



# **Pendekatan Ergonomi Pada Perancangan *Fixture* Welding Pembuatan *Firewall* Kendaraan APC (*Armored Personnel Carrier*) 4500cc**

Anissa Puspa Dewi<sup>1</sup>, R.Grenny Sudarmawan<sup>2</sup>, dan Nugroho Eko Setijogiarto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

## **Abstrak**

*Fixture* merupakan alat bantu khusus yang berfungsi untuk menepatkan dan menjepit benda kerja sehingga menghasilkan suatu produk dengan konsistensi kualitas dan nilai keakuratan yang baik. Pada proses produksi kendaraan APC (*Armored Personnel Carrier*) 4500cc oleh PT. X, komponen *firewall* yang dibuat memiliki dimensi tersendiri serta material khusus yaitu plat *Ramor* 500 dengan ketebalan 2,5 dan 5 mm. Penggunaan plat *Ramor* 500 memiliki fungsi khusus yaitu mampu menahan laju balistik dari tumbukan suatu objek seperti peluru senapan. Komponen *firewall* memiliki segmen yang cukup kompleks serta bobotnya yang berat menyebabkan operator mengalami kesulitan saat melakukan pengelasan. Perancangan ini ditujukan untuk merancang suatu *fixture* welding yang mampu memosisikan dan memegang part-part dari komponen *firewall* selama pengelasan berlangsung dengan memperhatikan nilai ergonomi. Metode yang digunakan dalam perancangan ini yaitu *Quality Function Deployment* (QFD) yang meliputi pendekatan sistematis dengan menentukan kebutuhan konsumen yang kemudian diterjemahkan kedalam spesifikasi teknis yang dibutuhkan dalam perancangan. Dari hasil identifikasi menggunakan metode *Nordic Body Diagram* (NBD) didapatkan persentase tingkat keluhan terbanyak terdapat pada 8 bagian tubuh operator yang sering mengalami sakit ketika penyetingan benda kerja selama proses pengelasan. Dari hasil perhitungan kekuatan rancangan didapatkan nilai *safety factor* alat adalah sebesar 2,75 untuk pembebanan statis sebesar 40,5 kg.

**Kata-kata kunci:** *Fixture* Welding, Pengelasan, *Ramor* 500, Ergonomi

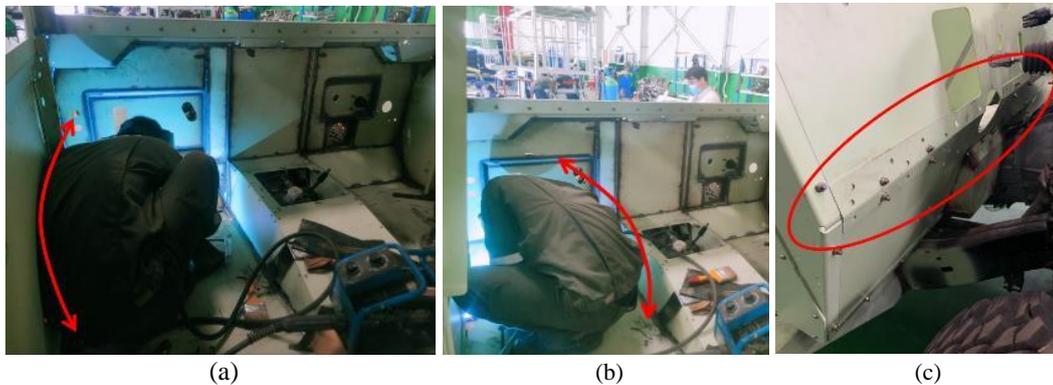
## **Abstract**

A *fixture* is a special tool that functions to align and clamp the workpiece to produce a product with quality consistency and better accuracy value. In the production process of 4500cc APC (*Armored Personnel Carrier*) vehicles by PT. X, the *firewall* part that is made has its own dimensions and special materials, namely *Ramor* 500 plate type *Ramor* 500 with a thickness of 2.5 and 5 mm. The use of the *Ramor* 500 plate has a special function that is able to withstand the ballistic rate of the collision of an object such as a rifle bullet. *Firewall* components have quite complex segments and their heavyweight causes operators has difficulties when doing welding. This design is intended to design a welding *fixture* that is able to place and hold parts of the *firewall* part during welding taking into ergonomic values. The method used in this design is *Quality Function Deployment* (QFD) which includes a systematic approach by determining consumer needs which are translated into technical specifications needed in the design. From the results of identification using the *Nordic Body Diagram* (NBD) method, it was found that the highest percentage of complaints was found in 8 parts of the operator's body that often caused pain when setting the workpiece during the welding process. From the results of the calculation of the design strength, the *safety factor* value of the tool is 2.75 for a static load of 40.5 kg.

**Keywords:** *Fixture* Welding, Welding, *Ramor* 500, Ergonomic

## 1. PENDAHULUAN

*Firewall* merupakan komponen penting yang memisahkan kompartemen mesin dengan kompartemen penumpang. Pemasangan *firewall* pada kendaraan berfungsi mengurangi suara dari suara mesin *diesel* yang masuk kedalam kabin mobil. Komponen *firewall* yang dibuat oleh PT. X untuk digunakan pada kendaraan APC (*Armored Personnel Carrier*) 4500cc memiliki fungsi khusus sebagai pelindung bagi pengendara maupun personel saat di medan perang.



Gambar 1. Posisi *welder* dan pemakaian plat *doubler* saat proses pengelasan

*Firewall* tersebut dibuat dari plat *Ramor* tipe *Ramor 500* dengan ketebalan yang bervariasi yaitu 2,5 mm dan 5 mm. Proses produksi komponen *firewall* dilakukan dengan metode pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*), namun pada proses pengelasan komponen *firewall* tersebut terdapat beberapa kendala yang dihadapi oleh operator (*welder*), yaitu ketika proses penyetingan posisi komponen *firewall* yang akan di las hanya menggunakan alat bantu berupa plat *doubler* seperti ditunjukkan pada gambar 1(c) yang dikencangkan dengan mur dan baut. Hal ini menyebabkan plat tersebut akan ikut terlas sehingga menambah beban kendaraan serta dinilai kurang efektif dalam waktu pengerjaan. Selain itu, proses pengelasan *firewall* langsung dikerjakan pada *body* kendaraan yang mengharuskan operator berada dalam posisi menunduk selama proses pengerjaan berlangsung seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 (a) dan (b). Apabila hal ini terjadi secara terus menerus dan dalam jangka waktu yang lama akan menimbulkan penyakit pada bagian punggung (*low back pain*) dan persendian. Oleh karena itu, penulis melakukan kegiatan perancangan *fixture welding* dengan tujuan untuk meminimalisir kendala-kendala yang dihadapi dalam proses produksi komponen *firewall*.

### Ramor 500

Baja tahan peluru (*armor steel*) termasuk dalam kategori baja paduan rendah (*low alloy steel*), dari segi komposisi *armor steel* mirip dengan *medium carbon steel* yang diperkuat oleh perlakuan panas (*heat treatment*) seperti *quenching* dan *tempering* [1]. Material *Ramor 500* merupakan salah satu jenis *armor steel* yang banyak diproduksi untuk proteksi dari serangan seperti ledakan dan senjata. Selain itu, baja *Ramor 500* memiliki sifat balistik yang sangat baik karena kekerasan dan stabilitasnya.

Tabel 1. Komposisi Ramor 500

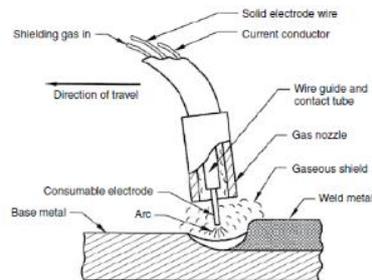
Chemical composition (wt.-%)										
Material	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	B	Fe
<i>Ramor 500</i>	0.32	0.70	1.50	0.015	0.005	1.00	2.00	0.70	0.005	Balance

(Sumber : Taskaya, S., Gur, A. K., & Orhan, A. (2019). *Joining of Ramor 500 Steel by Submerged Welding and its Examination of Thermal Analysis in ANSYS Package Program*)

Tabel 1 diatas menjelaskan komposisi kimi, sifat mekanik dan sifat fisik dari Ramor 500. Material Ramor 500 tersusun dari unsur-unsur kimia seperti *carbon* (C), *silicon* (Si), *manganese* (Mn), *phosphorus* (P), *sulfur* (S), *chromium* (Cr), *nickel* (Ni), *molybdenum* (Mn), *boron* (B) dan *iron* (Fe). Kandungan *carbon* pada *Ramor 500* adalah sebesar 0.32 % yang membuat material tersebut termasuk dalam kategori *medium carbon steel* dan digolongkan kedalam *low alloy steel* dikarenakan unsur paduannya  $\leq 8\%$  [2].

## Pengelasan

Pengelasan adalah suatu proses menyatukan 2 buah logam atau lebih menjadi suatu bentuk sambungan dengan menggunakan proses panas. Panas tersebut diperlukan untuk mencairkan bagian logam yang akan disambung dengan elektroda sebagai bahan tambah atau *filler* [3].



Gambar 2. GMAW (*Gas Metal Arc Welding*)  
(Sumber : *Welding Engineering Book*)

Salah satu metode pengelasan yang sering digunakan oleh industri adalah metode GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Proses pengelasan GMAW atau sering juga disebut MIG (*Metal Inert Gas*) merupakan jenis proses pengelasan yang menggunakan logam pengisi (*filler*) berupa kawat gulungan dan gas pelindung melalui proses pencairan. Gas pelindung berfungsi sebagai pelindung dari proses oksidasi, yaitu pengaruh udara luar yang dapat mempengaruhi kualitas las [4].

## Fixture Welding

Fixture merupakan peralatan khusus (*special tool*) yang berfungsi untuk menempatkan, memegang dan menyangga benda kerja secara kuat sehingga pekerjaan permesinan dapat dilakukan dan menghasilkan suatu produk secara tepat dan akurat. Fixture welding diperlukan ketika operator merasa kesulitan dalam memposisikan dua atau lebih komponen yang akan dilas sehingga produk yang dihasilkan tetap presisi dan sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan serta mengurangi kemungkinan cacat produk yang diakibatkan benda kerja yang mudah tergeser. Merancang fixture mempertimbangkan beberapa tuntutan-tuntutan sebagai berikut :

- a. Tuntutan Fungsi
  - Penggunaan fixture memiliki fungsi utama agar benda yang diproduksi mencapai toleransi yang diharapkan.
  - Tercapainya keseragaman ukuran
  - Mengurangi waktu produksi akibat penyetingan posisi dan penanganan benda kerja secara signifikan
- b. Tuntutan Penanganan (*Handling*)
  - Fixture harus dapat diopeasikan dengan cepat dan mudah
  - Aspek ergonomi perlu diperhatikan
  - Elemen atau komponen alat mudah untuk dimengerti cara penggunaannya
- c. Tuntutan Kontruksi
  - Rancangan mempertimbangkan jenis dan kapasitas mesin yang digunakan dalam pengoperasian
  - Menggunakan material yang kuat dan kokoh untuk menyangga benda kerja
  - Penggunaan elemen yang lepas pasang perlu mempertimbangkan waktu penanganannya
- d. Tuntutan Keamanan
  - Keselamatan operator dalam menggunakan alat rancangan perlu diperhatikan
  - Beban kerja fisik operator perlu diperhatikan.

### Prinsip Perancangan Fixture

Pada penggunaan sebuah *fixture*, proses penempatan (*locating*) adalah proses penempatan beberapa permukaan benda kerja hingga bersentuhan dengan lokator-lokator yang kemudian dilanjutkan dengan proses pengecaman (*clamping*) benda kerja sehingga benda kerja stabil selama proses pemesinan. Permukaan benda kerja yang bersentuhan dengan locator tersebut disebut dengan *locating surface*. Pada sebuah benda terdapat 6 derajat kebebasan (*degree of freedom*) pergerakan, yaitu pergerakan linear searah atau berlawanan arah dengan sumbu X,Y dan Z, serta pergerakan rotasi terhadap sumbu X,Y dan Z searah atau berlawanan dengan jarum jam. Prinsip ini menyatakan bahwa pada masing-masing titik kontak dipasang *locator* yang akan menahan pergerakan benda kerja. Berdasarkan prinsip kinematik, diperlukan titik kontak dengan benda kerja agar derajat kebebasan terbatas secara penuh. Ke-enam titik kontak atau titik lokator tersebut diletakkan pada 3 bidang yang saling tegak lurus, yaitu:

- Tiga *locator* diletakkan pada bidang dasar (bidang X-Y), Sehingga membatasi derajat kebebasan rotasi terhadap sumbu X dan Y. Bidang ini disebut sebagai bidang *locator* utama (*primary locating surface*).
- Dua *locator* diletakkan pada bidang X-Z, sehingga membatasi derajat kebebasan linear sumbu Y dan derajat kebebasan rotasi terhadap sumbu Z. Bidang ini disebut sebagai bidang *locator* sekunder (*seconder locating surface*).
- Satu *locator* diletakkan pada bidang yang tegak lurus pada bidang *locator* primer dan bidang *locator* sekunder. Yaitu bidang Y-Z, sehingga membatasi derajat kebebasan linear sumbu X.

### Ergonomi

Ergonomi didefinisikan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, engineering, manajemen dan desain/perancangan, penerapan faktor ergonomi lainnya yang tidak kalah pentingnya adalah desain dan evaluasi produk. Pertimbangan ergonomi dalam proses perancangan produk yang paling tampak nyata aplikasinya melalui pemanfaatan data antropometri (ukuran tubuh) guna menetapkan dimensi ukuran geometris dari produk dan bentuk tertentu dari produk yang disesuaikan dengan ukuran maupun bentuk (*feature*) tubuh manusia pemakainya. Data antropometri yang menyajikan informasi mengenai ukuran maupun bentuk dari berbagai anggota tubuh manusia yang dibedakan berdasarkan usia, jenis kelamin, suku bangsa (etnis), posisi tubuh pada saat bekerja yang diklasifikasikan dalam segmen populasi pemakai (*percentile*) perlu diakomodasikan dalam penetapan dimensi ukuran produk yang dirancang [5].



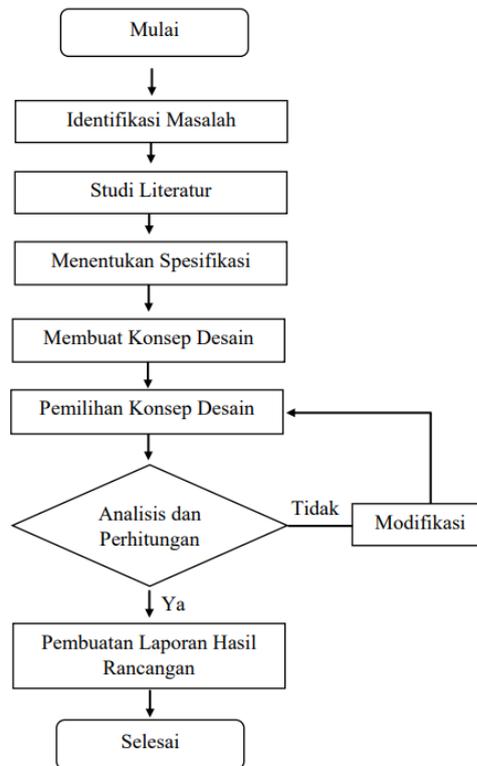
Gambar 3. *Nordic Body Map* (NBM)

(Sumber : Wignjosoebroto, S., 2000. Ergonomi, studi gerak dan waktu. Guna Widya, Surabaya)

Adanya keluhan otot skeletal yang terkait dengan ukuran tubuh manusia lebih disebabkan oleh tidak adanya kondisi keseimbangan struktur rangka didalam menerima beban, baik beban berat tubuh maupun beban tambahan lainnya. Misalnya tubuh yang tinggi rentan terhadap beban tekan dan tekukan, oleh sebab itu mempunyai resiko yang lebih tinggi terhadap terjadinya keluhan otot skeletal [5]. Melalui nordic body map (NBM) diketahui bagian-bagian otot yang mengalami keluhan dengan tingkat keluhan mulai dari rasa tidak sakit sampai dengan sangat sakit. Kuesioner *nordic body map* terhadap segmen-segmen tubuh ditampilkan dalam Gambar 3.

## 2. METODOLOGI

### Diagram Alir Proses Perancangan



Gambar 4. Diagram Alir Perancangan

Gambar 4 merupakan diagram alir perancangan *fixture welding* dimana proses akhir perancangan ini akan dituangkan kedalam tulisan berupa laporan hasil rancangan.

### Data Antropometri

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data antropometri yang akan digunakan untuk merancang dimensi *fixture welding* sesuai dengan proses permesinan yang dilakukan operator. Data antropometri yang digunakan dalam perancangan tinggi *fixture* adalah data tinggi siku duduk (TSD) dan tinggi siku berdiri (TSB) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data antropometri operator *welding*

No.	Nama Operator	TSD (cm)	TSB (cm)
1	Iman Firmansyah	74	94
2	Agus Peri Predina	75	95
3	Rindin Sugjana	64	86
4	Ari Setiawan	67	88
5	Sandri Pathurroji	71	91
6	Trisa Agung Nugroho	63	84
7	Aka	66	85
8	Muhamad Samsudin	70	88
9	Hamjah Romadon	69	87
10	Rudi Anggriawan	63	83
11	Samsul	71	90
12	Priyono	64	85

## Data Kuisisioner NBM

Pada tahap ini data yang dikumpulkan dari responden (operator) adalah data keluhan yang dirasakan responden selama melakukan pekerjaan pengelasan tanpa menggunakan alat bantu fixture welding seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Kuisisioner NBM

No. NBM	Jenis Keluhan	Pekerjaan Secara Manual		No. NBM	Jenis Keluhan	Pekerjaan Secara Manual	
		Jumlah Operator yang Mengeluh	Persentase Tingkat Keluhan			Jumlah Operator yang Mengeluh	Persentase Tingkat Keluhan
1	Leher Atas	5	42%	15	Pergelangan Tangan Kiri	11	92%
2	Leher Bawah	9	75%	16	Pergelangan Tangan Kanan	12	100%
3	Bahu Kiri	12	100%	17	Tangan Kiri	11	92%
4	Bahu Kanan	12	100%	18	Tangan Kanan	12	100%
5	Lengan Atas Kiri	2	17%	19	Paha Kiri	5	42%
6	Punggung	11	92%	20	Paha Kanan	4	33%
7	Lengan Atas Kanan	3	25%	21	Lutut Kiri	7	58%
8	Pinggang	12	100%	22	Lutut Kanan	8	67%
9	Bawah Pinggang	10	83%	23	Betis Kiri	3	25%
10	Pantat	2	17%	24	Betis Kanan	4	33%
11	Siku Kiri	1	8%	25	Pergelangan Kaki Kiri	5	42%
12	Siku Kanan	2	17%	26	Pergelangan Kaki Kanan	5	42%
13	Lengan Bawah Kiri	3	25%	27	Telapak Kaki Kiri	6	50%
14	Lengan Bawah Kanan	3	25%	28	Telapak Kaki Kanan	7	58%

Pada Tabel 3 di atas diketahui bahwa persentase tingkat keluhan terbanyak terdapat pada persentase 90% hingga 100% yaitu terdapat pada 8 bagian tubuh operator yang mengalami sakit saat penyetingan benda kerja selama proses pengelasan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Ergonomi

Berdasarkan hasil kuisisioner NBM pada Tabel 3 dapat diidentifikasi bahwa terjadi pembebanan yang paling sering dirasakan oleh operator sehingga sering menyebabkan keluhan seperti pegal-pegal hingga cedera. Keluhan dan prediksi penyebab masalah tersebut dapat ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Penyebab keluhan operator

No.	Bagian Tubuh	Penyebab
1	Bahu Kiri	Saat mengangkat dan setting part ketika akan di las
2	Bahu Kanan	Saat mengangkat dan setting part ketika akan di las
3	Punggung	Terlalu lama dalam posisi berjongkok
4	Pinggang	Terlalu lama dalam posisi berjongkok
5	Pergelangan Tangan Kiri	Saat mengangkat dan setting part ketika akan di las
6	Pergelangan Tangan Kanan	Saat mengangkat dan setting part ketika akan di las
7	Tangan Kiri	Saat mengangkat dan setting part ketika akan di las
8	Tangan Kanan	Saat mengangkat dan setting part ketika akan di las

Dari analisis data tersebut akan dijadikan referensi untuk menentukan target dari perancangan *fixture welding*. Untuk target ukuran tinggi minimal dan maksimal dari *fixture welding* digunakan data antropometri pada Tabel 2 sehingga dapat diolah dengan menentukan persentil.

- a. Penentuan persentil untuk tinggi siku duduk (TSD)

Tinggi siku duduk menggunakan P5 untuk menentukan tinggi fixture terendah saat operasi pengelasan.

$$\begin{aligned}
 P5 &= \bar{x} - 1,645\sigma \\
 &= 68,1 - 1,645(4.03) \\
 &= 64,15 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- b. Penentuan persentil untuk tinggi siku berdiri (TSB)

Tinggi siku berdiri menggunakan P95 untuk menentukan tinggi fixture terendah saat operasi pengelasan.

$$\begin{aligned} P95 &= \bar{x} + 1,645\sigma \\ &= 88 + 1,645(3,67) \\ &= 94 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan tinggi rancangan *fixture welding* pada posisi terendah dan tertinggi adalah 64,15 dan 94 cm.

### Mengidentifikasi Kebutuhan dan Spesifikasi Produk

Dalam merancang produk diperlukan data identifikasi kebutuhan konsumen (*customer needs*) dan spesifikasi teknis (*technical response*).

- Identifikasi Kebutuhan Konsumen (*Customer Needs*)  
Data dari hasil identifikasi kebutuhan operator pengelasan di PT. X didapatkan kriteria-kriteria seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kriteria kebutuhan konsumen pada alat rancangan

No.	Kriteria Kebutuhan Konsumen	Tingkat Kepentingan
1	Sistem pengoperasian yang mudah	4.8
2	Assembling part yang mudah	4.2
3	Kepresisian hasil produk	5
4	Penjepit benda kerja yang kuat	5
5	Material penyusun yang kuat	4.3
6	Memiliki tingkat keselamatan yang baik	5
7	Perawatan mesin yang mudah	4
8	<i>Adjustable</i> untuk semua postur tubuh operator	4.5
9	Dimensi alat rancangan tidak terlalu besar	3.2

Dari Tabel 5 diketahui bahwa tingkat kepentingan dalam skala 1-5 didapatkan ada 5 poin tertinggi dengan nilai skala  $\geq 4,5$  yaitu poin 1, 3, 4, 6 dan 8.

- Identifikasi Spesifikasi Teknis (*Technical Response*)  
Data dari hasil identifikasi spesifikasi teknis yang dibutuhkan dalam perancangan *fixture welding* dapat ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kriteria spesifikasi teknis pada alat perancangan

No.	Spesifikasi Teknis	Target Spesifikasi
1	Mekanisme kerja <i>fixture welding</i>	Dapat berputar 360°
2	Terdapat komponen stopper dan locator	Tersedia
3	Kepresisian	Toleransi 0.25-0.5 mm
4	Penjepit benda kerja	Tersedia
5	Material <i>fixture welding</i>	Plat SS400
6	Tebal plat	5 mm
7	Periode perawatan <i>fixture welding</i>	< 1 Bulan
8	Posisi pengelasan	<i>Adjustable</i>
9	Antropometri	<i>Adjustable</i>
10	Dimensi <i>fixture welding</i>	1835mm x 755mm x 258mm
11	Berat <i>fixture welding</i>	150 kg

Pada Tabel 6 didapatkan informasi spesifikasi teknik *fixture welding* yang akan dirancang sehingga dapat memenuhi kebutuhan saat operasi pengelasan.

### Matriks Kolerasi Antara Kebutuhan Konsumen Dengan Spesifikasi

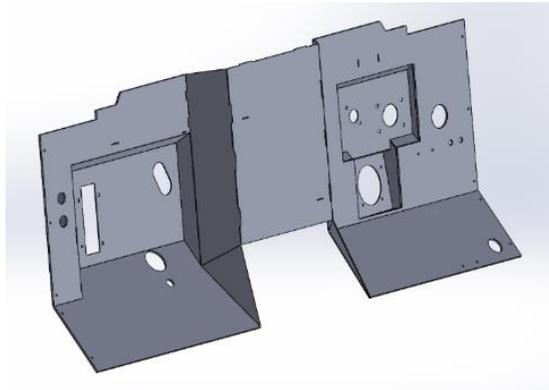
Pada tahap ini penilaian hubungan antara kebutuhan konsumen dan spesifikasi teknik dapat ditunjukkan pada Gambar 4.



terjadi harus lebih kecil atau sama dengan tegangan ijinnya [6]. Besar nilai safety factor berdasarkan tegangan luluh adalah sebagai berikut:

- $Sf = 1,25 - 1,5$  : untuk bahan yang sesuai dengan penggunaan pada kondisi terkontrol dan tegangan yang bekerja dapat ditentukan dengan pasti.
- $Sf = 1,5 - 2,0$  : untuk bahan yang sudah diketahui, dan pada kondisi lingkungan beban dan tegangan yang tetap dan dapat ditentukan dengan mudah.
- $Sf = 2,0 - 2,5$  : untuk beban yang beroperasi secara rata-rata dengan batasan beban yang diketahui.
- $Sf = 2,5-3,0$  : untuk bahan yang diketahui tanpa mengalami tes. Pada kondisi ini, beban dan tegangan rata-rata.
- $Sf = 3,0-4,5$  : untuk bahan yang sudah diketahui. Beban dan tegangan yang tidak pasti, dan kondisi lingkungan yang juga tidak pasti.

### Analisis Pembebanan

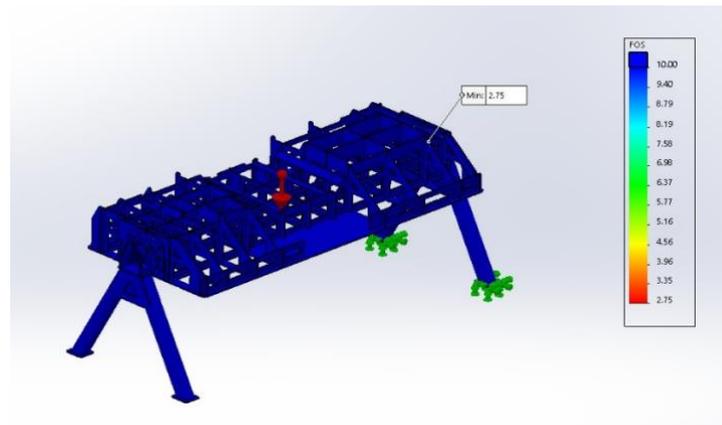


Gambar 6. Firewall kendaraan APC 4500cc

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Massa Jenis} &= 7.85 \text{ g/cm}^3 \\ \text{Volume Firewall} &= 5154.96282 \text{ cm}^3 \\ \text{Maka, Massa Firewall} &= 5154.96282 \times 7.85 \text{ gram} \\ &= 40466.458137 \text{ gram} \\ &= 40.5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan pembebanan yang diberikan komponen firewall pada rancangan *fixture welding* adalah sebesar 40.5 kg.



Gambar 7. Nilai *safety factor* alat rancangan

Perancangan ini dilakukan dengan menggunakan *software Solidworks 2018* sehingga dari hasil analisis didapatkan nilai *safety factor* rancangan alat sebesar 2.75 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 yang berarti konstruksi rancangan alat tersebut aman untuk digunakan.

#### 4. KESIMPULAN

1. Mekanisme *fixture welding* yang dirancang disesuaikan dengan data antropometri operator welding sehingga didapatkan tinggi maksimum rancangan alat adalah 94 cm.
2. Dari hasil analisis kekuatan rancangan menggunakan *software Solidworks 2018* didapatkan nilai *safety factor* alat rancangan sebesar 2,75 untuk pembebanan statis sebesar 40.5kg.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. X dan pihak-pihak yang terlibat atas informasi, ilmu serta pengalaman yang telah diberikan untuk penelitian ini.

#### REFERENSI

1. J. Prifti, M. Castro, R. Squillacioti, R. Cellitti, Improved rolled homogeneous armor (IRHA) steel through higher hardness, U.S. Army Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground, 1997.
2. Taskaya, S., Gur, A. K., & Orhan, A. (2019). Joining of Ramor 500 Steel by Submerged Welding and its Examination of Thermal Analysis in ANSYS Package Program. *Thermal Science and Engineering Progress*, 11(February), 84–110.
3. Suwahyo & Sidiq. 2011. *Mengelas Dengan Proses Las Busur Listrik Manual*. Yogyakarta: PT. Pustaka Insan Madani.
4. Phillips, D. H. (2016). *Welding Engineering*. In *Welding Engineering*.
5. Wignjosoebroto, S., 2000. *Ergonomi, studi gerak dan waktu*. Guna Widya, Surabaya.
6. Joseph P.Vidosic. (1957). *Machine Design Project*