

## **PENGARUH PENGELASAN LISTRIK TERHADAP SIFAT MEKANIK PADA ALAT ANGKAT KENDARAAN NIAGA KAPASITAS 2 TON**

**Hendra Tumurang<sup>1)</sup>, Rudy Poeng<sup>2)</sup>, Romels Lumintang<sup>3)</sup>**  
**Teknik Mesin, Universitas Sam Ratulangi Manado**  
**2014**

### **ABSTRACT**

*In the process of the commercial vehicle lifting equipment production, there are many joining processes done by using electric welding. To find out the effect of the process, the tensile strength of the welding process is necessary to be tested.*

*The information of welding strength on the commercial vehicle components is obtainable from the tensile test that has been done over the twelve specimens with the standard rectangular cross-section from the result of welding process. The results of the tensile test show the data of loading and extension that occurred which was then processed to obtain the value of the stress, strain and curves of each specimen.*

*Testing from the specimen it is obtained that the yield strength 461.538 N/mm<sup>2</sup>, the tensile strength of 536.325 N/mm<sup>2</sup>, tenacity 2,451%, the elastic modulus of 353.955 N/mm<sup>2</sup>, resilience and toughness 0.652 and 876.363 N/mm<sup>2</sup>, with an error rate of 5%. The strength of the electric welding showed no significant difference compared to the strength without joining, and did not provide a great influence on the mechanical properties of commercial vehicle components lifting capacity of 2 tons, with an error of 5%. From this experiment it is concluded that electric welding on the equipment can provide sufficient safety.*

*Keywords: Vehicle lifting components, electric welding, mechanical properties*

### **ABSTRAK**

Dalam proses produksi alat angkut kendaraan niaga banyak dilakukan proses penyambungan dengan menggunakan las listrik. Untuk dapat mengetahui pengaruh hasil penyambungan pada alat angkut kendaraan niaga terhadap kekuatan tarik dari pengelasan, perlu dilakukan pengujian terhadap benda uji hasil dari pengelasan.

Informasi kekuatan las pada penyambungan komponen kendaraan niaga diperoleh dari uji tarik yang dilakukan pada dua belas benda uji penampang segi empat standar dari hasil pengelasan. Hasil pengujian tarik yang dilakukan menunjukkan data pembebanan dan perpanjangan yang terjadi yang kemudian dapat diolah untuk mendapatkan nilai tegangan, regangan dan kurva dari setiap benda uji.

Sifat mekanis yang diperoleh pada benda uji dengan pengelasan listrik yaitu kekuatan luluh **461.538** N/mm<sup>2</sup>, kekuatan tarik **536.325** N/mm<sup>2</sup>, keuletan **2,451** %, modulus elastis **353.955** N/mm<sup>2</sup>, kelentingan **0,652** dan ketangguhan **876.363** N/mm<sup>2</sup>, dengan tingkat kesalahan sebesar 5 %. Kekuatan pengelasan listrik tidak menunjukkan perbedaan yang mencolok dibandingkan dengan kekuatan tanpa penyambungan, juga tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap sifat mekanis komponen alat angkut kendaraan niaga kapasitas 2 ton dengan tingkat kesalahan sebesar 5 %. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan penyambungan pengelasan listrik pada alat tersebut dapat memberikan keamanan yang cukup.

Kata kunci : Komponen Alat Angkut, Pengelasan Listrik, Sifat mekanis

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pengelasan merupakan bagian tak terpisahkan dari pertumbuhan peningkatan industri karena memegang peranan utama dalam rekayasa dan reparasi produksi logam. Luasnya penggunaan teknologi ini disebabkan karena bangunan dan mesin yang dibuat dengan teknik penyambungan menjadi ringan dan lebih sederhana dalam proses pembuatannya.

Alat angkat yang dipakai pada mobil mengalami perkembangan yang cukup baik. Alat angkat ini penggunaannya sangat mudah dan efisien dalam membantu pekerjaan, dimana operator dapat melakukan kegiatannya dengan nyaman dan dapat membantu kinerja dalam perawatan atau perbaikan kendaraan mobil. (Goni dan Manopo, 2012)

### **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimanakah sifat mekanis yang dimiliki bahan besi siku komponen alat angkat kendaraan niaga setelah dilas dengan menggunakan las listrik.
2. Adakah pengaruh pengelasan dengan menggunakan las listrik terhadap kekuatan tarik pada alat kendaraan niaga.

### **1.3 Batasan Masalah**

1. Bahan yang digunakan adalah besi siku komponen alat angkat kendaraan niaga kapasitas 2 ton yang

di produksi mahasiswa Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi.

2. Benda uji tarik berjumlah dua belas buah, diproduksi di Laboratorium Teknik Manufaktur Teknik Mesin Unsrat.
3. Pengelasan yang dilakukan adalah pengelasan listrik dengan elektroda terbungkus 3.2 mm dan arus listrik yang digunakan 110 Ampere dan kampuh V tunggal.
4. Analisis pengaruh pengelasan listrik terhadap sifat mekanis alat angkat kendaraan niaga kapasitas 2 ton, hanya membahas kekuatan luluh dan kekuatan tarik rata-rata dari hasil pengujian dua belas benda uji, dengan asumsi luas penampang yang sama.
5. Tingkat keyakinan hasil pengujian ditetapkan 95 %.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

1. Mendapatkan sifat mekanis dari pengujian tarik pada benda uji dengan pengelasan listrik.
2. Mengetahui pengaruh hasil pengelasan dengan las listrik terhadap kekuatan tarik pada alat kendaraan niaga kapasitas 2 ton.

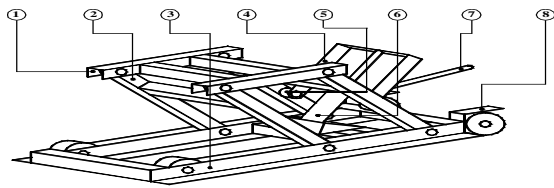
### **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Memberikan wawasan yang luas mengenai teknologi tepat guna.

- Mengetahui nilai hasil tarik yang terjadi pada proses penyambungan setelah proses pengelasan listrik.
- Menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya tentang pengelasan listrik.

## II. LANDASAN TEORI

### 2.1 Alat Angkat Kendaraan Niaga



Gambar 2.1 Alat angkat yang dibuat oleh mahasiswa (Goni dan Manopo, 2012)

Komponen-komponen utama, yaitu: rangka atas, lengan angkat, rangka bawah, lengan penyangga dongkrak, *bushing*, dongkrak botol kapasitas 2 ton, tuas penggerak dan *roller wheel*.

### 2.2 Dasar Uji Tarik

Tegangan:

$$\sigma = \frac{P}{A_o} \dots \dots \dots (2.1)$$

Regangan:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} = \frac{L - L_o}{L_o} \dots \dots \dots (2.2)$$

Hukum *Hooke*:

$$\Delta L = \frac{P}{A} \cdot \frac{L_o}{E} \dots \dots \dots (2.3)$$

#### 2.2.1 Kekuatan Tarik

$$\sigma_u = \frac{P_{maks}}{A_o} \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots \dots \dots (2.4)$$

#### 2.2.2 Kuat Luluh dari Material

$$\sigma_u = \frac{P_{offset}}{A_o} \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots \dots \dots (2.5)$$

#### 2.2.3 Kuletan dari Material

$$E = \frac{\sigma \text{ (N/mm}^2\text{)}}{\varepsilon} \dots \dots \dots (2.7)$$

#### 2.2.4 Modulus Elastis dari Material

$$E = \frac{\sigma \text{ (N/mm}^2\text{)}}{\varepsilon} \dots \dots \dots (2.8)$$

#### 2.2.5 Kelentingan dari Suatu Material

$$U_R = \frac{\sigma_o}{2E} \dots \dots \dots (2.8)$$

#### 2.2.6 Ketangguhan

$$U_T = \frac{2}{3} \sigma_u \cdot \varepsilon_f \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots \dots \dots (2.9)$$

#### 2.2.7 Hasil Pengujian Tarik Tanpa Penyambungan

Hasilnya adalah sebagai berikut: (Walewangko, 2013)

- Kekuatan luluh ( $\sigma_y$ ) = 484.260 N/mm<sup>2</sup>
- Kekuatan Tarik ( $\sigma_u$ ) = 570.810 N/mm<sup>2</sup>

### 2.3 Estimasi Rata-rata Sampel Berukuran Kecil

Dengan ukuran sampel kecil ( $\leq 30$ ), maka dapat ditentukan: (Harinaldi, 2005)

- Derajat Kebebasan  
 $\nu = n - 1 \dots \dots \dots (2.10)$

Dimana  $n$  = jumlah sampel.

- Rata-rata Sampel  
 $\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \dots \dots (2.11)$

- Simpangan Baku  
 $s = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n-1}} \dots \dots (2.12)$

- Chance Of Error*  
 $\alpha = 1 - \text{tingkat kepercayaan} \dots (2.13)$

- Nilai Kritis  
Tergantung pada tingkat kepercayaan dan derajat kebebasan.

Berdasarkan distribusi t nilai kritis (Lampiran 2) dapat ditentukan  $t_{\alpha/2,v}$ .

- *Error* standar

Untuk populasi tak terhingga:

$$\hat{\sigma}_x = \frac{s}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots(2.14)$$

- *Estimate* Interval dari Rata-rata Populasi

$$\bar{x} - t_{\alpha/2,v} \cdot \hat{\sigma}_x < \mu_x < \bar{x} + t_{\alpha/2,v} \cdot \hat{\sigma}_x \dots\dots(2.15)$$

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Di Laboratorium Manufaktur dan Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi. Waktu penelitian dari bulan Februari – April 2014.

#### 3.2 Bahan dan Peralatan

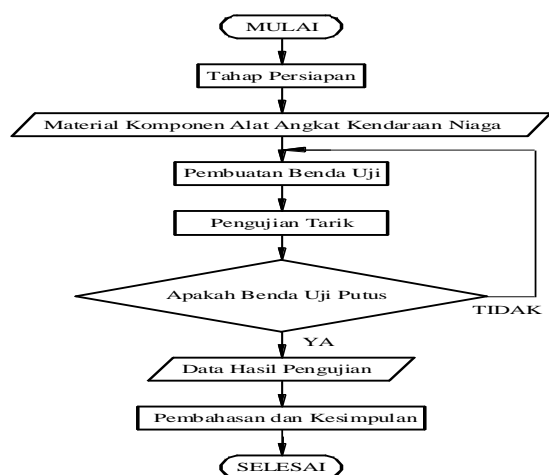
##### 3.2.1 Bahan yang Digunakan

Material komponen alat angkat kendaraan niaga kapasitas 2 ton.

##### 3.2.2 Alat yang Digunakan

Berupa jangka sorong dan mistar baja, gurinda tangan, mesin skrap, mesin frais, mesin gurinda permukaan, mesin las listrik dan mesin uji.

#### 3.3 Prosedur Penelitian

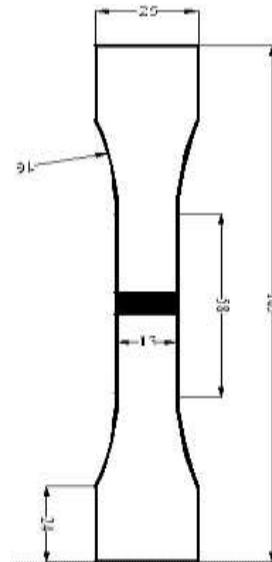


### 3.4 Pengolahan Data

#### 3.4.1 Sumber Data

1. Berupa dimensi yang standar
2. Data pembebanan dan perpanjangan
3. Data dari kepustakaan

#### 3.4.2 Benda Uji Tarik



Gambar 3.2 Benda uji tarik

#### 3.4.3 Proses Pembuatan Benda Uji

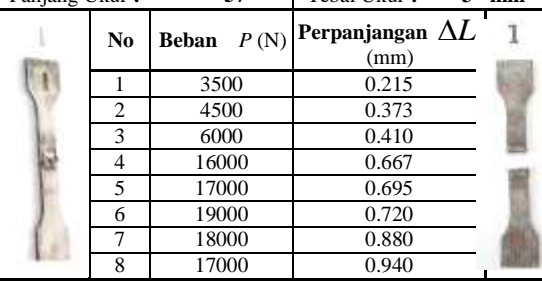
Tabel 3.2 Aliran Proses Pembuatan Benda Uji Tarik

| Proses               | Ilustrasi | Mesin yang Digunakan    |
|----------------------|-----------|-------------------------|
| Raw Material         |           | -                       |
| Pemotongan           |           | Gurinda Tangan          |
| Pembelahan           |           | Gurinda Tangan          |
| Meratakan            |           | Mesin Skrap             |
| Pembentukan          |           | Mesin Frais             |
| Menipiskan           |           | Mesin Gurinda Permukaan |
| Pemotongan Benda Uji |           | Gerinda Tangan          |
| Peyambungan          |           | Mesin Las Listrik       |

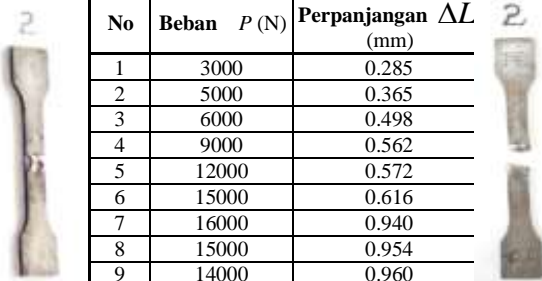
#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Hasil Pengamatan

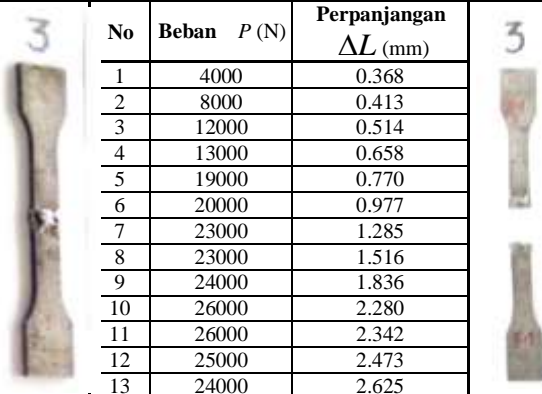
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Tarik  
Benda Uji 1 sampai 12

| Benda Uji 1                 |             |                              |   |
|-----------------------------|-------------|------------------------------|---|
| Bahan Benda Uji : Besi Siku |             | Lebar Ukur : 13 mm           |   |
| Panjang Ukur : 57           |             | Tebal Ukur : 3 mm            |   |
| No                          | Beban P (N) | Perpanjangan $\Delta L$ (mm) |   |
| 1                           | 3500        | 0.215                        |  |
| 2                           | 4500        | 0.373                        |   |
| 3                           | 6000        | 0.410                        |   |
| 4                           | 16000       | 0.667                        |   |
| 5                           | 17000       | 0.695                        |   |
| 6                           | 19000       | 0.720                        |   |
| 7                           | 18000       | 0.880                        |   |
| 8                           | 17000       | 0.940                        |   |

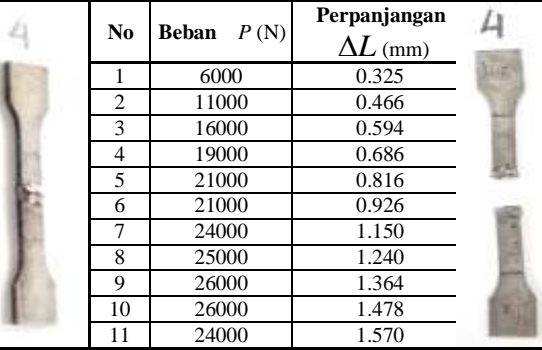
  

| Benda Uji 2 |             |                              |  |
|-------------|-------------|------------------------------|--|
| No          | Beban P (N) | Perpanjangan $\Delta L$ (mm) |  |
| 1           | 3000        | 0.285                        |  |
| 2           | 5000        | 0.365                        |  |
| 3           | 6000        | 0.498                        |  |
| 4           | 9000        | 0.562                        |  |
| 5           | 12000       | 0.572                        |  |
| 6           | 15000       | 0.616                        |  |
| 7           | 16000       | 0.940                        |  |
| 8           | 15000       | 0.954                        |  |
| 9           | 14000       | 0.960                        |  |

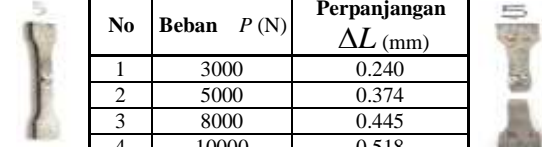
  


| Benda Uji 3 |             |                              |   |
|-------------|-------------|------------------------------|---|
| No          | Beban P (N) | Perpanjangan $\Delta L$ (mm) |   |
| 1           | 4000        | 0.368                        |  |
| 2           | 8000        | 0.413                        |   |
| 3           | 12000       | 0.514                        |   |
| 4           | 13000       | 0.658                        |   |
| 5           | 19000       | 0.770                        |   |
| 6           | 20000       | 0.977                        |   |
| 7           | 23000       | 1.285                        |   |
| 8           | 23000       | 1.516                        |   |
| 9           | 24000       | 1.836                        |   |
| 10          | 26000       | 2.280                        |   |
| 11          | 26000       | 2.342                        |   |
| 12          | 25000       | 2.473                        |   |
| 13          | 24000       | 2.625                        |   |


| Benda Uji 4 |             |                              |   |
|-------------|-------------|------------------------------|---|
| No          | Beban P (N) | Perpanjangan $\Delta L$ (mm) |   |
| 1           | 6000        | 0.325                        |  |
| 2           | 11000       | 0.466                        |   |
| 3           | 16000       | 0.594                        |   |
| 4           | 19000       | 0.686                        |   |
| 5           | 21000       | 0.816                        |   |
| 6           | 21000       | 0.926                        |   |
| 7           | 24000       | 1.150                        |   |
| 8           | 25000       | 1.240                        |   |
| 9           | 26000       | 1.364                        |   |
| 10          | 26000       | 1.478                        |   |
| 11          | 24000       | 1.570                        |   |

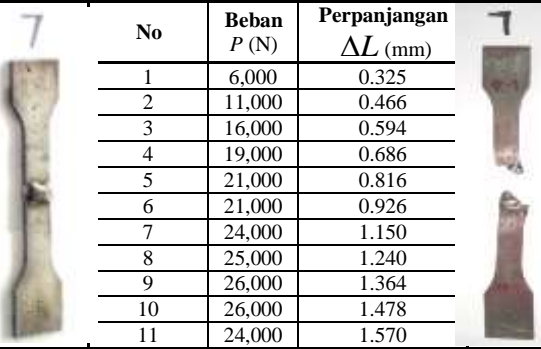
| Benda Uji 5 |             |                              |   |
|-------------|-------------|------------------------------|---|
| No          | Beban P (N) | Perpanjangan $\Delta L$ (mm) |   |
| 1           | 3000        | 0.240                        |  |
| 2           | 5000        | 0.374                        |   |
| 3           | 8000        | 0.445                        |   |
| 4           | 10000       | 0.518                        |   |

|    |       |       |  |
|----|-------|-------|--|
| 5  | 14000 | 0.642 |  |
| 6  | 18000 | 0.765 |  |
| 7  | 21000 | 0.885 |  |
| 8  | 21000 | 0.965 |  |
| 9  | 20000 | 1.260 |  |
| 10 | 19000 | 1.410 |  |

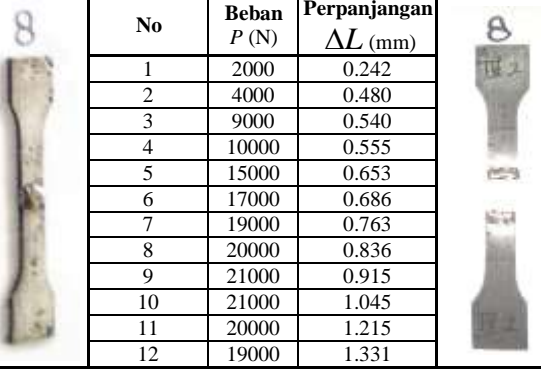
  

| Benda Uji 6 |             |                              |  |
|-------------|-------------|------------------------------|--|
| No          | Beban P (N) | Perpanjangan $\Delta L$ (mm) |  |
| 1           | 2000        | 0.270                        |  |
| 2           | 3000        | 0.350                        |  |
| 3           | 5000        | 0.439                        |  |
| 4           | 7000        | 0.547                        |  |
| 5           | 14000       | 0.676                        |  |
| 6           | 15000       | 0.743                        |  |
| 7           | 18000       | 0.895                        |  |
| 8           | 20000       | 0.945                        |  |
| 9           | 21000       | 1.030                        |  |
| 10          | 22000       | 1.119                        |  |
| 11          | 22000       | 1.360                        |  |
| 12          | 21000       | 1.542                        |  |
| 13          | 20000       | 1.621                        |  |
| 14          | 19000       | 1.790                        |  |
| 15          | 16000       | 1.830                        |  |

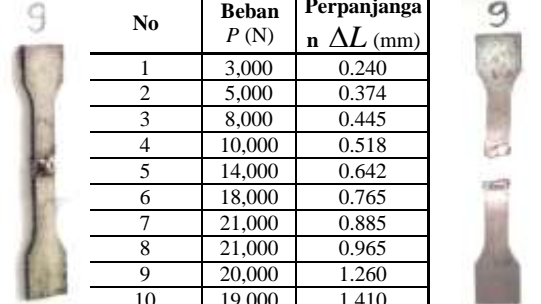
  

| Benda Uji 7 |             |                              |   |
|-------------|-------------|------------------------------|---|
| No          | Beban P (N) | Perpanjangan $\Delta L$ (mm) |   |
| 1           | 6,000       | 0.325                        |  |
| 2           | 11,000      | 0.466                        |   |
| 3           | 16,000      | 0.594                        |   |
| 4           | 19,000      | 0.686                        |   |
| 5           | 21,000      | 0.816                        |   |
| 6           | 21,000      | 0.926                        |   |
| 7           | 24,000      | 1.150                        |   |
| 8           | 25,000      | 1.240                        |   |
| 9           | 26,000      | 1.364                        |   |
| 10          | 26,000      | 1.478                        |   |
| 11          | 24,000      | 1.570                        |   |

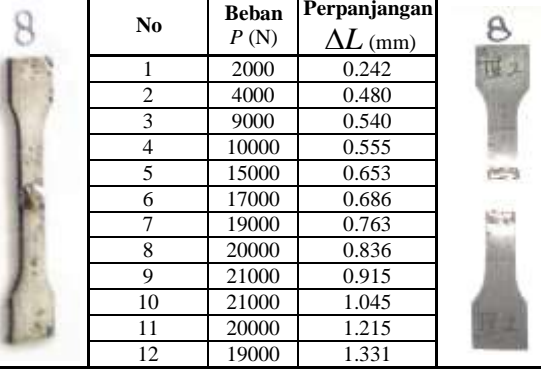
  




| Benda Uji 8 |             |                              |  |
|-------------|-------------|------------------------------|--|
| No          | Beban P (N) | Perpanjangan $\Delta L$ (mm) |  |
| 1           | 2000        | 0.242                        |  |
| 2           | 4000        | 0.480                        |  |
| 3           | 9000        | 0.540                        |  |
| 4           | 10000       | 0.555                        |  |
| 5           | 15000       | 0.653                        |  |
| 6           | 17000       | 0.686                        |  |
| 7           | 19000       | 0.763                        |  |
| 8           | 20000       | 0.836                        |  |
| 9           | 21000       | 0.915                        |  |
| 10          | 21000       | 1.045                        |  |
| 11          | 20000       | 1.215                        |  |
| 12          | 19000       | 1.331                        |  |

| Benda Uji 9 |             |                              |  |
|-------------|-------------|------------------------------|--|
| No          | Beban P (N) | Perpanjangan $\Delta L$ (mm) |  |
| 1           | 3,000       | 0.240                        |  |
| 2           | 5,000       | 0.374                        |  |
| 3           | 8,000       | 0.445                        |  |
| 4           | 10,000      | 0.518                        |  |
| 5           | 14,000      | 0.642                        |  |
| 6           | 18,000      | 0.765                        |  |
| 7           | 21,000      | 0.885                        |  |
| 8           | 21,000      | 0.965                        |  |
| 9           | 20,000      | 1.260                        |  |
| 10          | 19,000      | 1.410                        |  |

| Benda Uji 10 |             |                              |  |
|--------------|-------------|------------------------------|--|
| No           | Beban P (N) | Perpanjangan $\Delta L$ (mm) |  |
| 1            | 2000        | 0.242                        |  |
| 2            | 4000        | 0.480                        |  |
| 3            | 9000        | 0.540                        |  |
| 4            | 10000       | 0.555                        |  |
| 5            | 15000       | 0.653                        |  |
| 6            | 17000       | 0.686                        |  |
| 7            | 19000       | 0.763                        |  |
| 8            | 20000       | 0.836                        |  |
| 9            | 21000       | 0.915                        |  |
| 10           | 21000       | 1.045                        |  |
| 11           | 20000       | 1.215                        |  |
| 12           | 19000       | 1.331                        |  |

|  |           |                    |                             |
|--|-----------|--------------------|-----------------------------|
|   | 1         | 2000               | 0.180                       |
|  | 2         | 4000               | 0.281                       |
|  | 3         | 9000               | 0.374                       |
|  | 4         | 12000              | 0.454                       |
|  | 5         | 15000              | 0.534                       |
|  | 6         | 17000              | 0.560                       |
|  | 7         | 18000              | 0.640                       |
|  | 8         | 19000              | 0.682                       |
|  | 9         | 19000              | 0.756                       |
|  | 10        | 18000              | 0.794                       |
|  | 11        | 17000              | 0.923                       |
|  | 12        | 16000              | 1.252                       |
| <b>Benda Uji 11</b>  |           |                    |                             |
|   | <b>No</b> | <b>Beban P (N)</b> | <b>Perpanjangan ΔL (mm)</b> |
|  | 1         | 2000               | 0.179                       |
|  | 2         | 4000               | 0.265                       |
|  | 3         | 7000               | 0.351                       |
|  | 4         | 12000              | 0.435                       |
|  | 5         | 16000              | 0.580                       |
|  | 6         | 17000              | 0.625                       |
|  | 7         | 17000              | 0.735                       |
|  | 8         | 16000              | 0.755                       |
|  | 9         | 15000              | 0.780                       |
|  | 10        | 14000              | 0.830                       |
| <b>Benda Uji 12</b>  |           |                    |                             |
|  | <b>No</b> | <b>Beban P (N)</b> | <b>Perpanjangan ΔL (mm)</b> |
|  | 1         | 3000               | 0.115                       |
|  | 2         | 5000               | 0.281                       |
|  | 3         | 8000               | 0.353                       |
|  | 4         | 11000              | 0.418                       |
|  | 5         | 14000              | 0.472                       |
|  | 6         | 17000              | 0.543                       |
|  | 7         | 18000              | 0.674                       |
|  | 8         | 19000              | 0.750                       |
|  | 9         | 19000              | 0.883                       |
|  | 10        | 18000              | 0.922                       |
| 11   | 17000     | 1.057              |                             |

## 4.2 Hasil Pengolahan Data

Dari tabel 4.1 dapat dihitung tegangan dan regangan benda uji 1, sebagai berikut:

- Luas penampang

Berdasarkan persamaan (2.4), didapatkan:

$$A_o = b_o \cdot h_o = (3) \cdot (13) = 39.000 \text{ mm}^2$$

- Tegangan

Berdasarkan persamaan (2.1), didapatkan:

$$\sigma_i = \frac{P_i}{A_o}$$

$$\sigma_1 = \frac{3500}{39.000} = 89.744 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{4500}{39.000} = 115.385 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_3 = \frac{6000}{74.100} = 153.846 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_4 = \frac{16000}{39.000} = 410.256 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_5 = \frac{17000}{39.000} = 435.897 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_6 = \frac{19000}{39.000} = 487.179 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_7 = \frac{18000}{39.000} = 461.538 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_8 = \frac{17000}{39.000} = 435.897 \text{ N/mm}^2$$

- Regangan

Berdasarkan persamaan (2.1), didapatkan:

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta L_i}{L_o} \cdot 100\%$$

$$\varepsilon_1 = \frac{0.215}{57} \cdot 100\% = 0.377\%$$

$$\varepsilon_2 = \frac{0.373}{57} \cdot 100\% = 0.654\%$$

$$\varepsilon_3 = \frac{0.410}{57} \cdot 100\% = 0.719\%$$

$$\varepsilon_4 = \frac{0.667}{57} \cdot 100\% = 1.170\%$$

$$\varepsilon_5 = \frac{0.695}{57} \cdot 100\% = 1.219\%$$

$$\varepsilon_6 = \frac{0.720}{57} \cdot 100\% = 1.263\%$$

$$\varepsilon_7 = \frac{0.880}{57} \cdot 100\% = 1.544\%$$

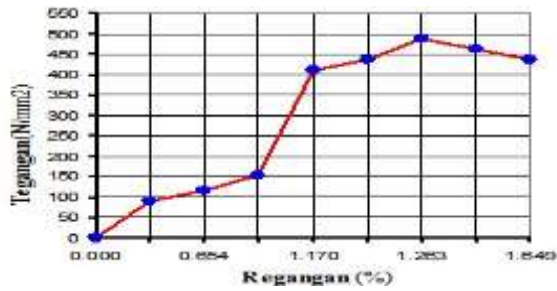
$$\varepsilon_8 = \frac{0.940}{57} \cdot 100\% = 1.649\%$$

Hasil perhitungan tegangan dan regangan benda uji 1 ini dapat dibuatkan kurva hasil pengujian tarik, seperti diperlihatkan pada tabel 4.2.



Tabel 4.2 Hasil Pengolahan Benda Uji 1

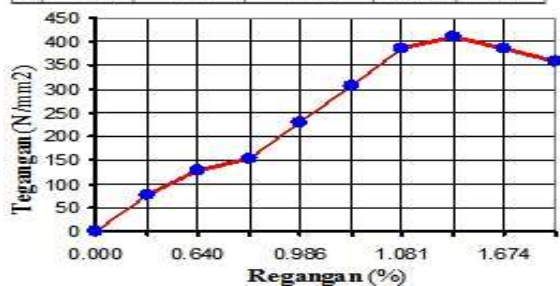
| No | Beban P (N) | Perpanjangan $\Delta L$ (mm) | Luas Penampang $A_0$ (mm <sup>2</sup> ) | Tegangan $\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Regangan $\epsilon$ (%) |
|----|-------------|------------------------------|---|--|-------------------------|
| 0  | 0.000       | 0.000                        | 39.000                                  | 0.000                                  | 0.000                   |
| 1  | 3500        | 0.215                        | 39.000                                  | 89.744                                 | 0.377                   |
| 2  | 4500        | 0.373                        | 39.000                                  | 115.385                                | 0.654                   |
| 3  | 6000        | 0.410                        | 39.000                                  | 153.846                                | 0.719                   |
| 4  | 16000       | 0.667                        | 39.000                                  | 410.256                                | 1.219                   |
| 5  | 17000       | 0.695                        | 39.000                                  | 435.897                                | 1.263                   |
| 6  | 19000       | 0.720                        | 39.000                                  | 487.179                                | 1.263                   |
| 7  | 18000       | 0.880                        | 39.000                                  | 461.538                                | 1.544                   |
| 8  | 17000       | 0.940                        | 39.000                                  | 435.897                                | 1.649                   |



Warna merah merupakan tegangan luluh dan warna biru merupakan tegangan maksimum pada kurva. Dengan cara yang sama dapat pula dihitung atau diolah untuk benda uji lainnya (Benda uji 2 hingga benda uji 12).

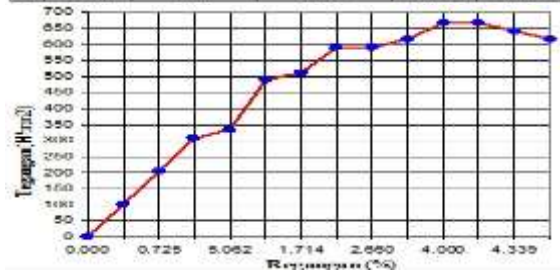
Tabel 4.3 Hasil Pengolahan Benda Uji 2

| No | Beban P (N) | Perpanjangan $\Delta L$ (mm) | Luas Penampang $A_0$ (mm <sup>2</sup> ) | Tegangan $\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Regangan $\epsilon$ (%) |
|----|-------------|------------------------------|---|--|-------------------------|
| 0  | 0.000       | 0.000                        | 39.000                                  | 0.000                                  | 0.000                   |
| 1  | 3000        | 0.285                        | 39.000                                  | 76.923                                 | 0.500                   |
| 2  | 5000        | 0.365                        | 39.000                                  | 128.205                                | 0.640                   |
| 3  | 6000        | 0.498                        | 39.000                                  | 153.846                                | 0.874                   |
| 4  | 9000        | 0.562                        | 39.000                                  | 230.769                                | 0.986                   |
| 5  | 12000       | 0.572                        | 39.000                                  | 307.692                                | 1.004                   |
| 6  | 15000       | 0.616                        | 39.000                                  | 384.615                                | 1.061                   |
| 7  | 16000       | 0.940                        | 39.000                                  | 410.256                                | 1.649                   |
| 8  | 15000       | 0.954                        | 39.000                                  | 384.615                                | 1.674                   |
| 9  | 14000       | 0.960                        | 39.000                                  | 358.974                                | 1.649                   |



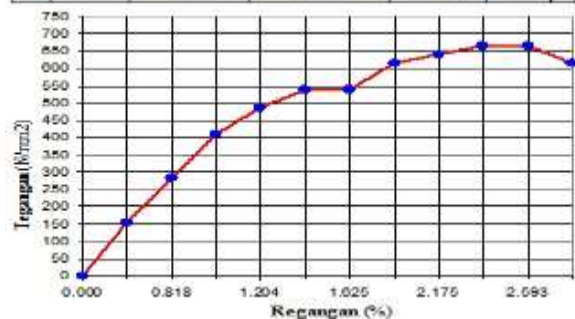
Tabel 4.4 Hasil Pengolahan Benda Uji 3

| No | Beban P (N) | Perpanjangan $\Delta L$ (mm) | Luas Penampang $A_0$ (mm <sup>2</sup> ) | Tegangan $\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Regangan $\epsilon$ (%) |
|----|-------------|------------------------------|---|--|-------------------------|
| 0  | 0.000       | 0.000                        | 39.000                                  | 0.000                                  | 0.000                   |
| 1  | 4000        | 0.368                        | 39.000                                  | 102.564                                | 0.646                   |
| 2  | 8000        | 0.413                        | 39.000                                  | 205.128                                | 0.725                   |
| 3  | 12000       | 0.514                        | 39.000                                  | 307.692                                | 0.902                   |
| 4  | 13000       | 0.658                        | 39.000                                  | 333.333                                | 5.062                   |
| 5  | 19000       | 0.770                        | 39.000                                  | 487.179                                | 1.351                   |
| 6  | 20000       | 0.977                        | 39.000                                  | 512.821                                | 1.714                   |
| 7  | 23000       | 1.265                        | 39.000                                  | 589.744                                | 2.254                   |
| 8  | 23000       | 1.516                        | 39.000                                  | 589.744                                | 2.660                   |
| 9  | 24000       | 1.836                        | 39.000                                  | 615.385                                | 3.221                   |
| 10 | 26000       | 2.280                        | 39.000                                  | 666.667                                | 4.000                   |
| 11 | 26000       | 2.342                        | 39.000                                  | 666.667                                | 4.199                   |
| 12 | 25000       | 2.473                        | 39.000                                  | 641.026                                | 4.339                   |
| 13 | 24000       | 2.625                        | 39.000                                  | 615.385                                | 4.605                   |



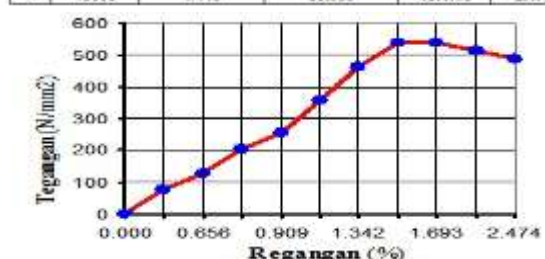
Tabel 4.5 Hasil Pengolahan Benda Uji 4

| No | Beban P (N) | Perpanjangan $\Delta L$ (mm) | Luas Penampang $A_0$ (mm <sup>2</sup> ) | Tegangan $\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Regangan $\epsilon$ (%) |
|----|-------------|------------------------------|---|--|-------------------------|
| 0  | 0.000       | 0.000                        | 39.000                                  | 0.000                                  | 0.000                   |
| 1  | 6000        | 0.325                        | 39.000                                  | 153.846                                | 0.570                   |
| 2  | 11000       | 0.466                        | 39.000                                  | 282.051                                | 0.818                   |
| 3  | 16000       | 0.594                        | 39.000                                  | 410.256                                | 1.042                   |
| 4  | 19000       | 0.686                        | 39.000                                  | 487.179                                | 1.204                   |
| 5  | 21000       | 0.816                        | 39.000                                  | 538.462                                | 1.432                   |
| 6  | 21000       | 0.926                        | 39.000                                  | 538.462                                | 1.625                   |
| 7  | 24000       | 1.150                        | 39.000                                  | 615.385                                | 2.018                   |
| 8  | 25000       | 1.240                        | 39.000                                  | 641.026                                | 2.175                   |
| 9  | 26000       | 1.364                        | 39.000                                  | 666.667                                | 2.393                   |
| 10 | 26000       | 1.478                        | 39.000                                  | 666.667                                | 2.593                   |
| 11 | 24000       | 1.570                        | 39.000                                  | 615.385                                | 2.754                   |



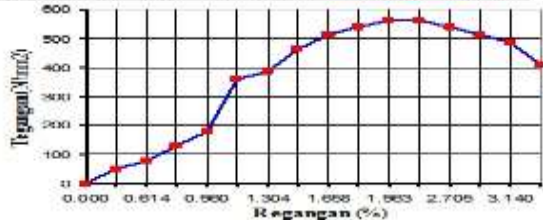
Tabel 4.6 Hasil Pengolahan Benda Uji 5

| No | Beban P (N) | Perpanjangan $\Delta L$ (mm) | Luas Penampang $A_0$ (mm <sup>2</sup> ) | Tegangan $\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Regangan $\epsilon$ (%) |
|----|-------------|------------------------------|---|--|-------------------------|
| 0  | 0.000       | 0.000                        | 39.000                                  | 0.000                                  | 0.000                   |
| 1  | 3000        | 0.240                        | 39.000                                  | 76.923                                 | 0.421                   |
| 2  | 5000        | 0.374                        | 39.000                                  | 128.205                                | 0.656                   |
| 3  | 8000        | 0.445                        | 39.000                                  | 205.128                                | 0.781                   |
| 4  | 10000       | 0.518                        | 39.000                                  | 256.410                                | 0.909                   |
| 5  | 14000       | 0.642                        | 39.000                                  | 358.974                                | 1.126                   |
| 6  | 18000       | 0.765                        | 39.000                                  | 461.538                                | 1.342                   |
| 7  | 21000       | 0.885                        | 39.000                                  | 538.462                                | 1.553                   |
| 8  | 21000       | 0.965                        | 39.000                                  | 538.462                                | 1.693                   |
| 9  | 20000       | 1.260                        | 39.000                                  | 512.821                                | 2.211                   |
| 10 | 19000       | 1.410                        | 39.000                                  | 487.179                                | 2.474                   |



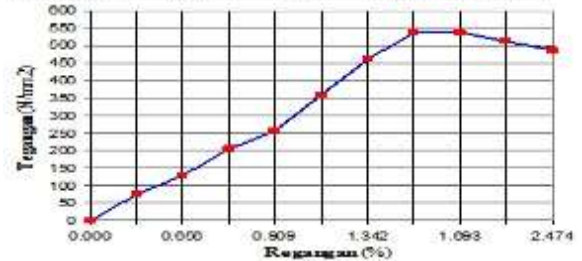
Tabel 4.7 Hasil Pengolahan Benda Uji 6

| No | Beban P (N) | Perpanjangan $\Delta L$ (mm) | Luas Penampang $A_0$ (mm <sup>2</sup> ) | Tegangan $\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Regangan $\epsilon$ (%) |
|----|-------------|------------------------------|---|--|-------------------------|
| 0  | 0.000       | 0.000                        | 39.000                                  | 0.000                                  | 0.000                   |
| 1  | 2000        | 0.270                        | 39.000                                  | 51.282                                 | 0.474                   |
| 2  | 3000        | 0.350                        | 39.000                                  | 76.923                                 | 0.814                   |
| 3  | 5000        | 0.439                        | 39.000                                  | 128.205                                | 0.770                   |
| 4  | 7000        | 0.547                        | 39.000                                  | 179.487                                | 0.960                   |
| 5  | 14000       | 0.676                        | 39.000                                  | 358.974                                | 1.186                   |
| 6  | 15000       | 0.743                        | 39.000                                  | 384.615                                | 1.304                   |
| 7  | 19000       | 0.895                        | 39.000                                  | 461.538                                | 1.570                   |
| 8  | 20000       | 0.945                        | 39.000                                  | 512.821                                | 1.658                   |
| 9  | 21000       | 1.030                        | 39.000                                  | 538.462                                | 1.807                   |
| 10 | 22000       | 1.119                        | 39.000                                  | 564.103                                | 1.963                   |
| 11 | 22000       | 1.360                        | 39.000                                  | 564.103                                | 2.385                   |
| 12 | 21000       | 1.542                        | 39.000                                  | 538.462                                | 2.705                   |
| 13 | 20000       | 1.621                        | 39.000                                  | 512.821                                | 2.844                   |
| 14 | 19000       | 1.790                        | 39.000                                  | 487.179                                | 3.140                   |
| 15 | 16000       | 1.830                        | 39.000                                  | 410.256                                | 3.211                   |



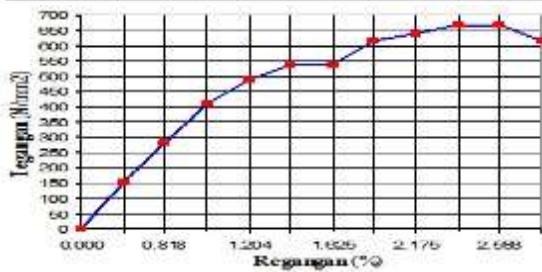
Tabel 4.10 Hasil Pengolahan Benda Uji 9

| No | Beban P (N) | Perpanjangan $\Delta L$ (mm) | Luas Penampang $A_0$ (mm <sup>2</sup> ) | Tegangan $\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Regangan $\epsilon$ (%) |
|----|-------------|------------------------------|---|--|-------------------------|
| 0  | 0.000       | 0.000                        | 39.000                                  | 0.000                                  | 0.000                   |
| 1  | 3.000       | 0.240                        | 39.000                                  | 76.923                                 | 0.421                   |
| 2  | 5.000       | 0.374                        | 39.000                                  | 128.205                                | 0.656                   |
| 3  | 8.000       | 0.445                        | 39.000                                  | 205.128                                | 0.781                   |
| 4  | 10.000      | 0.518                        | 39.000                                  | 256.410                                | 0.909                   |
| 5  | 14.000      | 0.642                        | 39.000                                  | 358.974                                | 1.126                   |
| 6  | 18.000      | 0.765                        | 39.000                                  | 461.538                                | 1.342                   |
| 7  | 21.000      | 0.885                        | 39.000                                  | 538.462                                | 1.553                   |
| 8  | 21.000      | 0.965                        | 39.000                                  | 538.462                                | 1.693                   |
| 9  | 20.000      | 1.260                        | 39.000                                  | 512.821                                | 2.211                   |
| 10 | 19.000      | 1.410                        | 39.000                                  | 487.179                                | 2.474                   |



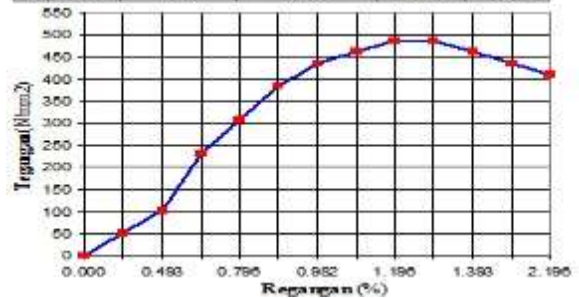
Tabel 4.8 Hasil Pengolahan Benda Uji 7

| No | Beban P (N) | Perpanjangan $\Delta L$ (mm) | Luas Penampang $A_0$ (mm <sup>2</sup> ) | Tegangan $\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Regangan $\epsilon$ (%) |
|----|-------------|------------------------------|---|--|-------------------------|
| 0  | 0.000       | 0.000                        | 39.000                                  | 0.000                                  | 0.000                   |
| 1  | 6.000       | 0.325                        | 39.000                                  | 153.846                                | 0.570                   |
| 2  | 11.000      | 0.466                        | 39.000                                  | 282.051                                | 0.818                   |
| 3  | 16.000      | 0.594                        | 39.000                                  | 410.256                                | 1.042                   |
| 4  | 19.000      | 0.686                        | 39.000                                  | 487.179                                | 1.204                   |
| 5  | 21.000      | 0.816                        | 39.000                                  | 538.462                                | 1.432                   |
| 6  | 21.000      | 0.926                        | 39.000                                  | 538.462                                | 1.625                   |
| 7  | 24.000      | 1.150                        | 39.000                                  | 615.385                                | 2.018                   |
| 8  | 25.000      | 1.240                        | 39.000                                  | 641.026                                | 2.175                   |
| 9  | 26.000      | 1.364                        | 39.000                                  | 666.667                                | 2.393                   |
| 10 | 26.000      | 1.478                        | 39.000                                  | 666.667                                | 2.593                   |
| 11 | 24.000      | 1.570                        | 39.000                                  | 615.385                                | 2.754                   |



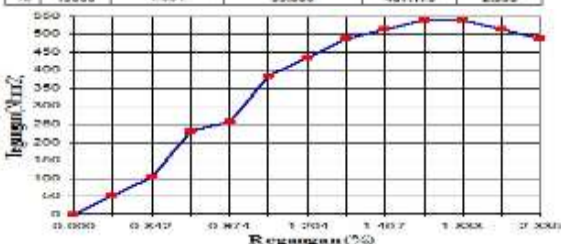
Tabel 4.11 Hasil Pengolahan Benda Uji 10

| No | Beban P (N) | Perpanjangan $\Delta L$ (mm) | Luas Penampang $A_0$ (mm <sup>2</sup> ) | Tegangan $\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Regangan $\epsilon$ (%) |
|----|-------------|------------------------------|---|--|-------------------------|
| 0  | 0.000       | 0.000                        | 39.000                                  | 0.000                                  | 0.000                   |
| 1  | 2000        | 0.180                        | 39.000                                  | 51.282                                 | 0.316                   |
| 2  | 4000        | 0.281                        | 39.000                                  | 102.564                                | 0.493                   |
| 3  | 9000        | 0.374                        | 39.000                                  | 230.769                                | 0.656                   |
| 4  | 12000       | 0.454                        | 39.000                                  | 307.692                                | 0.796                   |
| 5  | 15000       | 0.534                        | 39.000                                  | 384.615                                | 0.937                   |
| 6  | 17000       | 0.560                        | 39.000                                  | 435.897                                | 0.982                   |
| 7  | 18000       | 0.640                        | 39.000                                  | 461.538                                | 1.123                   |
| 8  | 19000       | 0.682                        | 39.000                                  | 487.179                                | 1.196                   |
| 9  | 19000       | 0.756                        | 39.000                                  | 487.179                                | 1.326                   |
| 10 | 18000       | 0.794                        | 39.000                                  | 461.538                                | 1.393                   |
| 11 | 17000       | 0.923                        | 39.000                                  | 435.897                                | 1.619                   |
| 12 | 16000       | 1.252                        | 39.000                                  | 410.256                                | 2.196                   |



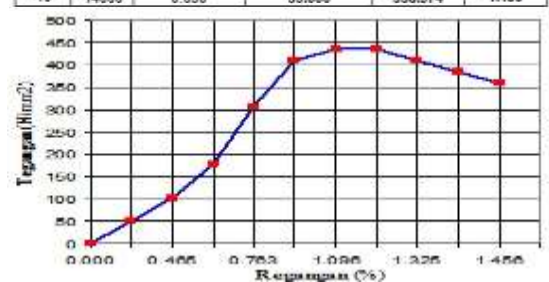
Tabel 4.9 Hasil Pengolahan Benda Uji 8

| No | Beban P (N) | Perpanjangan $\Delta L$ (mm) | Luas Penampang $A_0$ (mm <sup>2</sup> ) | Tegangan $\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Regangan $\epsilon$ (%) |
|----|-------------|------------------------------|---|--|-------------------------|
| 0  | 0.000       | 0.000                        | 39.000                                  | 0.000                                  | 0.000                   |
| 1  | 2000        | 0.242                        | 39.000                                  | 51.282                                 | 0.425                   |
| 2  | 4000        | 0.480                        | 39.000                                  | 102.564                                | 0.842                   |
| 3  | 9000        | 0.540                        | 39.000                                  | 230.769                                | 0.947                   |
| 4  | 10000       | 0.555                        | 39.000                                  | 256.410                                | 0.974                   |
| 5  | 15000       | 0.653                        | 39.000                                  | 384.615                                | 1.146                   |
| 6  | 17000       | 0.686                        | 39.000                                  | 435.897                                | 1.204                   |
| 7  | 19000       | 0.763                        | 39.000                                  | 487.179                                | 1.339                   |
| 8  | 20000       | 0.836                        | 39.000                                  | 512.821                                | 1.467                   |
| 9  | 21000       | 0.915                        | 39.000                                  | 538.462                                | 1.605                   |
| 10 | 21000       | 1.045                        | 39.000                                  | 538.462                                | 1.833                   |
| 11 | 20000       | 1.215                        | 39.000                                  | 512.821                                | 2.132                   |
| 12 | 19000       | 1.331                        | 39.000                                  | 487.179                                | 2.335                   |



Tabel 4.12 Hasil Pengolahan Benda Uji 11

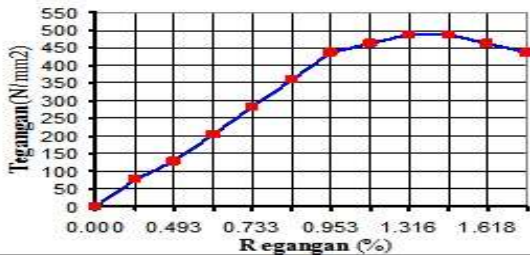
| No | Beban P (N) | Perpanjangan $\Delta L$ (mm) | Luas Penampang $A_0$ (mm <sup>2</sup> ) | Tegangan $\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> ) | Regangan $\epsilon$ (%) |
|----|-------------|------------------------------|---|--|-------------------------|
| 0  | 0.000       | 0.000                        | 39.000                                  | 0.000                                  | 0.000                   |
| 1  | 2000        | 0.179                        | 39.000                                  | 51.282                                 | 0.314                   |
| 2  | 4000        | 0.265                        | 39.000                                  | 102.564                                | 0.465                   |
| 3  | 7000        | 0.351                        | 39.000                                  | 179.487                                | 0.616                   |
| 4  | 12000       | 0.435                        | 39.000                                  | 307.692                                | 0.763                   |
| 5  | 16000       | 0.580                        | 39.000                                  | 410.256                                | 1.018                   |
| 6  | 17000       | 0.625                        | 39.000                                  | 435.897                                | 1.096                   |
| 7  | 17000       | 0.735                        | 39.000                                  | 435.897                                | 1.289                   |
| 8  | 16000       | 0.755                        | 39.000                                  | 410.256                                | 1.325                   |
| 9  | 15000       | 0.780                        | 39.000                                  | 384.615                                | 1.368                   |
| 10 | 14000       | 0.830                        | 39.000                                  | 358.974                                | 1.456                   |





Tabel 4.13 Hasil Pengolahan Benda Uji 12

| No | Beban P (N) | Perpanjangan ΔL (mm) | Luas Penampang A <sub>0</sub> (mm <sup>2</sup> ) | Tegangan σ (N/mm <sup>2</sup> ) | Regangan ε (%) |
|----|-------------|----------------------|--|---------------------------------|----------------|
| 0  | 0.000       | 0.000                | 0.000  | 0.000                           | 0.000          |
| 1  | 3000        | 0.115                | 39.000   | 76.923                          | 0.202          |
| 2  | 5000        | 0.281                | 39.000   | 128.205                         | 0.493          |
| 3  | 8000        | 0.353                | 39.000   | 205.128                         | 0.619          |
| 4  | 11000       | 0.418                | 39.000   | 282.051                         | 0.733          |
| 5  | 14000       | 0.472                | 39.000   | 358.974                         | 0.828          |
| 6  | 17000       | 0.543                | 39.000   | 435.897                         | 0.953          |
| 7  | 18000       | 0.674                | 39.000   | 461.538                         | 1.182          |
| 8  | 19000       | 0.750                | 39.000   | 487.179                         | 1.316          |
| 9  | 19000       | 0.883                | 39.000   | 487.179                         | 1.549          |
| 10 | 18000       | 0.922                | 39.000   | 461.538                         | 1.618          |
| 11 | 17000       | 1.057                | 39.000   | 435.897                         | 1.854          |



Tabel 4.14 Kekuatan Tarik Hasil Pengujian

| Pengujian    | Tegangan Luluh σ <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Regangan Luluh ε <sub>y</sub> (%) | Tegangan Maksimum σ <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | Regangan Patah ε <sub>f</sub> (%) |
|--------------|--|-----------------------------------|---|-----------------------------------|
| Benda Uji 1  | 410.256  | 1.170                             | 487.179   | 1.649                             |
| Benda Uji 2  | 384.615  | 1.081                             | 410.256   | 1.649                             |
| Benda Uji 3  | 589.744  | 2.254                             | 666.667   | 4.605                             |
| Benda Uji 4  | 538.462  | 1.432                             | 666.667   | 2.754                             |
| Benda Uji 5  | 461.538  | 1.342                             | 538.462   | 2.474                             |
| Benda Uji 6  | 384.615  | 1.304                             | 564.103   | 3.211                             |
| Benda Uji 7  | 538.462  | 1.432                             | 666.667   | 2.754                             |
| Benda Uji 8  | 487.179  | 1.339                             | 538.462   | 2.335                             |
| Benda Uji 9  | 461.538  | 1.342                             | 538.462   | 2.474                             |
| Benda Uji 10 | 435.897  | 0.982                             | 487.179   | 2.196                             |
| Benda Uji 11 | 410.256  | 1.018                             | 384.615   | 1.456                             |
| Benda Uji 12 | 435.897  | 0.953                             | 487.179   | 1.854                             |
| Rata-rata    | 461.538  | 1.304                             | 536.325   | 2.451                             |

- Estimasi Rata-rata Tegangan Luluh
  - Tegangan luluh rata-rata, dari tabel 4.14 diketahui  $\bar{\sigma}_y = 461.538 \text{ N/mm}^2$ .
  - Simpangan baku, dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.12):

$$s = \sqrt{\frac{(\sigma_{y1} - \bar{\sigma}_y)^2 + (\sigma_{y2} - \bar{\sigma}_y)^2 + \dots + (\sigma_{y12} - \bar{\sigma}_y)^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{(410.256 - 461.538)^2 + (384.615 - 461.538)^2 + \dots + (435.897 - 461.538)^2}{12-1}}$$

$$= 65.600$$

- *Chance of error*, dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.13):  
 $\alpha = 1 - \text{tingkat kepercayaan}$

$$= 1 - 95\% = 0.05$$

- *Error Standar*, dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.14):

$$\hat{\sigma}_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$= \frac{65.600}{\sqrt{12}} = 10.933$$

- Nilai kritis, dapat ditentukan berdasarkan lampiran 2:

$$t_{\alpha/2; (n-1)} = t_{(0.05/2); (12-1)} = t_{0.025; 11} = 2.201$$

- Estimasi interval rata-rata tegangan luluh, dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.15):

$$\bar{\sigma}_y - t_{\alpha/2; (n-1)} \cdot \hat{\sigma}_{\bar{x}} < \mu_x < \bar{\sigma}_y + t_{\alpha/2; (n-1)} \cdot \hat{\sigma}_{\bar{x}}$$

$$461.538 - (2.201) \cdot (10.933) < \mu_x < 461.538 + (2.201) \cdot (10.933)$$

$$437.474 < \mu_x < 485.603$$

Dengan demikian tegangan luluh rata-rata yang dihasilkan adalah 461.538 N/mm<sup>2</sup>, dengan tingkat kesalahan sebesar 5 %.

- Estimasi Rata-rata Tegangan Maksimum

- Tegangan maksimum rata-rata, dari tabel 4.14 diketahui  $\bar{\sigma}_u = 536.325 \text{ N/mm}^2$ .
- Simpangan baku, dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.12):

$$s = \sqrt{\frac{(\sigma_{u1} - \bar{\sigma}_u)^2 + (\sigma_{u2} - \bar{\sigma}_u)^2 + \dots + (\sigma_{u12} - \bar{\sigma}_u)^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{(487.179 - 536.325)^2 + (410.256 - 536.325)^2 + \dots + (487.179 - 536.325)^2}{12-1}}$$

$$= 94.343$$

- *Error Standar*, dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.14):

$$\hat{\sigma}_x = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$= \frac{94.343}{\sqrt{12}} = 15.724$$

- o Estimasi interval rata-rata tegangan luluh, dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.15):

$$\bar{\sigma}_x - t_{\alpha/2; (n-1)} \cdot \hat{\sigma}_x < \mu_x < \bar{\sigma}_x + t_{\alpha/2; (n-1)} \cdot \hat{\sigma}_x$$

$$536.325 - (2.201) \cdot (15.724) < \mu_x < 536.325 + (2.201) \cdot (15.724)$$

$$501.717 < \mu_x < 570.933$$

Dengan demikian tegangan maksimum rata-rata yang dihasilkan adalah 536.325 N/mm<sup>2</sup>, dengan tingkat kesalahan sebesar 5 %.

- Hasil estimasi pengujian tarik dengan dan tanpa pengelasan listrik dan pengaruhnya terhadap sifat mekanis untuk kekuatan luluh dan tarik

Tabel 4.15 Hasil pengujian tarik pada benda uji

| Kekuatan (N/mm <sup>2</sup> ) | Benda Uji          |                           |
|-------------------------------|--------------------|---------------------------|
|                               | Tanpa Penyambungan | Dengan Pengelasan Listrik |
| Luluh, $\sigma_y$             | 484.260            | 461.538                   |
| Tarik, $\sigma_u$             | 570.810            | 536.325                   |

Dari tabel 4.15, memperlihatkan:

Perbedaan kekuatan tanpa penyambungan dengan penyambungan las listrik, berdasarkan nilai rata-rata dari dua belas benda uji yaitu:

$$\text{Perbedaan kekuatan luluh} = \frac{484.260 - 461.538}{484.260} \cdot 100\% = 4.692\%$$

$$\text{Perbedaan kekuatan tarik} = \frac{570.810 - 536.325}{570.810} \cdot 100\% = 6.041\%$$

Dengan perbedaan ini, kekuatan pengelasan listrik tidak ada perbedaan

yang mencolok dibandingkan dengan kekuatan tanpa penyambungan.

- Estimasi Rata-rata Regangan Luluh
  - o Regangan luluh rata-rata, dari tabel 4.14 diketahui  $\bar{\epsilon}_y = 1.304\%$ .
  - o Simpangan baku, dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.12):

$$s = \sqrt{\frac{(\epsilon_{y1} - \bar{\epsilon}_y)^2 + (\epsilon_{y2} - \bar{\epsilon}_y)^2 + \dots + (\epsilon_{y12} - \bar{\epsilon}_y)^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{(1.170 - 1.304)^2 + (1.081 - 1.304)^2 + \dots + (0.953 - 1.304)^2}{12-1}}$$

$$= 0.346$$

- o Error Standar, dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.14):

$$\hat{\sigma}_x = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$= \frac{0.346}{\sqrt{12}} = 0.058$$

- o Estimasi interval rata-rata tegangan luluh, dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.15):

$$\bar{\epsilon}_y - t_{\alpha/2; (n-1)} \cdot \hat{\sigma}_x < \mu_x < \bar{\epsilon}_y + t_{\alpha/2; (n-1)} \cdot \hat{\sigma}_x$$

$$1.304 - (2.201) \cdot (0.058) < \mu_x < 1.304 + (2.201) \cdot (0.058)$$

$$1.177 < \mu_x < 1.431$$

Dengan demikian regangan luluh rata-rata yang dihasilkan adalah 1.304 %, dengan tingkat kesalahan sebesar 5 %.

- Estimasi Rata-rata Regangan Patah
  - o Regangan Patah rata-rata, dari tabel 4.15 diketahui  $\bar{\epsilon}_f = 2.451\%$ .
  - o Simpangan baku, dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.12):

$$s = \sqrt{\frac{\left(\varepsilon_{f1} - \bar{\varepsilon}_f\right)^2 + \left(\varepsilon_{f2} - \bar{\varepsilon}_f\right)^2 + \dots + \left(\varepsilon_{f12} - \bar{\varepsilon}_f\right)^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{(1.649 - 2.451)^2 + (1.649 - 2.451)^2 + \dots + (1.854 - 2.451)^2}{12-1}}$$

$$= 0.859$$

- o *Error* Standar, dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.14):

$$\hat{\sigma}_x = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$= \frac{0.859}{\sqrt{12}} = 0.413$$

- o Estimasi interval rata-rata tegangan patah, dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.15):

$$\bar{\varepsilon}_f - t_{\alpha/2; (n-1)} \cdot \hat{\sigma}_x < \mu_x < \bar{\varepsilon}_f + t_{\alpha/2; (n-1)} \cdot \hat{\sigma}_x$$

$$2.451 - (2.201) \cdot (0.413) < \mu_x < 2.451 + (2.201) \cdot (0.413)$$

$$2.136 < \mu_x < 2.766$$

Dengan demikian regangan patah rata-rata yang dihasilkan adalah 2.451 %, dengan tingkat kesalahan sebesar 5 %.

- Estimasi Rata-rata Keuletan  
Keuletan dari material merupakan rata-rata regangan patah dari dua belas benda uji. Jadi rata-rata keuletan adalah 2.451 %, dengan tingkat kesalahan sebesar 5 %.
- Estimasi Rata-rata Modulus Elastis  
Dengan persamaan (2.7), diperoleh:

$$E = \frac{\sigma_y}{\varepsilon_y}$$

Nilai rata-rata:

$$E = \frac{461.538}{1.304} = 353.955 \text{ N/mm}^2$$

Batas atas:

$$E = \frac{485.603}{1.431} = 339.379 \text{ N/mm}^2$$

Batas bawah:

$$E = \frac{437.474}{1.177} = 371.674 \text{ N/mm}^2$$

Dengan demikian rata-rata modulus elastis 353.955 N/mm<sup>2</sup>, dengan tingkat kesalahan sebesar 5 %.

- Estimasi Rata-rata Kelentingan

Dengan persamaan (2.8), diperoleh:

$$U_R = \frac{\sigma_y}{2E}$$

Nilai rata-rata:

$$U_R = \frac{461.538}{2(353.955)} = 0.652$$

Batas bawah:

$$U_R = \frac{485.603}{2(371.674)} = 0.645$$

Batas atas:

$$U_R = \frac{437.474}{2(339.379)} = 0.653$$

Dengan demikian rata-rata kelentingan adalah 0,652, dengan tingkat kesalahan sebesar 5 %.

- Estimasi Rata-rata Ketangguhan

Dengan persamaan (2.9), diperoleh:

$$U_T = \frac{2}{3} \sigma_u \cdot \varepsilon_f$$

Nilai rata-rata:

$$U_T = \frac{2}{3} (536.325) \cdot (2.451) = 876.363 \text{ N/mm}^2$$

Batas bawah:

$$U_T = \frac{2}{3} (570.933) \cdot (2.766) = 714.441 \text{ N/mm}^2$$

Batas atas:

$$U_T = \frac{2}{3} (501.717) \cdot (2.136) = 1052.822 \text{ N/mm}^2$$

Dengan demikian rata-rata ketangguhan adalah 876.363 N/mm<sup>2</sup>

dengan tingkat kesalahan sebesar 5%.

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

1. Sifat mekanis yang diperoleh yang merupakan rata-rata dari dua belas benda uji, yaitu kekuatan luluh **461.538** N/mm<sup>2</sup>, kekuatan tarik **536.325** N/mm<sup>2</sup>, keuletan **2.451** %, modulus elastis **353.955** N/mm<sup>2</sup>, kelentingan **0,652** dan ketangguhan **876.363** N/mm<sup>2</sup>, dengan tingkat kesalahan sebesar 5 %.
2. Kekuatan pengelasan listrik tidak ada perbedaan yang mencolok dibandingkan dengan kekuatan tanpa penyambungan dan tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap sifat mekanis komponen alat angkat kendaraan niaga kapasitas 2 ton, dengan tingkat kesalahan sebesar 5 %. Sehingga penyambungan pengelasan listrik pada alat tersebut dapat memberikan keamanan yang cukup.

### 5.2 Saran

1. Proses pembuatan dan penarikan benda uji, sebaiknya menggunakan mesin atau peralatan yang memadai dan operator yang terampil sehingga akan diperoleh benda uji dan hasil pengujian yang baku.
2. Dianjurkan dapat melakukan pengujian tarik pada material lainnya

sehingga akan diketahui berbagai keadaan sifat mekanis material.

## DAFTAR PUSTAKA

Anonimous, Pengujian Tarik.

<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/Bab%202%20Tarik.pdf>

6 Oktober 2014

Djaprie, Sriati, 1992. Metalurgi Mekanis, Erlangga, Jakarta.

Goni, H. 2012 Perencanaan Alat Angkat Kendaraan Niaga Kapasitas 2 Ton, Skripsi S1 Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Harinaldi. 2005. Prinsip-prinsip Statistik Untuk Teknik dan Sains, Erlangga.

Manopo, R. 2012. Proses Produksi Alat Angkat Kendaraan Niaga Kapasitas 2 Ton, Skripsi S1 Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Sastranegara, Azhari. Mengenal Uji Tarik dan Sifat-sifat Mekanik Logam.

<http://www.infometrik.com/2009/09/mengenal-uji-tarik-dan-sifat-sifat-mekanik-logam/>

6 Oktober 2014

Walewangko, R. 2013. *Reanalysis* Sifat Mekanis Material Komponen Alat Angkat Kendaraan Niaga Kapasitas 2 Ton, Skripsi S1 Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi, Manado.