

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

Hendra Tumurang¹⁾, Rudy Poeng²⁾, Romels Lumintang³⁾
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/mm², the tensile strength of 536.325 N/mm², tenacity 2,451%, the elastic modulus of 353.955 N/mm², resilience and toughness 0.652 and 876.363 N/mm², 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/mm², kekuatan tarik **536.325** N/mm², keuletan **2,451** %, modulus elastis **353.955** N/mm², kelentingan **0,652** dan ketangguhan **876.363** N/mm², 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.

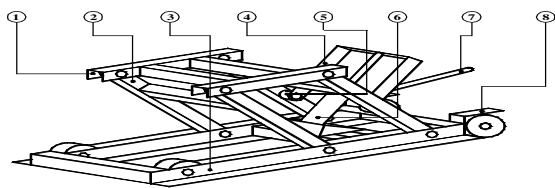
1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan wawasan yang luas mengenai teknologi tepat guna.

2. Mengetahui nilai hasil tarik yang terjadi pada proses penyambungan setelah proses pengelasan listrik.
3. 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

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

2.2.4 Modulus Elastis dari Material

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

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 (σ_y) = 484.260 N/mm²
- Kekuatan Tarik (σ_u) = 570.810 N/mm²

2.3 Estimasi Rata-rata Sampel Berukuran Kecil

Dengan ukuran sampel kecil (≤ 30), maka dapat ditentukan: (Harinaldi, 2005)

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

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

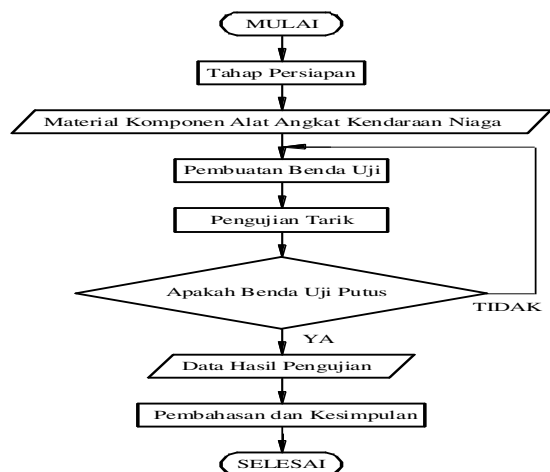
3.2.1 Bahan yang Digunakan

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

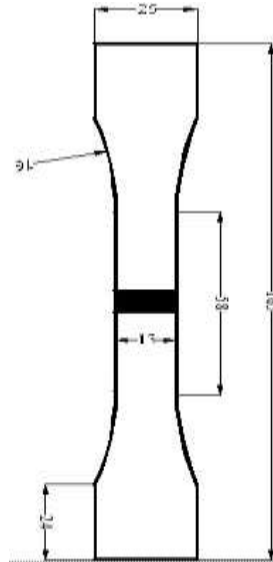


3.4 Pengolahan Data

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

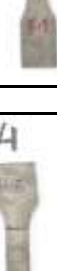
4.1 Hasil Pengamatan


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 ΔL (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 ΔL (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 ΔL (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 ΔL (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 ΔL (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 ΔL (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 ΔL (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 ΔL (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 ΔL (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 ΔL (mm)	

	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	
Benda Uji 11				
	No	Beban P (N)	Perpanjangan n ΔL (mm)	
	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	
Benda Uji 12				
	No	Beban P (N)	Perpanjangan n ΔL (mm)	
	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:

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

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

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

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

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

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

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

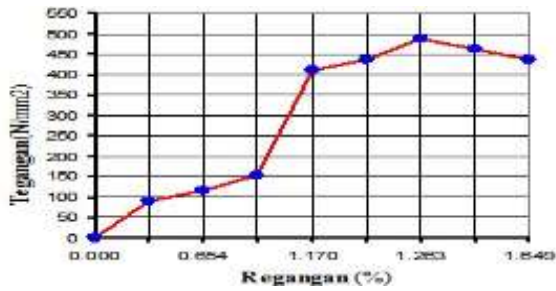
$$\varepsilon_7 = \frac{0.880}{57} \cdot 100\% = 1.544\%$$

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

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

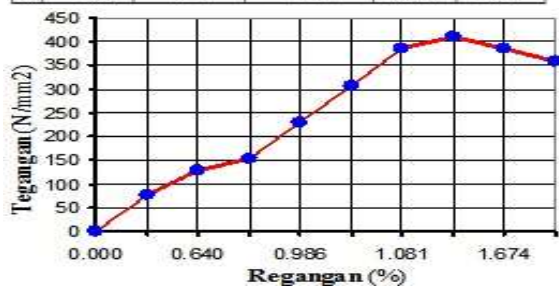
No	Beban P (N)	Perpanjangan ΔL (mm)	Luas Penampang A _s (mm ²)	Tegangan σ (N/mm ²)	Regangan ε (%)
0	0.000	0.000	39.000	0.000	0.000
1	3500	0.215	39.000	89.744	0.377
2	4500	0.373	39.000	115.385	0.654
3	6000	0.410	39.000	153.846	0.719
4	16000	0.667	39.000	410.256	1.219
5	17000	0.695	39.000	435.897	1.263
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).

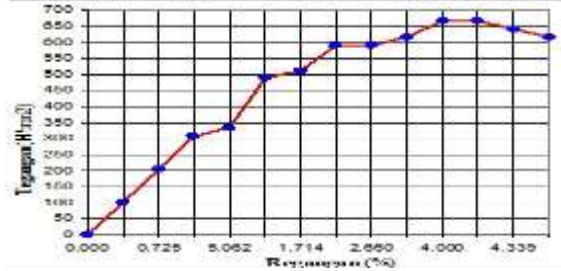
Tabel 4.3 Hasil Pengolahan Benda Uji 2

No	Beban P (N)	Perpanjangan ΔL (mm)	Luas Penampang A _s (mm ²)	Tegangan σ (N/mm ²)	Regangan ε (%)
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	1.001
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



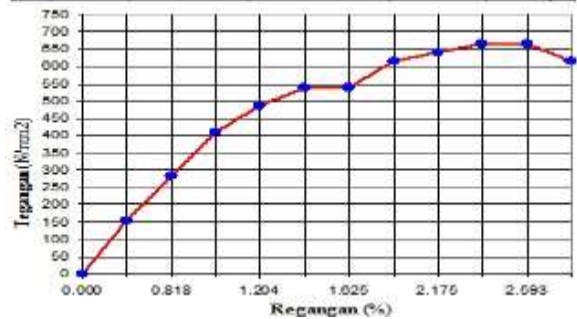
Tabel 4.4 Hasil Pengolahan Benda Uji 3

No	Beban P (N)	Perpanjangan ΔL (mm)	Luas Penampang A _s (mm ²)	Tegangan σ (N/mm ²)	Regangan ε (%)
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	1.838	39.000	615.385	3.221
10	26000	2.280	39.000	666.667	4.000
11	26000	2.342	39.000	666.667	4.109
12	25000	2.473	39.000	641.026	4.339
13	24000	2.625	39.000	615.385	4.605



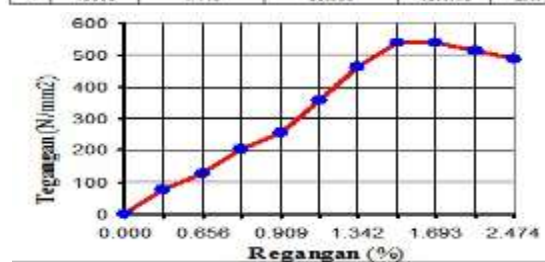
Tabel 4.5 Hasil Pengolahan Benda Uji 4

No	Beban P (N)	Perpanjangan ΔL (mm)	Luas Penampang A _s (mm ²)	Tegangan σ (N/mm ²)	Regangan ε (%)
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	1.384	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 ΔL (mm)	Luas Penampang A _s (mm ²)	Tegangan σ (N/mm ²)	Regangan ε (%)
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



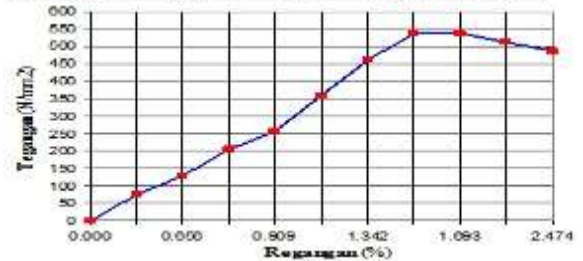
Tabel 4.7 Hasil Pengolahan Benda Uji 6

No	Beban P (N)	Perpanjangan ΔL (mm)	Luas Penampang A ₀ (mm ²)	Tegangan σ (N/mm ²)	Regangan ε (%)
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	0.614
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	18000	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	2.386
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



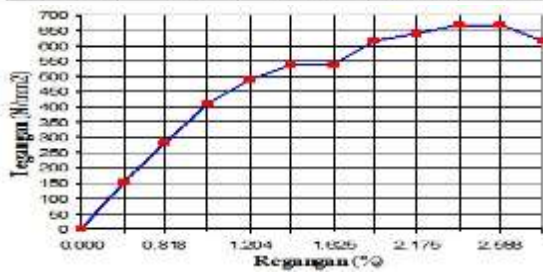
Tabel 4.10 Hasil Pengolahan Benda Uji 9

No	Beban P (N)	Perpanjangan ΔL (mm)	Luas Penampang A ₀ (mm ²)	Tegangan σ (N/mm ²)	Regangan ε (%)
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	0.750	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



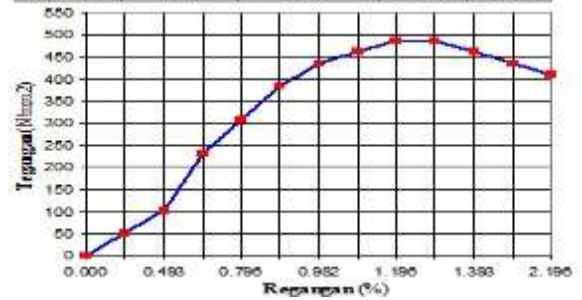
Tabel 4.8 Hasil Pengolahan Benda Uji 7

No	Beban P (N)	Perpanjangan ΔL (mm)	Luas Penampang A ₀ (mm ²)	Tegangan σ (N/mm ²)	Regangan ε (%)
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



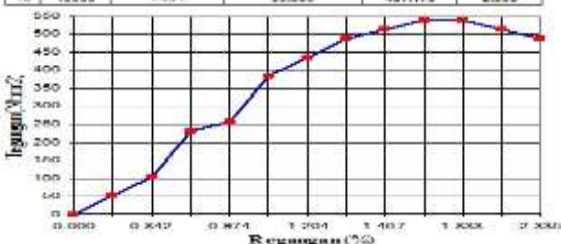
Tabel 4.11 Hasil Pengolahan Benda Uji 10

No	Beban P (N)	Perpanjangan ΔL (mm)	Luas Penampang A ₀ (mm ²)	Tegangan σ (N/mm ²)	Regangan ε (%)
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	1.353
11	17000	0.923	39.000	435.897	1.619
12	16000	1.252	39.000	410.256	2.196



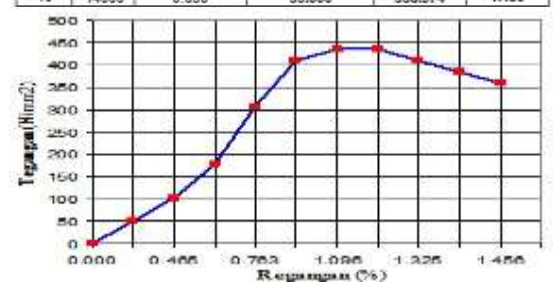
Tabel 4.9 Hasil Pengolahan Benda Uji 8

No	Beban P (N)	Perpanjangan ΔL (mm)	Luas Penampang A ₀ (mm ²)	Tegangan σ (N/mm ²)	Regangan ε (%)
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



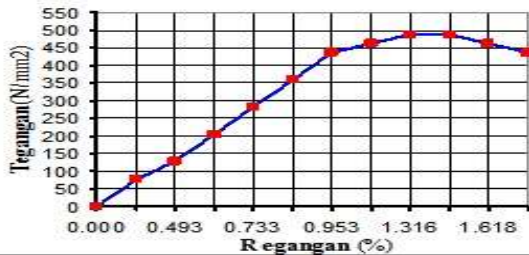
Tabel 4.12 Hasil Pengolahan Benda Uji 11

No	Beban P (N)	Perpanjangan ΔL (mm)	Luas Penampang A ₀ (mm ²)	Tegangan σ (N/mm ²)	Regangan ε (%)
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 ₀ (mm ²)	Tegangan σ (N/mm ²)	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 _y (N/mm ²)	Regangan Luluh ε _y (%)	Tegangan Maksimum σ _u (N/mm ²)	Regangan Patah ε _f (%)
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):

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

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

- 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):

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

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

$$437.474 < \mu_x < 485.603$$

Dengan demikian tegangan luluh rata-rata yang dihasilkan adalah 461.538 N/mm², 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/mm², 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 ²)	Benda Uji	
	Tanpa Penyambungan	Dengan Pengelasan Listrik
Luluh, σ_y	484.260	461.538
Tarik, σ_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/mm², 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/mm²

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/mm², kekuatan tarik **536.325** N/mm², keuletan **2.451** %, modulus elastis **353.955** N/mm², kelentingan **0,652** dan ketangguhan **876.363** N/mm², 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./](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.