JURNAL

ANALISA PENGARUH VARIASI KUAT ARUS, PENDINGIN DAN MEREK ELEKTRODA PADA PENGELASAN BUSUR LISTRIK TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN DISTORSI SUDUT SAMBUNGAN BAJA ST 37

VARIATION ANALYSIS OF EFFECT OF STRONG FLOW, REFRIGERATOR AND BRAND ELECTRODE IN ELECTRIC ARC WELDING AND DISTORTION OF TENSILE STRENGTH STEEL ANGLE CONNECTION ST 37

Oleh:

ANGGA INDRA WIDYATAMA

12.1.03.01.0066

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	: ANGGA INDRA WIDYATAMA
NPM	: 12.1.03.01.0066
Telepon/HP	: 081235637415
Alamat Surel (Email)	: Anggaindratama82@gmail.com
Judul Artikel	: ANALISA PENGARUH VARIASI KUAT ARUS, PENDINGIN, DAN MEREK ELEKTRODA PADA PENGELASAN BUSUR LISTRIK TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN DISTORSI SUDUT SAMBUNGAN 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 Dr. Suryo Widodo, M.Pd NIP / NIDN: 0002026403	Pembimbing II Hesti Istiqlaliyah, S.T., M.Eng NIP / NIDN: 0709088301	Penulis, Angga Indra Widyatama NPM: 12.1.03.01.0066

ANALISA PENGARUH VARIASI KUAT ARUS, PENDINGIN DAN MEREK ELEKTRODA PADA PENGELASAN BUSUR LISTRIK TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN DISTORSI SUDUT SAMBUNGAN BAJA ST 37

Angga Indra Widyatama
12.1.03.01.0066
FT-Teknik Mesin
Anggaindratama82@gmail.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 kuat arus, pendingin dan merk elektroda merupakan salah satu dari sekian banyak faktor yang mempengaruhi nilai tingkat kekuatan tarik dan distorsi sudut hasil pengelasan.Permasalahan penelitian ini adalah: (1) Apakah ada pengaruh variasi kuat arus pada penglasan busur listrik terhadap kekuatan tarik sambungan las baja ST 37 ? (2) Apakah ada pengaruh variasi pendingin pada penglasan busur listrik terhadap kekuatan tarik sambungan las baja ST 37 ? (3) Apakah ada pengaruh variasi merk elektroda pada penglasan busur listrik terhadap kekuatan tarik sambungan las baja ST 37 ? (4) Apakah ada pengaruh variasi kuat arus pada penglasan busur listrik terhadap distorsi sudut sambungan las baja ST 37 ? (5) Apakah ada pengaruh variasi kuat arus pada penglasan busur listrik terhadap distorsi sudut sambungan las baja ST 37 ? (6) Apakah ada pengaruh variasi kuat arus pada penglasan busur listrik terhadap distorsi sudut sambungan las baja ST 37 ? Penelitian ini dilaksanakan dengan metode taguchi yang melibatkan tiga faktor, tiga level. Faktor tersebut yaitu kuat arus (55A, 65A, 75A), pendingin (udara,air,oli) dan merk elektroda (RB, LB, Nikko Steel) sedangkan responnya adalah kekuatan tarik dan distorsi sudut 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 kuat arus (F hitung sebesar 0,001221325), faktor B pendingin (F hitung 0,0006547482), dan faktor C merek elektroda (F hitung 0.0008720829). Sedangkan hasil perhitungan ANOVA pada distorsi sudut menunjukkan dari ketiga faktor tersebut tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik yaitu faktorA kuat arus (F hitung sebesar 0,44024898), faktor B pendingin (F hitung 1,10815381), dan faktor C merek elektroda (F hitung 0,70411668). Untuk menolak H_0 adalah $F_{hitung} > F_{tabel}$.

Kata kunci: Pengelasan Busur Listrik, Kuat Arus, Pendingin, Merek Elektroda

I. LATAR BELAKANG

Proses penyambungan logam atau plat atau pun bahan lain dapat menggunakan suatu penyambungan dengan menggunakan baut, mur, paku keling, soder ataupun dengan cara pengelasan. Pengelasan pada saat ini banyak sekali digunakan karena proses penyambungan dan penyatuan sambungan las relatif lebih cepat dan kuat. Penyambungan dengan cara pengelasan membutuhkan variasi suhu yang sesuai dengan jenis elektroda dan jenis benda kerja yang akan dilakukan pengelasan. Pada umumnya ada lima jenis sambungan dalam pengelasan.

Pengelasan ini digunakan elektroda sebagai bahan tambahan dan elektroda ini terdiri dari banyak ukuran dan jenisnya, tergantung dari kebutuhan dari proses pengelasan itu sendiri. Untuk mendapatkan hasil pengelasan yang baik dan sempurna maka diperlukan pengaturan arus yang benar dan tepat, tidak hanya itu saja pengaruh panjang busur api juga akan mempengaruhi hasil pengelasan.

Pada pengelasan las listrik ini, sering berhubungan dengan arus listrik dan elektroda, dimana besar kecilnya arus tergantung dari diameter elektroda yang digunakan. Untuk mendapatkan hasil pengelasan yang baik dan sempurna maka perlu dilakukan pengaturan arus yang sesuai dengan diameter elektroda dan pengaturan panjang pendeknya busur.

Menurut sukaini (2014) mengatakan bahwa Baja karbon adalah paduan antara besi (Fe) dan karbon (C) dengan paduan sedikit silisium, Mangan, Posphor, Sulfur, dan Cupper. Adapun sifat dari baja karbon tersebut sangat tergantung pada kadar karbon yang dikandung, oleh karena itu baja karbon tersebut dapat dikelompokan dengan berdasarkan kadar karbon. Baja karbon rendah ST 37 memiliki kandungan karbon sedikit lebih tinggi dari pada rata-rata kandungan karbon pada baja karbon, oleh karena itu baja tersebut lebih kuat, tetapi kemampuan reganganya kurang. Baja ini dipakai sebagai bahan untuk membuat balok, neraca timbangan, plat untuk gedung-gedung, jembatan dan kapal-kapal. Baja karbon pada umumnya mudah dilas dengan berbagai cara pengelasan *(proses pengelasan*).

Pelat baja ST 37 merupakan bahan bangunan yang sangat kuat dan liat dengan struktur butiran halus dan dapat dilakukan pengerjaan dalam keadaan panas maupun pengerjaan dingin.pengelasan pada baja ST 37 sangatlah mudah karena struktur kuat dan mudah saat di las.

Untuk meningkatkan hasil dan mutu pengelasan peneliti menggunakan metode taguchi. Karena luasnya penerapan

robus desain ini, dilandasi oleh kekuatan pereduksian jumlah kombinasi suatu desain yang dihasilkan dan mampu mengakomondasi eksperimen dengan banyak faktor.

II. HASIL DAN KESIMPULAN

A. Data Hasil Eksperimen

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

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

Tabel 4. Data Hasil Eksperimen

Seting Faktor Kombinasi Ke-	Kekuatan Tarik	Distorsi Sudut
1	34,34	1,71
2	34,67	0,44
3	20,67	0,48
4	36,03	1.03
5	36,89	0,25
6	36,19	1,11
7	34,40	2,49
8	35,16	0,55
9	36,79	0,60

Sumber: Hasil Pengukuran pada eksperimen

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

B. Perhitungan Rasio S/N Kekuatan Tarik

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

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

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

$$S/N_1\ (yield\ strengt) = -10\ \mathrm{Log}[1/34{,}34^2]$$

$$S/N_1\ (yield\ strength) = -10 \log\left(\frac{1}{1.179{,}2356}\right)$$

$$= 30{,}7160058$$

$$S/N_1\ (yield\ strength) = 30{,}7160058$$

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 5. berikut.

Tabel 5. Rasio S/N untuk Kekuatan Tarik

No	Amper	Pendingin	Merk Elektroda	S/N(yield stregth) Kgf/mm^2
1	55 A	Udara	A	30,1760
2	55 A	Air	B	30,7991
3	55 A	Oli	C	26,3068
4	65 A	Udara	B	31,1333
5	65 A	Air	C	31,3382
6	65 A	Oli	A	31,1718
7	75 A	Udara	C	30,7312
8	75 A	Air	A	30,9210
9	75 A	Oli	B	31,3146

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

$$Y_{jk} = \frac{\sum y_{ijk}}{n_{ijk}}$$

$$Y_{A1} = \frac{30{,}1760+30{,}7991+26{,}3068}{3}$$

$$Y_{A1} = \frac{87{,}2819}{3}$$

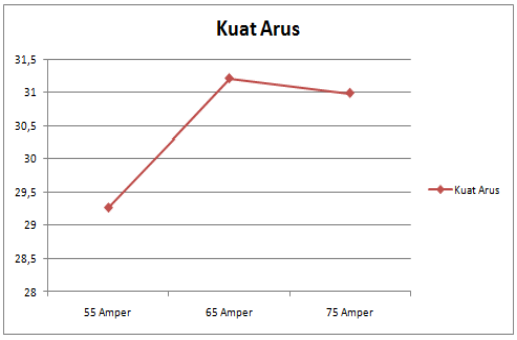
$$Y_{A1} = 29{,}27$$

Perhitungan nilai rata-rata kekuatan tarik melalui kombinasi level dari masing-masing faktor dapat dilihat pada tabel 6

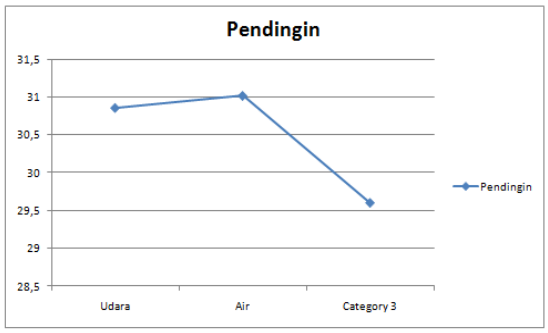
Tabel 6. Respon Rata-Rata kekuatan tarik

	Kuat Arus	Pendigin	Merk elektroda
Level 1	29,27	30,86	30,94
Level 2	31,21	31,02	31,08
Level 3	30,99	29,60	29,46
Delta	1,94	1,42	1,62
Rank	1	3	2

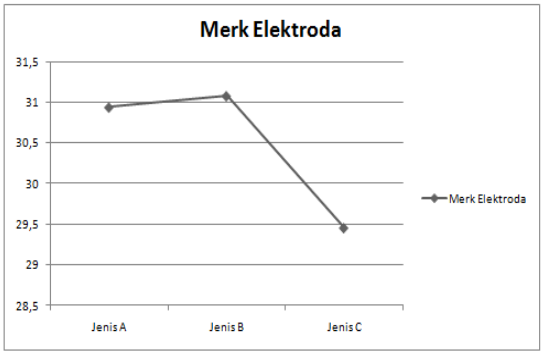
Grafik untuk nilai rata-rata nilaiS/N rasio untuk tiap level faktor tampak pada gambar 1.



Gambar 1. Grafik Hasil Rata-Rata Pengujian Tarik Berdasarkan Kuat Arus



Gambar 2. Grafik Hasil Rata-Rata Pengujian Tarik Berdasarkan Pendingin



Gambar 3. Grafik Hasil Rata-Rata Pengujian Tarik Berdasarkan Merk Elektroda

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 7. Kombinasi faktor untuk respon optimal

Faktor	Level	Nilai Level
Kuat Arus	Level 2	65 A
Merk Elektroda	Level 2	B
Pendingin	Level 2	Air

C. 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. Berikut ini adalah langkah-langkah untuk menghitung ANAVA nilai rata-rata :

1. Menghitung nilai rata-rata semua Eksperimen :

$\bar{y} = \frac{\Sigma y}{n}$

$\bar{y} = \frac{34,34+34,67+20,67+36,03+36,89+36,19+34,40+35,16+36.79}{9}$

$\bar{y} = \frac{305,14}{9} = 33,9044444$

2. Menghitung nilai total *sum of squares.*

$SS_{total} = = \sum_{i=1}^{N} Y_i^2 - CF$

$SS_{total} = 34,34^2 + 34,62^2 + 20,67^2 + 36,03^2 + 36,89^2 + 36,19^2 + 34,40^2 + 35,16^2 + 36,79^2$

$SS_{total} = 10550,3522$

3. Menghitung nilai *sum of squares due to mean* :

mean (S_m) = $n\bar{y}^2$
mean = 9 x $33,9044444^2$
mean = 9 x 1149,51135
mean = 10345,6022

4. Menghitung nilai *sum of squares due to factors,* Contoh perhitungan faktor A kuat arus :

$SS_A = = \left[\sum_{i=1}^{kA}\left(\frac{A_i^2}{n_{A_i}}\right)\right] - CF$

$SS_A = \frac{29,27^2}{9} + \frac{31,21^2}{9} + \frac{30,99^2}{9} - \frac{91,47^2}{27}$

$SS_A = \frac{856,7329}{9} + \frac{974,0641}{9} + \frac{960,3801}{9} - \frac{8366,7609}{27}$

$SS_A = 95,1925444 + 108,229344 + 106,7089 - 309,880033$

$SS_A = 0,2507554$

5. Menghitung nilai *sum of aquares due to error* :

$SS_E = SS_t - SS_m - (SS_A + SS_B + SS_C)$

$SS_E = 10550,3522 - 10345,6022 - (0,2507554 + 0,1344291 + 0,179051)$

$SS_E = 10550,3522 - 10345,6022 - (0,5642355)$

$SS_E = 10550,3522 - 10345,038$

$SS_E = 205,3142$

6. Menghitung derajat bebas, contoh perhitungan faktor A kuat arus :

DF = derajat bebas total.
= N-1
DF_A = derajat bebas faktor Kuat Arus.
$Df_A = k_A - 1$
$DF_A = 3 - 1$
$DF_A = 2$
DF_{error} = derajat bebas error.
$= DF_T - DF_A - DF_B - DF_C (DF_A x DF_B x DF_C)$

7. Menghitung nilai *mean sum of aquares*, contoh perhitungan faktor A kuat arus :

$MS_A = \frac{SS_A}{DF_A}$

$MS_A = \frac{0,2507554}{2}$

MSA = 0,1253777

8. Menghitung nilai F ratio, contoh perhitungan faktor A kuat arus :

$F_A = \frac{MS_A}{M_e}$

$F_A = \frac{0,1253777}{102,6571}$

$F_A = 0,001221325$ (2.21)

9. Menghitung *pure sum of squares*, contoh perhitungan faktor A kuat arus:

$SS_A' = SS_A - DF_A \times M_E$

$SS_A' = 0,2507554 - 2 \times 102,6571$

$SS_A' = -205,0634$

10. Menghitung *percent contribution*, contoh perhitungan faktor A kuat arus:

$\rho A = \frac{SS_A'}{SS_t}$

$\rho A = \frac{-205,0634}{205,878436} \times 100\%$

ρA = - 99,60412

Hasil dari seluruh perhitungan ANAVA untuk nilai rata- rata dipaparkan pada tabel 8.

Tabel 8. ANAVA Rata-Rata

Source	SS	DF	MS	F ratio	SS'	Ratio %	F Tabel
Kuat Arus	0,2507554	2	0,1253777	0,001221325	205,0634	99,60412	4,75
Pendingin	0,1344291	2	0,06721455	0,0006547482	205,17977	99,66064	4,75
Merk Elektroda	0,179051	2	0,0895255	0,0008720829	205,13515	99,63897	4,75
Error	205,3142	2	102,6571	1			
SS_t	205,878436	8	25,7348045				
Mean	10345,6022						
SS_{total}	10550,3522	8					

Berdasarkan perhitungan ANOVA nilai S/N Rasio diatas menunjukan bahwa nilai persen kontribusi pada faktor A -99,60412, faktor B -99,66064, dan faktor C -99,63897 artinya bahwa semua faktor tidak ada pengaruh yang signifikan.

Untuk 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 adalah sebagai berikut:

1. Untuk faktor kuat arus

   $H_0 : \tau_1 = \tau_2$ Artinya tidak ada pengaruh terhadap kekuatan tarik.

   $H_1 : \tau_2 \neq \tau_2$ Artinya ada pengaruh terhadap kekuatan tarik

   Kesimpulan: F_{hitung} = 0,001221325 < F(0,05;2;7) = 4,75 maka H_0 diterima, artinya tidak ada pengaruh kuat arus terhadap kekuatan.

2. Untuk faktor pendingin.

   $H_0 : \tau_1 = \tau_2$ Artinya tidak ada pengaruh terhadap kekuatan tarik.

   $H_1 : \tau_2 \neq \tau_2$ Artinya ada pengaruh terhadap kekuatan tarik

   Kesimpulan: F_{hitung} = 0,0006547482 < F(0,05;4;7) = 4,75 maka H_0 ditrima, artinya tidak ada pengaruh pendingin terhadap kekuatan.

3. Untuk faktor mrek elektroda.

   $H_0 : \tau_1 = \tau_2$ Artinya tidak ada pengaruh terhadap kekuatan tarik.

   $H_1 : \tau_2 \neq \tau_2$ Artinya ada pengaruh terhadap kekuatan tarik

   Kesimpulan: F_{hitung} = 0,0008720829 < F(0,05;3;5) = 4,75 maka H_0 ditrima, artinya tidak ada pengaruh mrek elektroda terhadap kekuatan.

Berdasarkan uji hipotesis distribusi F, maka faktor kuat arus, pendingin dan mrek elektroda tidak memiliki pengaruh terhadap respon kekuatan tarik. Kondisi H_0 pada respon kekuatan tarik untuk masing-masing faktor ditunjukkan oleh Tabel 9.

Tabel 9. Kondisi hipotesis nol kekuatan tarik

Variabel	Kondisi H_0
Kuat arus	Diterima
Pendingin	Diterima
Mrek elektroda	Diterima

D. Perhitungan Rasio S/N Distorsi Sudut

Untuk perhitungan rasio S/N dari distorsi sudut untuk kombinasi seting faktor pertama dengan karakteristik kualitas semakain kecil semakin baik adalah sebagai berikut :

$$S/N = -10\log\left[\sum_{i=1}^{n}\frac{y_i^2}{n}\right]$$
$$S/N_1\ (R_a) = -10\log[1{,}71^2]$$
$$S/N_1\ (R_a) = -10\log(2{,}9241)$$
$$= 21{,}3100$$
$$S/N_1\ (R_a) = -4{,}65992221$$

Sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan, nilai rasio S/N yang diperoleh untuk masing-masing respon yang diamati pada masing-masing kombinasi faktor ditunjukkan pada Tabel 10 berikut ini

Tabel 10. Rasio S/N Untuk Distorsi Sudut

No	Amper	Pendingin	Merk Elektroda	Distorsi Sudut Drajat
1	55 A	Udara	A	4,6599
2	55 A	Air	B	7,1309
3	55 A	Oli	C	6,3752
4	65 A	Udara	B	0,2567
5	65 A	Air	C	12,0412
6	65 A	Oli	A	0,9065
7	75 A	Udara	C	7,9240
8	75 A	Air	A	5,1927
9	75 A	Oli	B	4,4370

Sumber : hasil perhitungan

Untuk mengidentifikasi pengaruh level dari faktor terhadap rata-rata distorsi sudut, dilakukan pengolahan data respon (data asli) distorsi sudut yang diperoleh langsung dari pengujian tarik. Perhitungan nilai rata-rata kekuatan tarik melalui kombinasi level dari masing-masing faktor. Contoh perhitngan nilai rata-rata setiap level faktor, contoh faktor A level 1 sebagai berikut :

$$Y_{jk} = \frac{\sum y_{ijk}}{n_{ijk}}$$
$$Y_{A1} = \frac{4{,}6599+7{,}1309+6{,}3752}{3}$$
$$Y_{A1} = \frac{8{,}8462}{3}$$
$$Y_{A1} = 2{,}9487$$

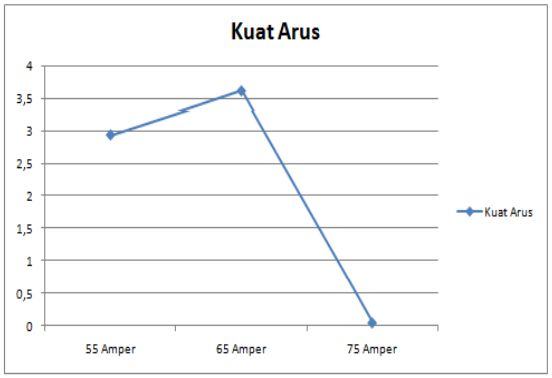
Sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan, nilai respon rata-rata yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Respon Rata-Rata Distorsi Sudut

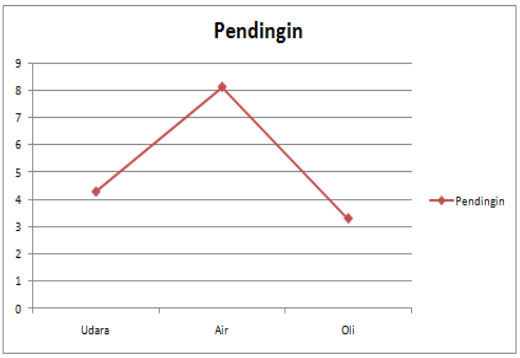
	Kuat Arus	Pendigin	Merk elektroda
Level 1	29,27	30,86	30,94
Level 2	31,21	31,02	31,08
Level 3	30,99	29,60	29,46
Delta	1,94	1,42	1,62
Rank	1	3	2

Sumber : hasil perhiungan

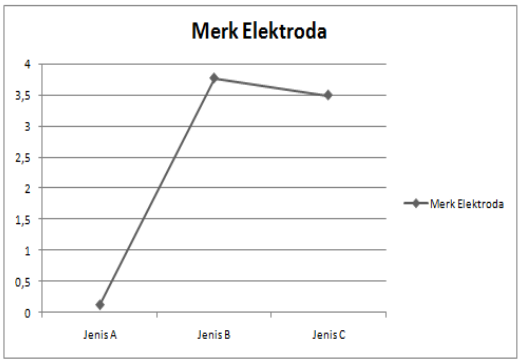
Grafik untuk nilai rata-rata nilai S/N rasio untuk tiap level faktor tampak pada gambar 4.4 berikut.



Gambar 4. Grafik Nilai Rata-Rata Distorsi Sudut Berdasarkan Kuat Arus



Gambar 5. Grafik Nilai Rata-Rata Distorsi Sudut Berdasarkan Pendingin



Gambar 6 Grafik Nilai Rata-Rata Distorsi Sudut Berdasarkan Merk Elektroda

Berdasarkan rata-rata dari nilai S/N rasio pada masing masing parameter proses, dapat ditentukan nilai level yang berpengaruh secara statistik mempengaruhi respon level yang mempengaruhi distorsi sudut tampak pada tabel 12.

Tabel 12. Kombinasi faktor untuk respon optimal

Faktor	Level	Nilai Level
Pendingin	Level 2	Udara
Merek Elektroda	Level 2	B
Kuat Arus	Level 2	65 A

E. Perhitungan ANAVA Nilai Rata-rata Distorsi Sudut

Berikut ini adalah langkah-langkah untuk menghitungan ANAVA nilai rata rata :

1. Menghitung nilai rata-rata semua eksperimen

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{1{,}71+0{,}44+0{,}48+1{,}03+0{,}25+1{,}11+2{,}49+0{,}55+0{,}60}{9}$$

$$\bar{y} = \frac{8{,}66}{9} = 0{,}96222222$$

2. Menghitung nilai total *sum of squares.*

$$SS_{total} = \sum y^2$$

$$SS_{total} = 1{,}71^2 + 0{,}44^2 + 0{,}48^2 + 1{,}03^2 + 0{,}25^2 + 1{,}11^2 + 2{,}49^2 + 0{,}55^2 + 0{,}60^2$$

$$SS_{total} = 12{,}5662$$

3. Menghitung nilai *sum of squares due to mean* :

$$\text{mean } (S_m) = n\bar{y}^2$$

$$\text{mean} = 9 \times 0{,}96222222^2$$

$$\text{mean} = 9 \times 0{,}9258716$$

$$\text{mean} = 8{,}3328444$$

4. Menghitung nilai *sum of squares due to factors*, contoh perhitungan faktor A kuat arus :

$$SS_A = \left[\sum_{i=1}^{kA}\left(\frac{A_i^{\,2}}{n_{A_i}}\right)\right] - CF$$

$$SS_A = \frac{2{,}9487^2}{9} + \frac{3{,}6260^2}{9} + \frac{0{,}5686^2}{9} - \frac{7{,}1433^2}{27}$$

$SS_A = \frac{8,69483169}{9} + \frac{13,147876}{9} + \frac{0,32330596}{9} - \frac{51,0267349}{27}$

SS_A = 0,96609241 + 1,46087511 + 0,03592288 – 1,88987907

SS_A = 0,57301133

5. Menghitung nilai *sum of aquares due to error* :

$SS_E = SS_t - SS_m - (SS_A + SS_B + SS_C)$

SS_E = 12,5662- 8,3328444 – (0,57301133 + 1,44233083 + 0,91645149)

SS_E = 12,5662- 8,3328444 – (2,93179365)

SS_E = 4.2333556 – 10345,038

SS_E = 1,30156195

6. Menghitung derajat bebas, contoh perhitungan faktor Arus kuat :

DF = derajat bebas total.

= N-1

DF_A = derajat bebas faktor A.

$Df_A = k_A - 1$ (2.14)

DF_A = 3 – 1

DF_A = 2

DF_{error} = derajat bebas error.

= $DF_T - DF_A - DF_B - DF_C$ ($DF_A x DF_B x DF_C$)

7. Menghitung nilai *mean sum of aquares*, contoh perhitungan factor A kuat arus :

$MS_A = \frac{SS_A}{DF_A}$

$MS_A = \frac{0,57301133}{2}$

MS_A = 0,28650566

8. Menghitung nilai F ratio, contoh perhitungan faktor A kuat arus :

$F_A = \frac{MS_A}{M_e}$

$F_A = \frac{0,28650566}{0,6507809}$

F_A = 0,44024898

9. Menghitung *pure sum of squares*, contoh perhitungan faktor A kuat arus :

$SS_A' = SS_A - DF_A \times M_E$

SS_A' = 0,57301133 – 2 x 0,65078098

SS_A' = - 0,7285506

10. Menghitung *percent contribution*, contoh perhitungan faktor A kuat arus :

$\rho A = \frac{SS_A'}{SS_t}$

$\rho A = \frac{-0,7285506}{4,23335557}$ x 100%

ρA = - 17,20977

Hasil dari seluruh perhitungan ANAVA untuk nilai rata- rata dipaparkan pada tabel 13.

Tabel 13. ANAVA Rata-rata

Source	SS	DF	MS	F ratio	SS'	Ratio%	F Tabel
Kuat arus	0,57301133	2	0,28650566	0,44024898	0,7285506	17,20977	4,75
Pendingin	1,44233083	2	0,72116542	1,10815381	0,14076887	3,325231	4,75
Merk elektroda	0,91645149	2	0,45822574	0,70411668	0,3851105	9,097051	4,75
Error	1,30156195	2	0,65078098	1			
SS_t	4,23335557	8	0,52916945				
Mean	8,3328444						
SS_{total}	12,5662	8					

Berdasarkan perhitungan ANOVA nilai S/N Rasio diatas menunjukan bahwa nilai persen kontribusi pada faktor A -17,20977, faktor B 3,325231, dan faktor C -9,097051artinya bahwa semua faktor tidak ada pengaruh yang signifikan.

Untuk 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 adalah sebagai berikut:

1. Untuk faktor kuat arus

   $H_0 : \tau_1 = \tau_2$ Artinya tidak ada pengaruh terhadap distorsi Sudut.

   $H_1 : \tau_2 \neq \tau_2$ Artinya ada pengaruh terhadap distorsi sudut.

   Kesimpulan: F_{hitung} = 0,44024898 < F(0,05;2;7) = 4,35 maka H_0 diterima, artinya tidak ada pengaruh kuat arus terhadap distorsi sudut.

2. Untuk faktor pendingin.

   $H_0 : \tau_1 = \tau_2$ Artinya tidak ada pengaruh terhadap distorsi Sudut.

   $H_1 : \tau_2 \neq \tau_2$ Artinya ada pengaruh terhadap distorsi sudut.

   Kesimpulan: F_{hitung} = 1,10815381 < F(0,05;2;7) = 4,35 maka H_0 ditrima, artinya tidak ada pengaruh pendingin terhadap distorsi sudut.

3. Untuk faktor mrek elektroda.

   $H_0 : \tau_1 = \tau_2$ Artinya tidak ada pengaruh terhadap distorsi Sudut.

   $H_1 : \tau_2 \neq \tau_2$ Artinya ada pengaruh terhadap distorsi sudut.

   Kesimpulan: F_{hitung} = 0,70411668 < F(0,05;2;7) = 4,35 maka H_0 ditrima, artinya tidak ada pengaruh mrek elektroda terhadap distorsi sudut.

Berdasarkan uji hipotesis distribusi F, maka faktor kuat arus, pendingin dan mrek elektroda tidak memiliki pengaruh terhadap respon distorsi sudut. Kondisi H_0 pada respon distorsi sudut untuk masing-masing faktor ditunjukkan oleh Tabel 14.

Tabel 14. Kondisi hipotesis nol distorsi sudut

Variabel	Kondisi H_0
Kuat arus	Diterima
Pendingin	Diterima
Mrek elektroda	Diterima

VI. Pembahasan

Berdasarkan dari hasil perhitungan metode taguchi didapatkan kondisi optimal dapat dipilih dengan semua level faktor yang mempunyai presentase respon lebih besar lebih baik untuk kekuatan tarik. Menurut pringkatnya kondisi optimal yang baik pada kekauatan adalah faktor A kuat arus pada level 2 yaitu 65 amper,faktor C mrek elektroda pada level 2 menggunakan mrek elektroda jenis C, sedangkan faktor B pendingin pada level 2 menggunakan pendingin jenis air.

Sedangkan dari hasil perhitungan metode taguchi dari distorsi sudut yang mempunyai presentase respon karakteristik kualitas semakin kecil semakin baik. Menurut pringkat kondisi optimal pada distorsi sudut ditunjukan pada faktor B pendingin dengan level 2 menggunakan pendingin udara, faktor C mrek elektroda menggunakan elektroda mrek jenis C, dan faktor A kuat arus level 2 menggunakan 65 amper.

Dari hasil perhitungan uji ANOVA pada kekuatan tarik dan distorsi sudut, ke dua respon dari ketiga faktor tersebut yaitu kuat arus, pendingin dan mrek elektroda tidak memiliki pengaruh terhadap respon yang sangat signifikan artinya kita bisa menggunakan ketiga faktor tersebut saat pengelasan karena dari hasil perhitungan tidak ada pengaruh respon yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

Achmad Nurhidayat. 2012. *Pengaruh Metode Pendingin Pada perlakuan Panas Pasca Pengelasan Terhadap Karakteristik Sambungan las logam Berbeda Antara Baja Karbon Rendah SS 400 Dengan Baja Tahan Karat Austenitik Aisi 304*. Jurnal Teknik Mesin. Vol XI. No 1. Maret

Ahmadil amin. 2012. *Pengaruh Besar Arus Temper Bead Welding Terhadap Ketangguhan Hasil Las SMAW Pada Baja ST 37*. Jurnal Teknik Mesin. Vol 4. No 1. April

Aljufri. 2013. *Ketangguhan Metal Baja Aisi 1050 Akibat Pembebanan Impact Hasil Pengelasan SMAW Yang Telah Mengalami Hardening dan Tanpa Proses Hardening*. Jurnal Manufaktur Teknik Mesin.

Bagus sugiarto,2012,*arus pengelasan listrik.* (oneline), tersedia:http://www.bengkelbangun.com/2012/12/arus-pengelasan-las-listrik.html, di unduh 12 januari 2016.

H.Samsudi Rahajo. 2012. *Variasi arus Listrik Terhadap Sifat Mekanis Sambungan Las Shilding Metal Arc Welding (SMAW)*. Jurnal Fakultas Teknik.

Iriawan, N. Dan Astuti, S. P. 2006. Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14. Yogyakarta: Andi Offset.

Joko santoso, 2006, *Pengaruh arus pengelasan terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan las smaw dengan elektroda E7018*, Jurnal Teknik Mesin Universitas Negri Semarang

Montgomery, D. C. 2005. *Design and analysis of experiments 6th Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Montgomery, D. C. 2005. *Design and analysis of experiments 7th Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Patricia Wahyu Haumahu. 2011. *Optimalisasi Produk Dengan Menggunakan Metode Perancangan Toleransi Taguchi*. Jurusan Matematika Universitas Diponegoro

Pranowo sidi. 2011. *Analisa Pengaruh Proses Pengelasan MIG Terhadap Distorsi Sudut dan Kedalaman Penetrasi Pada Sambungan Butt Joint.* Jurnal Permesina kapal. Vol 5, No 1.

Saiful Huda, Joko Waluyo, Teguh Fiantoro. 2013. *Analisa Pengaruh Arus dan Bentuk Kampuh Pada Pengelasan SMAW Terhadap Distorsi Sudut dan Kekuatan Tarik Sambungan Butt Joint Baja Aisi 4140. Jurnal Teknik Mesin*. Vol 6. No 2. Desember

Soejanto, I. 2009.Desain Eksperimen Dengan Metode Taguchi Edisi Pertama, Yogyakarta: Graha Ilmu.

Udin juhrodin,2013,*analisa data menggunakan minitab*. (oneline), tersedia: http://udinjuhrodin.byethost3.com/analisis-data-menggunakan-minitab-v-16/?ckattempt=1, diunduh14 januari 2016

Wiryosumarto, H. Dan Okumura, T. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita