

PERBANDINGAN JENIS ELEKTRODA RB-26 DAN RD-260 TERHADAP KEKUATAN TARIK
PADA BAJA KARBON SEDANG ST 42 DENGAN VARIASI KETEBALAN

Nasoikhul ibad ¹⁾ Priyagung hartono ²⁾ Unung Lesmanah ³⁾

Program Sarjana Strata Satu Teknik Mesin Universitas Islam Malang

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang

Jl. MT Haryono 193 Malang

E-mail: nasoikhulibad9@gmail.com

Abstract

Welding is the joining of two metals either with or without touch and with or without additional ingredients. Some types of welding there is one type of SMAW that is often used in welding activities. The purpose of this study was to determine of effectiveness of the use of electrodes in SMAW welding by using medium steel ST 42 by using variation of electrode and material thickness. The method used in this research is by tensile testing conducted in polinema machine engineering laboratory, from the data obtained and after processing the data obtained result that there is significant influence on the thickness variation, and the variation of the use of RB-26 and RD-260 electrodes there is no significant effect and the last result is that there is a significant influence on the combination of the use of both variation.

Pengelasan adalah penyambungan dua buah logam baik dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa tambahan bahan. Dari beberapa jenis las ada salah satu jenis yaitu las SMAW yang sering di gunakan pada kegiatan pengelasan. Tujuan di adakan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektifitas penggunaan elektroda pada pengelasan SMAW dengan menggunakan Baja sedang ST 42 dengan menggunakan Variasi elektroda dan ketebalan bahan. Metode yang di pakai dalam penelitian ini adalah dengan pengujian Tarik yang di lakukan di Lab Teknik Mesin POLINEMA, dari hasil data yang di peroleh dan setelah proses pengolahan data di peroleh hasil bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pada variasi ketebalan, dan pada variasi penggunaan elektroda RB-26 dan RD-260 tidak ada pengaruh yang signifikan serta hasil yang terakhir adalah terdapat pengaruh yang signifikan pada kombinasi penggunaan kedua variasi tersebut.

Kata kunci: Uji Tarik, Pengelasan, Elektroda RB-26 dan Elektroda RD-260, ST 42, variasi ketebalan, Anova, Uji F dan Uji t.

1. PENDAHULUAN

Pengembangan teknologi di bidang konstruksi yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena mempunyai peranan yang sangat penting. Pembangunan konstruksi dengan logam pada masa sekarang ini banyak melibatkan unsur pengelasan khususnya bidang rancang bangun karena sambungan las merupakan salah satu pembuatan sambungan yang secara teknis memerlukan ketrampilan yang tinggi bagi pengelasnya agar diperoleh sambungan dengan kualitas baik.

Pada pengelasan SMAW mempunyai elektroda yang bervariasi dalam penggunaannya, dari banyaknya jenis elektroda mungkin di butuhkan efektifitas penggunaan elektroda dalam efektifitas penggunaan elektroda dalam pengelasan dengan SMAW dengan variasi ketebalan.

Baja karbon tidak hanya mengandung unsur

besi (Fe) dan unsur karbon. Karbon adalah salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan baja.

Secara garis besar baja karbon terdiri dari 3 kelompok:

- Baja karbon rendah (*low carbon steel*) baja yang kandungan karbonnya $> 0,30\%$ C.

Baja karbon sedang (*medium carbon steel*), baja yang kandungan Karbonnya $0,30\% - 0,70\%$ C.

- Baja karbon tinggi (*high carbon steel*) baja yang mempunyai kandungan karbon lebih dari $0,70\% - 1,40\%$ c. lebih keras dari baja type medium tetapi keuletan dan ketangguhannya rendah.
- Baja paduan rendah (*low alloy steel*) baja dengan kadar unsur paduan rendah $< 0,80\%$.
- Baja paduan tinggi (*high alloy steel*) baja paduan dengan unsur paduan tinggi $> 0,80\%$.

2.1 elektroda

1) Elektroda Berselaput

Tabel selaput elektroda berkisar antara 10-50 % dari diameter elektroda. Ukuran standar diameter kawat inti adalah 1,5 – 7 mm dengan panjang antara 350 – 450 mm. Pada saat pengelasan selaput ini akan mencair dan menghasilkan gas CO₂ yang melindungi cairan las, busur listrik dan benda kerja terhadap udara luar.

2) Klasifikasi Elektroda

Elektroda baja lunak dan baja paduan rendah menurut klasifikasi AWS (America Welding Societ) dinyatakan dengan tanda E xxxx yang artinya : E menyatakan elektroda xx (dua angka) sesudah E menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam ribuan lb/inchi².

2.2 Sifat-sifat tarikan

Sifat tarikan yang dimaksud di sini adalah sifat-sifat yang berhubungan dengan pengujian tarik. Dalam Sambungan las sifat tarik sangat dipengaruhi oleh sifat dari logam induk, sifat daerah HAZ, Sifat Logam las dan sifat-sifat dinamik dari sambungan berhubungan erat dengan geometri dan distribusi tegangan dalam sambungan.

Dua batang uji tarik untuk sambungan las ditunjukkan dalam Gbr. 6.12, yang satu dengan arah tarikan melintang garis las dan yang lain dengan arah tarikan sejajar garis las. Dalam pengujian batang uji tersebut dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit sampai batang uji patah. Kemudian sifat-sifat tarikannya dapat dihitung dengan persamaan-persamaan (2.1) dan (2.2).

Tegangan :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \text{ (kg/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots \text{ (Harsono}$$

Wiriosumarto, 181, 2000)

di mana :

F = beban (kg)

A₀ = luas mula dari penampang batang uji (mm²)

Regangan :

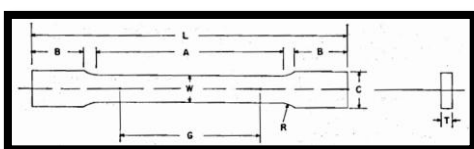
$$\epsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots$$

(Harsono Wiriosumarto, 181, 2000)

di mana :

L₀ = panjang mula dari batang uji

L = panjang batang uji yang dibebani



Gambar 2. 13 ukuran batang uji tarik menurut ASTM E8

2.3 Uji Tarik

Sifat sifat bahan teknik perlu diketahui secara baik karena bahan tersebut dipergunakan untuk berbagai macam keperluan dalam berbagai keadaan. sifat-sifat bahan yang diinginkan sangat banyak, antara lain: sifat sifat mekanik (kekuatan, kekerasan, kekakuan, keliatan, keluletan, kepekaan takik atau kekuatan impak, dsb), sifat-sifat termal (panas jenis, pemuaian, konduktivitas, dsb). Sifat-sifat fisik (ukuran, massa jenis, struktur, dsb), sifat-sifat listrik (hantaran listrik dielektritas, dsb), sifat-sifat magnet (permeabilitas, koersivitas, histresis, dsb), sifat-sifat teknologi (mampu mesin, mampu keras, dsb) dan masih banyak lagi. Pada tinjauan kekuatan bahan, kita akan menelaah sifat-sifat mekanik.

Deformasi bahan yang disebabkan oleh beban tarik adalah dasar pengujian dan kajian mengenai kekuatan bahan. Hal ini disebabkan oleh beberapa alasan, yaitu :

1. Mudah dilakukan.

2. Menghasilkan tegangan merata pada penampang

3. Kebanyakan bahan lebih mudah dilakukan uji tarik daripada uji tekan, misalnya sehingga dalam pengujian bahan teknik, kekuatan paling sering dinyatakan dengan uji tarik.

Uji tarik dilaksanakan di laboratorium menggunakan satu dari beberapa jenis mesin uji. Beban dibaca dari jarum penunjuk (dials) atau layar digital. Beberapa mesin dapat membaca dan mencatat data secara otomatis dan menggambaranya dalam kertas plot. Tegangan diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang awal specimen. Luasan specimen akan berubah selama pembebanan.

3. METODE PENELITIAN

Bahan yang di pakai adalah baja karbon sedang ST 42 dengan ketebalan 6mm, 8mm dan 10mm, dengan jumlah specimen uji 3 buah. dan elektroda yang di pakai adalah elektroda jenis RB-26 dan RD-260. Proses pengelasan di

laksanakan di bengkel las SMK Brawijaya Kota Batu, sedangkan Proses penelitian di lakukan di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang. Peralatan yang di pakai adalah

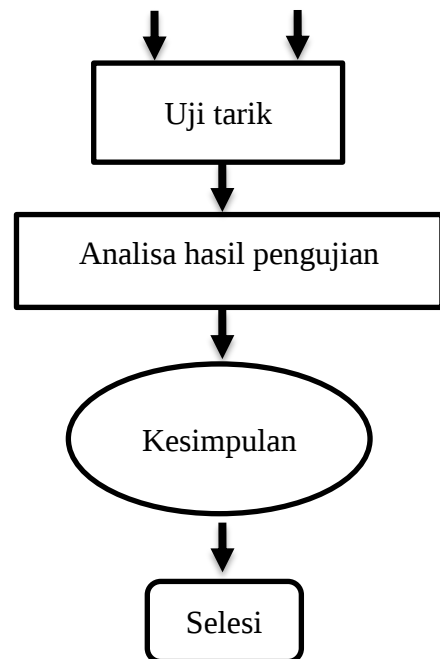
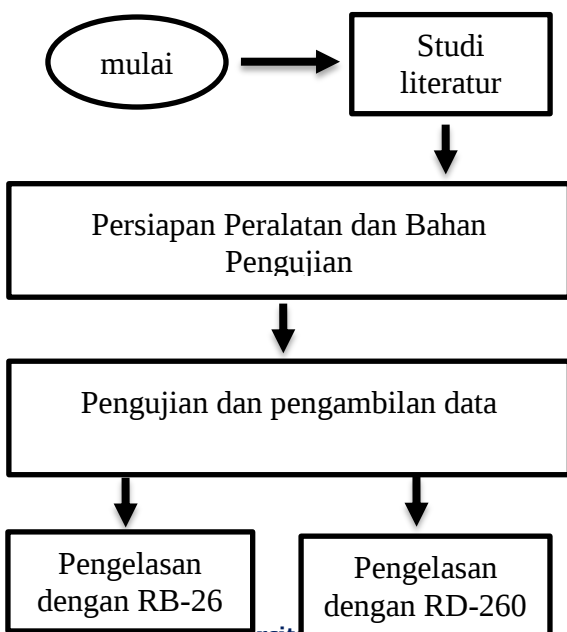
- Pengelasan
 1. 1 buah mesin las
 2. 1 buah palu
 3. 1 set perlengkapan keamanan pengelasan
 4. Dll.
- Uji Tarik
 1. 1 set atk
 2. 1 set peralatan uji Tarik

Proses

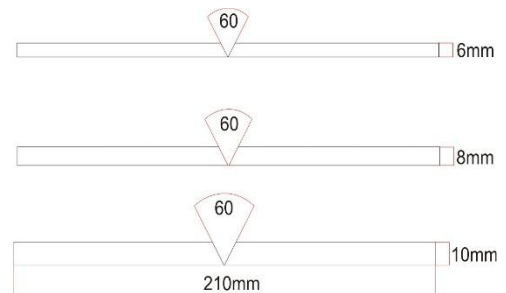
Langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian antara lain :

1. Pembuatan sampel
Sebelum pembuatan sampel terlebih dahulu material baja karbon rendah ST 42 di buat sesuai ukuran dilanjutkan pembuatan kampuh benda uji, mempersiapkan elektroda yang akan dipakai pada pengelasan.
2. Pengelasan spesimen
Pengelasan spesimen dilakukan di lab teknik mesin SMK BRAWIJAYA BATU dengan menggunakan las listrik.
3. Pengujian dan Pengamatan
Pengujian dan Pengamatan dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang dengan menggunakan mesin uji Tarik yang mempunyai standart dan kualitas ang bagus.

4. Alur penelitian



5. Bentuk specimen



Gambar 3.2 bentuk kampuh

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Data Nilai Kekuatan Tarik Dengan ANOVA (*Analisis Of Variance*)

Pada penelitian ini digunakan anova dua arah (Two way anova) dalam analisis analisis du arah tidak hanya di dsarkan pada satu perlakuan akan tetapidi perlukan menjadi dua perlakuan. Hipotesis nihil yang akan di uji mengatakan bahwa tidak ada perbedaan k mean ($k > 2$) pada perlakuan satu; bahwa tidak perbedaan k mean ($k > 2$) pada perlakuan dua; dan tidak efek interaksi antara perlakuan satu dengan perlakuan dua.

Untuk mengetahui perbedaan nilai kekuatan Tarik pada pengelasan SMAW dengan Pengelasan tanpa pola atau gerakan, dengan variasi ketebalan dan juga

penggunaan jenis elektroda maka dari data hasil pengujian kemudian dianalisis dengan anova dua arah sebagai berikut :

Langkah Langkah pada uji hipotesis :

a. Formulasi Hipotesis Statistik (H_0) :

- $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0$
- $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$
- $(\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = \dots = (\alpha\beta)_{33} = 0$

H_1

- Paling sedikit α_i tidak sama dengan nol.
- paling sedikit β_j tidak sama dengan nol.
- paling sedikit $(\alpha_i\beta_j)$ tidak sama dengan nol.

b. Dipilih Level Of Significance (α) 5%

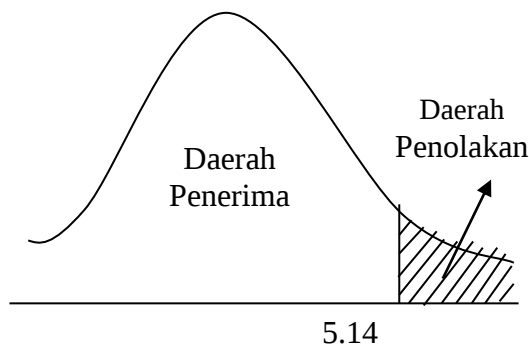
c. Kriteria Pengujian :

Degree Of Freedom (d.f)

Numerator $(k - 1) = 3 - 1 = 2$

Denominator $k(n - 1) = 3(3 - 1) = 6$

Didapat $F_{tabel} = 5.14$



Gambar 4.1 Kurva Daerah Terima Dan Daerah Tolak Uji Anova

H_0 diterima apabila $F_{hitung} \leq 5.14$

H_0 ditolak apabila $F_{hitung} > 5.14$

d. Perhitungan nilai F_{hitung} :

Tabel 4.1 Nilai Kekuatan Tarik (N/mm^2) Pada Pengelasan SMAW Dengan penggunaan elektroda RD-260 dan RB-26 dengan variasi ketebalan

Elektroda	Ketebalan Bahan		
	6mm	8mm	10mm
RD-260	346.67	276.00	284.00
	344.00	270.00	286.40
	342.67	280.00	284.00
RB-26	346.67	260.00	304.00

	340.00	262.00	302.00
	344.00	258.00	300.8.0

$$\frac{T^2}{N} = \frac{2713,734^2}{18} = \frac{7364352.223}{18} = 1660287.813$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \frac{\left(\sum_{i=1}^n X_{ijk} \right)^2}{n} =$$

$$= \frac{(346.667+344.00+342.667)^2}{3} +$$

$$\frac{(276.00+270.00+280.00)^2}{3} + \dots +$$

$$\frac{(304.00+296.00+300)^2}{3}$$

$$= 1680835$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^j \sum_{k=1}^K X_{ijk}^2 =$$

$$346.667^2 + 344.00^2 + 342.667^2 + 276.00^2 + \dots + 300^2 = 1681070.86$$

a. SST (Sum of Squares for the Total Sample)

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^j \sum_{k=1}^K X_{ijk}^2 - \frac{T^2}{N} =$$

$$1681070.86 - 1660287.813 = 20783.0469$$

b. SSR (Sum of Squares between Rows)

$$\sum_{j=1}^j \frac{T_{j-}^2}{nK} - \frac{T^2}{N} =$$

$$= \frac{2713.734^2}{9} + \frac{2753.00^2}{9} - 1660287.813$$

$$= \frac{7364352}{9} + \frac{7364352}{9} - 1660287.813$$

$$= 1660373.469 - 1660287.813$$

$$= 85.657$$

c. SSC (Sum of Squares between Column)

$$\sum_{k=1}^K \frac{T_k^2}{nJ} - \frac{T^2}{N} =$$

$$\frac{2093.33^2}{6} + \frac{1619.00^2}{6} + \frac{1754.40^2}{6}$$

$$- 1660287.813$$

$$= (730341 + 436860 + 512987)$$

$$- 1660287.813$$

$$= 1680187.933 - 1660287.813$$

$$= 19900.12$$

d. SSI (Sum of Squares For Interaction)

$$\frac{T^2}{N} - \sum_{j=1}^J \frac{T_j^2}{nK} - \sum_{k=1}^K \frac{T_k^2}{nJ} + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \frac{\left(\sum_{i=1}^n X_{ijk} \right)^2}{n}$$

$$= 1660287.813 - 1660373.469$$

$$- 1680187.933 + 1680835$$

$$= 560.91$$

e. SSE (Sum of Squares Error)

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K X_{ijk}^2 - \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \frac{\left(\sum_{i=1}^n X_{ijk} \right)^2}{n}$$

$$= 1681070.86 - 1680835$$

$$= 236.354$$

f. Perhitungan nilai F

Tabel 4.2 Nilai F Ratio Pada Pengelasan SMAW Dengan Menggunakan Elektroda RD-260 Dan RB-26 Dengan Variasi Ketebalan

Sumber variasi	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Jumlah kuadrat rata-rata	F ratio
Baris R	5.78	j-1 (2)	2.89	0.790
Kolom C	19900.12	k-1(2)	9950.06	2721.338
Interaksi I	685.293	(j-1)(k-1)(2)	342.65	93.713
Error E	65.8136	jk (n-1)(18)	3.66	
Total	20657.0066	N-1 (17)		

Fakultas Teknik Universitas Islam Malang

Hasil : Karena $F_{hitung} < F_{tabel}$ yaitu $0.790 < 5,14$ maka H_0 diterima, artinya bahwa nilai kekuatan Tarik pada pengelasan SMAW dengan menggunakan elektroda RB-26 dan RD-260, bahwa tidak terdapat perbedaan yang significant nilai kekuatan pada uji Tarik .

Hasil : Karena $F_{hitung} > F_{tabel}$ yaitu $2721.338 > 5,14$ maka H_0 ditolak, artinya bahwa nilai kekuatan Tarik pada pengelasan SMAW dengan menggunakan variasi ketebalan 6mm, 8mm dan 10mm mempunyai perbedaan yang signifikan pada nilai pengujian tarik.

Hasil : Karena $F_{hitung} > F_{tabel}$ yaitu $93.713 > 4,53$ maka H_0 ditolak, artinya bahwa nilai kekuatan Tarik pengelasan SMAW pada elektroda RB-26, RD-260 dengan menggunakan variasi ketebalan 6mm, 8mm dan 10mm terdapat pengaruh nilai yang signifikan dengan menggunakan uji Tarik.

Uji t

Langkah-langkah pengujian :

a. Formulasi H_0 dan H_1

- $H_0 : \mu_{amm} = \mu_{bmm}$

artinya bahwa tidak ada perbedaan nilai kekuatan Tarik pada pengelasan SMAW dengan ketebalan a mm dan b mm.

- $H_1 : \mu_{amm} > / < \mu_{bmm}$

artinya bahwa nilai kekuatan Tarik pada pengelasan SMAW dengan ketebalan a mm lebih besar atau lebih rendah dari ketebalan b mm.

b. Menentukan Level Of Significance (Taraf Keyakinan α)

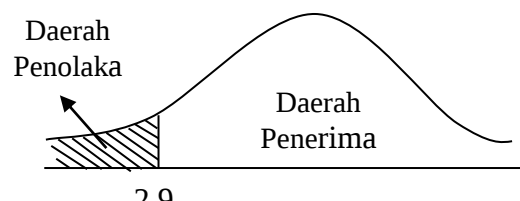
$\alpha = 5\%$,

Degree Of Freedom (d.f) =

$n - 1 = 3 - 1 = 2$

Sehingga : $t_{tabel} = 2,920$

c. Menentukan Alternatif Pengujian yaitu : Menggunakan pengujian satu sisi kanan



Gambar 4.3 Kurva Daerah Terima Dan Daerah Tolak Uji T

d. Menentukan Kriteria Pengujian

- H_0 diterima apabila $t_{hitung} \geq 2,920$
- H_0 ditolak apabila $t_{hitung} < 2,920$

e. Menghitung Nilai t_{hitung} :

1. Membandingkan variasi ketebalan 6mm dan 8mm Pada Penggunaan Elektroda RD-260

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} = \frac{207.33}{3} = 69.11$$

$$s_d = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2} = \sqrt{\frac{1}{3-1} (419.8606)}$$

$$= 33.93$$

$$t_{hitung} = \frac{\bar{d}}{\left(\frac{S_d}{\sqrt{n}}\right)} = \frac{69.11}{\left(\frac{33.93}{\sqrt{3}}\right)} = \frac{-8.88867}{\left(\frac{209.93}{1.73}\right)}$$

$$= 3.542$$

Hasil : Karena $t_{hitung} > t_{tabel}$ yaitu $3.524 > 2,920$ maka H_0 di tolak, artinya bahwa nilai kekuatan Tarik pada pengelasan SMAW dengan menggunakan elektroda RD-260 pada ketebalan 6mm dan 8mm ada perbedaan yang signifikan.

2. Membandingkan ketebalan 6mm dan 10mm Pada Penggunaan Elektroda RD-260

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} = \frac{178.93}{3} = 59.64$$

$$s_d = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2} = \sqrt{\frac{1}{3-1} (14.26)}$$

$$= 7.135$$

$$t_{hitung} = \frac{\bar{d}}{\left(\frac{S_d}{\sqrt{n}}\right)} = \frac{59.64}{\left(\frac{7.135}{\sqrt{3}}\right)} = \frac{59.64}{\left(\frac{7.134}{1.732}\right)}$$

$$= 14.46$$

Hasil : Karena $t_{hitung} < t_{tabel}$ yaitu $14.66 < 2,920$ maka H_0 Ditolak, artinya bahwa nilai kekuatan Tarik pada pengelasan SMAW dengan elektroda RD 260 menggunakan

ketebalan 6mm dan 10mm ada perbedaan yang signifikan pada baja ST42.

3. Membandingkan penggunaan ketebalan 6mm dan 8mm dengan menggunakan elektroda RB-26.

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} = \frac{267.00}{3} = 89.00$$

$$s_d = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2} = \sqrt{\frac{1}{3-1} (8.22)}$$

$$= 4.11$$

$$t_{hitung} = \frac{\bar{d}}{\left(\frac{S_d}{\sqrt{n}}\right)} = \frac{89.00}{\left(\frac{4.11}{\sqrt{3}}\right)} = \frac{89.00}{\left(\frac{4.11}{1.73}\right)} = 37.45$$

Hasil : Karena $t_{hitung} > t_{tabel}$ yaitu $37.45 > 2,920$ maka H_0 di tolak, artinya bahwa nilai kekuatan Tarik pada pengelasan SMAW dengan menggunakan elektroda RD 26 pada ketebalan 6mm dan 8mm ada perbedaan yang signifikan.

4. Membandingkan ketebalan 6mm dan 10mm pada Elektroda RB-26

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} = \frac{160.00}{3} = 53.33$$

$$s_d = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2} = \sqrt{\frac{1}{3-1} (353.33)}$$

$$= 113.78$$

$$t_{hitung} = \frac{\bar{d}}{\left(\frac{S_d}{\sqrt{n}}\right)} = \frac{53.33}{\left(\frac{113.78}{\sqrt{3}}\right)} = \frac{53.33}{\left(\frac{113.78}{1.732}\right)}$$

$$= 0.81$$

Hasil : Karena $t_{hitung} < t_{tabel}$ yaitu $0.81 < 2,920$ maka H_0 diterima, artinya bahwa nilai kekuatan Tarik pada pengelasan SMAW dengan elektroda RB-260 menggunakan ketebalan 6mm dan 10mm tidak ada perbedaan yang signifikan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian baik pengujian dengan uji f ataupun uji t terdapat keterkaitan, pada uji f di tunjukan bahwa

tidak ada pengaruh yang signifikan antara penggunaan elektroda RD-260 dan RB-26 karena perbedaan nilai ketangguhan Tarik pada masing-masing ketebalan bila dibandingkan maka tidak ada perbedaan nilai yang signifikan, baik ketebalan 6mm RD-260 terhadap ketebalan 6mm RB-26. Ataupun ketebalan 8mm RD-260 dengan ketebalan 8mm RB-26 begitu juga dengan ketebalan 10mm RD-260 dengan ketebalan 10mm RB-26.

Hasil uji F atau t pada penggunaan variasi ketebalan terjadi pengaruh yang signifikan, artinya penggunaan ketebalan bahan bisa mempengaruhi hasil kekuatan Tarik naya.

Dan pada hasil yang terahir bahwa penggunaan kedua variasi mempunyai pengaruh yang signifikan di tunjukkan dengan hasil Fratio > F tabel $93.713 > 4,53$.

Hasil pengujian tersebut dapat di simpulkan pula semua hasil sekripsi ini secara garis besar menyimpulkan bahwa adanya pengaruh penggunaan jenis elektroda terhadap ketebalan bahan yang di pakai, terutama pada jenis bahan st 42

Walpole, Ronal,E dan Raymon H Myers.*Ilmu peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuan*.Bandung:ITB.

Wirjosumarto, Harsono. 2004.*Teknologi Pengelasan Logam*, cetakan ke-9. Pradya Paramita. Jakarta.

Zulfah, Agus Wibowo, Cusanto Aji. "Skripsi" *Pengaruh Pemanasan Elektroda Las Pada Suhu 80-120°C Terhadap Sifat Mekanik*.

6. DAFTAR PUSTAKA.

Deny Poniman Kosasih. Fadli Nurramdhan. Arief Rachman Hakim. 2017. Universitas Subang "Skripsi" *Analisa Perbandingan Pengaruh Welding Repair Pada Pengelasan Smaw Dengan Menggunakan Elektroda Rb -26 Kobe Steel Dan Rd-260 Nikko Steel Terhadap Nilai Kekerasan Baja Karbon Rendah*.

Febri Riyan. 2017. Universitas Nusantara PGRI Kediri. "Pengaruh Jenis Elektroda Dan Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Pada Pengelasan Baja St 41 Menggunakan Las Smaw.

Nurwijayanto. 2011. Universitas Negri Yogyakarta. Meneliti dengan Judul "Proses Pembuatan Rangka Pada Mesin Simulator Cnc"

Sonawan, H. 2003. *Las Listrik SMAW dan Hasil Pemeriksaan Pengelasan*. Alfabeta. Bandung.