RANCANG BANGUN KONSTRUKSI BODI PADA *AUTOMATIC WELDING CARRIER MACHINE*

Andah Lugas Dhinata[1)], Budi Harijanto[2)], Ahmad Ali Imron[3)]
Politeknik Angkatan Darat, Jalan Raya Anggrek Desa Pendem Kecamatan Junrejo, Batu
[1)]Jurusan Teknik Mesin Prodi D4 Teknik Otoranpur Poltekad Kodiklatad, [2)] Dosen Prodi T. Mezisn, Akademi Militer Magelang, [3)]Kelompok Dosen Jurusan Teknik Mesin Poltekad
andahlugas1035@gmail.com[1)], harjanto28@gmail.com[2)], ahmadaliimron1505@gmail.com[3)]

ABSTRAK

Proses pengelasan dengan sistem manual, dinilai masih banyak digunakan dan mempunyai beberapa kekurangan didalamnya, kecelakaan kerja yang cukup tinggi pada personil juga sering terjadi dalam proses tersebut, nyala busur api yang kurang stabil, serta kualitas hasil pengelasan yang masih tergantung pada kemampuan operator las. Penelitian ini bertujuan merancang sebuah alat las dengan konsep robotic secara portable yang dilengkapi dengan mesin las MIG (Metal Inert Gas) dalam mendukung otomasisasi pada proses pengelasan. Mobilitas serta jangkauan kerja alat didukung dengan bahan yang ringan dan kuat serta dirancang dengan dimensi yang relatif kecil dan dilengkapi dengan lengan robot yang berguna menambah jangkauan kerja alat dalam setiap kebutuhan pada proses pengelasan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dan simulasi, pada konstruksi bodi serta perhitungan secara empiris untuk mengetahui hasil yang relevan dengan proses simulasi. Data yang didapat setelah dilakukan perhitungan dengan pembebanan 98 N, tegangan tekan yang terjadi pada bodi adalah 3334 Pa, lebih kecil dari pada Modulus of Elasticity bahan Alumminium alloy tipe 5052, sehingga bahan yang digunakan dikatakan mampu dan aman. Sambungan jenis riveted joints pada konstruksi bodi memiliki ketahanan patah 2,8 kN, dan efisiensi penggunaan yaitu 70% sehingga jenis sambungan ini efisien digunakan dalam konstruksi bodi Automatic Welding Carrier Machine.

Kata Kunci : Konstruksi Bodi, Proses Pengelasan manual, Riveted Joints, Tegangan Tekan.

ABSTRACT

Manually system welding process still widely used and have a deficiency in it. Which work is accident often occur in it, the unstable arc of fire and quality of welding product still depends on the welder ability. The purpose of this study is to design a portable robotic welding tool equipped MIG (Metal Inert Gas) welding tool to support automation in the welding process. Mobility and work range of tools is supported by light and strong material and designed with relatively small dimensions and equipped leg robotics which is useful to adding work range of the tool in every single welding process. This study using experimentally and simulations methods in body construction and empirical calculation to know relevantly the result and simulation process. And the data obtained after calculating with imposition 98 N, pressure stress on the body is 3334 Pa, which is smaller than the Modulus of Elasticity Aluminum alloy type 5052, moreover, materials used are capable and safe. The riveted joint of the extensions of the body has fracture resistance 2,8 kN and used efficiency of 70% moreover this kind of extensions are efficient to apply on Automatic Welding Carrier Machine's body.

Keywords: Body Construction, Manually Welding system, Riveted Joints, Pressure Stress.

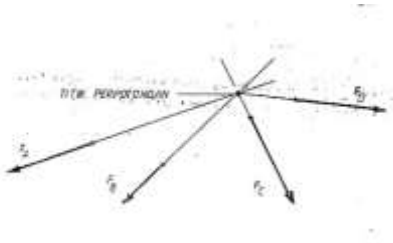
I. PENDAHULUAN

Proses pengelasan dengan sistem manual, tergolong masih banyak digunakan di Satuan Peralatan dalam kegiatan perbaikan materil. Proses tersebut masih mempunyai beberapa kekurangan antara lain kecelakaan kerja yang masih mengancam keselamatan personil, kerugian terhadap materil yang dilas, seperti cacat akibat proses pengelasan pada benda kerja, seperti *undercut*, retak *(crack),* dan keropos *(porosity).* Penggunaan kawat elektroda yang dinilai kurang efesien dan perbedaan kemampuan personil yang

berpengaruh terhadap kualitas hasil pengelasan (Wiryosumarto dan Okumura, 2000) juga menambah permasalahan pada proses pengelasan secara manual. Sementara jika ditinjau dari alat dan teknologi pada saat ini juga masih banyak mempunyai kekurangan dari segi dimensi alat yang relatif besar, mobilitas alat yang rendah serta jangkauan kerja alat yang terbatas. Dalam mendukung sistem otomasisasi pada proses pengelasan, perancangan sebuah alat las dengan konsep *robotic* secara *portable* diharapkan mampu mengatasi permasalahan yang terjadi dalam proses pengelasan secara manual guna mengurangi kerugian pada personil dan materil serta diharapkan dapat menambah efisiensi pada proses pengerjaan dan dapat meningkatkan nilai mutu pada hasil yang diinginkan. Sistem pengelasan menggunakan mesin las MIG *(Metal Inert Gas)* dengan nyala gas secara konstan dan merata, ditambah pencair metal *(solid wire)* dengan pelindung oksidasi yang berupa gas kekal *(inert).* Sistem pengontrolan dan pergerakkan dikendalikan oleh mikrokontroller yang memungkinkan semua sistem pada alat ini bekerja secara akurat dan selalu terkontrol. Bahan pada konstruksi bodi menggunakan bahan yang ringan dan kuat serta dirancang dengan dimensi yang relatif kecil dan dilengkapi dengan lengan robot yang menambah jangkauan kerja alat dalam setiap kebutuhan pada proses pengelasan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

1. Gaya. Gaya adalah suatu tarikan atau dorongan yang terjadi saat bersentuhan atau berhubungan dengan benda yang didorong atau di tariknya. (Sumber: TEDC “Stasika” Hal 35).



Gambar 1. Gaya.
(Sumber: TEDC “Stasika” Hal 35).

$$F = m \cdot g \quad \ldots\ldots(1)$$

(Sumber: TEDC “Stasika” Hal 35).

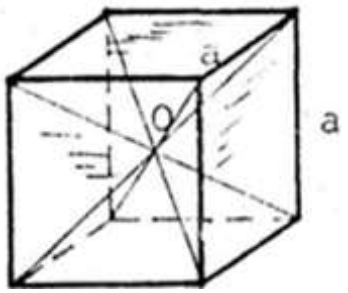
Dimana :

F : Gaya (N)

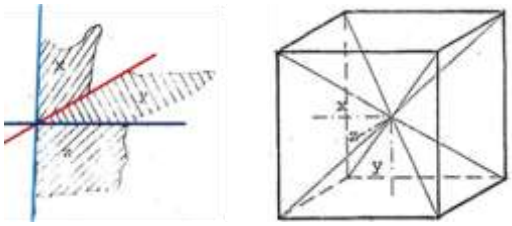
m : Massa (kg)

g : Percepatan gravitasi (m/s²)

2. Penentuan Pusat Titik Berat. Penentuan titik berat sangat diperlukan untuk memperhitungkan keseimbangan konstruksi bodi baik dalam keadaan diam maupun pada saat bergerak. Dalam menentukan titik berat pada konstruksi bodi dilakukan persamanaan dengan titik berat dalam bentuk ruangan karena konstruksi bodi berbentuk kubus (Statika, 1982). Adapun rumus yang digunakan dalam penentuan titik berat dalam ruangan adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Titik Berat Benda Bentuk Ruangan
(Sumber: TEDC Bandung “Stasika” Hal 97)



Gambar 3. Perpotongan Bidang Pokok X,Y,Z
(Sumber: TEDC Bandung “Statika” Hal 97-98)

Berdasarkan dari gambar diatas maka persamaan rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$X = \frac{1}{2}a$$

$$Y = \frac{1}{2}a$$

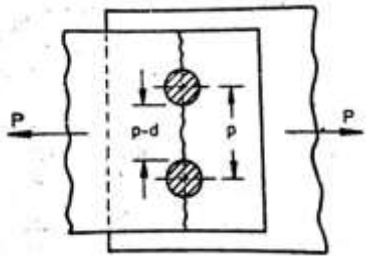
$$Z = \frac{1}{2}a \quad \text{.....(2)}$$

(Sumber: TEDC Bandung “Stasika” Hal 97)

Maka didapatkan titik berat benda dengan bentuk ruangan adalah (x ; y ; z)

3. Perencanaan Kekuatan Sambungan.

Perencanaan sambungan pada konstruksi bodi adalah kebutuhan yang sangat penting yang digunakan untuk menyatukan bahan antara satu sama lain dan sebagai pengikat antara suatu konstruksi *(A textbook of machine design, 1984)*. Adapun sambungan pengikat yang digunakan adalah *riveted joints* dimana persamaan yang digunakan dalam perencanaan sambungan *riveted joints* adalah sebagai berikut :



Gambar 4. Perencanaan *Rivets Joints.*
(Sumber : R.S. Khurmi, J.K Gupta, 1984:220)

a. Ketahanan Sobek pada Plat. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung ketahanan sobek pada plat adalah sebagai berikut :

$$Pt = (p - d)\,.\,t\,.\,Ft \text{ (N)}\text{.....(3)}$$

(Sumber : R. S. Khurmi, J.K Gupta, 1984:226)

Dimana :

d = Diameter Rivet (mm)

p = Jarak Antar Rivet (mm)

t = Tebal Plat (mm)

Ft = Tegangan Tarik yang Diijinkan (Pa)

b. Ketahanan Geser pada Plat. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung ketahanan geser pada plat adalah sebagai berikut :

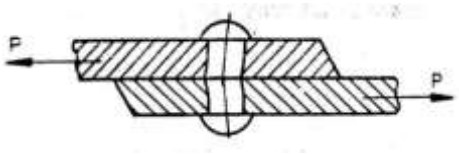
$$p_s = n\,.\,2\,.\frac{\pi}{4}.\,d^2.\,F_s \text{ (N)}\text{.....(4)}$$

Dimana :

d = Diameter Rivet (mm)

Fs = Tegangan Geser yang Diijinkan (Pa)

n = Jumlah Paku Keling



Gambar 5. Perencanaan *Riveted Joints.*
(Sumber : R. S. Khurmi, J.K Gupta, 1984:222)

c. Ketahanan Patah pada Rivet. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung ketahanan patah pada rivet adalah sebagai berikut:

$$P_c = n\,.\,d\,.\,t.\,Fc \text{ (N)}\text{.....(5)}$$

(Sumber : R. S. Khurmi, J.K Gupta, 1984:226)

Dimana :

n = Jumlah Paku Keling

d = Diameter Rivet (mm)

t = Ketebalan Plat (mm)

Fc = Tegangan Patah yang Diijinkan(Pa)

d. Efisiensi Sambungan Rivet. Adapun perhitungan yang dicari sebelum mencari efisiensi pada *riveted joints* terlebih dahulu kita cari daya dengan rumus sebagai berikut:

$$P = p.t\,.Ft$$

Dimana :

Ft = Tegangan Tarik yang Diijinkan (Pa)

p = Jarak Antar Rivet (mm)

t = Tebal Plat (mm)

Maka Efisiensi Sambungan Rivet adalah :

$$\eta = \frac{P_c}{p}\ x\ 100\% \quad (\%)\text{……..(6)}$$

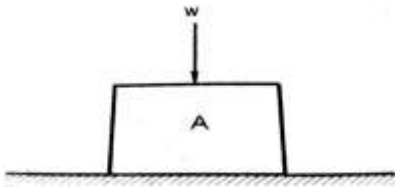
(Sumber : R. S. Khurmi, J.K Gupta, 1984:226)

Dimana :

Pc = Ketahanan Patah pada Rivet. (N)

P = kekuatan plat tanpa rivet (N)

4. Tegangan Tekan. Tegangan yang yang diterima benda ketika benda tersebut dikenakan dua gaya yang sama dan berlawanan arah. Gaya tersebut bekerja secara tangensial melintasi bagian benda yang mengakibatkan benda cenderung terpotong *(Strength of Material,* 2009*).*



Gambar 6. Tegangan Tekan Suatu Bidang.

(Sumber : Ir. Sularso, 1985:43)

$\sigma c = W/A\ (N/m^2)$……..……(7)

(Sumber : Ir. Sularso, 1985:43)

Dimana :

σc = Tegangan tekanan persatuan luas(N/m²)

W = Beban Tumpuan (N)

A = Luas Penampang (m²)

5. Faktor Keamanan Bahan *(Factor of Safety).* Perbandingan antara tegangan tarik yang diijinkan dari suatu bahan terhadap gaya yang terjadi *(Strength of Material,* 2009*).*

$$Safety\ Faktor = \frac{Yield\ Strength}{Ultimate\ Stress}$$ ……..……(8)

(Sumber : Strength of Material, Edisi Keempat, Dr.R.K Bansal 2009 : hal 6)

Dimana :

Ultimate Stress = Tegangan Puncak.

Yield Strength = Kemampuan Patah.

6. *Ansys.* Merupakan sebuah *software* yang berbasis *finite element analysis* (FEA) yang sering digunakan untuk simulasi struktur, panas, dinamika fluida, akustik, dan elektromagnetik pada suatu benda agar dapat mengetahui karakteristik dan deformasi akibat pengaruh gaya yang dibebankan pada suatu benda. *Ansys* bekerja dengan sistem

metode elemen hingga *(finite element methods),* dilakukan pemecahan satu rangkaian menjadi bagian yang lebih kecil kemudian dihubungkan dengan *node* dan disimulasikan. *Software Ansys* digunakan untuk mensimulasikan total deformasi yang terjadi, tegangan total regangan serta faktor keamanan dari suatu bahan yang digunakan.

Gambar 7. *Software Ansys.*

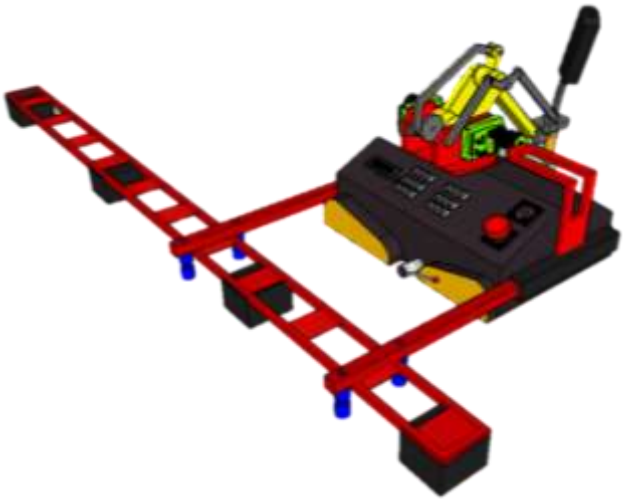
III. METODE PENELITIAN

7. Tempat dan Waktu Penelitian.
   a. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di bengkel mekanik Poltekad dan UD Blimbing Jaya Malang.
   b. Penelitian ini dilakukan selama 9 bulan, mulai dari bulan Maret sampai dengan bulan Nopember 2021.

8. Metode Penelitian. Dalam mendukung penelitian ini menggunakan metode penilitian secara eksperimental dan simulasi yang berguna untuk mengetahui hasil yang relevandan pembuktian secara langsung pada hasil simulasi. Metode penulisan pada penelitian ini dilakukan secara diskriptif dengan tahapan yang dilakukan yaitu dengan perhitungan secara empiris pada data kemudian dilanjutkan dengan pembuatan diagram benda bebas dan disimulasikan pada *software ansys*.

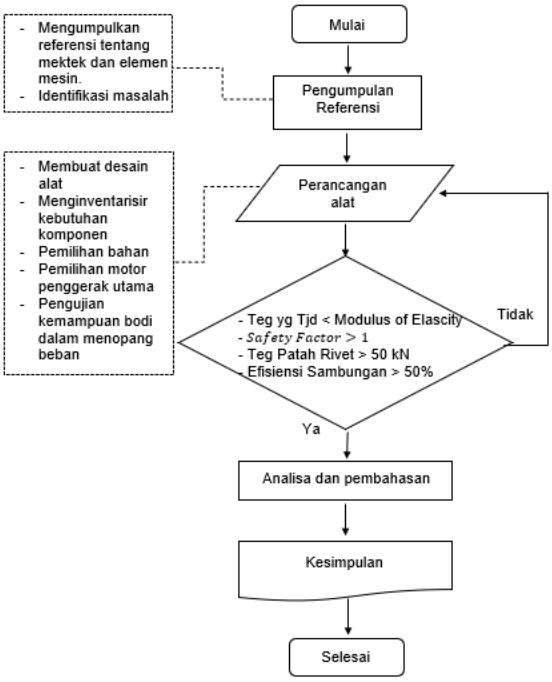
9. Instrumen Penelitian. Pada perancangan ini, dilengkapi dengan beberapa instrumen penelitian seperti variabel yang digunakan untuk mendukung kelancaran penelitian. Beberapa variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:
   a. Variabel Bebas. Variabel yang ditentukan sendiri besarnya oleh perancang/peneliti. Dalam perancangan ini variabel bebas yang digunakan adalah :
      1) Bahan yang digunakan *Alumminium Alloy* 5052.
      2) Diameter *Riveted Joints* 0,5 cm.
      3) Nilai *Modulus Of Elastticity* pada bahan *Alumminium Alloy* 5052 adalah 70 Gpa.
      4) Beban Lengan Robot dan Komponen adalah 98 N.
   b. Variabel Terikat. Variabel yang besarnya tergantung pada variabel bebas. Adapun variabel terikat yang digunakan adalah :
      1) Nilai tegangan tekan pada bodi.
      2) Kekuatan sambungan pada Plat.
      3) Efisiensi sambungan jenis *Riveted Joints.*
      4) Pusat Titik Berat pada konstruksi bodi.

10. Desain Alat. Dalam mendukung proses penelitian dan perencanaan pada alat, maka dibutuhkan sebuah visualisasi penggambaran alat secara keseluruhan. Adapun desain alat sebagai berikut :



Gambar 8. Desain Alat *Automatic Welding Carrier Machine.* (Sumber : Peneliti)

11. Digram Alir Penelitian.



Gambar 9. Diagram Alir Penelitian.

IV. PEMBAHASAN

12. Penentuan Pusat Titik Berat. Dalam Konstruksi bodi *Automatic Welding Carrier Machine* menggunakan 2 jenis bangun ruang yaitu model bangun ruang balok, dan prisma segitiga. Titik koordinat pada penentuan pusat titik berat terbagi menjadi 3 sumbu yaitu sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z. Adapun perhitunganya sebagai berikut :

a. Perhitungan Volume Benda Ruang.

1) Volume Bangun Ruang I (Balok).

V = P x l x t

= 30cm x 22cm x 14cm

= 9240 cm^3

2) Volume Bangun Ruang II (Prisma Segitiga).

$V = \frac{a\ x\ b}{2}\ .\ t_{prisma}$

$= \frac{4\ cm\ x\ 7{,}5\ cm}{2}$. 30 cm

= 450 cm^3

3) Volume Bangun Ruang II (Prisma Segitiga).

$V = \frac{a\ x\ b}{2}\ .\ t_{prisma}$

$= \frac{6{,}3\ cm\ x\ 3\ cm}{2}$. 8,3 cm

= 78,4 cm^3

4) Volume Bangun Ruang IV (Balok).

V = P x l x t

= 21,7 cm x 11,1cm x 7cm

= 1686 cm^3

b. Perhitungan Koordinat Sumbu X, Y, Z.

1) Sumbu X.

Diketahui :

X_I = $\frac{1}{2}$. 22 = 11 cm

X_{II} = 22 – 7,5 = 14,5 cm

X_{III} = 22 – 6,3 = 15,7 cm

X_{IV} = 22 – 11,1 = 10,9 cm

Jawab :

Sumbu X = $\frac{V_I \, x \, X_I - V_{II} \, x \, X_{II} - V_{III} \, x \, X_{III} - V_{IV} \, x \, X_{Iv}}{V_I \, x \, V_{II} - V_{III} \, x \, V_{Iv}}$

= $\frac{(9240 \, x \, 11) - (450 \, x \, 14{,}5) - (78{,}4 \, x \, 15{,}7) - (1686 \, x \, 10{,}9)}{(9240 - 450 - 78{,}4 - 1686)}$

= $\frac{101.640 - 6525 - 1230{,}8 - 18.377}{7025{,}6}$

= $\frac{75.507{,}2}{7025{,}6}$ = 10,7 cm

2) Sumbu Y.

Diketahui :

Y_I = $\frac{1}{2}$. 14 = 7 cm

Y_{II} = 14 – 4 = 14,5 cm

Y_{III} = 14 – 3 = 15,7 cm

Y_{IV} = 14 – 7 = 10,9 cm

Jawab :

Sumbu Y = $\frac{V_I \, x \, Y_I - V_{II} \, x \, Y_{II} - V_{III} \, x \, Y_{III} - V_{IV} \, x \, Y_{Iv}}{V_I \, x \, V_{II} - V_{III} \, x \, V_{Iv}}$

= $\frac{(9240 \, x \, 7) - (450 \, x \, 10) - (78{,}4 \, x \, 11) - (1686 \, x \, 7)}{(9240 - 450 - 78{,}4 - 1686)}$

= $\frac{64.680 - 4500 - 862{,}4 - 11.802}{7025{,}6}$

= $\frac{47515{,}6}{7025{,}6}$ = 6,7 cm

3) Sumbu Z.

Diketahui :

Z_I = $\frac{1}{2}$. 30 = 15 cm

Z_{II} = 30 - 30 = 15 cm

Z_{III} = 30 – 8,3 = 15 cm

Z_{IV} = 30 – 21,7 = 8,3 cm

Jawab :

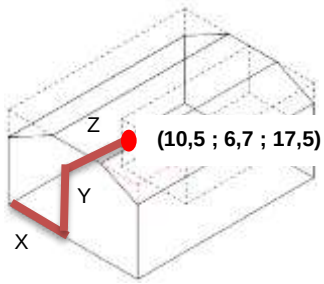
Sumbu Z = $\frac{V_I \, x \, Z_I - V_{II} \, x \, Z_{II} - V_{III} \, x \, Z_{III} - V_{IV} \, x \, Z_{Iv}}{V_I \, x \, V_{II} - V_{III} \, x \, V_{Iv}}$

= $\frac{(9240 \, x \, 15) - (450 \, x \, 0) - (78{,}4 \, x \, 21{,}7) - (1686 \, x \, 8{,}3)}{(9240 - 450 - 78{,}4 - 1686)}$

= $\frac{138.600 - 0 - 1701{,}2 - 13.993}{7025{,}6}$

= $\frac{122.905{,}8}{7025{,}6}$ = 17,5 cm

Titik Koordinat Sumbu X, Y, Z, pada gambar sebagai berikut :



Gambar 10. Titik Koordinat Sumbu X, Y, Z.

Jadi pusat titik berat bodi pada keadaan statis terletak pada (10,5cm ; 6,7cm ; 17,5cm). Dimana konstruksi bodi dalam posisi seimbang.

13. Perhitungan Kekuatan Sambungan. Jenis Sambungan yang digunakan pada konstruksi bodi *Automatic Welding Carrier Machine* ini menggunakan jenis sambungan *riveted joints* yang berguna untuk menyatukan bahan antara satu sama lain dan sebagai pengikat antara suatu konstruksi. Adapun perhitungannya sebagai berikut :

a. Ketahanan sobek plat.

pt = (p-d) . t . Ft

= (10 mm - 5 mm) x 4 mm x (100 x 10^6) Pa

= (0,01m–0,005 m)x0,004mx(100 x 10^6) Pa

= 2000 N

= 2 kN

b. Ketahanan geser *Rivet*.

Ps = n x 2 x $\frac{\pi}{4}$ x d^2 x Fs

= 2 x 2 x $\frac{3{,}14}{4}$ x $00{,}005^2$ x (60 x 10^6)

= 4 x $\frac{3{,}14}{4}$ x $00{,}005^2$ x (60 x 10^6)

= 4710 N

= 4,7 kN

c. Ketahanan patah *Rivet*.

Pc = n . d . t . Fc

= 2 . 0,005 m . 0,004 m . (70 x 10^6)

= 2800 N = 2,8 kN

d. Efisiensi sambungan *Rivet*.

$P = p.t.Ft$

= 0,01 . 0,004 . (100 x 10^6)

= 4000 N = 4 kN

$\eta = \frac{Pc}{P}$ x 100%

$= \frac{2800\ N}{4000\ N}$ = 0,7 x 100% = 70%

Jadi hasil perhitungan kekuatan sambungan jenis *riveted joints* pada konstruksi bodi, diperoleh hasil kekuatan patah pada rivet yaitu sebesar 2,8 kN dan efisiensi penggunaan sambungan sebesar 70% sehingga sambungan jenis *riveted joints* ini mampu dan efisien digunakan untuk sambungan pengikat bagian bodi pada konstruksi *Automatic Welding Carrier Machine.*

14. Perhitungan Konstruksi Bodi. Perhitungan konstruksi bodi *Automatic Welding Carrier Machine* dilakukan agar diketahui nilai kemampuan bahan dan mendapat keamanan dari kualitas bahan konstruksi bodi yang digunakan. Adapun perhitungan yang dilakukan sebagai berikut :

a. Tegangan Tekan pada Bodi (σc). Adapun beban total yang ditumpu oleh bodi adalah 98 N.

1) (1 Kg = 9,8 N)

W = 10 Kg x 9,8 N = 98 N

2) A = Persegi panjang (Balok)

A = 2 x ((pl) + (pt) + (lt))

= 2x ((0,3 x 0,22)+(0,3 x 0,15) + (0,22x0,15))

= 2x (0,066 + 0,045 + 0,033)= 0,288 m²

3) *Modulus Elasticity* = 70 Gpa (7x10^{10} Pa)

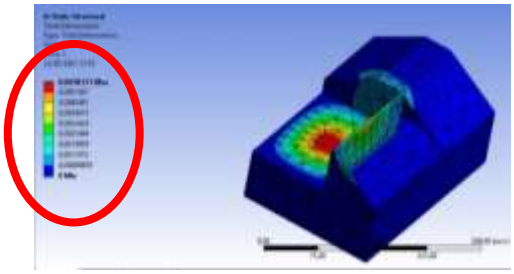
4) $\sigma c = \frac{W}{A} = \frac{98\ N}{0{,}288\ m^2}$ = 340,28 $^N/_{m^2}$

*(1 $^{kg}/_{cm^2}$ = 98066,5)

$= \frac{340{,}28}{9{,}8}$ / 1000

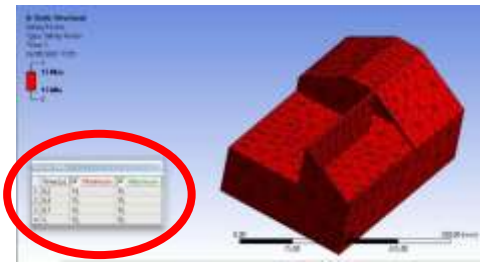
$= \frac{34{,}7}{1000}$ = 0,034 $^{kg}/_{cm^2}$ = 3334 Pa

b. Total Deformasi. Pada hasil total deformasi dapat diketahui menggunakan simulasi *Ansys* dengan hasil total deformasi pada alat sebesar 0,0058 mm. Adapun hasil simulasi sebagai berikut:



Gambar 11. Total Deformasi pada Konstruksi Bodi.

c. Safety Factor. Nilai *Safety Factor* dapat diketahui berdasarkan perhitungan dari hasil simulasi Ansys dengan hasil nilai *safety factor* adalah 15 yang berati bahan yang digunakan aman. Adapun gambar simulasi sebagai berikut :



Gambar 12. Nilai *Safety Factor* Konstruksi Bodi.

Jadi hasil Tegangan tekan (σc) yang terjadi pada posisi dibawah secara statis lebih kecil dari pada *Modulus of Elasticity* bahan Alumminium alloy tipe 5052 dengan nilai 3334 Pa < ($7x10^{10}$) Pa, total deformasi 0,0058 mm dan nilai safety factor 15 Sehingga tegangan tekan Aluminium Alloy maka bahan dikatakan mampu menopang beban 98 N.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

15. Kesimpulan. Dari hasil perhitungan perencanaan konstruksi bodi pada *Automatic Welding Carrier Machine* didapatkan hasil sebagai berikut :

    a. Pusat titik berat konstruksi bodi terletak pada titik koordinat (10,5mm ; 6,7mm ; 17,5mm).

    b. Ketahanan patah sambungan *riveted joints* adalah 2,8 kN dengan efisiensi sambungan sebesar 70%.

    c. tegangan tekan yang terjadi pada bodi adalah 3334 Pa, lebih kecil dari pada *Modulus of Elasticity* bahan Alumminium alloy tipe 5052, sehingga bahan yang digunakan dikatakan mampu dan aman.

16. Saran.

    a. Diharapkan dalam perkembangan alat selanjutnya dapat menggunakan jenis bahan yang lebih ringan namun tidak mengurangi kekuatannya.

    b. Untuk jenis sambungan pengikat dapat menggunakan jenis sambungan lain yang nilai efisiensinya lebih tinggi dan kuat untuk mendukung kekuatan pada konstruksi bodi.

    c. Untuk meningkatkan efektifitas pada proses pengelasan diharapkan untuk kedepannya alat ini dapat ditambah dengan sisitem *Autonomous.*

DAFTAR PUSTAKA

[1] Agustriyana, L., Irawan, Y.S., Sugiarto. (2011). Pengaruh Kuat Arus dan Waktu Pengelasan Pada Proses Las Titik *(Spot Welding)* Terhadap Kekuatan Tarik dan Mikrostruktur Hasil Las dari Baja Fas Ganda *(Ferrite-Martensite*), Jurnal Rekayasa Mesin, Vol.2, p. 175-181.

[2] ASME IX 2010. *Welding and Brazing Qualifications. American Society Mechanical Engineering, Three Park Avenue,* New York, 10016 USA.

[3] Dr.R.K Bansal. 2009, "*Strength of Material*", *Laxmi Publications*, New Delhi.

[4] Ir. Sularso, MS ME dan Kiyokatsu Suga. 2004, "Dasar-dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin", Pradnya Paramita Jakarta.

[5] R.S. Khurmi dan J.K. Gupta. 2005, "*A Text Book of Machine Design"*, *Eurasia Publishing House*, New Delhi.

[6] TEDC Bandung, 1982, "Stasika", Bandung.

[7] Wiryosumarto H., Okumura T. 2000. "Teknologi Pengelasan Logam" Pradya Paramita Jakarta.