

BAB 4

ANALISA

4.1 Analisa Perubahan

Konstruksi baja yang banyak menggunakan material *plate* dan profil untuk membuat konstruksi sesuai dengan rancangan yang diberikan oleh pelanggan (pemberi order). Rancangan ini merupakan dasar untuk melakukan pemilihan material, rancangan pemotongan, pengelasan dan *testing* sehingga nilai yang dihasilkan menjadi ekonomis dari sebelumnya. Maka dapat diklasifikasikan nilai objektif dari rancangan konstruksi ini yaitu:

1. Sambungan *wall tank* secara *vertical* dengan *reinforcement* 'U' *bending* dipasang dengan posisi *vertical* (objektif 01 kondisi sekarang)
2. Sambungan *wall tank* secara *vertical* dengan *reinforcement* 'I' *strip plate* dipasang dengan posisi *vertical* (objektif 02)
3. Sambungan *wall tank* secara *vertical* dengan *reinforcement* 'U' *bending* dipasang dengan posisi *horizontal* (objektif 03)
4. Sambungan *wall tank* secara *vertical* dengan *reinforcement* 'I' *strip plate* dipasang dengan posisi *horizontal* (objektif 04)
5. Sambungan *wall tank* secara *horizontal* dengan *reinforcement* 'U' *bending* dipasang dengan posisi *vertical* (objektif 05)
6. Sambungan *wall tank* secara *horizontal* dengan *reinforcement* 'I' *strip plate* dipasang dengan posisi *vertical* (objektif 06)
7. Sambungan *wall tank* secara *horizontal* dengan *reinforcement* 'U' *bending* dipasang dengan posisi *horizontal* (objektif 07)
8. Sambungan *wall tank* secara *horizontal* dengan *reinforcement* 'I' *strip plate* dipasang dengan posisi *horizontal* (objektif 08)

Dari nilai variasi objektif diatas merupakan susunan variasi rancangan konstruksi pada *shell tank* untuk menentukan nilai objektif yang memiliki tingkat optimal dan tentu memiliki nilai ekonomis. Dengan melihat kelebihan dan kekurangannya dari beragam konstruksi diatas maka pada point pemasangan *reinforcement* secara *horizontal* memiliki kekurangan dikarenakan:

1. Banyak konstruksi *bending horizontal* dan pengelasan yang menjebak air dan debu
2. Debu yang terjebak akan mengakibatkan kelembaban di area ini meningkat dan ditambah air yang terjebak sehingga cenderung lebih korosif
3. Pemasangan *lifting* dan *jacking* yang cenderung tidak kokoh dari tipe *reinforcement horizontal*

Untuk penggunaan *reinforcement* antara ‘U’ dan ‘I’ merupakan konstruksi dengan kekuatan inersia dan momen puntir yang relatif berbeda, akan tetapi penggunaan *reinforcement* U memiliki kelebihan dikarenakan:

1. Momen inersia dan moment puntir di setiap aksisnya merata/ cenderung sama sehingga kekuatannya sebagai penguat *wall* untuk *multi force* lebih baik
2. Berat material lebih ringan dikarenakan penggunaan unitnya lebih sedikit.

Kelebihan dari objektifitas ini merupakan nilai yang relatif jika rancangan konstruksi masih dalam batas kualitas dan kekuatan konstruksi sehingga nilai ini merupakan ruang lingkup dari atribut material, proses dan *testing*.

4.2 Multi Atribut Fungsi Objektif

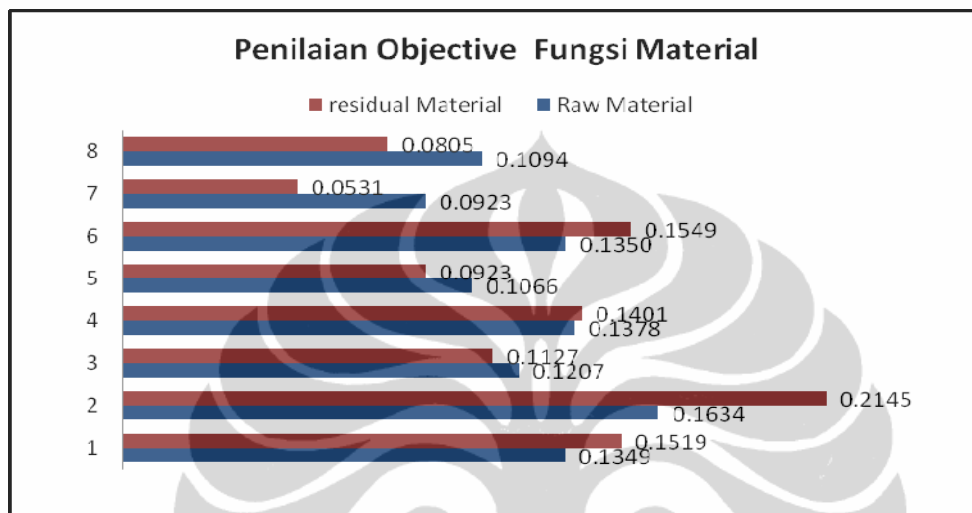
Atribut Material

Atribut material menjadi nilai penting dari penyusunan aspek fungsi dari rancangan konstruksi dikarenakan konsumsi material yang digunakan merupakan biaya awal dari proses ini. Pembelian material dilakukan setelah rancangan diterima dan diolah menjadi rancangan perbagian sehingga dapat diprediksi penggunaan material utama (*main material*) dalam rancangan ini dan diperlihatkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Normalisasi Konsumsi material dari objektif

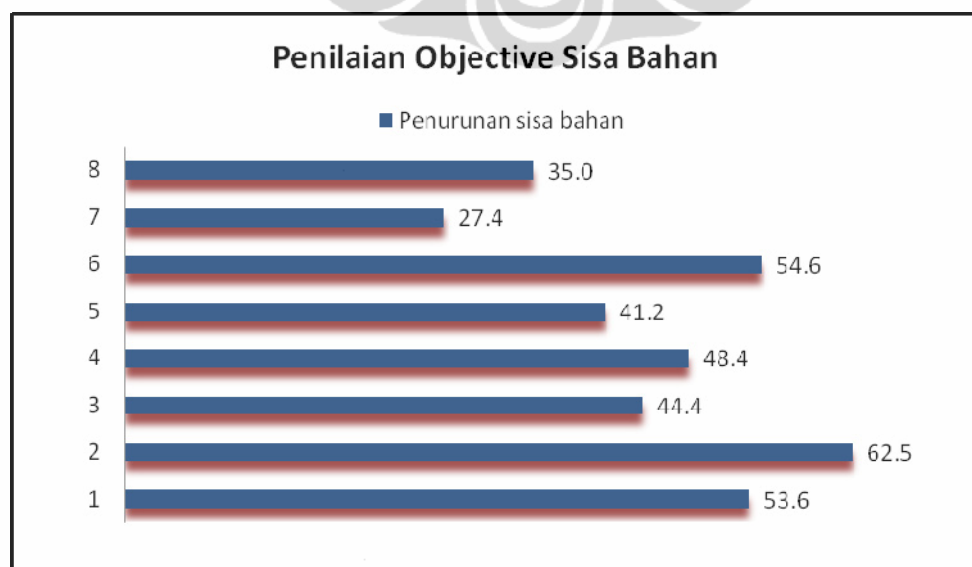
Atribut Objektif	A1	A2	A2/A1	Normalized	Normalized
	Raw material (kg)	Material sisa (kg)	Material sisa (%)	(A1) Raw material (kg)	(A2) Material sisa (kg)
O1	16393	8785	53.6	0.1349	0.1519
O2	19851	12408	62.5	0.1634	0.2145
O3	14664	6518	44.4	0.1207	0.1127
O4	16739	8105	48.4	0.1378	0.1401
O5	12947	5339	41.2	0.1066	0.0923
O6	16406	8963	54.6	0.1350	0.1549
O7	11218	3072	27.4	0.0923	0.0531
O8	13293	4659	35.0	0.1094	0.0805

Dengan menghitung nilai atribut material dalam kg menjadi data normal sehingga nilai ini dapat dibandingkan satu dengan yang lainnya. Data normal yang disajikan merupakan data yang nilai tiap atributnya sama dengan satu sehingga perbandingan dilakukan untuk tiap atribut, maka dapat diperlihatkan pada gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 Grafik penilaian multi objektif fungsi material

Dengan menghitung selisih dari penggunaan material dan sisa bahan yang dihasilkan, maka akan dihasilkan persentase material sisa terjadi dalam setiap penggunaan bahan baku. Setiap rancangan konstruksi ini menghasilkan efisiensi penggunaan material dengan diperlihatkan pada gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.1 Grafik penilaian multi objektif sisa bahan

Dari grafik diatas, konsumsi material yang digunakan paling besar di objektif 2 sebesar 19851 kg (0.1634) dan material sisa 12408 kg (0.2145) sehingga relatif material sisa terhadap *raw material* adalah 62.5%. Dengan diperlihatkan pada grafik diatas nilai objektif pada atribut material sisa lebih besar dari atribut *raw material* akan menghadirkan tidak efisiennya penggunaan material. Untuk objektif 1, 2, 4 dan 6 juga mengalami hal yang sama. Untuk nilai objektif dengan atribut material sisa lebih rendah dari *raw material*nya akan mempresentasikan efektifitas penggunaan material yaitu pada objektif 3, 5,7 dan 8. Objektif paling optimal terhadap konsumsi material yaitu pada objektif 7, karena perbandingan material sisa terhadap *raw material* adalah 27,4%.

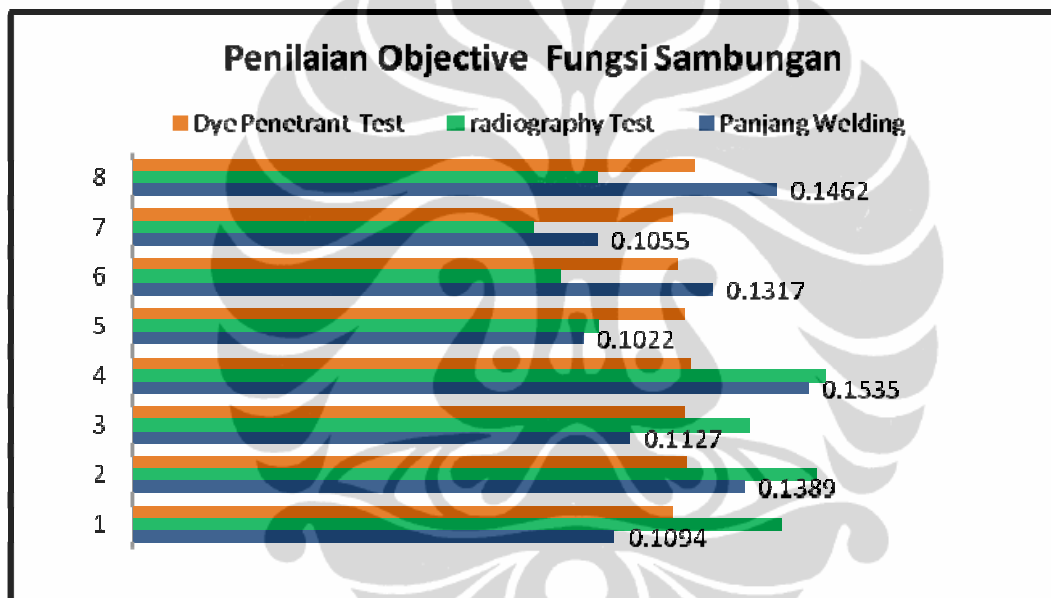
Atribut Sambungan

Atribut sambungan menjadi nilai penting dari penyusunan aspek fungsi dari rancangan konstruksi dikarenakan sambungan material yang lakukan merupakan biaya awal dari kekuatan konstruksi dan kualitas sambungan produk. Rancangan pemotongan material dilanjutkan dengan rancangan sambungan dan rancangan pengelasan sambungan yang dikenal dengan *welding map*. Dasar *welding map* adalah *welding* prosedur specification yang telah disertifikasi dan dinilai secara nasional (BPPT atau BP Migas). Maka perbandingan masing masing objektif sebagai fungsi sambungan dan pengelasan sambungan adalah sebagai berikut;

Tabel 4.2 Normalisasi sambungan dari objektif

Atribut Objektif	A3	A4	A5	Normalized	Normalized	Normalized
	Panjang <i>welding</i> (mm)	Radiograph ic Test 20%	Dye Penetrant Test (mm)	Panjang <i>welding</i> (mm)	Radiograph ic Test 20% (mm)	Dye Penetrant Test (mm)
O1	95120	18480	31520	0.1094	0.1476	0.1228
O2	120760	19450	32330	0.1389	0.1553	0.1259
O3	98000	17530	32110	0.1127	0.1400	0.1251
O4	133430	19720	32550	0.1535	0.1575	0.1268
O5	88820	13260	32130	0.1022	0.1059	0.1251
O6	114460	12180	31850	0.1317	0.0973	0.1240
O7	91701	11390	31520	0.1055	0.0910	0.1228
O8	127128	13220	32760	0.1462	0.1056	0.1276

Dari dibawah ini bisa dilihat bahwa panjang *welding* sangat menentukan kualitas sambungan konstruksi dengan dibarengi pengetesan untuk menghindari kebocoran dan kekuatan konstruksi. Panjang *welding* harus dibarengi dengan pengujian *welding* yang fungsional dan perbandingan antaranya akan menghasilkan kualitas dan jaminan konstruksi. Kualitas konstruksi baik jika panjang *welding* minimal sama dengan pengetesannya dan lebih baik pengetesan *welding* lebih tinggi dari panjang sambungan. Pada gambar 4.3 dibawah ini dapat dilihat objektif 1, 3 dan 5 memiliki kelebihan pengetesan *welding* dari objektif lainnya, sehingga kualitas pada objektif ini lebih baik.



Gambar 4.3 Grafik penilaian multi objektif fungsi material

Atribut Kekuatan Konstruksi

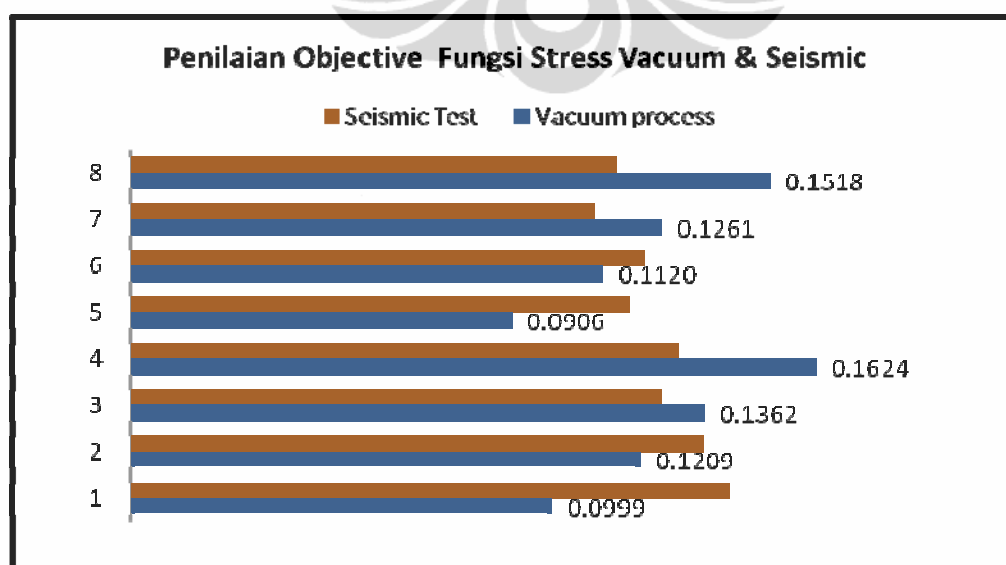
Atribut kekuatan konstruksi ini merupakan jaminan kualitas dan kekuatan terhadap proses *vacuum*, beban transportasi dan gempa. Pada literature IEEE menegaskan bahwa tegangan dan regangan yang terjadi pada material dengan konsentrasi besar pada area yang besar sehingga memberikan efek tegangan regangan yang besar. Maka nilai ini berkisar pada 20% dari yeald point baja 230 N/mm². Dasar pertimbangan ini merupakan analisa finite element yang terdeformasi di tiap note/ segmen 20% lebih tinggi dari yeald akan memberikan efek deformasi elemen. Ini yang dikawatirkan jika terjadi akan menimbulkan retak atau kualitas

produk tidak memenuhi fungsinya. *Stress* yang di ijinakan adalah dibawah 276 N/mm².

Tabel 4.3 Normalisasi kekuatan konstruksi dari objektif

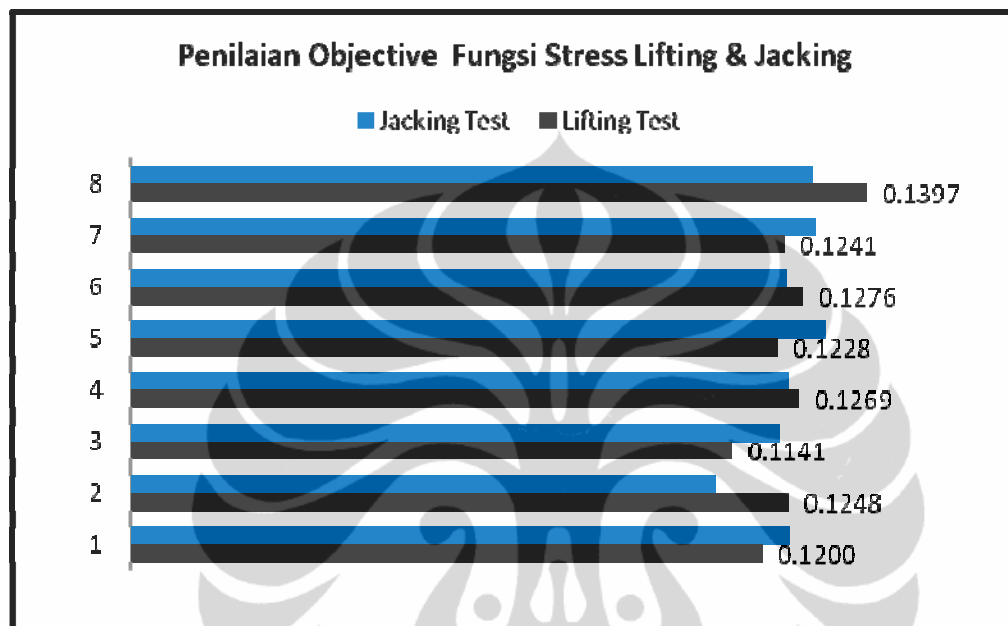
Atribut	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	Normal	Normal	Normal	Normal
OBJECTIVE	A6	A7	A8	A9	A6	A7	A8	A9
O1	256	84.5	184.3	327.3	0.0999	0.1200	0.1251	0.1421
O2	309.8	87.9	163.6	313	0.1209	0.1248	0.1110	0.1359
O3	349	80.4	181.4	289.8	0.1362	0.1141	0.1231	0.1259
O4	416.1	89.4	184	299.4	0.1624	0.1269	0.1249	0.1300
O5	232	86.5	194.3	272	0.0906	0.1228	0.1319	0.1181
O6	287	89.9	183.6	281	0.1120	0.1276	0.1246	0.1220
O7	323	87.4	191.4	254	0.1261	0.1241	0.1299	0.1103
O8	389	98.4	191	266	0.1518	0.1397	0.1296	0.1155

Dengan menghitung nilai atribut kekuatan konstruksi dalam N/mm² menjadi data normal sehingga nilai ini dapat dibandingkan satu dengan yang lainnya. Data normal yang disajikan merupakan data yang nilai tiap atributnya sama dengan satu sehingga perbandingan dilakukan untuk tiap atribut. Pada gambar 4.4 dibawah ini menerangkan perbandingan data atribut *vacuum test* pada setiap multi rancangan dan data *seismic test*.



Gambar 4.4 Grafik penilaian multi objektif fungsi kekuatan konstruksi 1

Kemudian dilakukan juga perbandingan diatribut *Lifting test* dan *jacking test*. Kelompok ini dapat disatukan karena secara fungsi memiliki kesamaan dan aspek kekuatan konstruksi pada multi rancangan ini pada kemampuan untuk transportasi dan perpindahan barang. Pada gambar 4.5 dibawah ini multi rancangan menampilkan data atribut *lifting test* dan *jacking test*.



Gambar 4.5 Grafik penilaian multi objektif fungsi kekuatan konstruksi 2

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa objektif 1 dan 5 merupakan rancangan konstruksi yang kuat dengan ketahanan gaya *vacuum* proses (*stress*), nilai objektif 1 (256 N/mm^2) dan 5 (232 N/mm^2) sebagai yang terkecil. Untuk ketahanan terhadap *seismic* objektif 3, 5 dan 7 merupakan rancangan konstruksi yang kokoh, nilai objektif 3 ($289,8 \text{ N/mm}^2$) dan 5 ($272,3 \text{ N/mm}^2$) dan 7 (254 N/mm^2) sebagai *stress* terendah. Sedangkan untuk beban *lifting* dan *jacking* nilai objektif ini cenderung berpaut tipis sehingga nilai dari objektif ini sulit untuk dikategorikan dominan dari lainnya. Akan tetapi nilai objektif yang melebihi dari syarat *stress* area 322 N/mm^2 akan mengakibatkan deformasi permanen sehingga nilai objektif 7 (323 N/mm^2) perlu perlakuan khusus untuk mengatasi *stress* di *vacuum* proses. Dikarenakan objektif 7 mengalami ketidak mampuan menahan gaya *vacuum*, maka objektif ini belum layak sebagai nilai optimal dari rancangan konstruksi. Modifikasi akan dilakukan pada area *stress* tertinggi dan area *stress* besar dengan penambahan *reinforcement*.

4.3 Analisa Hirarki Multi Atribut

Dari analisa masing masing atribut diatas, diolah menjadi data yang memiliki nilai hirarki dari masing-masing atribut. Dalam model hirarki yang disusun, atribut merupakan factor yang harus dipenuhi untuk memilih atau mengevaluasi nilai objektif yang disusun kemudian menentukan objektif yang memiliki nilai optimum. Maka nilai atribut tersebut adalah:

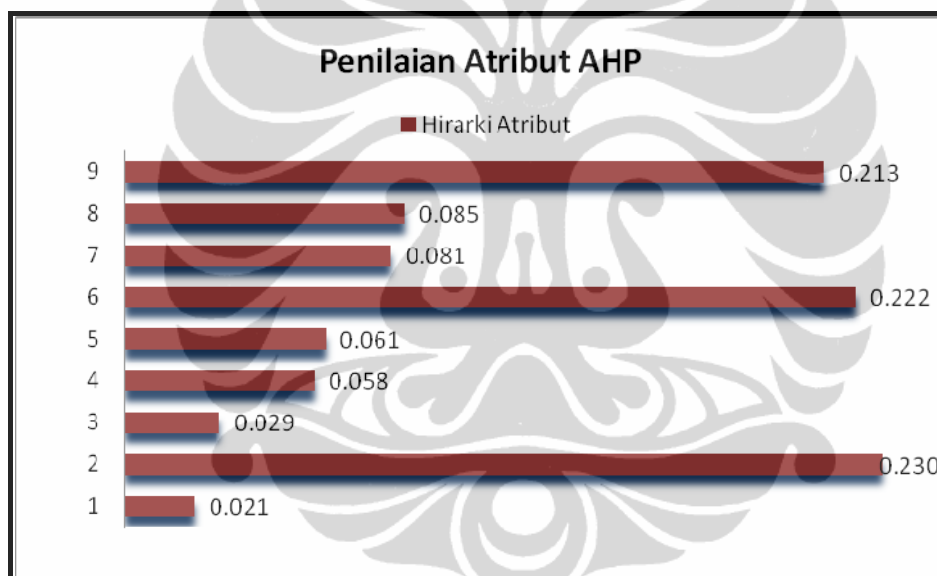
1. Penggunaan *raw material* (kg)
2. Material sisa (kg)
3. Panjang *welding* (mm)
4. Panjang *Radiographic Test (20%)* (mm)
5. Panjang *Dye Penetrant Test* (mm)
6. *Stress shell tank* saat *vacuum* proses (N/mm²)
7. *Stress shell tank* saat *lifting* proses (N/mm²)
8. *Stress shell* saat *jacking* proses (N/mm²)
9. *Stress shell tank* pada *seismic test* (N/mm²)

Data atribut diatas diolah dengan mencari respon responden terhadap perbandingan kepentingan masing-masing atribut sehingga didapat tingkat nilai kepentingan dari masing-masing atribut. Dari perhitungan atribut pada bab 3.3 sebelumnya, 6 pandangan responden menerangkan logika kepentingann dari masing masing perbandingan atribut. Data yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 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

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. Dari table 4.4 atribut diatas memperlihatkan dasar tingkatan hirarki kepentingan masing masing objektif. Pada gambar 4.6 grafik hirarki ini merupakan perspektif dari responden untuk menempati atribut sebagai fungsi paling berpengaruh dalam konstruksi baja.



Gambar 4.6 Grafik penilaian atribut dengan AHP

Grafik diatas mempresentasikan multi kepentingan dari multi atribut yang berpengaruh pada proses konstruksi baja. Ada 3 atribut utama yang memiliki kepentingan hampir berpautan yaitu:

1. Material sisa (kg) merupakan hirarki pertama dengan tingkat kepentingan 0.23.
2. *Stress shell tank* saat *vacuum* proses (N/mm^2) merupakan hirarki kedua penting dengan tingkat kepentingan bertautan 0.222
3. *Stress shell tank* pada *seismic test* (N/mm^2), ini merupakan hirarki kepentingan ketiga dengan nilai yang bertautan hirari 2 yaitu 0.213

Dari perspektif responden dengan latar belakang ahli pada konstruksi metal memberikan penilaian dari tingkat kepentingan sebuah proses ini pada atribut material sisa (*residual material*). Ini mulai memberikan tingkat keterkaitannya yang jelas dengan perumusan masalah yang mengungkapkan material sisa cenderung sebesar 30-40% dari *raw material*. Adanya kesamaan diatas maka dapat diartikan efisiensi material merupakan factor pertama dalam melakukan strategi perubahan untuk lebih baik.

Dengan melihat pandangan responden pada urutan dua adalah pada *stress shell tank* saat pengujian *vacuum*. Kekuatan tank terhadap gaya eksternal yaitu *vacuum* merupakan suatu bentuk tanggung jawab terhadap kualitas, begitu juga untuh hasil urutan hirarki tiga. *Shell tank* yang berkualitas memberikan nilai berarti bagi subcontractor yaitu:

1. Terhindari dari proses perbaikan di lapangan yang menyebabkan operasi trafo terhenti.
2. Nilai kepercayaan yang besar bagi pemberi order.
3. Menghindari biaya perbaikan trafo di area substation, dan biaya ini mengikuti biaya pinalti dari *customer*.
4. Kerjasama jangka panjang

Produk trafo (*shell tank*) yang kokoh dan berkualitas harus dihasilkan sehingga hirarki dari 3 teratas ini sangat terpaut tipis, sangat sulit melihat nilai mana yang memberikan pengaruh objektif signifikan. Untuk atribut yang lainnya seperti konsumsi *raw material*, panjang *welding* dan pengetesan *welding* merupakan atribut yang tidak memberikan fungsi dominant dikarenakan proses ini cenderung dapat diatasi dan menghadirkan biaya yang tidak berpotensi besar. Produksi harus melakukan efisiensi material sisa untuk mengurangai biaya *residual material*, akan tetapi kekuatan konstruksi menjadi dua point yang tidak kalah pentingnya.

4.4 Analisa Hirarki Objektif dengan TOPSIS

Nilai objektif yang dihitung dan dibandingkan pada bahasan sebelumnya dapat di simpulkan sebagai berikut:

1. Atribut material memiliki nilai objektif dengan konsumsi material dan *residual material* lebih sedikit yaitu pada objektif 7 dan hirarki ke dua pada

objektif 8 dan 5, ini menjadi batasan untuk memberikan penilaian secara optimal dari atribut ini.

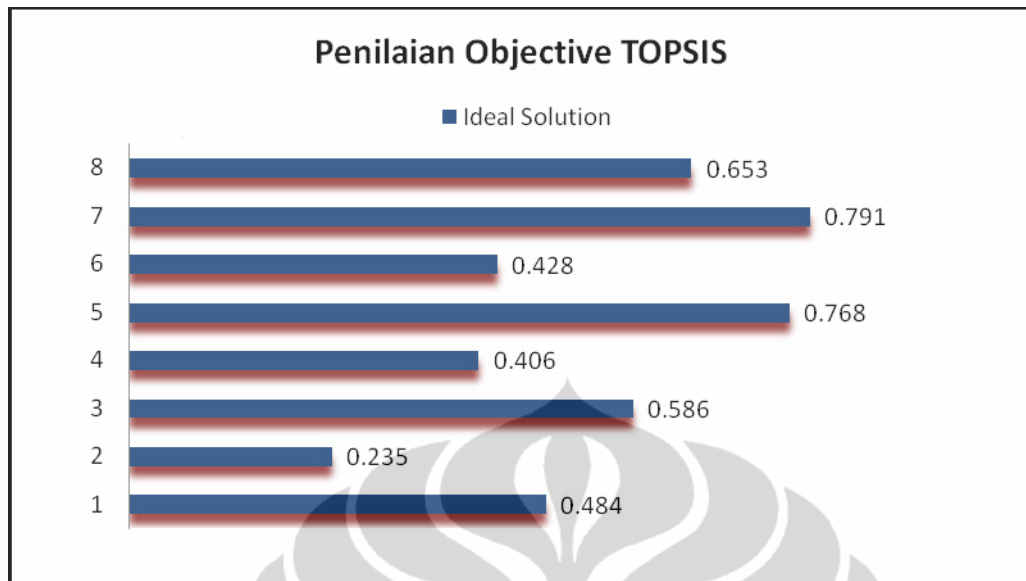
2. Atribut pemotongan material dan penyambungan, nilai objektif untuk fungsi atribut ini masuk pada tingkat hirarki yang baik pada objektif 1, 3 dan 5. Dikarenakan perbandingan dan tingkat pengetesan panjang *welding* lebih besar dari panjang *weldingnya* sendiri
3. Atribut kekuatan konstruksi, sebagai batasan dari tingkat kebolehan *stress* yang terjadi diarea elemen sebesar 322 N/mm^2 adalah pada objektif 1, 3 dan 5. Dikarenakan nilai atribut pada objektif lainnya memiliki ketidak konsistennya terhadap gaya luar (*external force*) dan nilai atribut yang melebihi kebolehan *stressnya*.

Untuk analisa objektifitas dari perhitungan bab 3.5 sebelumnya maka perhitungan TOPSIS menghasilkan nilai hirarki objektif, ditampilkan pada table 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5 Nilai data hirarki variasi objectif

<i>Variation bjective</i>	<i>Simbol</i>	<i>Solution</i>	<i>Ranking</i>
<i>Vertical joining wall dengan vertical 'U' bend reinforcement (kondisi sekarang)</i>	O1	0.484	5
<i>Vertical joining wall dengan vertica 'T' plate reinforcement</i>	O2	0.235	8
<i>Vertical joining wall dengan horizontal 'U' bend reinforcement</i>	O3	0.586	4
<i>Vertical joining wall dengan horizontal 'T' bend reinforcement</i>	O4	0.406	6
<i>Horizontal joining wall dengan vertical 'U' bend reinforcement</i>	O5	0.768	2
<i>Horizontal joining wall dengan vertica 'T' plate reinforcement</i>	O6	0.428	7
<i>Horizontal joining wall dengan horizontal 'U' bend reinforcement</i>	O7	0.791	1
<i>Horizontal joining wall dengan horizontal 'T' bend reinforcement</i>	O8	0.653	3

Hasil pengolahan data diatas dibuat menjadi grafik yang mempunyai tingkatan di tiap objektifnya. Grafik nilai ideal solusi ini dapat dijadikan grafik bobot prioritas masing-masing objektif.



Gambar 4.7 Grafik penilaian multi objektif dengan TOPSIS

Dengan perhitungan TOPSIS untuk multi objektif diatas, objektif 7 (*Horizontal joining wall dengan horizontal 'U' bend reinforcement*) dan objektif 5 (*Horizontal joining wall dengan vertical 'U' bend reinforcement*) merupakan tingkat hirarki pertama dan hirarki kedua sebagai objektifitas optimal. Dari ini sangat jelas bahwa objektif 7 dan 5 mempunyai data yang relatif seimbang, Hubungan yang jelas antara mengoptimalisasi penggunaan material untuk proses konstruksi dan tingkat hirarki responden yang dominan pada penurunan material sisa (*residual material*). Sehingga objektif 7 dan 5 sangat jelas sebagai fungsi atribut yang menguatkan kebutuhan produksi untuk optimalisasi penggunaan material. Objektif 7 memiliki atribut dengan konsumsi *raw material* 11218 kg dan materal sisa 3072 kg. Nilai objektif 7 (27.4%) lebih tinggi dari objektif 5 (41.2%). Akan tetapi jika dibandingkan dengan rancangan konstruksi yang telah ada yaitu objektif 1 (53.6%, maka akan kelihatan bahwa objektif lebih efisiensi sebesar 26.2% dan dari objektif 5 sebesar 12.4%.

Pada atribut pemotongan, penyambungan material dan *testing welding*, objektifitas 1, 3 dan 5 merupakan nilai objektif yang memiliki fungsi proses konstruksi yang lebih baik dibandingkan lainnya. Analisa sebelumnya ini memiliki kesamaan dengan hirarki perhitungan TOPSIS, sehingga objektif 5 (*Horizontal joining wall dengan vertical 'U' bend reinforcement*) memiliki tingkat lebih baik dari pada objektif

7 (*Horizontal joining wall dengan horizontal 'U' bend reinforcement*). Objektif 5 memiliki atribut dengan panjang *welding* 88820 mm, radiography test 13260 mm dan dye penetrant 32130 mm. kecenderungan panjang lasan terhadap panjang pengetesan las relative lebih besar dari objektif lainnya. Ini menunjukkan objektif 5 memiliki tingkat hirarki lebih penting dari 7 akan tetapi nilai ini tidak membuat objektif 7 keluar batas atribut.

Atribut kekuatan konstruksi merupakan point utama untuk mengontrol kualitas dan kekokohan *shell tank* terhadap perlakuan dan transportasi. Ini merupakan jaminan kualitas terhadap pelanggan sehingga jika terjadi kegagalan pada konstruksi ini, maka akan menghadirkan biaya yang tinggi untuk memodifikasi di substation. Pada analisa sebelumnya didapat objektif dengan nilai atribut *stress* lebih kecil (deformasi kecil) ada pada objektif 1, 3 dan 5. Sehingga kesamaan dengan perhitungan dan tingkat hirarki TOPSI ada pada objektif 5 (*Horizontal joining wall dengan vertical 'U' bend reinforcement*) dengan atribut *stress vacuum* 276 N/mm², *stress lifting* 86.3 N/mm², *stress jacking* 194 N/mm² dan *stress seismic* 307.3 N/mm².

4.5 Analisa Nilai Objektif TOPSIS Terhadap Perubahan Prosedur

Penjelasan analisa TOPSIS diatas menerangkan nilai objektif 7 merupakan hirarki tertinggi dan objektif 5 terpaut dibawahnya. Akan tetapi objektif 7 tidak memberikan nilai bagus untuk atribut kekuatan konstruksi terhadap *vacuum test*, *Stress* yang terjadi diatas ambang kelayaka 276 N/mm² sehingga konstruksi ini kedepan akan menimbulkan kualitas buruk dan diperlukannya perubahan dan penambahan *reinforcement* di area kritis. Akan tetapi jika sedikit penambahan *reinforcement* akan menurunkan *stress* shell dan jika dibandingkan dengan objektif 1 (konstruksi sekarang), banyak yang telah berubah lebih baik sehingga ini dapat dipertimbangkan.

Jika analisa diatas dibandingkan dengan objektif 1 (konstruksi sekarang) maka akan terbukti bahwa banyak yang telah dilakukan pada konstruksi objektif 5 baik dari kekuatan konstruksi maupun menurunkan material sisa 12.4%. Objektif 5 (*Horizontal joining wall dengan vertical 'U' bend reinforcement*) merupakan hirarki yang memiliki nilai yang memenuhi semua aspek dan unsure diatas. Sehingga objektif 5 layak diterapkan pada konstruksi metal dengan melakukan perubahan-perubahan rancangan, prosedur dan *testing* adalah sebagai berikut:

1. Perancangan model konstruksi baja *shell tank*

Dalam pembuatan metal konstruksi *shell tank* ini dibuatlah aturan baku dalam racangan yaitu:

- Penggunaan *reinforcement U bending* dengan lebar maksimum 600mm dan menggunakan tebal material minimum 10mm
- Susunan *reinforcement U bending* secara *vertical* dengan tanpa sambungan
- Jarak antara *reinforcement* maksimum 750 mm untuk *plate wall* 10mm
- Penggunaan *plate U bending* pada area *lifting* dengan tebal 12mm
- *Plate wall* menggunakan material tebal minimum 10mm
- Susunan dan pemotongan *plate* secara *horizontal*

2. Proses pemotongan dan penyambungan material baja

Pada prosedur pemotongan material adalah sebagai berikut

- Sambungan *wall* dengan butt joining
- *Welding wall* dengan GMAW continous
- Sambungan *reinforcement* dengan GMAW atau FCAW
- Hidari sambungan di area lubang atau sangat dekat dengan lubang

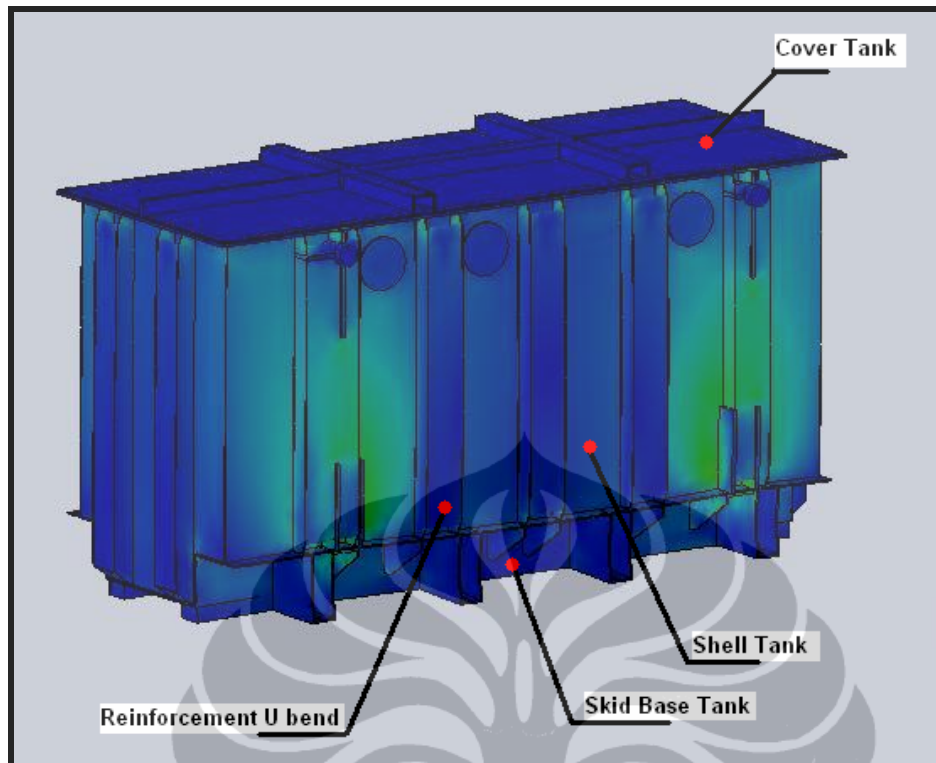
Dengan prosedur pemotongan material dan sambungan material ini akan memberikan nilai kualitas dan ekonomis dari konsumsi material baku.

3. Proses pemeriksaan sambungan baja (*welding test*)

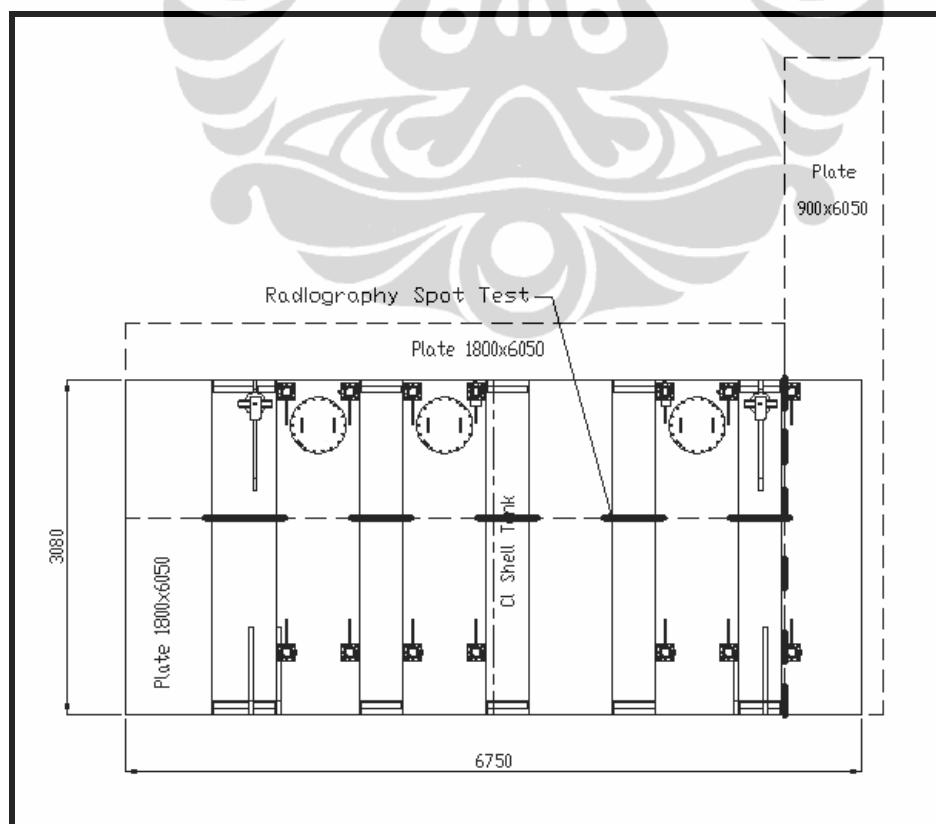
Pada prosedur pemeriksaan sambungan dibagi menjadi 2 type dengan fungsi sebagai berikut

- Semua sambungan *wall* dengan kontak oil dilakukan inspeksi test radiography, diharapkan dengan pengukuran scara spot ini memberikan data yang random dan mewakili seluruhnya. Kualitas pengetesan 100% berhasil/ masuk toleransi
- Semua sambungan *reinforcement* dengan *wall* menggunakan pengetesan *dye penetran test*.

Dengan melakukan inspeksi *welding test* dengan radiography test mengurangi peluang bocor.



Gambar 4.8 Rancangan konstruksi *shell tank* trafo



Gambar 4.9 Rancangan konstruksi *shell tank* dan pemotongan

4. Proses analisa kekuatan konstruksi terhadap gaya eksternal (external force)
 Dengan analisa kekuatan *shell tank* terhadap beban *vacuum*, *lifting*, *jacking* dan *seismic* diharapkan rancangan yang dihasilkan nantinya tidak melebihi dari nilai dibawah ini:

- Kekuatan rancangan terhadap *vacuum* proses 276 N/mm²
- Kekuatan rancangan terhadap *Seismic test* 307.3 N/mm²
- Kekuatan rancangan terhadap *lifting* proses 86.3N/mm²
- Kekuatan rancangan terhadap *Jacking* proses 307.3 N/mm²

Dengan memberikan batasan pada rancangan objektif 5 (*Horizontal joining wall dengan vertical 'U' bend reinforcement*) sebagai prosedur perancangan, prosedur pemotongan dan penyambungan dan proses *testing*. Pada pemeriksaan nilai ini dapat dilihat proses *vacuum* dan proses *seismic* memberikan gaya yang merusak cukup besar. Sehingga kedepan harus diperhatikan.

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. Maka implementasi yang dijalankan nantinya kan berdasarkan pada prosedur yang disiapkan dari analisa diatas. Dan tidak mungkin implementasi akan baik tanpa adanya strategi terencana yang mendahuluinya. Identifikasi dan membangun nilai-nilai kompetitif yang akan ditawarkan kepada segmen yang ditargetkan menjadi kunci dalam membangun tujuan dan ukuran pada pemikiran manajemen. Sehingga rancangan konstruksi 7 dan 5 merupakan prioritas perubahan yang harus dilakukan, dengan demikian pada manajemen dan *engineering* menterjemahkan misi dan strategi organisasi ke dalam tujuan spesifik dari segmen pasar, pelanggan dan membantu *subcontractor* mengatasi permasalahannya.

4.6 Pengolahan Biaya Perubahan Rancangan

4.6.1 Modifikasi rancangan konstruksi 7

Rancangan 7 (Sambungan *wall tank* secara *horizontal* dengan *reinforcement 'U' bending* dipasang dengan posisi *horizontal*) merupakan rancangan dengan tingkat keputusan paling bagus dibandingkan dengan rancangan konstruksi lainnya. Baik dari penggunaan material, sisa bahan, dan atribut lainnya, sehingga rancangan

ini akan diterapkan sebagai pengganti dari rancangan sebelumnya (objektif 1). Dibawah ini menunjukkan table perbandingan antara objektif 1 (konstruksi sekarang) dengan rancangan konstruksi (objektif 7) baru nantinya.

Tabel 4.6 Perbandingan Objektif 1 dengan 7

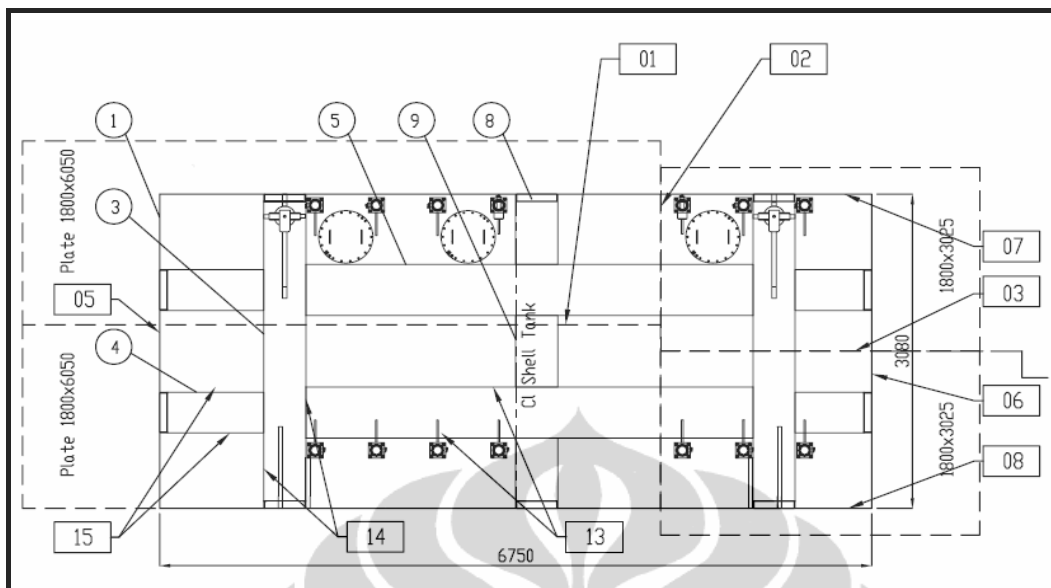
<i>Atribut Proses</i>	<i>Objektif 1</i>	<i>Objektif 7</i>
<i>Penggunaan raw material (kg)</i>	16393	11217
<i>Material sisa (kg)</i>	8785	3072
<i>Panjang welding (mm)</i>	95120	91701
<i>Panjang Radiographic Test (20%) (mm)</i>	18480	11390
<i>Panjang Dye Penetrant Test (mm)</i>	31520	31520
<i>Stress shell tank saat vacuum proses (N/mm²)</i>	256	323
<i>Stress shell tank saat lifting proses (N/mm²)</i>	84.5	87.4
<i>Stress shell saat jacking proses (N/mm²)</i>	184.3	191.4
<i>Stress shell tank pada seismic test (N/mm²)</i>	327.3	254

Perubahan rancangan ini memberikan hasil dengan mampu menurunkan sisa bahan hingga 26.2% dari rancangan awal. Sedangkan kebutuhan bahan baku hingga benda jadinya adalah sebagai berikut:

- a. Objektif 1 berat benda jadi adalah 7608 kg
- b. Objektif 7 berat benda jadi adalah 8146 kg
- c. Selisih objektif 7 dengan objektif 1 adalah 538 kg

Objektif 7 merupakan rancangan dengan tingkat keputusan paling bagus, akan tetapi masih memiliki kelemahan di *vacuum test*, dikarenakan limitasi dari tegangan regangan elemen 276 N/mm² sehingga cenderung akan mengakibatkan terjadinya devormasi plastis di area kritis ini. Sehingga dengan melakukan sedikit perubahan akan menurunkan tegangan regangan yang terjadi nantinya

Penambahan *reinforcement* ini bertujuan untuk menurunkan tegangan regangan yang terjadi di elemen benda. Maka dilakukanlah penambahan dan sedikit modifikasi seperti terlihat pada gambar 4.10 dibawah ini. Dengan dilakukannya penambahan *reinforcement vertical* di tengah *wall* dan menghubungkan *reinforcement horizontal* sehingga memberikan efek yang bagus pada kekuatan konstruksi. Hasil akhir dari perhitungan diatribut *vacuum test* menjadi 265 N/mm² dan berada dibawah minimum tegangan regangan yang diijinkan 276 N/mm².



Gambar 4.10 Modifikasi objektif 7

Penggunaan material akan cenderung bertambah untuk benda jadinya, akan tetapi material yang digunakan adalah sisa pemotongan material sebelumnya sehingga pemanfaatan sisa bahan semakin efisien dari sebelumnya. Berat jadi rancangan konstruksi ini naik menjadi 8608 kg, dapat diartikan konstruksi ini semakin banyak menggunakan material jadi. Penambahan lasan juga terjadi untuk memasang *reinforcement* baru di *wall*, sehingga penambahan *radiography test* dan *dye penetrant test*. Maka modifikasi ini menghasilkan konstruksi lebih baik dan semakin baik dari sebelumnya maka table 4.7 dibawah ini menerangkan perubahan yang terjadi di objektif 7 modif.

Tabel 4.7 Perbandingan Objektif 7 dengan 7 modif

<i>Atribut Proses</i>	<i>Objektif 7</i>	<i>Objektif 7 modif</i>
<i>Penggunaan raw material (kg)</i>	11217	11217
<i>Material sisa (kg)</i>	3072	2610
<i>Panjang welding (mm)</i>	91701	95381
<i>Panjang Radiographic Test (20%) (mm)</i>	11390	12070
<i>Panjang Dye Penetrant Test (mm)</i>	31520	31520
<i>Stress shell tank saat vacuum proses (N/mm²)</i>	323	265
<i>Stress shell tank saat lifting proses (N/mm²)</i>	87.4	78.2
<i>Stress shell saat jacking proses (N/mm²)</i>	191.4	182
<i>Stress shell tank pada seismic test (N/mm²)</i>	254	242

Dengan memberikan modifikasi pada rancangan konstruksi ini terjadinya peningkatan kekuatan konstruksi 265 N/mm^2 dan lebih baiknya pemanfaatan sisa bahan 2610 kg yaitu sebesar 23.2%. Penurunan material sisa dari rancangan konstruksi 1 ke rancangan konstruksi 7 modif sebesar 30.4% sangat lebih baik.

4.6.2 Perhitungan biaya perubahan rancangan

Pada perhitungan ini akan dimasukkan fungsi harga dari perubahan rancangan konstruksi dari objektif 1 ke objektif 7 modif. Faktor harga menjadi penting untuk dimasukkan karena perubahan ini akan memberikan efisiensi biaya yang terjadi sehingga strategi perubahan ini menjadi layak untuk diterapkan. Data yang diambil dari subkontraktor adalah sebagai berikut:

- a. Harga bahan baku plate baja Rp8500/kg
- b. Harga sisa bahan Rp1600/kg
- c. Kawat las 1m adalah Rp11000
- d. Energi dan biaya ahli dalam 1m pengelasan atau pemotongan adalah Rp6800
- e. Pengetesan *Radiography test* 1m adalah Rp1.050.000
- f. Pengetesan *dye penetran test* 1m adalah Rp120.000

Dengan data ini akan dilakukan perhitungan penggunaan material, sisa bahan dan proses pemotongan dan proses pengelasan kembali sehingga konstruksi ini lebih efisien dari sebelumnya. Perhitungan konstruksi ini sebagai berikut:

Objektif 1

- a. Penggunaan bahan baku 16393 kg sehingga biaya bahan baku adalah Rp139.340.500
- b. Sisa bahan yang terjadi 8785 kg sehingga dijual kembali sebesar Rp14.056.000
- c. Penggunaan bahan jadi 7608 kg sehingga biaya bahan adalah Rp64.668.000
- d. Pemotongan dilakukan pada plate baja dengan panjang 95.120 m dengan biaya pemotongan Rp646.800
- e. Pengelasan dilakukan pada plate baja dengan panjang 95.120 m dengan biaya pengelasan Rp1.693.200
- f. Pengetesan *radiography test* 20% dengan panjang 18.480 m dengan biaya Rp3.880.800

- g. Pengetesan dye penetran dengan panjang 31.520 m dengan biaya Rp3.782.400

Setelah itu, juga dihitung biaya konstruksi objektif 7 modif dengan memberikan imputan data seperti diatas, sehingga hitungan objektif 7 modif seperti dibawah ini.

Objektif 7 modif

- a. Penggunaan bahan baku 11218 kg sehingga biaya bahan baku adalah Rp95.353.000
- b. Sisa bahan yang terjadi 2610 kg sehingga dijual kembali sebesar Rp4.176.000
- c. Penggunaan bahan jadi 8608 kg sehingga biaya bahan adalah Rp73.168.000
- d. Pemotongan dilakukan pada plate baja dengan panjang 95.381 m dengan biaya pemotongan Rp648.600
- e. Pengelasan dilakukan pada plate baja dengan panjang 95.381 m dengan biaya pengelasan Rp1.697.800
- f. Pengetesan *radiography test* 20% dengan panjang 12.070 m dengan biaya Rp2.534.700
- g. Pengetesan dye penetran dengan panjang 31.520 m dengan biaya Rp3.782.400

Dari perhitungan diatas maka dapat dibuat table perbandingan antara objektif 1 dengan objektif 7 modif. Diperlihatkan pada table 4.8 dibawah ini.

Tabel 4.8 Perbandingan biaya Objektif 1 dengan 7 modif

<i>Proses manufaktur</i>	<i>Biaya Objektif 1</i>	<i>Biaya Objektif 7 modif</i>
<i>Penggunaan raw material</i>	139.340.500	95.353.000
<i>Proses Pemotongan bahan baku</i>	646.800	648.600
<i>Proses welding</i>	1.693.200	1.697.800
<i>Proses Radiographic Test (20%)</i>	3.880.800	2.534.700
<i>Proses Dye Penetrant Test</i>	3.782.400	3.782.400
<i>Biaya manufaktur Rp</i>	149.343.700	104.016.500
<i>Penjualan sisa bahan</i>	14.056.000	4.176.000
<i>Biaya total Rp</i>	135.287.700	99.840.500

Maka pada rancangan objektif 1 membutuhkan biaya proses manufaktur sebesar Rp149.343.700 dan rancangan baru adalah sebesar Rp104.016.500. Ini menunjukkan rancangan 7 memiliki biaya manufaktur lebih sedikit dari objektif 1.

Akan tetapi sisa bahan juga harus menjadi pertimbangan karena sisa bahan ini dapat dijual, dan menjadi nilai ekonomis kembali. Dengan memasukkan sisa bahan sebagai nilai ekonomis maka biaya total pada rancangan 1 sebesar Rp135.287.700 sedangkan untuk rancangan 7 modif adalah Rp99.840.500.

Dengan dilakukannya perubahan rancangan dari objektif 1 (Sambungan *wall tank* secara *vertical* dengan *reinforcement* 'U' *bending* dipasang dengan posisi *vertical*) menjadi objektif 7 (Sambungan *wall tank* secara *horizontal* dengan *reinforcement* 'U' *bending* dipasang dengan posisi *horizontal*) modif akan menghasilkan penurunan biaya sebesar Rp35.447.200. Ini menunjukkan strategi untuk melakukan perubahan rancangan akan memberikan peluang efisiensi material, menurunkan sisa bahan dan juga menurunkan biaya. Maka kedepan rancangan ini dapat untuk di implementasikan.

