dye Penetrant Test (mm)
O1	95120	18480	31520
O2	120760	19450	32330
O3	98000	17530	32110
O4	133430	19720	32550
O5	88820	13260	32130
O6	114460	12180	31850
O7	91701	11390	31520
O8	127128	13220	32760

3.4.4 Perhitungan data atribut tegangan material terhadap gaya luar

Tegangan-regangan yang terjadi pada tiap rancangan konstruksi ini diolah dengan menggunakan bantuan program *Solid Works* dan *Cosmos Works* yang disajikan dalam bentuk degradasi warna pada tiap modelnya. Degradasi warna ini merupakan tingkat kekuatan dari rancangan konstruksi yang mengalami *external force*. Pada tahap ini pengumpulan data dan pengolahan data tiap objectif terhadap fungsi atribut *stress* material terhadap *external load* yang menyangkut kehandalan dan kekuatan produk yaitu:

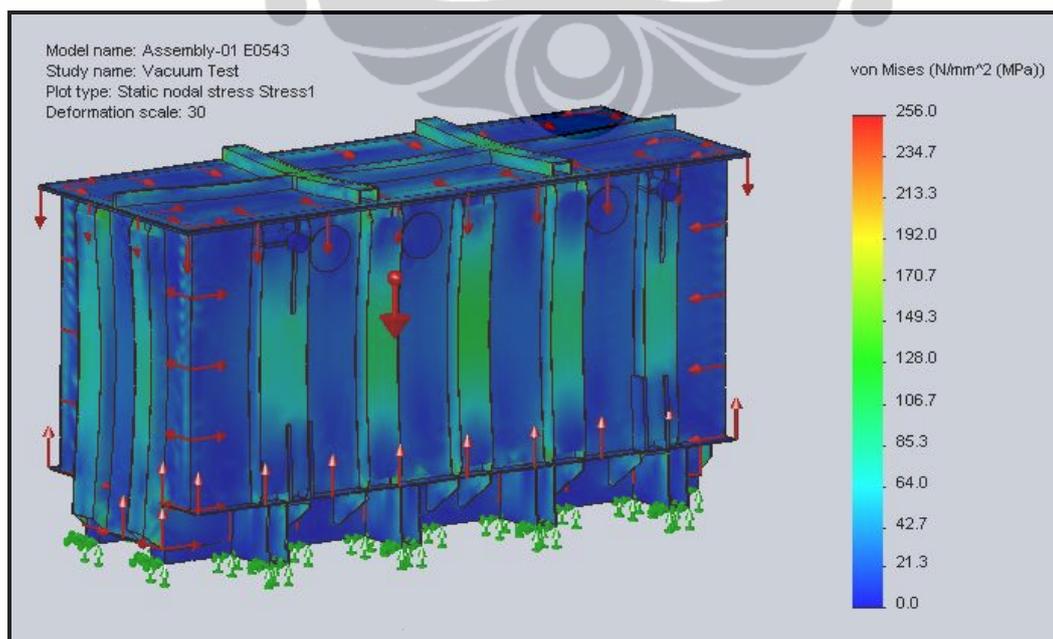
1. Perhitungan *stress* material pada *wall shell tank* dengan pemberian *pressure* 0.11 MPa dengan proses vacuum. Proses ini dilakukan saat *shell* trafo di assembly pada manufaktur dan merupakan proses standard pengerjaan. Pemberian *pressure* tiap juga dilakukan untuk pengetesan bocor terhadap konstruksi
2. Perhitungan *stress* material pada *wall shell tank* dengan pemberian gaya pada bolat untuk mengangkat trafo dengan saat assembly penuh sehingga konstruksi ini handal dalam operasinya. Total berat trafo saat *assembly* penuh adalah 195 Ton atau *force* 1913 kN.
3. Perhitungan *stress* material pada *wall shell tank* dengan pemberian gaya pada *plat stabilisator* untuk mengangkat trafo dengan jacking saat assembly penuh sehingga konstruksi ini handal dalam operasinya.
4. Perhitungan *stress* material pada *wall shell tank* dengan pemberian gaya kumulatif dari gerak radial *seismic* diubah menjadi gerak transversal dua arah

untuk kehandalan dan kekuatan terhadap beban gempa (*seismic load*) dengan referensi maksimum yang diberikan oleh IEEE sebesar 3.5g *horizontal* (6695.5 kN) dan 2.8g *vertical* (3443.5 kN).

Tabel 3.17 Perhitungan nilai *external load*

Objektif	A6	A7	A8	A9
	<i>Stress shell tank saat vacuum proses (N/mm²)</i>	<i>Stress shell tank saat lifting proses (N/mm²)</i>	<i>Stress shell saat jacking proses (N/mm²)</i>	<i>Stress shell tank pada seismic test (N/mm²)</i>
O1	256	84.5	184.3	327.3
O2	309.8	87.9	163.6	313
O3	349	80.4	181.4	289.8
O4	416.1	89.4	184	299.4
O5	232	86.5	194.3	272
O6	287	89.9	183.6	281
O7	323	87.4	191.4	254
O8	389	98.4	191	266

Untuk hasil perhitungan ini dapat dilihat di lampiran 4 perhitungan kekuatan konstruksi berdasarkan masing-masing rancangan terhadap *external load*, keseluruhan objektif ini disajikan dalam table 3.17, dan salah satu contoh rancangan pada objektif 1 sebagai fungsi *external load vacuum test* dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Objektif 1 mengalami *stress* saat *vacuum load* 0.11 MPa

Semua yang disajikan pada perhitungan dan pengolahan data atribut diatas maka masing masing objektif dapat digabungkan untuk proses perhitungan TOPSIS selanjutnya. Hasil dari perhitungan dan pengolahan data variasi objectif fungsi atribut diatas maka data dapat ditabelkan seperti dibawah ini:

Tabel 3.18 Hasil perhitungan fungsi objektif sebagai nilai fungsi atribut

Weight	0.021	0.230	0.029	0.058	0.061	0.222	0.081	0.085	0.213
Atribute	kg	kg	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
OBJECTIVE	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
O1	16393	8785	95120	18480	31520	256	84.5	184.3	327.3
O2	19851	12408	120760	18480	31520	309.8	87.9	163.6	313
O3	14664	6518	98000	18480	31520	349	80.4	181.4	289.8
O4	16739	8105	133430	18480	31520	416.1	89.4	184	299.4
O5	12947	5339	88820	12180	31520	232	86.5	194.3	327.3
O6	16406	8963	114460	12180	31520	287	89.9	183.6	313
O7	11218	3072	91701	12180	31520	323	87.4	191.4	289.8
O8	13293	4659	127128	12180	31520	389	98.4	191	299.4

3.5 Pengolahan Data Gabungan Dengan TOPSIS

Pada pengolahan data ini akan dilakukan penggabungan antara hasil data AHP dalam bentuk pembobotan masing masing atribut dan perhitungan data nilai objectif dari fungsi atribut dalam metoda TOPSIS. Pada table 3.19 menyajikan rangkuman seluruh nilai atribut ditiap rancangan dan ditambah denga pembobotan dari AHP.

Tabel 3.19 Perhitungan dan pengelompokan nilai atribut

Weight	0.021	0.230	0.029	0.058	0.061	0.222	0.081	0.085	0.213
Atribute	kg	kg	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
OBJECTIVE	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
O1	16393	8785	95120	18480	31520	256	84.5	184.3	327.3
O2	19851	12408	120760	19450	32330	309.8	87.9	163.6	313
O3	14664	6518	98000	17530	32110	349	80.4	181.4	289.8
O4	16739	8105	133430	19720	32550	416.1	89.4	184	299.4
O5	12947	5339	88820	13260	32130	232	86.5	194.3	327.3
O6	16406	8963	114460	12180	31850	287	89.9	183.6	313
O7	11218	3072	91701	11390	31520	323	87.4	191.4	289.8
O8	13293	4659	127128	13220	32760	389	98.4	191	299.4
$(\sum(X_{ij}^2))^{0.5}$	43558.57	21892.78	310803.87	45218.06	90789.76	921.03	249.42	521.60	272
High Great	11218	3072	91701	19720	32550	232.00	80.40	163.60	281
Low Great	19851	12408	133430	11390	32760	416.10	98.40	194.30	254

3.5.1 Perhitungan Normalisasi Data

Pada tahap ini data yang disajikan memiliki nilai yang berbeda, pada penjelasan di bab 2 sebelumnya data ini harus di normalisasi untuk menghilangkan fungsi satuan dari masing-masing data. Maka pada metoda TOPSIS ini memiliki kelebihan dalam mengolah data kuantitatif yang memiliki nilai satuan ukuran dan juga data ini nantinya dapat dilakukan pembobotan pada masing-masing atributnya.

Data objektif di tiap atribut ini dilakukan normalisasi dengan hitungan sebagai berikut;

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum X_{ij}^2}} \implies \sqrt{\sum X_{ij}^2} = \sqrt{16393^2 + 19851^2 + \dots + 13293^2}$$

$$r_{01} = \frac{16393}{43338} \quad r_{01} = 0.3763$$

Diatas merupakan salah satu perhitungan normalisasi untuk atribut A1 (penggunaan raw material). Selebihnya dapat dilakukan perhitungan yang kemudian disajikan pada table 3.20, multi objektif dengan fungsi tiap atributnya memiliki nilai pembobotan.

Tabel 3.20 Normalisasi data atribut

Weight	0.021	0.230	0.029	0.058	0.061	0.222	0.081	0.085	0.213
r_{ij}	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
O1	0.3763	0.4013	0.3060	0.4087	0.3472	0.2779	0.3388	0.3533	0.4008
O2	0.4557	0.5668	0.3885	0.4301	0.3561	0.3364	0.3524	0.3136	0.3833
O3	0.3367	0.2977	0.3153	0.3877	0.3537	0.3789	0.3224	0.3478	0.3549
O4	0.3843	0.3702	0.4293	0.4361	0.3585	0.4518	0.3584	0.3528	0.3666
O5	0.2972	0.2439	0.2858	0.2932	0.3539	0.2519	0.3468	0.3725	0.3331
O6	0.3766	0.4094	0.3683	0.2694	0.3508	0.3116	0.3604	0.3520	0.3441
O7	0.2575	0.1403	0.2950	0.2519	0.3472	0.3507	0.3504	0.3669	0.3110
O8	0.3052	0.2128	0.4090	0.2924	0.3608	0.4224	0.3945	0.3662	0.3257

3.5.2 Pembobotan Data

Pada proses TOPSIS data diatas dapat difungsikan dan dipengaruhi dengan data penilaian ahli untuk lebih menghasilkan data dengan tingkat objektifitas tinggi. Data multi rancangan di tiap atribut yang telah di normalisasi, akan dilakukan pembobotan dari data bobot yang dikeluarkan pada metoda AHP sebelumnya.

$$V_{ij} = w_{ij} \cdot r_{ij} \quad V_{ij} = 0.021 \cdot 0.3763$$

$$V_{01} = 0.008$$

Perhitungan diatas merupakan salah satu perhitungan pada Objektiv 1 sebagai fungsi atribut A1 (penggunaan raw material). Kemudian untuk selebihnya perhitungan dapat ditampilkan pada table 3.21, dengan data ini maka nilai normalisasi tiap objektif telah dilakukan pembobotan sehingga data ini menjadi seragam dan dapat dibandingkan dalam satu atributnya.

Tabel 3.21 Pembobotan data dan penentuan nilai batas atas dan bawah

Weight	0.020	0.264	0.027	0.053	0.057	0.211	0.075	0.084	0.209
v_{ij}	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
O1	0.008	0.092	0.009	0.024	0.021	0.062	0.027	0.030	0.085
O2	0.010	0.131	0.011	0.025	0.022	0.075	0.029	0.027	0.082
O3	0.007	0.069	0.009	0.022	0.022	0.084	0.026	0.030	0.075
O4	0.008	0.085	0.012	0.025	0.022	0.100	0.029	0.030	0.078
O5	0.006	0.056	0.008	0.017	0.022	0.056	0.028	0.032	0.071
O6	0.008	0.094	0.011	0.016	0.021	0.069	0.029	0.030	0.073
O7	0.005	0.032	0.008	0.015	0.021	0.078	0.028	0.031	0.066
O8	0.006	0.049	0.012	0.017	0.022	0.094	0.032	0.031	0.069
MAX	0.0055	0.0323	0.0085	0.0252	0.0221	0.0560	0.0261	0.0267	0.0755
MIN	0.0097	0.1305	0.0118	0.0145	0.0212	0.1003	0.0319	0.0317	0.0693

Untuk perhitungan berikutnya yaitu mencari nilai positif ideal solusi dan negatif ideal solusi membutuhkan data pembanding dan data yang berfungsi sebagai batas atas dan batas bawah. Pada penjelasan sebelumnya yaitu pada table 3.11 dan penjelasan pada bab 3.4 merupakan bentuk batasan dalam penilaian suatu fungsi atribut, sehingga tiap objektif yang terjadi akan memiliki nilai atribut yang besar dan kecil. Nilai ini memiliki arti yang tegas dalam menjelaskan konstruksi yang lebih baik dan konstruksi yang kurang baik sehingga table 3.21 diatas mempresentasikan batas atas sebagai max dan batas bawah sebagai min dari data atribut.

3.5.3 Pemisahan pengukuran data *positive ideal solution*

Identifikasi ini berdasarkan nilai atribut yang memiliki fungsi dominant atau fungsi paling baik dari multi atribut, sehingga nilai dominant dan nilai tidak dominant ini menjadi metoda pemisah dari *positif solution* dan *negatif solution* untuk mencari nilai terdekat dari *positif solution* dan nilai terjauh dari *negative solution*. Pemisahan perhitungan *positive ideal solution* adalah menghitung selisih data terhadap nilai maksimumnya sebagai nilai resultan separation.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}, \quad i = 1, \dots, m.$$

$$S^+ = \sqrt{(0.008 - 0.0097)^2 + (0.092 - 0.0323)^2 + \dots + (0.085 - 0.0755)^2}$$

$$S^+ = 0.061$$

3.5.4 Pemisahan pengukuran data negative ideal solution

Pemisahan perhitungan *negative ideal solution* adalah menghitung selisih data terhadap nilai minimumnya sebagai nilai resultan separation.

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad i = 1, \dots, m.$$

$$S^- = \sqrt{(0.008 - 0.0097)^2 + (0.092 - 0.1305)^2 + \dots + (0.085 - 0.0693)^2}$$

$$S^- = 0.058$$

Oleh karena itu alternatif terbaik adalah salah satu yang memiliki jarak terpendek ke solusi ideal. Definisi sebelumnya juga dapat digunakan untuk menunjukkan bahwa setiap alternatif yang mempunyai jarak terpendek dari solusi ideal juga dijamin memiliki jarak terpanjang dari ideal negatif solusi. Masalah ini dianggap oleh Lai et al. (1994) sebagai tingkat memuaskan untuk kedua kriteria jarak terpendek dari ideal dan jarak terjauh dari ideal negatif, dan menyimpulkan solusi kompromi akan ada pada titik di mana tingkat yang memuaskan dari kedua kriteria tersebut sama

3.5.5 Similarities positive ideal solution

Setelah data positive ideal solution dan negative ideal solution dihasilkan maka dilakukan langkah terakhir yaitu similarities positive ideal solution untuk mendapatkan penilaian hirarki kepentingan dari tiap tiap objective diatas. Nilai separasi (*distance*) positive dan separasi (*distance*) negative dijumlah sebagai factor pembagi dari nilai objectif masing masing atribut.

Perhitungan *similarities ideal solution* adalah:

$$C_i^+ = S_i^- / (S_i^+ + S_i^-), \quad i = 1, \dots, m.$$

$$C_i^+ = \frac{0.01}{0.119} \quad C^+ = 0.484$$

Perhitungan diatas merupakan salah satu rancangan konstruksi objektif 1, dan objektif ini merupakan rancangan konstruksi yang sedang berlangsung atau selama ini dilakukan. Dengan melakukan perhitungan yang sama untuk tiap-tiap objektif lainnya maka akan didapat nilai seperti ditabelka pada 3.22 dibawah ini.

Tabel 3.22 Pembobot Topsis

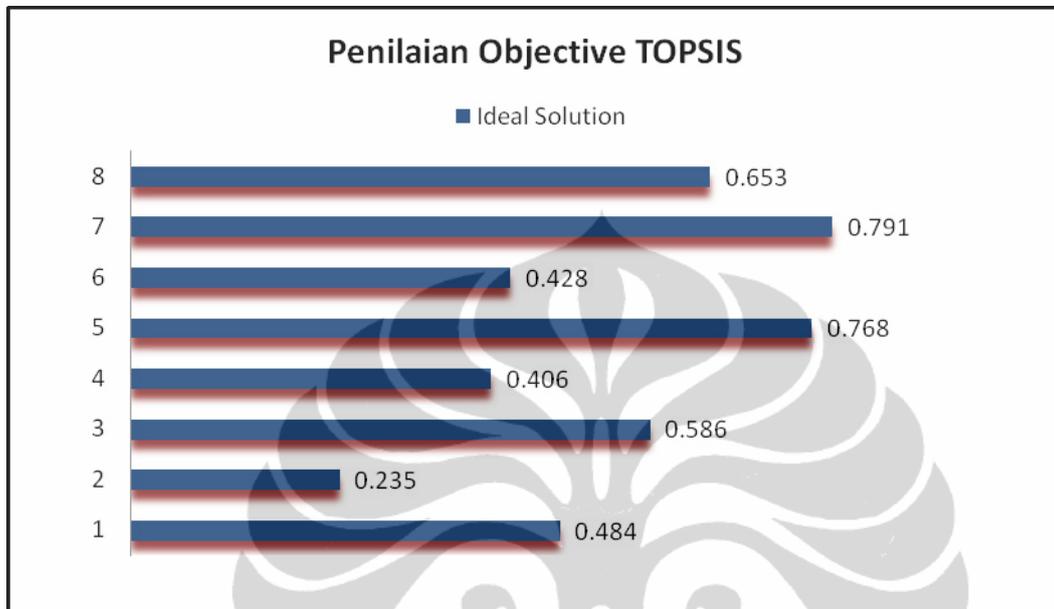
TOPSIS C^+	S_i^+	S_i^-	$(S_i^+) + (S_i^-)$	Ideal	Ranking
O1	0.061	0.058	0.119	0.484	5
O2	0.100	0.031	0.131	0.235	8
O3	0.046	0.065	0.111	0.586	4
O4	0.069	0.047	0.117	0.406	6
O5	0.026	0.087	0.113	0.768	2
O6	0.064	0.048	0.112	0.428	7
O7	0.027	0.101	0.128	0.791	1
O8	0.043	0.082	0.125	0.653	3

Dari perhitungan data diatas maka dapat dikelompokkan hirarki dari masing masing nilai objektif.

Tabel 3.23 Nilai data hirarki variation objective

<i>Variation bjective</i>	<i>Simbol</i>	<i>Ranking</i>
<i>Vertical joining wall dengan vertical 'U' bend reinforcement</i>	O1	5
<i>Vertical joining wall dengan vertica 'T' plate reinforcement</i>	O2	8
<i>Vertical joining wall dengan horizontal 'U' bend reinforcement</i>	O3	4
<i>Vertical joining wall dengan horizontal 'T' bend reinforcement</i>	O4	6
<i>Horizontal joining wall dengan vertical 'U' bend reinforcement</i>	O5	2
<i>Horizontal joining wall dengan vertica 'T' plate reinforcement</i>	O6	7
<i>Horizontal joining wall dengan horizontal 'U' bend reinforcement</i>	O7	1
<i>Horizontal joining wall dengan horizontal 'T' bend reinforcement</i>	O8	3

Hasil pengolahan data diatas dibuat menjadi grafik yang mempunyai tingkatan di tiap objektifnya disajikan pada gambar 3.8. Grafik nilai ideal solusi ini mempresentasikan tingkat prioritas masing-masing objektif.



Gambar 3.8 Grafik penilaian multi objektif dengan TOPSIS

Strategi dan implementasi saat ini sudah menjadi sebuah kesatuan yang tak terpisahkan untuk mencapai sebuah keberhasilan. Strategi yang bagus tanpa diikuti implementasi dan pelaksanaan yang benar tidak akan memberikan hasil sesuai dengan tujuan yang direncanakan. Dan tidak mungkin implementasi akan baik tanpa adanya strategi terencana yang mendahuluinya. Sehingga, tujuan dari manajemen strategi adalah untuk mengeksplorasi dan menciptakan peluang-peluang yang baru dan berbeda untuk rencana jangka panjang ke depan serta mengoptimalkannya berdasarkan kecenderungan saat ini. Informasi dalam organisasi harus diatur dengan sepatutnya, seperti halnya informasi dari hasil perhitungan pada gambar 3.8, TOPSIS diatas dibutuhkannya pengolahan informasi rancangan optimal untuk menurunkan sisa bahan tanpa mempengaruhi atau lebih memberikan kualitas yang bagus dan kekuatan konstruksi yang lebih baik. Guna menjawab kesuksesan dalam pengimplementasian, manajemen harus menganalisa secara terperinci dari hasil perhitungan diatas untuk implementasi kedepan.