JURNAL

PENGARUH VARIASI SUDUT PENGELASAN, KUAT ARUS, DAN MEREK ELEKTRODA TERHADAP KEKUATAN TARIK MEKANIK SAMBUNGAN PADA BAJA ST 37

EFFECT OF WELDING ANGEL VARIATION, STRONG CURRENTS, AND BRANDS ELECTRODES AGAINST MECHANICAL TENSILE STRENGTH CONNECTION TO THE STEEL ST 37

Oleh:

ARINGGA BAGUS PERMADI

12.1.03.01.0008

Dibimbing oleh :

1. Dr. Suryo Widodo, M.Pd
2. Hesti Istiqlaliyah, S.T., M.Eng

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI

TAHUN 2016/2017

SURAT PERNYATAAN
ARTIKEL SKRIPSI TAHUN 2017

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap	: ARINGGA BAGUS PERMADI
NPM	: 12.1.03.01.0008
Telepon/HP	: 085646686900
Alamat Surel (Email)	: ARINGGAB@YAHOO.COM
Judul Artikel	: PENGARUH VARIASI SUDUT PENGELASAN, KUAT ARUS, DAN MEREK ELEKTRODA TERHADAP KEKUATAN TARIK MEKANIK SAMBUNGAN PADA BAJA ST 37
Fakultas – Program Studi	: FT/ TEKNIK MESIN
Nama Perguruan Tinggi	: UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI
Alamat PerguruanTinggi	: JL. AHMAD DAHLAN NO 76 KEDIRI

Dengan ini menyatakan bahwa:

a. artikel yang saya tulis merupakan karya saya pribadi (bersama tim penulis) dan bebas plagiatisme;
b. artikel telah diteliti dan disetujui untuk diterbitkan oleh Dosen Pembimbing I dan II.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari ditemukan ketidak sesuaian data dengan pernyataan ini dan atau ada tuntutan dari pihak lain, saya bersedia bertanggung jawab dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Mengetahui		Kediri 31 januari 2017
Pembimbing I	Pembimbing II	Penulis,
Dr. Suryo Widodo, M.Pd NIP / NIDN: 0002026403	Hesti Istiqlaliyah, S.T., M.Eng NIP / NIDN: 0709088301	Aringga Bagus Permadi NPM: 12.1.03.01.0008

PENGARUH VARIASI SUDUT PENGELASAN, KUAT ARUS, DAN MEREK ELEKTRODA TERHADAP KEKUATAN TARIK MEKANIK SAMBUNGAN PADA BAJA ST 37

Aringga Bagus Permadi
12.1.03.01.0008
FT-Teknik Mesin
aringgab@yahoo.com
Dr. Suryo Widodo, M.Pd. dan Hesti Istiqlaliyah, S.T., M.Eng
Universitas Nusantara PGRI Kediri

ABSTRAK

Penelitian ini dilatar belakangi oleh pengalaman peneliti. Pada proses pengelasan variasi sudut pengelasan, kuat arus, dan merek elektroda merupakan salah satu dari sekian banyak faktor yang mempengaruhi nilai tingkat kekuatan hasil pengelasan.Permasalahan penelitian ini adalah: (1) Apakah ada pengaruh variasi sudut pengelasan terhadap kekuatan tarik mekanik sambungan pada baja ST 37? (2) Apakah ada pengaruh variasi kuat arus terhadap kekuatan tarik mekanik sambungan pada baja ST 37? (3) Apakah ada pengaruh variasi merek elektroda terhadap kekuatan tarik mekanik sambungan pada baja ST 37?Penelitian ini dilaksanakan dengan metode taguchi yang melibatkan tiga faktor, tiga level. Faktor tersebut yaitu sudut pengelasan (60^0, 70^0, 80^0), kuat arus (60A, 70A, 80A), dan merek elektroda (RB, LB, Nikko Steel) sedangkan responnya adalah kekuatan tarik hasil pengelasan busur listrik.Hasil penelitian berdasarkan hasil perhitungan ANOVA pada kekuatan tarik menunjukkan dari ketiga faktor tersebut tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik yaitu faktorA sudut elektroda (F hitung sebesar 0,88), faktor B kuat arus (F hitung 0,53), dan faktor C merek elektroda (F hitung 1,22). Sedangkan untuk menolak H_0 adalah $F_{hitung} > F_{tabel}$.

Kata kunci: Pengelasan SMAW, Sudut Elektroda, Kuat Arus, Merek Elektroda

I. LATAR BELAKANG

Dalam kehidupan sehari-hari pada umumnya material baja digunakan tidak dalam bentuk lembaran atau utuh maupun potongan, tetapi digunakan dengan membuat suatu bentuk sehingga perlu dilakukan proses penyambunngan (pengelasan) untuk menghasilkan suatu produk siap pakai dan sambungan las yang baik ataupun kuat. Penyambungan dengan cara pengelasan membutuhkan ampere yang sesuai dengan jenis elektroda dan jenis benda kerja yang akan dilakukan pengelasan, serta sudut posisi atau kedudukan elektroda terhadap benda kerja, karena perubahan sudut yang sangat ekstrim dapat mempengaruhi bentuk deposit las, oleh karena itu

sudut jalan elektroda sangat penting dalam proses pengelasan. Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dilakukan penelitian mengenai sudut pengelasan yang digunakan agar logam pengisi dapat masuk diantara logam sambungan sehingga dapat menyatukan subuah material yang di las. Hasil pengelasan ini diharapkan dapat menghasilkan suatu sambungan las yang baik dan kuat.

Menurut Mujiyono, dkk (2012: 4), menyatakan bahwa panjang busur memiliki range antara 1,6 mm hingga 4 mm. Sudut pengelasan yang baik berkisar antara 65° hingga 80°. Sedangkan kecepatan pengelasan yang baik berkisar antara 5 mm/detik hingga 15 mm/detik.

Menurut Buyung R. Machmoed (2012: 17), telah melakukan riset menggunakan material baja karbon rendah dengan tebal 10 mm.

Pengelasan menggunakan las MIG *(metal inert gas*). Parameter sambungan yang akan diteliti adalah sudut alur 50°, 60°, 70°, jenis kampuh V (*one side welding*). Kemudian dilakukan karakteristik fisik mekanik meliputi uji tarik dan pengukuran distorsi.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa distorsi anguler terbesar jika dibandingkan ketiga spesimen dengan sudut 50°, 60°, dan 70˚ relatif lebih baik pada sudut 70 ˚ karena menghasilkan penyusutan penampang secara tegak lurus. Distorsi lengkung *(longitudinal bending distortion*) terbesar terjadi pada spesimen sudut alur 70˚. Dan selain itu pengujian tarik menunjukkan bahwa tegangan tarik maksimum dan regangan tarik tertinggi terjadi pada spesimen sudut alur 70˚ sebesar 1938 Mpa dan 28.5 % jika dibandingkan antara sudut alur 50˚ dan 60 ˚. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara sudut alur distorsi dan sifat mekanis.

Menurut Nurul Widyanto (2014: 19), untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis dari berbagai macam sudut kampuh V dan faktor penyebab terjadinya tegangan sisa pengelasan pada proses pengelasan SMAW baja karbon rendah.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon rendah dengan ketebalan 4 mm dilas dengan las SMAW menggunakan elektroda E6013 berdiameter 2,6 mm. Spesimen uji tarik dibut berdasarkan standart JIS Z 2201 (1968).

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai kekuatan tarik tertinggi pada pengelassan baja karbon rendah kampuh V pada arus 100 A yaitu sebesar 48,77 kg/mm^2 pada variasi arus 90 A yaitu sebesar 47,49 kg/mm^2 dan pada variasi arus 80 A dengan nilai 47,16 kg/mm^2, nilai tegangan sisa terbesar terjadi pada kampuh V sudut 60^0 dengan nilai sisa sebesar 35,19 kg/mm^2 dan nilai tegangan sisa terkecil pada kampuh V pada arus 80A sudut kampuh 40^0 dengan nilai tegangan sisa sebesar 2,76 kg/mm^2. Besar *heat input* pengelasan berpengaruh pada besar tegangan sisa yang terjadi dimana besar tegangan sisa terbesar terjadi pada variasi arus 100 A dengan heat input sebesar 226353,78 j/mm dan tegangan sisa terkecil terjadi pada variasi arus 80 A dengan besar nilai heat input sebesar 140464,85 j/mm.

Dalam penelitian ini menggunakanmetode eksperimen/Taguchi. Karena luasnya penerapan robus desain ini, dilandasi oleh kekuatan pereduksian jumblah kombinasi suatu desain yang dihasilkan dan mampu mengakomondasi eksperimen dengan banyak faktor.

Pada pengelasan SMAW (*Shileded Metal Arc Welding*) yang umum disebut las listrik sering berhubungan dengan arus listrik dan elektroda, dimana besar kecilnya arus tergantung dari diameter elektroda yang digunakan. Maka untuk mendapatkan hasil pengelasan yang baik dan maksimal perlu dilakukan pengaturan arus yang sesuai dengan diameter elektroda yang digunakan.

Baja St 37 dijelaskan secara umum merupakan baja karbon rendah, disebut juga baja lunak. Banyak digunakan untuk konstruksi umum karena mempunyai sifat mampu las dan kepekaan terhadap retak las. Baja St 37 adalah baja yang mempunyai kekuatan tarik antara 37 kg/mm^2 sampai 45 kg/mm^2. Kekuatan tarik ini adalah maksimum kemampuan sebelum material mengalami patah. Kekuatan tarik yield (σy) baja harganya dibawah kekuatan tarik maksimum.

II. METODE

A. Identifikasi Variabel Penelitian

Metodologi penelitian adalah suatu cara yang digunakan dalam penelitian, sehingga pelaksanaan dan hasil penelitian bisa untuk dipertanggung jawabkan secara

ilmiah. Penelitian dilaksanakan dilaboratorium dengan kondisi dan kondisi dan peralatan yang diselesaikan guna memperoleh data tentang pengaruh variasi sudut pengelasan, kuat arus, dan merek elektroda terhadap kekuatan tarik sambungan pada baja ST 37.

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini untuk mendapatkan data eksperimen adalah sebagai berikut:

1. Variabel bebas

   Variabel bebas merupakan variabel yang nilainya dapat dikendalikan dan dapat ditentukan berdasarkan pertimbangan tertentu dalam penelitian yang mengarah pada tujuan dari penelitian. Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah:

   a. Sudut pengelasan
   b. Kuat arus
   c. Merek elektroda

2. Variabel respon

   Variabel respon merupakan variabel yang nilainya tidak dapat ditentukan diawal dan akan dipengaruhi oleh perlakuan yang diberikan. Nilai variabel ini dapat diketahui setelah melakukan eksperimen. Variabel respon yang digunakan pada penelitian adalah Uji Tarik.

3. Variabel konstan atau kontrol

   Variabel konstan merupakan variabel yang nilainya ditentukan berdasarkan pertimbangan tertentu dalam penelitian yang mengarah pada tujuan dari penelitian. Variabel konstan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

   a. Plat baja ST 37 dengan ketebalan 5mm
   b. Las menggunakan Las SMAW (las listrik)
   c. Waktu pendinginan 20 menit, dengan udara.

B. Teknik dan Pendekatan Penelitian

1. Teknik Penelitian

   Teknik penelitian menggunakan metode taguchi yaitu desain eksperimen yang dapat merancang suatu produk dan proses yang robust terhadap kondisi lingkungan, mengembangkan kualitas produk yang robust terhadap variasi komponen dan meminimalkan variasi di sekitar target.

   Rancangan eksperimen ini diawali dengan pemilihan matriks

yang tergantung dari banyaknya variabel kontrol dan level dari m tersebut. Tabel 3.1.menunjukkan jenis variabel bebas, jumlah level dan nilai dari variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 3.1. Variabel bebas dan pengaturan level

Variabel bebas		Level 1	Level 2	Level 3
A	Sudut elektroda	60^0	70^0	80^0
B	Arus Listrik	60^0	70^0	80^0
C	Merek Elektroda	A	B	C

Sedangkan faktor konstan yang dipertahankan didalam penelitian ini adalah:

- Pendinginan dengan udara selama 20 menit
- Las menggunakan las SMAW
- Plat baja ST 37 dengan ketebalan 5 mm

Faktor dan level penelitian yang digunakan tampak pada Tabel 3.2. sedangkan matrik penelitiannya ditunjukan pada tabel 3.3.

Tabel 3.2. Variabel Bebas Penelitian

Variabel bebas	Level	Nilai variabel		
Sudut elektroda	3	60^0	70^0	80^0
Arus Listrik	3	60^0	70^0	80^0
Merek Elektroda	3	A	B	C

Pengambilan data eksperimen dilakukan secara acak dengan kombinasi parameter mengacu pada rancangan percobaan yang sesuai dengan matrik penelitian orthogonal pada tabel 3.4. Pengacakan ini dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Minitab 16*.

Tabel 3.3. Matrik Ortogonal

No	PARAMETER PENGELASAN			
	Sudut elektroda	Arus Listrik	Merek elektroda	Uji tarik
1	60^0	60A	A	
2	60^0	70A	B	
3	60^0	80A	C	
4	70^0	60A	B	
5	70^0	70A	C	
6	70^0	80A	A	
7	80^0	60A	C	
8	80^0	70A	A	
9	80^0	80A	B	

C. Teknik Analisis Data

1. Jenis Analisis

Dalam penelitian ini metode analisis yang digunakan adalah metode analisis variansi (ANAVA). Analisis variansi adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif mengestimasi

kontribusi dari setiap faktor pada pengukuran respon. Analisis variansi yang digunakan pada desain parameter berguna untuk membantu mengidentifikasi kontribusi faktor, sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan dan Anava juga berguna untuk menganalisis data percobaan yang terdiri dari dua faktor atau lebih dengan dua level atau lebih, ANAVA terdiri dari perhitungan derajat kebebasan (db), jumlah kuadrat, kuadrat tengah, dan F hitung. Data hasil dari perhitungan anava dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Minitab 16*.

2. Norma Keputusan

Untuk mengetahui variabel proses mana yang memiliki pengaruh secara signifikan terhadap kekuatan tarik dilakukan analisis variansi.

Nilai F_{hitung} kurang dari F_{tabel} mengindikasikan bahwa faktor tersebut tidak berpengaruh terhadap respon, jika nilai F_{hitung} yang lebih besar dari F_{tabel} mengindikasikan bahwa faktor tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon,. Hipotesis nol dan hipotesis alternatif yang digunakan pada uji hipotesis dengan menggunakan distribusi F.

Hipotesis variabel terhadap respon:

H_0 $:\tau 1 = \tau 2$: jika H_0 diterima, artinya tidak ada pengaruh variabel terhadap respon.

H_1 $:\tau 2 \neq \tau 2$: jika H_1 diterima, artinya ada pengaruh variabel terhadap respon.

III. HASIL DAN KESIMPULAN

IV. Data Hasil Eksperimen

Pelaksanaan eksperimen dilakukan dengan mengkombinasikan faktor-faktor yang terdapat pada mesin las busur listrik, variabel-variabel yang digunakan antara lain yaitu sudut pengelasan, kuat arus, dan merek elektroda. Data hasil eksperimen yang diambil pada penelitian ini adalah kekuatan.

Rincian tentang data kekuatan masing masing dapat dilihat pada lampiran 3. Hasil eksperimen secara keseluruhan ditunjukan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Data Hasil Eksperimen

Seting faktor kombinasi ke-	Kekuatan Kgf/mm²
1 (60⁰, 60A, A)	34,89
2 (60⁰, 70A, B)	34,89
3 (60⁰, 80A, C)	33,91
4 (70⁰, 60A, B)	36,62
5 (70⁰, 70A, C)	33,42
6 (70⁰, 80A, A)	35,16
7 (80⁰, 60A, C)	35,54
8 (80⁰, 70A, A)	36,89
9 (80⁰, 80A, B)	35,05

Sumber: Hasil Pengukuran pada eksperimen

Pengambilan data untuk kekuatan pada sambungan las dilakukan sebanyak 1 kali percobaan dengan mengunakan spesimen yang sesui dengan metriks ortogonal dari metode taguchi.

V. Perhitungan Rasio S/N

Perhitungan nilai rasio S/N tergantung pada jenis karakteristik kualitas dari respon. Respon kekuatan tarik memiliki karakteristik kualitas semakin besar semakin baik dihitung menggunakan persamaan 2.27.

Contoh perhitungan rasio S/N dari kekuatan tarik untuk kombinasi seting faktor pertama dengan karakteristik kualitas semakin besar semakin adalah sebagai berikut:

$$S/N_1(,ieldstrength)= -10 \log\left[\sum_{i=1}^{n}\frac{(1/y_i^{\,2})}{n}\right]$$

$$\frac{S}{N_1}\ (yieldstrength) = -10\,\mathrm{Log}\left[1/34{,}89^2\right]$$

$$S/N_1\ (yieldstrength) = -10\log\left(\frac{1}{1.217{,}3121}\right) = 30{,}8540$$

$$S/N_1\ (yieldstrength) = 30{,}8540$$

Sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan, nilai S/N yang diperoleh untuk masing-masing respon yang diamati pada masing-masing kombinasi faktor ditunjukkan pada Tabel 4.2. berikut.

Tabel 4.2. Rasio S/N untuk pengujian tarik

No	Sudut	Amper	Merek elektroda	Kekuatan Kgf/mm²	S/N(yield strength) kgf/mm²
1	60⁰	60A	A	34,89	30,8540
2	60⁰	70A	B	34,89	30,8540
3	60⁰	80A	C	33,91	30,6065
4	70⁰	60A	B	36,62	31,2743
5	70⁰	70A	C	33,42	30,4801
6	70⁰	80A	A	35,16	30,9209
7	80⁰	60A	C	35,54	31,0143
8	80⁰	70A	A	36,89	31,3381
9	80⁰	80A	B	35,05	30,8937

Untuk mengidentifikasi pengaruh level dari faktor terhadap rata-rata kekuatan tarik, dilakukan pengolahan data respon (data asli) kekuatan tarik yang diperoleh langsung dari pengujian tarik yang dihitung dengan SN ratio dan menggunakan software minitab 16.

Perhituan nilai rata-rata kekuatan tarik melalui kombinasi level dari masing-masing faktor. Contoh perhitungan nilai rata-rata setiap level faktor, contoh faktor A level 1 sebagai berikut.

$$Yjk = \frac{\Sigma yijk}{nijk}$$

$$YA1 = \frac{30{,}8504 + 30{,}8540 + 30{,}6065}{3}$$

$$YA1 = \frac{92{,}3145}{3}$$

$$YA1 = 30{,}7715$$

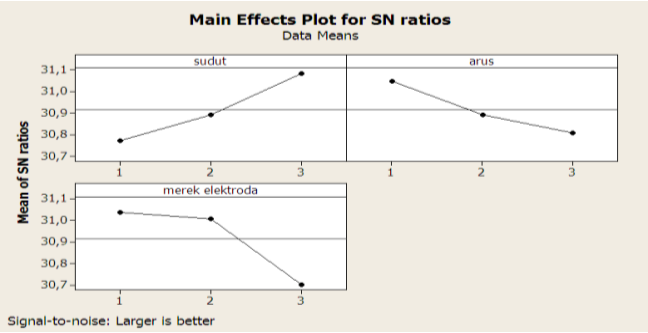
Perhitungan nilai rata-rata kekuatan tarik melalui kombinasi level dari masing-masing faktor dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Respon Rata-Rata kekuatan tarik

	Sudut	Kuat arus	Merek elektroda
Level 1	30,77	31,05	31,04
Level 2	30,08	30,89	31,01
Level 3	31,08	30,81	30,70
Delta	0,31	0,24	0,34
Rank	2	3	1

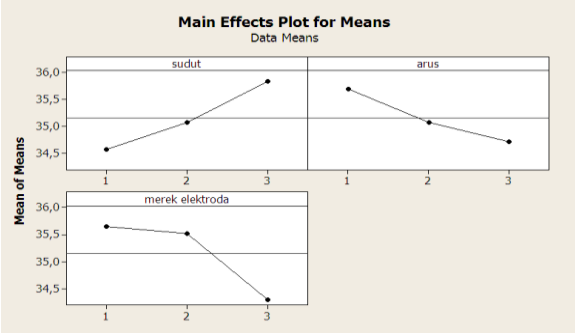
Grafik untuk nilai rata-rata nilaiS/N rasio untuk tiap level faktor tampak pada gambar 4.4.

Gambar 4.4. Grafik Rasio S/N Kekuatan tarik



Grafik untuk nilai rata-rata means untuk tiap level faktor tampak pada gambar 4.5 berikut.

Gambar 4.5. Grafik Means dari Kekuatan tarik



Berdasarkan rata-rata dari nilai S/N rasio pada masing-masing parameter proses dapat ditentukan nilai level yang berpengaruh secara statistik.

berikut respon level yang mempengaruhi kekuatan tarik tampak pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Kombinasi faktor untuk respon optimal

A. Analisis Variansi (ANAVA)

Setelah pengolahan data dengan SN ratio selanjutnya dilakukan analisis variansi untuk mengetahui variabel proses manakah yang memiliki pengaruh secara signifikan terhadap kekuatan tarik. Analisis variansi (ANAVA) untuk kekuatan tarik ditunjukan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Analisis variansi (ANAVA) variabel proses terhadap kekuatan tarik.

Tabel 4.5. Analisis variansi (ANAVA)

Analysis of Variance for kekuatan, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
sudut	2	2,427	2,427	1,213	0,88	0,532
arus	2	1,464	1,464	0,732	0,53	0,653
merek elektroda	2	3,369	3,369	1,685	1,22	0,450
Error	2	2,756	2,756	1,378		
Total	8	10,016				

S = 1,17392 R-Sq = 72,48% R-Sq(adj) = 0,00%

Sumber: Minitab 16.

Nilai F_{hitung} yang lebih besar dari F_{tabel} mengindikasikan bahwa faktor tersebut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik.

Hipotesis nol dan hipotesis alternatif yang digunakan pada uji hipotesis dengan menggunakan distribusi F adalah sebagai berikut:

1. Untuk faktor (A) sudut pengelasan

H0 $\tau 1 = \tau 2$: Tidak ada pengaruh faktor (A) sudut pengelasan terhadap kekuatan tarik.

H1 $\tau 2 \neq \tau 2$: Ada pengaruh faktor (A) sudut pengelasan terhadap kekuatan tarik.

Kesimpulan: F_{hitung}= 0,88< $F_{(0,05;2;7)}$= 4,74; maka H0 diterima, artinya tidak ada pengaruh sudut pengelasan terhadap kekuatan tarik.

2. Untuk faktor (B) kuat arus.

H0 $\beta 1 = \beta 2$: Tidak ada pengaruh faktor (B) kuat arus terhadap kekuatan tarik.

H1 $\beta 1 \neq \beta 2$: Ada pengaruh faktor (B) kuat arus terhadap kekuatan tarik.

Kesimpulan: F_{hitung}= 0,53< $F_{(0,05;2;7)}$= 4,74; maka H0 diterima, artinya tidak ada pengaruh kuat arus terhadap kekuatan tarik.

3. Untuk faktor (C) merek elektroda.

H0 $\gamma 1 = \gamma 2$: Tidak ada pengaruh faktor (C) merek elektroda terhadap kekuatan tarik.

H1 $\gamma 2 \neq \gamma 2$: Ada pengaruh faktor (C) merek elektroda terhadap kekuatan tarik.

Kesimpulan: F_{hitung}= 1,22< $F_{(0,05;2;7)}$= 4,74; maka H0 diterima, artinya tidak ada pengaruh merek elektroda terhadap kekuatan tarik.

VI. DAFTAR PUSTAKA

Ari Budianto, 2012, *pengaruh perlakuan pendinginan pada proses pengelasan SMAW*

(shielded Metal Arc Welding) Stainless Steel Austenitik Aisi 201 Terhadap Uji Kimia, Uji Struktur Mikro, Uji kekerasan, dan Uji tarik,http://eprints.ums.ac.id, 11 Februari 2016.

Buyung R. Machmoed. ST,.M.Eng, 2012, *Analisa Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V (one side welding) Sambungan Las MIG Terhadap Distorsi dan Kekuatan Tarik*, http://repository.ung.ac.id, 24 Januari 2016.

Cahya Sutowo, Ichwan Budiawan, 2008, *Analisa Pengaruh Pengelasan TIG dan MIG pada Sambungan Las Dengan Material Tipe SS316 dan SS304*, https://jurnal.ftumj.ac.id, 17 Januari 2016.

Dr. Mujiyono, ST., MT., W. Eng, dkk, 2012, *Rekayasa Sensor Data Untuk Mengembangkan Mesin Simulator Las (Mesil) Berdasarkan Variabel Penting Proses Pengelasan Shielded Metal Arc welding*,http://webcache.google usercontent.com, 15 Februari 2016.

H. Samsuri Raharjo dkk, 2012, *Variasi Arus Listrik Terhadap Sifat Mekanis Sambungan Las Shielded Metal Arc Welding (SMAW)*, https://publikasiilmiah.ums.ac.id, 26 Januari 2016.

Irwan Soejanto, 2009, *Desain eksperimen Dengan Metode Taguchi*

Nurul Widyanto, 2014, *Analisa Pengaruh Varisi Arus dan Sudut kampuh pengelasan SMAW Terhadap Tegangan sisa pengelasan dan Kekuatan Mekanis Sambungan Baja Karbon Rendah.*

Nur Iriawan. Ph.D, Septin Puji Astuti, S.Si.,MT, 2006, *Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*.PT. Citra Media Utama, 2010, *Teknik pengelasan*

Riki Sanjaya, 2013, *Proses Las SMAW*, http://navale-engineering.blogspot.co.id, 17 Januari 2016.

SHG Naibaho, 2015, *2.1.struktur baja*,http://repository.usu.ac.id, 25 Desember 2015.

Sugiyono, 2012, *Statika untuk penelitian*. Alfabeta. Bandung