

# RANCANG BANGUN MESIN FRICTION WELDING UNTUK PENGELASAN BAJA ST 37 DENGAN DIAMETER MAKSIMAL 1/2 INCH

*Ipung Kurniawan<sup>1)</sup>, Pujono<sup>1)</sup>, Mohammad Nurhilal<sup>1)</sup>, Dian Prabowo<sup>1)</sup>*

*<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Cilacap  
Jln. Dr Soetomo No 1, Sidakaya, Cilacap, 53212  
Email: [ipung.k.poltec@gmail.com](mailto:ipung.k.poltec@gmail.com)*

## ABSTRAK

*Pengelasan gesek merupakan proses pengelasan tanpa menggunakan bahan tambah. Gesekan diakibatkan oleh pertemuan kedua benda kerja yang menghasilkan panas kemudian melumerkan kedua ujung benda kerja dan akhirnya terjadi proses penyambungan benda kerja. Tujuan dalam rancang bangun mesin friction welding yaitu membuat perancangan pada mesin friction welding, menghitung komponen elemen mesin, menghitung mekanika teknik pada rangka, menghitung gaya dorong aktuator, menghitung estimasi total waktu proses produksi, melakukan uji fungsi pada bagian sistem transmisi dan kontrol tekan dan uji hasil variasi diameter besi pejal silinder. Metode perancangan dengan pendekatan metode VDI 2222. Hasil dari rancangan berupa desain mesin friction welding. Dihilangkan motor listrik yang digunakan memiliki daya 1,5 HP, puli yang digunakan Ø6 inch dan Ø2 inch, sehingga didapati putaran sebesar 4200 rpm, panjang v-belt 1.324,18 mm, poros memiliki ukuran Ø25 mm. Hasil dari rancang bangun didapatkan hasil yaitu material yang digunakan yaitu besi siku dan kanal U dengan ukuran frame 1200x400x855 mm, slider 400x206x200 mm. Gaya dorong yang dihasilkan aktuator sebesar 480 N. Estimasi total waktu produksi selama 20,24 jam. Sistem transmisi mampu meneruskan daya dari motor penggerak menuju rotary chuck dan kontrol tekan mampu bergerak maju dan mundur. Mesin friction welding berhasil menyambung besi pejal silinder dengan Ø6 mm, Ø8 mm, Ø10 mm dalam waktu 1 menit, berhasil menyambung 2 besi pejal silinder dengan ukuran Ø1/2 inchi dengan variasi tekanan 6[bar], 7[bar], 8[bar], namun besi tersambung tidak sempurna. Hasil uji tarik menunjukkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 153 MPa.*

**Kata kunci:** *Friction welding, sistem transmisi, kontrol tekan, frame, slider.*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Pengelasan gesek (*friction welding*) merupakan proses pengelasan menyambungkan dua material sejenis maupun berbeda dengan cara memanfaatkan panas oleh gesekan antara dua permukaan material (Wirjosumarto, 2000). Pada proses pengelasan gesek ini panas yang dihasilkan dikarenakan adanya perubahan energi mekanik menjadi energi panas akibat gesekan antara material yang diputar dan material yang diberi tekanan, sehingga mampu

melumer dan akhirnya terjadi proses penyambungan (Husodo, 2013)

Priambodan Hidayat., (2020), melakukan rancang bangun mesin *friction welding*. Mesin tersebut menggunakan daya motor listrik 1 HP, kontrol tekan menggunakan dongkrak hidrolik, dan material yang digunakan yaitu hollow dan kanal U dengan ukuran frame 1218x300x670 mm, slider 455x300x191 mm. Bahan material yang disambung pada mesin *friction welding* tersebut yaitu besi pejal silinder dengan diameter maksimal 1/2 inch. Setelah dilakukan uji fungsi pada mesin *friction welding* tersebut masih memiliki kekurangan yaitu, torsi motor kurang

besar sehingga saat fase gesekan kecepatan menurun, kontrol tekan pada mesin tersebut masih dengan cara manual, sehingga saat proses penekanan tidak stabil, *frame* berfungsi dengan baik, tetapi getaran yang dihasilkan pada motor terhadap *frame* terlalu besar, slider tidak berfungsi dengan baik karena lintasannya tidak sejajar. Pada saat dilakukan uji hasil material yang dilas pada mesin *friction welding* tersebut tidak tersambung. Keberhasilan pegelasan mesin *friction welding* dipengaruhi pada sistem transmisi, kontrol tekan, *frame*, dan *slider*.

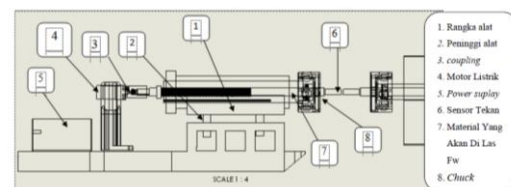
Berdasarkan kekurangan dari mesin *friction welding* tersebut maka, dibuatlah pengembangan pada mesin *friction welding*. Pembuatan mesin tersebut diharapkan dapat memperbaiki atau mengurangi kekurangan yang dimiliki mesin *friction welding* sebelumnya.

### Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin didapatkan adalah sebagai berikut: 1) Membuat perancangan pada mesin *friction welding*. 2) Menghitung komponen elemen mesin. 3) Menghitung mekanika teknik pada rangka. 4) Menghitung gaya dorong aktuator. 5) Menghitung estimasi total waktu proses produksi pada mesin *friction welding*. 6) Melakukan uji fungsi sistem transmisi, kontrol tekandan slider dan uji hasil variasi diameter besi pejal silinder Ø6 mm, Ø8mm, Ø10 mm dengan tekanan kerja tetap 6 bar dilakukan percobaan sebanyak 3 kali dan uji hasil variasi tekanan (bar) 6bar, 7bar, 8bar, dengan diameter besi pejal ½ inch, dilakukan percobaan sebanyak 3 kali. 7) Melakukan pengujian tarik hasil pengelasan.

### TINJAUAN PUSTAKA

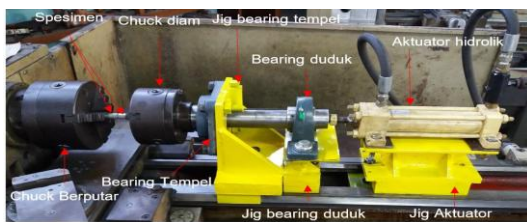
Andriyanto, (2019) merancang sebuah mesin *friction welding* berbasis arduino. Hasil perancangan struktur mekanik atau rangka yaitu kerangka baja L dengan dimensi 490 mm x 170 mm x 240 mm, poros berulir, poros penghubung ke *chuck*, kopling. Selanjutnya perancangan otomasi menggunakan motor listrik DC dengan *speed reducer* rasio 1:1, mikrokontroler, Arduino Uno, dan sensor *load cell* 50 kg. Alat *friction welding* otomatis mampu berjalan pada kecepatan putar dinamo 200 rpm. Pada alat pengelasan gesek ini dalam pembuatannya tidak satu sumbu dengan cekam pada mesin bubut, maka perlu mengkalibrasi terlebih dahulu tinggi alat dengan mensejajarkan *chuck* alat dengan cekam yang pada mesin bubut. Pada sistem mekatronika yang ada pada alat *friction welding* otomatis hanya menggunakan satu kecepatan putar yaitu 200 rpm, motor listrik DC tidak dapat dikontrol pada putaran yang berbeda - beda sehingga berpengaruh pada penekanan saat proses pengelasan. Rancangan mesin ini ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Mesin *friction welding* (Andriyanto, 2019)

Sunyoto dkk, (2020) melakukan optimalisasi fungsi mesin bubut untuk proses pengelasan *rotary friction welding* dengan menambah jig dan pendorong hidrolik. Pada penelitian ini dilakukan optimalisasi fungsi mesin bubut dengan penambahan alat bantu jig sebagai penahan gerakan berputar benda kerja di sisi diam dan hidrolik sebagai pendorong arah translasi benda kerja. Penambahan jig dan hidrolik membuat fungsi mesin bubut tidak hanya sebagai

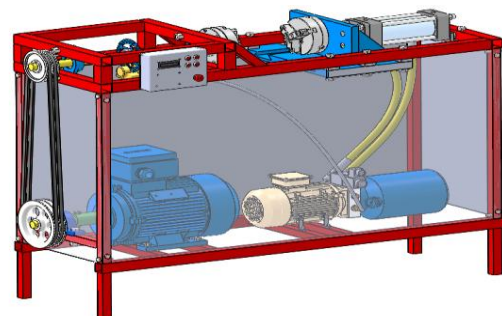
alat pembentuk logam namun akan berubah menjadi mesin las gesek untuk menyambung dua bagian benda kerja yang terpisah, dimana mesin bubut standar tidak mampu melakukannya. Penelitian dimulai dari pendataan kondisi mesin bubut, pembuatan disain jig, melakukan produksi jig, uji coba merangkai jig pada mesin bubut, dan terakhir adalah uji pengelasan gesek. Rangkaian jig ini memiliki kelebihan mudah diproduksi dengan peralatan manual, mudah dibongkar pasang dengan cepat hanya oleh satu orang, mampu menahan getaran dari hasil pengelasan dan kemampuan produksi pengelasan yang cepat. Unjuk kerja Jig ditunjukkan dengan hasil pengelasan yang lurus, nilai hasil uji tarik pada spesimen pengelasan sebesar 10,16 kN mendekati material dasar sebesar 18,97 kN. Jig hasil penelitian ini juga dapat dengan mudah diaplikasikan pada mesin bubut di laboratorium sekolah menengah, pendidikan tinggi maupun bengkel mekanik yang ada di masyarakat yang memiliki mesin bubut manual. Optimalisasi ini dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Jig yang telah dirangkai dan siap dioperasikan sebagai mesin *rotary friction welding*.

Rakhmayadi, (2020) melakukan perancangan mesin skala lab untuk material dengan suhu rekristalisasi di bawah 850°C. Menggunakan *microcontroller* sebagai pengolah data dari input material yang diberikan juga display supaya mesin yang dirancang dapat dengan mudah untuk dioperasikan. Hasil akhir yang dicapai adalah desain

mesin *rotary friction welding* dalam bentuk gambar 2 dimensi, bill of material, dan program *microcontroller* yang akan digunakan sebagai program mesin *rotary friction welding*. Mesin dirancang menggunakan motor listrik berkapasitas 7,5kW, piston hidrolik berdiameter 80 mm dengan panjang stroke 200 mm, juga *hydraulic power unit* dengan tekanan maksimal 60 Bar. Hasil perancangan dapat dilihat pada Gambar 3.

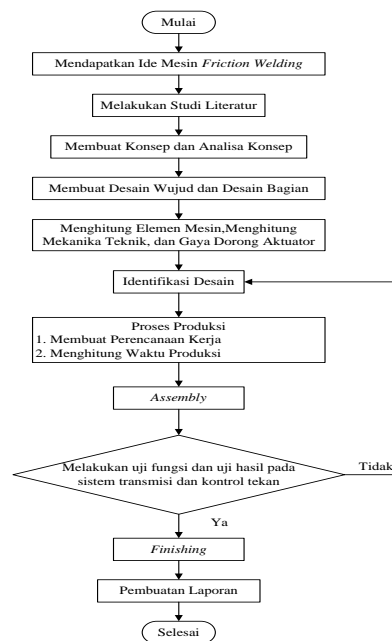


**Gambar 3.** Perancangan mesin *rotary friction welding*.

## METODE PENELITIAN

### Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Diagram alir penelitian

Proses perancangan yang dilakukan meliputi:

1. Perancangan desain wujud dan desain detail
2. Perhitungan elemen mesin
3. Perhitungan mekanika teknik
4. Perhitungan gaya dorong actuator
5. Total waktu proses produksi

### Uji Fungsi dan Uji Hasil

Setelah mesin sudah terealisasi, selanjutnya akan dilakukan pengujian fungsi mesin. Uji fungsi ini akan dilakukan untuk mengetahui fungsi dari bagian-bagian mesin yang beroperasi sesuai dengan standar operasional. Uji hasil adalah suatu proses atau tahap untuk melakukan pengujian terhadap hasil dari pengelasan dari mesin *friction welding*. Uji hasil dilakukan terhadap besi pejal silinder Ø6 mm, Ø8 mm, dan Ø10 mm dengan tekanan kerja tetap 6 bardan uji hasil variasi tekanan (bar) 6bar, 7bar, 8bar, dengan diameter besi pejal ½ inch, dilakukan percobaan sebanyak 3 kali.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengambilan keputusan menggunakan morfologi konsep desain adalah membuat beberapa alternatif konsep untuk dipilih alternatif konsep yang terbaik (Pujono, 2019). Ada beberapa konsep yang dihasilkan dari kotak morfologi. Alternatif konsep tersebut adalah sebagai berikut:

#### Alternatif Konsep Sistem Transmisi Dan Kontrol Tekan

Alternatif konsep 1 : Saklar on/off + Motor AC + Puli dan Sabuk + Pneumatik + Cekam bubut

Alternatif konsep 2 : Saklar on/off + Motor DC + Rantai dan Sproket + Hidrolik + Cekam bor

#### Alternatif Konsep Slider Dan Frame

Alternatif konsep 1 : *Slider* ekor burung + *Frame* menggunakan besi *hollow*

Alternatif konsep 2 : *Slider* kereta + *Frame* menggunakan besi siku

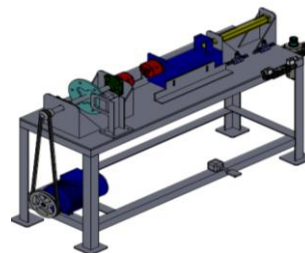
Mengacu pada data pemilihan alternatif konsep tentang penilaian konsep maka penulis akan merancang mesin *friction welding* berdasarkan kebutuhan dari alternatif konsep 1.

#### Membuat Rancangan

Setelah semua konsep ditentukan, kemudian konsep disatukan dan dirancang. Tahapan dalam merancang terbagi menjadi dua yaitu desain wujud dan desain bagian.

#### Desain Wujud

Konsep yang telah terpilih akan diberi komponen-komponen mesin yang sebelumnya di bentuk sketsa, kini harus diberi bentuk sedemikian rupa, sehingga komponen - komponen tersebut menyusun bentuk mesin. Desain wujud mesin *friction welding* dapat dilihat pada Gambar 5.



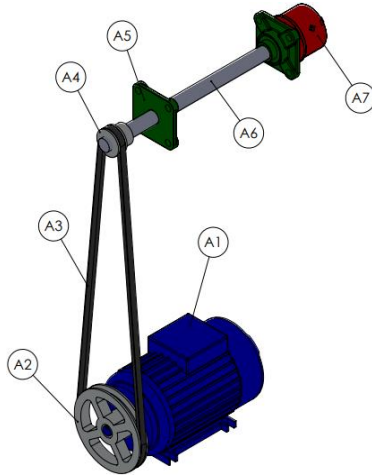
Gambar 5. Desain wujud mesin *friction welding*

## Desain Bagian

Setelah desain wujud terpenuhi selanjutnya menentukan bagian-bagian sistem tranmsisi dan kontrol tekan dari mesin tersebut agar mudah dipahami.

### Bagian Sistem Transmisi

Berikut adalah desain sistem transmisi ditunjukkan pada Gambar 3.2.



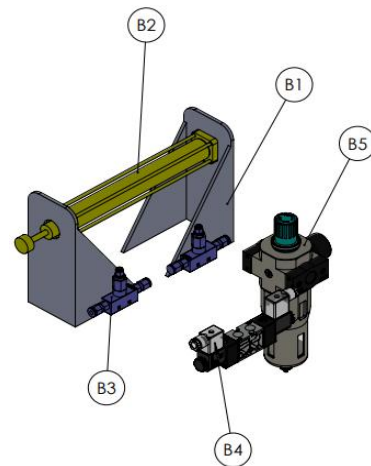
**Gambar 6.** Desain sistem transmisi

**Tabel 1.**

Bagian sistem transmisi		
Jml	Nama part	Kode
1	Motor AC	A1
1	Puli 6 inch	A2
2	Sabuk	A3
1	Puli 2 inch	A4
1	Bantalan	A5
1	Poros	A6
1	Cekam	A7

### **Bagian Kontrol Tekan**

Berikut adalah desain kontrol tekan ditunjukkan pada Gambar 7.



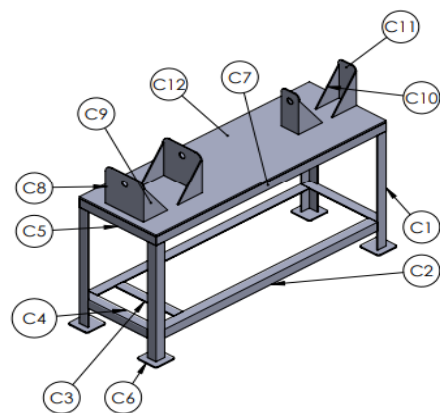
**Gambar 7.** Desain kontrol tekan

**Tabel 2.**

Bagian-bagian kontrol tekan		
Jml	Nama part	Kode
2	Dudukan aktuator	B1
1	Aktuator	B2
2	Flow control Pneumatic	B3
1	Katup	B4
1	Regulator	B5

### Bagian Frame

Berikut adalah desain frame dapat dilihat pada Gambar 8.



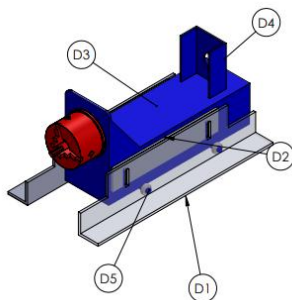
**Gambar 8.** Desain frame

**Tabel 3.**  
Bagian-bagian *frame*

Jml	Nama part	Kode
4	Rangka kaki 600mm	C1
2	Rangka penyangga 1200mm	C2
1	Dudukan motor listrik	C3
2	Rangka penyangga 400mm	C4
2	Lebar rangka 400mm	C5
4	Alas kaki	C6
2	Panjang rangka 1200mm	C7
2	Dudukan poros	C8
4	Penyangga dudukan poros	C9
4	Penyangga dudukan pneumatik	C10
2	Dudukan pneumatic	C11
1	Plat meja	C12

#### Bagian Slider

Berikut adalah desain slider dapat dilihat pada gambar 9.



**Gambar 9.** Desain slider

**Tabel 4.**  
Bagian-bagian slider

Jml	Nama part	Kode	Keterangan
2	Slider rel samping	D1	Dibuat
2	Slider rel atas	D2	Dibuat
1	Slider kereta	D3	Dibuat
1	Dudukan poros pneumatik	D4	Dibuat
2	Dudukan bantalan	D5	Dibuat

Hasil perancangan *friction welding* ini memiliki kelebihan yaitu dengan penggunaan motor 3 fase untuk penggerak, sehingga memiliki torsi yang lebih besar, dan juga komponen penekan / pendorong menggunakan sumber daya dari hidrolis.

#### **Perhitungan Elemen Mesin**

#### **Perhitungan Daya Rencana Motor Listrik**

Spesifikasi motor listrik sebagai berikut:

Daya (P): 1,5 HP = 1.119watt = 1,119 kW  
Putaran (n) = 1400 rpm, sehingga untuk mencari daya rencana motor listrik dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_d = f_c \times P \text{ (Sularso, 2008)}$$

$$P_d = 1,2 \times 1,119 \text{ kW}$$

$$P_d = 1,342 \text{ kW}$$

#### **Perhitungan Perencanaan Puli Dan Sabuk**

##### Perhitungan daya rencana

$$P_d = f_c \times P \text{ (Sularso, 2008)}$$

$$P_d = 1,2 \times 1,119 \text{ kW}$$

$$P_d = 1,342 \text{ kW}$$

##### Penentuan Tipe Sabuk

Diketahui daya rencana ( $P_d$ ) adalah 1,342 kW dan putaran motor penggerak ( $n_1$ ) adalah 1400 rpm, maka dipilih *v-belt* tipe A

### Perbandingan Puli

$$\frac{n1}{n2} = \frac{dp}{Dp}$$

$$\frac{1400}{4200} = \frac{dp}{6}$$

$$dp = 2 \text{ Inch}$$

### Perhitungan Panjang Sabuk

$$L = 2.C + \frac{\pi}{2}(d_p + D_p) + \frac{1}{4 \times C}(D_p - d_p)^2$$

$$L = 1.324,18 \text{ mm}$$

### Menentukan Jarak Sumbu Poros

$$b = 2 \times L - \pi(Dp + dp)$$

$$b = 2 \times 1.324,18 - 3,14(152,4 + 50,8)$$

$$b = 2.010,322 \text{ mm}$$

Jadi jarak sumbu poros adalah:

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(Dp - dp)^2}}{8}$$

$$C = \frac{3.999,998}{8}$$

$$C = 499,999 \text{ mm} \approx \text{atau } 500 \text{ mm}$$

### Perhitungan Sudut Kontak Puli

$$\theta = 180^\circ - \frac{57(Dp - dp)}{C}$$

$$\theta = 168,42^\circ$$

### Perhitungan Gaya Tarik Sabuk

$$F = \frac{T}{r}$$

$$P = \omega \cdot T$$

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot n1}{60} \cdot T$$

$$T = \frac{1.119 \text{ watt}}{146,53 \text{ rad/s}}$$

$$T = 7.636 \text{ N.mm}$$

Setelah torsi diketahui maka gaya tarik sabuk dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$F = \frac{T}{r}$$

$$F = 300,63 \text{ N}$$

### Perencanaan Poros

#### Perhitungan Daya Rencana Poros

$$Pd = fc \times P \text{ (Sularso, 2008)}$$

$$Pd = 1,2 \times 1,119 \text{ kW}$$

$$Pd = 1,342 \text{ kW}$$

### Perhitungan Momen Puntir Rencana

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \frac{Pd}{n}$$

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \frac{1,342 \text{ kW}}{4200 \text{ rpm}}$$

$$T = 311,216 \text{ Kg.mm}$$

### Perhitungan Tegangan Geser

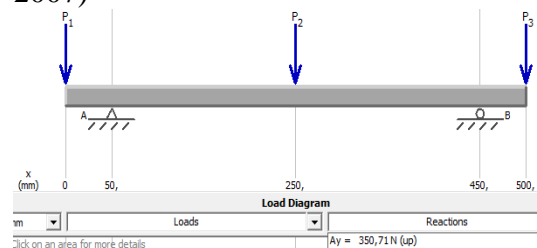
$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{(Sf_1 \times Sf_2)}$$

$$58 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\tau_a = \frac{(6,0 \times 3,0)}{}$$

$$\tau_a = 3,2 \text{ Kg/mm}^2$$

Menghitung besarnya reaksi (Irawan, 2007)



**Gambar 10.** Beban pada poros

Mencari besarnya gaya reaksi  $R_{vb}$ :

$$\sum M_A = 0 \text{ } \cup (+)$$

$$- (P_1 \cdot l_1) + (P_2 \cdot l_2) - (R_{vb} \cdot (l_3 + l_2)) + (P_3 \cdot (l_4 + l_3 + l_2)) = 0$$

$$- (300,63 \cdot 50) + (35 \cdot 200) - (R_{vb} \cdot (200 + 200)) + (40 \cdot (50 + 200 + 200)) = 0$$

$$R_{vb} = 24,92 \text{ N } \uparrow$$

Mencari arah gaya reaksi  $R_{va}$ :

$$\sum M_b = 0 \text{ } \cup (+)$$

$$(P_3 \cdot l_4) - (P_2 \cdot l_3) + (R_{va} \cdot (l_3 + l_2)) - (P_1 \cdot (l_1 + l_2 + l_3)) = 0$$

$$(40 \cdot 50) - (35 \cdot 200) + (R_{va} \cdot (200 + 200)) - (300,63 \cdot (50 + 200 + 200)) = 0$$

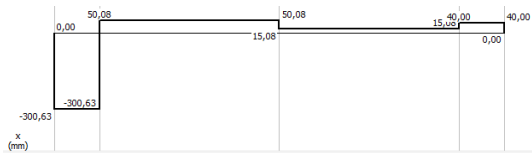
$$R_{va} = 350,71 \text{ N } \uparrow$$

Menghitung besarnya momen:

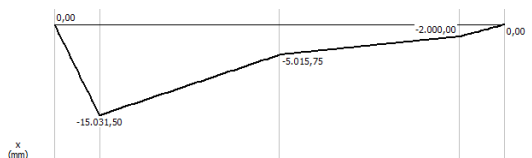
$$M = -P_1 \cdot l_1$$

$$M = -300,63N \cdot 50mm$$

$$M = -1.503,15 \text{ Kg. mm}$$



Gambar 11. Shear diagram



Gambar 12. Moment diagram

Menghitung gaya reaksi horizontal

Poros direncanakan mendapat beban horizontal bervariasi sebesar 5 kg, 10 kg, 15 kg. Jadi gaya reaksi horizontalnya adalah:

$$R_H = \frac{15 \text{ kg} \cdot 450 \text{ mm}}{500 \text{ mm}}$$

$$R_H = 13,5 \text{ kg}$$

Mencari momen horizontal yaitu:

$$M_H = 13,5 \text{ kg} \cdot 450 \text{ mm}$$

$$M_H = 6.075 \text{ kg. mm}$$

Besarnya momen campuran yaitu:

$$M = \sqrt{(6.075 \text{ kg. mm})^2 + (-1.503,15 \text{ kg. mm})^2}$$

$$M = 6.258,2 \text{ kg. mm}$$

Menentukan Diameter Poros

$$d_s \geq \left[ \left( \frac{5,1}{\tau_a} \right) \sqrt{(K_m M)^2 + (K_t T)^2} \right]^{1/3}$$

$$d_s \geq \left[ \left( \frac{5,1}{3,2} \right) \sqrt{(1,5 \cdot 6.258,2)^2 + (1.311,216)^2} \right]^{1/3}$$

$$d_s \geq 24,64 \text{ mm}$$

$$d_s \approx 25 \text{ mm}$$

**Perhitungan Bantalan**

Perhitungan Beban Ekuivalen

$$Pr = X.V.Fr + Y.Fa$$

$$Pr = (0,56 \cdot 1 \cdot 37,61) + (2,30 \cdot 1,93)$$

$$Pr = 25,46 \text{ kg}$$

Faktor kecepatan

$$fn = \left[ \frac{33,3}{n} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$fn = \left[ \frac{33,3}{4200} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$fn = 0,199 \text{ rad}$$

Faktor Umur

$$fh = 0,199 \frac{1610}{25,46}$$

$$fh = \frac{320,39}{25,46}$$

$$fh = 12,58$$

**Perhitungan Mekanika Teknik**

**Perhitungan gaya yang bekerja pada rangka**

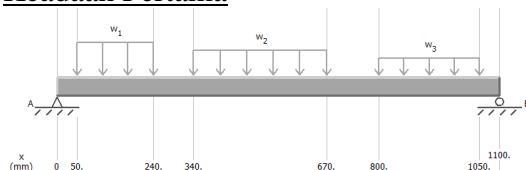
$$F = m \cdot g \text{ (Irawan, 2007)}$$

$$= (m_{\text{benda uji}} + m_{\text{poros}} + m_{\text{chuck}} + m_{\text{bantalan}} + m_{\text{dudukan bantalan}} + m_{\text{pneumatik}} + m_{\text{rangka}}) \times 10 \text{ m/s}^2$$

$$= (0,09 \text{ kg} + 4,84 \text{ kg} + 3,11 \text{ kg} + 2,08 \text{ kg} + 8 \text{ kg} + 0,092 \text{ kg} + 1,4 \text{ kg} + 1,93 \text{ kg}) \times 10 \text{ m/s}^2 = 223,52 \text{ N}$$

**Menghitung momen**

Keadaan Pertama



Gambar 13. Keadaan pertama pada beban

$$W_1 = (m_{\text{poros}} + m_{\text{chuck}} + m_{\text{bantalan}} + m_{\text{dudukan bantalan}}) \times g$$

$$= (1,93 + 4 + 1,4 + 4,84) \times 10 \text{ m/s}^2$$

$$= 121,7 \text{ N}$$

$$Q_1 = \frac{W_1}{l_1} = \frac{121,7}{240} = 0,50 \text{ N/mm}$$

$$W_2 = (m_{\text{chuck}} + m_{\text{poros}}) \times g$$

$$= (4 + 1,93) \times 10 \text{ m/s}^2$$



$$= 59,3 \text{ N}$$

$$Q_2 = \frac{W_2}{l_3} = \frac{59,3}{330} = 0,17 \text{ N/mm}$$

$$W_3 = (m_{\text{pneumatic}} + m_{\text{dudukan pneumatic}}) \times g \\ = (0,9 + 3,11) \times 10 \text{ m/s}^2 \\ = 40,1 \text{ N}$$

$$Q_3 = \frac{W_3}{l_5} = \frac{40,1}{300} = 0,13 \text{ N/mm}$$

Mencari besarnya gaya reaksi  $R_{VB}$ :

$$\Sigma M_A = 0 \text{ } \cup (+)$$

$$\left( Q_1 \times l_{w1} \left( l_1 + \frac{1}{2} \times l_{w1} \right) \right) + \left( Q_2 \times l_{w2} \left( l_2 + \frac{1}{2} \times l_{w2} \right) \right) + \left( Q_3 \times l_{w3} \left( l_3 + \frac{1}{2} \times l_{w3} \right) \right) + (R_{VB} \times l_7) = 0$$

$$\left( 0,50 \text{ N} \times 190 \text{ mm} \left( 50 \text{ mm} + \frac{1}{2} \times 190 \text{ mm} \right) \right) + \left( 0,17 \text{ N} \times 330 \text{ mm} \left( 340 \text{ mm} + \frac{1}{2} \times 330 \text{ mm} \right) \right) + \left( 0,13 \text{ N} \times 250 \text{ mm} \left( 800 \text{ mm} + \frac{1}{2} \times 250 \text{ mm} \right) \right) + (R_{VB} \times 1100 \text{ mm}) = 0$$

$$R_{VB} = \frac{-72.171 \text{ N.mm}}{-1100 \text{ mm}}$$

$$R_{VB} = 65,61 \text{ N } \uparrow$$

Mencari besarnya gaya reaksi  $R_{VA}$ :

$$\Sigma M_B = 0 \text{ } \cup (+)$$

$$- \left( Q_1 \times l_{w1} \left( l_4 + \frac{1}{2} \times l_{w1} \right) \right) - \left( Q_2 \times l_{w2} \left( l_5 + \frac{1}{2} \times l_{w2} \right) \right) - \left( Q_3 \times l_{w3} \left( l_6 + \frac{1}{2} \times l_{w3} \right) \right) + (R_{VA} \times l_7) = 0 \\ - \left( 0,50 \text{ N} \times 190 \text{ mm} \left( 860 \text{ mm} + \frac{1}{2} \times 190 \text{ mm} \right) \right) + \left( -0,17 \text{ N} \times 330 \text{ mm} \left( 430 \text{ mm} + \frac{1}{2} \times 330 \text{ mm} \right) \right) +$$

$$\left( -0,13 \text{ N} \times 250 \text{ mm} \left( 50 \text{ mm} + \frac{1}{2} \times 250 \text{ mm} \right) \right) + (R_{VA} \times 1100 \text{ mm}) = 0$$

$$R_{VA} = \frac{129.792 \text{ N.mm}}{1100 \text{ mm}}$$

$$R_{VA} = 117,99 \text{ N } \uparrow$$

Mencari momen di tiap titik.

$$M_A = 0$$

$$M_B =$$

$$RA(l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6) +$$

$$Q_1 \times l_{w1} \left( l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + \frac{l_{w1}}{2} \right) +$$

$$Q_2 \times l_{w2} \left( l_5 + \frac{l_{w2}}{2} \right)$$

$$= 117,99 \times 50 + 0,50 \times 190 (955) + 0,17 \times 330 (595) + 0,13 \times 250 (175) \\ = 123.889,5 - 90.725 - 5.687,5 \\ = 27.477 \text{ N.mm}$$

$$M_C = RA \times l_1$$

$$= 117,99 \times 50 \\ = 5.899,5 \text{ N.mm}$$

$$M_D = RA \times (l_1 + l_2) - Q_1 \times l_{w1} \left( l_1 + \frac{l_1}{2} \right)$$

$$= 117,99 \times 290 - 0,50 \times 190 \left( \frac{190}{2} \right) \\ = 19.923,63 \text{ N.mm}$$

$$M_F = RA \times (l_1 + l_2 + l_3) - Q_1 \times l_1 (l_2 + l_3 + \frac{240}{2}) - Q_2 \times l_3 \left( \frac{240}{2} \right)$$

$$= 46,36 \times 670 - 0,50 \times 240 (120) - 0,17 \times 330 (120) \\ = 15.619,68 \text{ N.mm}$$

$$M_G = RA(l_1 + l_2 + l_3 + l_4) -$$

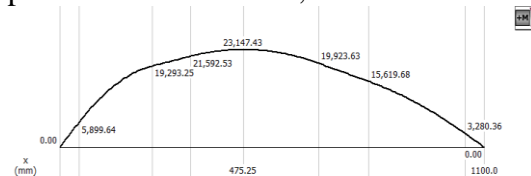
$$Q_1 \times l_1 \left( l_2 + l_3 + l_4 + \frac{l_1}{2} \right) -$$

$$Q_2 \times l_3 \left( l_4 + \frac{l_3}{2} \right)$$

$$= 3.280,36 \text{ N.mm}$$

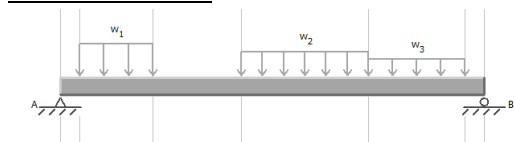
$$M_H = 0$$

Momen terbesar pada keadaan pertama adalah 23.147,43 Nmm



Gambar 14. Momen diagram

Keadaan Kedua



Gambar 15. Keadaan kedua beban pada rangka

$$W_1 = (m_{\text{poros}} + m_{\text{chuck}} + m_{\text{bantalan}} + m_{\text{dudukan bantalan}}) \times g$$

$$= (1,93 + 4 + 1,4 + 4,84) \times 10 \text{ m/s}^2$$

$$= 121,7 \text{ N}$$

$$Q_1 = \frac{W_1}{l_1} = \frac{121,7}{240} = 0,50 \text{ N/mm}$$

$$W_2 = (m_{\text{chuck}} + m_{\text{poros}}) \times g$$

$$= (4 + 1,93) \times 10 \text{ m/s}^2$$

$$= 59,3 \text{ N}$$

$$Q_2 = \frac{W_2}{l_3} = \frac{59,3}{330} = 0,17 \text{ N/mm}$$

$$W_3 = (m_{\text{pneumatic}} + m_{\text{dudukan pneumatic}}) \times g$$

$$= (0,9 + 3,11) \times 10 \text{ m/s}^2$$

$$= 40,1 \text{ N}$$

$$Q_3 = \frac{W_3}{l_5} = \frac{40,1}{300} = 0,13 \text{ N/mm}$$

Mencari besarnya gaya reaksi  $R_{VB}$  :

$$\Sigma M_A = 0 \curvearrowright (+)$$

$$(Q_1 \times l_{w1}(l_1 + \frac{1}{2} \times l_{w1})) + (Q_2 \times l_{w2}(l_2 + \frac{1}{2} \times l_{w2})) + (Q_3 \times l_{w3}(l_3 + \frac{1}{2} \times l_{w3})) + (R_{VB} \times l_7) = 0$$

$$(0,50 \text{ N} \times 190 \text{ mm} (50 \text{ mm} + \frac{1}{2} \times 190 \text{ mm})) + (0,17 \text{ N} \times 330 \text{ mm} (470 \text{ mm} + \frac{1}{2} \times 330 \text{ mm})) + (0,13 \text{ N} \times 250 \text{ mm} (800 \text{ mm} + \frac{1}{2} \times 250 \text{ mm})) + (R_{VB} \times 1100 \text{ mm}) = 0$$

$$R_B = \frac{-79.461}{1100}$$

$$R_B = 72,24 \text{ N} \uparrow$$

Mencari besarnya gaya reaksi  $R_{VA}$  :

$$\Sigma M_B = 0 \curvearrowright (+)$$

$$-(Q_1 \times l_{w1}(l_4 + \frac{1}{2} \times l_{w1})) - (Q_2 \times l_{w2}(l_5 + \frac{1}{2} \times l_{w2})) - (Q_3 \times l_{w3}(l_6 + \frac{1}{2} \times l_{w3})) + (R_{VA} \times l_7) = 0$$

$$-(0,50 \text{ N} \times 190 \text{ mm} (860 \text{ mm} + \frac{1}{2} \times 190 \text{ mm})) - (0,17 \text{ N} \times 330 \text{ mm} (300 \text{ mm} + \frac{1}{2} \times 330 \text{ mm})) - (0,13 \text{ N} \times 250 \text{ mm} (50 \text{ mm} + \frac{1}{2} \times 250 \text{ mm})) + (R_{VA} \times 1100 \text{ mm}) = 0$$

$$R_A = \frac{122.499}{1100} = 111,36 \text{ N} \uparrow$$

Mencari momen di tiap titik.

$$M_A = 0$$

$$M_B = RA(l_1 + l_2 + l_3 + l_4) - Q_1 \times l_2 (l_3 + l_4 + \frac{l_2}{2}) - Q_2 \times l_4 (\frac{l_4}{2})$$

$$= 52,78(880) - 2,34 \times 30(370 + 240 + 15) - 0,19 \times 240 \times 120$$

$$= 17.702 \text{ N.mm}$$

$$M_C = RA \times l_1$$

$$= 111,36 \times 50 = 5.568 \text{ N.mm}$$

$$M_D = RA \times (l_1 + l_2) - Q_1 \times l_2 (\frac{l_2}{2})$$

$$= 52,78 \times 270 - 2,34 \times 30 (\frac{30}{2})$$

$$= 21.245 \text{ N.mm}$$

$$M_E = RA \times (l_1 + l_2 + l_3) - Q_1 \times l_2 (l_3 + \frac{30}{2})$$

$$= 52,78 \times 640 - 2,34 \times 30(385)$$

$$= 22.252 \text{ N.mm}$$

$$M_F = RA(l_1 + l_2 + l_3 + l_4) - Q_1 \times l_2 (l_3 + l_4 + \frac{30}{2}) - Q_2 \times l_4 (\frac{240}{2})$$

$$= 52,78(880) - 2,34 \times 30(610 + 15) - 0,19 \times 240(120)$$

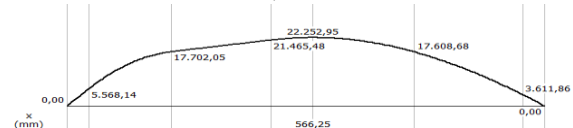
$$= 17.608 \text{ N.mm}$$

$$M_G = RA(l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5) - Q_1 \times l_2 (l_3 + l_4 + l_5 + \frac{l_2}{2}) - Q_2 \times l_4 (l_5 + \frac{l_4}{2})$$

$$= 3.611 \text{ N.mm}$$

$$M_H = 0$$

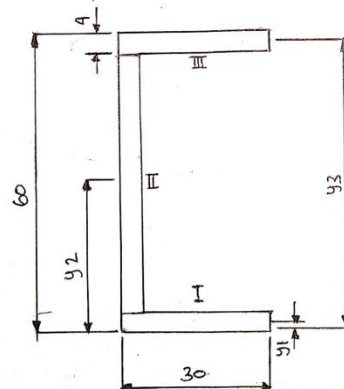
Momen terbesar pada keadaan kedua adalah 22.252,95 N.mm



Gambar 16. Momen diagram

### Momen Inersia

Besi yang dipilih adalah besi kanal U dengan ukuran 60×30×4mm



Gambar 17. Dimensi kanal U

$$C = \frac{\Sigma Ay}{\Sigma A}$$

$$C = \frac{13.440}{448}$$

C = 30 mm Jarak dari bawah Inersia:

$$I = \frac{(b h^3) - (b h^3) - (b h^3)}{12}$$

$$= \frac{(4 \times 30^3) + (4 \times 52^3) + (4 \times 30^3)}{12}$$

$$I = 64.869,3 \text{ mm}^4$$

### Tegangan Lentur Yang Diijinkan

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{ijin}} &= \frac{\sigma}{s_{f2}} \\ &= \frac{510}{1,3} \text{ N/mm}^2 \\ &= 392,3 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

### Tegangan Geser Yang Diijinkan

$$\begin{aligned}\tau_{\text{ijin}} &= \frac{\sigma}{s_{f1} \times s_{f2}} \\ &= \frac{510}{6 \times 1,3} \\ &= 65,3 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

### Tegangan Lentur Yang Diakibatkan Beban

Keadaan pertama :

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{beban}} &= \frac{M_{\text{maks}}}{I} \times C \\ &= \frac{23.147,43}{64.869,3} \times 30 \\ &= 10,704 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Keadaan kedua :

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{beban}} &= \frac{M_{\text{maks}}}{I} \times C \\ &= \frac{22.252,95}{64.869,3} \times 30 \\ &= 10,291 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

### Tegangan Geser Yang Diakibatkan Beban

Keadaan pertama :

$$\begin{aligned}\tau_{\text{beban}} &= \frac{V_{\text{maks}}}{A} \\ &= \frac{117,99}{488} \\ &= 0,2417 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Keadaan kedua :

$$\begin{aligned}\tau_{\text{beban}} &= \frac{V_{\text{maks}}}{A} \\ &= \frac{111,36}{488} \\ &= 0,2281 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

### Perhitungan Gaya Dorong Aktuator

Diketahui spesifikasi pneumatik sebagai berikut:

1. Merek : TSC
2. Jenis aktuator : *Double Acting Cylinder*
3. Panjang langkah : 300 mm = 0,3 m
4. Diameter dalam : 32 mm = 0,032 m
5. Diameter batang piston: 12 mm = 0,012 m
6. Tekanan kerja : 6 bar = 600.000 N/m<sup>2</sup>

Maka gaya dorong aktuator dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}F &= D^2 \times \frac{\pi}{4} \times P \\ F &= (0,032 \text{ m})^2 \times \frac{3,14}{4} \times 600.000 \text{ N/m}^2 \\ F &= 480 \text{ N}\end{aligned}$$

### Total Waktu Proses Produksi

Total waktu proses produksi merupakan waktu keseluruhan yang dibutuhkan dalam proses produksi (Taufiq Rochim, 1993) pada mesin *friction welding*. Waktu yang diperlukan untuk proses produksi mesin *friction welding* ditunjukkan pada tabel 5.

**Tabel 5.**  
Total waktu produksi

No	Proses	Waktu (menit)
1.	Proses pemotongan	201
2.	Proses bubut	66,22
3.	Proses gurdi	40,024
4.	Proses pengelasan	217
5.	Proses <i>alignment</i>	103
6.	Proses perakitan	365
7.	Proses <i>finishing</i>	222
<b>Total waktu produksi</b>		<b>1.214,244</b>

Jadi, jumlah total waktu yang dibutuhkan untuk proses produksi mesin *friction welding* adalah 1.214,244 menit = **20,24 jam.**

## Uji Fungsi dan Uji Hasil

Uji hasil dilakukan dengan melakukan pengelasan pada benda logam silindris Ø6, Ø8 dan Ø10. Berikut ini merupakan uji hasil pengelasan besi pejal silinder dapat dilihat pada tabel 6.

**Tabel 6.**

Ujihasil besi pejal silinder

Material	Sampel	Time (s)	Keterangan
Besi Ø6 mm	1	27	Tersambung
	2	24	Tersambung
	3	24	Tersambung
Besi Ø8 mm	1	37	Tersambung
	2	35	Tersambung
	3	39	Tersambung
Besi Ø10 mm	1	49	Tersambung
	2	45	Tersambung
	3	47	Tersambung

Berikut hasil proses pengelasan berdasarkan pengujian pada tabel di atas.



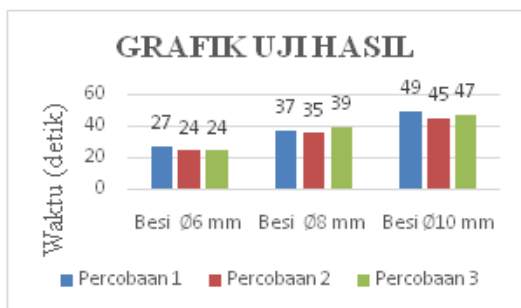
**Gambar 18.** Besi Ø6 mm



**Gambar 19.** Besi Ø8 mm



**Gambar 20.** Besi Ø10 mm



**Gambar 21.** Grafik uji hasil

Berdasarkan grafik uji hasil pada gambar 21. diketahui bahwa uji hasil dilakukan terhadap diameter besi pejal silinder. Besi pejal silinder yang digunakan dalam uji hasil adalah Ø6 mm, Ø8 mm, Ø10 mm. Pada uji hasil pengelasan tersebut dilakukan percobaan sebanyak 3 kali. Pada besi Ø6 mm percobaan ke-1 27 detik, percobaan ke-2 24 detik, dan percobaan ke-3 24 detik. Pada besi Ø8 mm percobaan ke-1 37 detik, percobaan ke-2 35 detik, dan percobaan ke-3 39 detik. Pada besi Ø10 mm percobaan ke-1 49 detik, percobaan ke-2 45 detik, percobaan ke-3 47 detik. Kemudian dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa uji hasil pengelasan waktu terhadap diameter besi pejal silinder yang terlama yaitu pada besi Ø10 mm, sedangkan waktu tercepat yaitu pada besi Ø6 mm. Hal ini menunjukkan kinerja alat friction welding cukup baik dan mudah dalam proses pengelasannya.

**Tabel 7.**

Uji hasil tekanan

Tekanan (bar)	besi Ø ½ inch	Time (s)	Keterangan
6bar	1	63	Tersambung tidak sempurna
	2	66	Tersambung tidak sempurna
	3	64	Tersambung tidak sempurna
7bar	1	53	Tersambung tidak sempurna
	2	53	Tersambung tidak sempurna
	3	59	Tersambung tidak sempurna
8bar	1	50	Tersambung tidak sempurna
	2	49	Tersambung tidak sempurna
	3	58	Tersambung tidak sempurna

Berikut hasil proses pengelasan berdasarkan pengujian pada tabel di atas.



**Gambar 22.** Besi Ø½ inch ditekan dengan tekanan 6bar



**Gambar 23.** Besi Ø½ inch ditekan dengan tekanan 7bar



**Gambar 24.** Besi Ø½ inch ditekan dengan tekanan 8bar



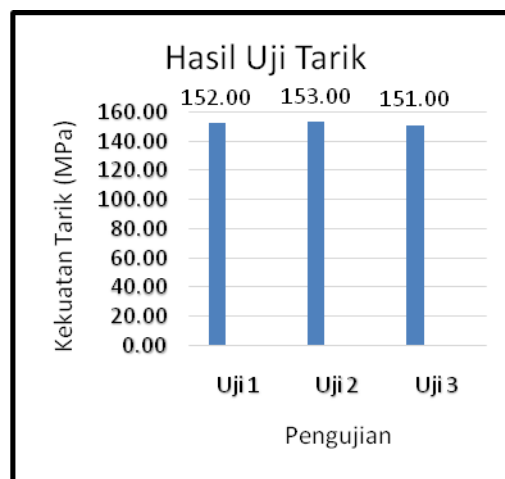
**Gambar 25.** Grafik uji hasil

Berdasarkan grafik uji hasil pada Gambar 25. diketahui bahwa uji hasil dilakukan terhadap diameter besi pejal silinder. Ø ½ inch dengan tekanan yang divariasikan 6bar, 7bar, 8bar, pada uji hasil tersebut dilakukan 3 kali percobaan, dihasilkan pada tekanan 6 bar percobaan ke-1 pada waktu 63 detik motor listrik mati besi tersambung tidak sempurna, pada waktu 66 detik motor listrik mati waktu dihentikan, percobaan ke-2, ditentukan waktu sampai 64 detik tersambung tidak sempurna pada 87 detik waktu dihentikan, percobaan ke-3 pada waktu 66 detik motor listrik mati waktu dihentikan besi tersambung tidak sempurna. Pada tekanan 7 bar dilakukan percobaan ke-1 besi tersambung tidak sempurna dengan waktu 53 detik,

percobaan ke-2 besi tersambung tidak sempurna dengan waktu 56 detik, percobaan ke-3 besi tersambung tidak sempurna dengan waktu 59 detik. Pada tekanan 6 bar dilakukan percobaan ke-1 besi tersambung tidak sempurna dengan waktu 48 detik, percobaan ke-2 besi tersambung tidak sempurna dengan waktu 49 detik, percobaan ke-3 besi tersambung tidak sempurna dengan waktu 58 detik.

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa uji hasil pengelasan pada tekanan 6 bar, 7 bar, 8 bar tersambung tidak sempurna, karena kurangnya daya yang dihasilkan dari motor listrik, sehingga pada saat proses pengelasan mengalami mati/eror pada bagian motor listrik.

Pengujian tarik dilakukan pada penampang las *friction welding* dengan standar JIS Z2201. Didapatkan nilai kekuatan tarik sebesar 151 MPa, 152 MPa dan 153 MPa, seperti ditunjukkan pada Gambar 26.



**Gambar 26.** Hasil Uji Tarik

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil rancang bangun mesin *friction welding* didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada bagian sistem transmisi didapatkan rancangan dengan sumber penggerak motor listrik AC yang ditransmisikan dengan puli dan sabuk dan kontrol tekan didapatkan rancangan menggunakan sistem pneumatik.
2. Pada bagian *frame* didapatkan rancangan dengan ukuran 1100 mm x 400 mm x 855 mm dan ukuran slider 400 mm x 206 mm x 100 mm.
3. Perhitungan elemen mesin pada pengembangan mesin *friction welding* didapatkan hasil:
  - a) Menggunakan motor listrik AC dengan daya 1,5 HP, putaran 1400 rpm.
  - b) Puli yang digunakan yaitu dengan diameter 6 inch untuk puli penggerak dan 2 inch untuk puli yang digerakkan, sehingga didapatkan putaran akhir sebesar 4200 rpm. Jenis sabuk yang digunakan yaitu sabuk V tipe A berjumlah 1 sabuk dengan panjang sabuk 1.324,18 mm.
  - c) Diameter poros yang digunakan sebesar 25 mm, dengan asumsi menggunakan material S45C
4. Perhitungan mekanika teknik pada rangka didapatkan hasil:
  - a) Gaya yang bekerja sebesar 367,2 N
  - b) Tegangan lentur yang diijinkan 392,3 N/mm<sup>2</sup>
  - c) Tegangan geser yang diijinkan 65,3 N/mm<sup>2</sup>
  - d) Tegangan lentur beban. Keadaan pertama: 10,704 N/mm<sup>2</sup>. Keadaan kedua: 10,291 N/mm<sup>2</sup>
- e) Tegangan geser beban . Keadaan pertama: 0,2417 N/mm<sup>2</sup>. Keadaan kedua: 0,2281 N/mm<sup>2</sup>
- f) Gaya dorong yang dihasilkan aktuator sebesar 480 N
5. Hasil pengujian pada pengembangan mesin *friction welding* didapatkan hasil:
  - a) Uji fungsi yang didapatkan bahwa sistem transmisi, kontrol tekan, *slider* berfungsi dengan baik.
  - b) Uji hasil pengelasan pada besi pejal silinder dengan Ø6 mm, Ø8 mm, dan Ø10 mm dilakukan percobaan sebanyak 3 kali dan didapatkan uji hasil pengelasan dalam waktu 1 menit. Uji hasil variasi tekanan (bar) 6 bar, 7 bar, 8 bar dengan diameter besi ditentukan diameter ½ inch dilakukan percobaan sebanyak 3 kali. Namun pada pengujian material tersambung tidak sempurna. Karena kurangnya daya yang dihasilkan dari motor listrik sehingga pada saat proses pengelasan mengalami mati/eror pada bagian motor listrik.

### Saran

Saran untuk pengembangan mesin *friction welding* ini adalah sebagai berikut:

1. Diperlukan kedataran dan ketegaklurusan permukaan slider (proses *alignment*)

2. Slider menggunakan besi kanal U agar slider tetap diam pada posisi saat proses pengelasan berlangsung.
3. Daya motor listrik sebaiknya diperbesar.
4. Perawatan secara berkala pada mesin sangat dibutuhkan sebagai kelangsungan umur mesin supaya dapat digunakan dengan baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Andriyanto Bagas. 2019. *Rancang & Fabrikasialat Pengelasan Gesek (Friction welding) Otomatis dengan Berbasis Arduino Uno*. Skripsi. Lampung: Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Husodo, N., Luwar, Sanyoto, B., Bangun Setyawati, Sri., dan Mursid. 2013. *Penerapan Teknologi Las Gesek (friction Welding) Dalam Rangka Penyambungan Dua Buah Logam Baja Karbon St 41 Pada Produk Back Spring Pin*. Jurnal Energi dan Manufaktur Vol.6, No.1, 1-94.
- Irawan, A.P. 2007. *Diktat Mekanika Teknik (Statika Struktur)*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas. Jakarta Barat: Teknik Universitas Tarumanagara.
- Priambodo, D.A., 2020. *Rancang Bangun Sistem Transmisi dan Kontrol Tekan Pada Mesin Friction Welding*. Tugas Akhir Cilacap: Politeknik Negeri Cilacap.
- Pujono. 2019. *Metode Perancangan Teknik*. Program Studi Teknik Mesin. Cilacap: Politeknik Negeri Cilacap.
- Rakhmayadi G.D., dan Pamungkas Adi, 2020. *Perancangan Mesin Rotary Friction Welding Skala Lab untuk Material dengan Suhu Rekrystalisasi di Bawah 850°C*. Prosiding The 11th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung, 26-27 Agustus 2020
- Rochim. T., 2007. *Klasifikasi Proses, Gaya dan Daya Pemesinan*. ITB, Bandung.
- Sularso dan Suga, Kiyokatsu. 2008. *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*, Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sunoyo, Nugroho Gesang, Subarjan dan Sasmito Agus. 2020. *Optimalisasi Fungsi Mesin Bubut untuk Proses Pengelasan Rotary Friction Welding dengan menambah Jig dan Pendorong Hidrolik*. Indonesian Journal and Laboratory, ISSN 2655 4887 (Print), ISSN 2655 1624.
- Wiryosumarto, H., dan Okumura, T., 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT Pratnya Paramita.