

Pengaruh posisi pengelasan dan gerakan elektroda terhadap kekerasan hasil las baja JIS SSC 41

I Gusti Ngurah Nitya Santhiarsa⁽¹⁾ dan I Nyoman Budiarsa⁽²⁾
^{(1),(2)}Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Pada proses las, posisi pengelasan dan gerakan elektroda berpengaruh pada sifat mekanik hasil las. Penelitian ini membahas pengaruh posisi pengelasan dan gerakan elektroda dalam proses pengelasan terhadap perubahan sifat kekerasan yang terjadi pada baja JIS SSC 41. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen faktorial, dimana terdapat dua faktor yaitu posisi pengelasan dan gerakan elektroda. Pada posisi pengelasan ada tiga posisi yaitu posisi datar, vertikal dan atas kepala. Pada gerakan elektroda ada tiga gerakan yaitu gerakan pola melingkar, pola zig-zag dan pola C. Berdasarkan hasil penelitian, posisi pengelasan dan gerakan elektroda yang digunakan mempunyai pengaruh nyata terhadap nilai kekerasan, nilai kekerasan Vickers tertinggi rata-rata 513,891 Kg/mm² terjadi pada posisi pengelasan atas kepala dan pada variabel gerakan elektroda pola C, sedangkan nilai kekerasan Vickers terendah rata-rata 441,348 kg/mm² terjadi pada posisi pengelasan datar dan pada gerakan elektroda pola zig-zag.

Kata kunci: Posisi pengelasan, gerakan elektroda, heat affected zone, kekerasan

Abstract

At Welding process, position of welding and movement of electrode have influence for the mechanic properties of product. Research into this study influence position of welding and movement of electrode in welding process for the change of hardness properties of Steel material SSC 41. The Method used that is factorial Experiment factorial method, where there are two factor that is position of welding and electrode movement. On welding position there three position that is position flat, vertical and over head. At movement of electrode there three movement that is movement of circle pattern, pattern of Zig-zag, and pattern C. Pursuant to research result, position of welding and movement of electrode used have of level significance influence into hardness value, highest mean Value of hardness Vickers is 513,891 Kg/mm² there are at welding position variable to the head and C pattern electrode movement, while lower mean value hardness of Vickers is 441,348 Kg/mm² at welding position variable level off and at zigzag pattern electrode movement.

Keywords: Welding position, movement of electrode, heat affected zone, hardness

1. Pendahuluan

Pada saat ini teknik las busur listrik dengan elektrode terbungkus telah dipergunakan secara luas dalam penyambungan batang-batang pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Luasnya penggunaan teknologi ini disebabkan karena konstruksi bangunan baja dan mesin yang dibuat dengan menggunakan teknik penyambungan ini lebih ringan dan proses pembuatannya juga lebih sederhana sehingga biaya secara keseluruhan menjadi lebih murah (Wirjosumarto, 2004). Pengelasan busur listrik adalah proses penyambungan material yang menghasilkan bagian yang menyatu atau tumbuh bersama dari material dengan memanaskannya pada temperatur pengelasan, dengan penggunaan logam pengisi (Cary, 1980). Pemakaian baja karbon rendah untuk bahan pembentukan struktur ruang seperti struktur atap, tiang serta batang kisi menambah keuntungan, karena logam mempunyai daya tahan yang besar terhadap patahan yang disebabkan oleh berbagai beban bergerak mekanis (Makowski, 1988).

Sering kali pengelasan harus dilakukan pada posisi tertentu karena mengikuti rancangan suatu konstruksi seperti pengelasan langit-langit/plafon bangunan, pada pojok bangunan, diatas lantai dan sebagainya. Terlebih lagi pada proses pengelasan berkelanjutan yaitu suatu konstruksi memerlukan

pengelasan yang berurutan dan cepat dengan posisi pengelasan yang berbeda-beda. Dengan adanya keharusan posisi pengelasan tertentu, maka akan memberikan hasil yang berbeda terhadap kekuatan dan kekerasan hasil lasan (Cary, 1980).

Pergerakan atau ayunan elektroda las juga dapat mempengaruhi karakteristik hasil lasan, pada sisi lain bentuk gerakan elektroda untuk pengelasan sering menjadi pilihan pribadi dari tukang las itu sendiri tanpa memperhatikan kekuatan lasnya. Untuk mengetahui bentuk gerakan elektroda yang menghasilkan sifat mekanik yang paling baik, perlu dilakukan penelitian dan pengujian. Salah satu sifat mekanik yang paling penting dalam pengelasan adalah sifat kekerasan (*hardness*). Hal-hal di atas melatarbelakangi penelitian tentang bagaimana pengaruh posisi pengelasan dan gerakan elektroda terhadap sifat kekerasan baja karbon rendah (JIS SSC 41).

2. Dasar Teori Elektroda

Pada dasarnya bila ditinjau dari logam yang dilas kawat elektroda dibedakan menjadi lima, yaitu : baja lunak, baja karbon tinggi, baja paduan, besi tuang dan logam *non ferro*. Karena *filler metal* harus mempunyai kesamaan sifat dengan logam induk,

maka sekaligus ini berarti bahwa tiada elektroda yang dapat dipakai untuk semua jenis dari pengelasan.

berdasarkan JIS didasarkan pada jenis fluks, posisi pengelasan dan arus las.

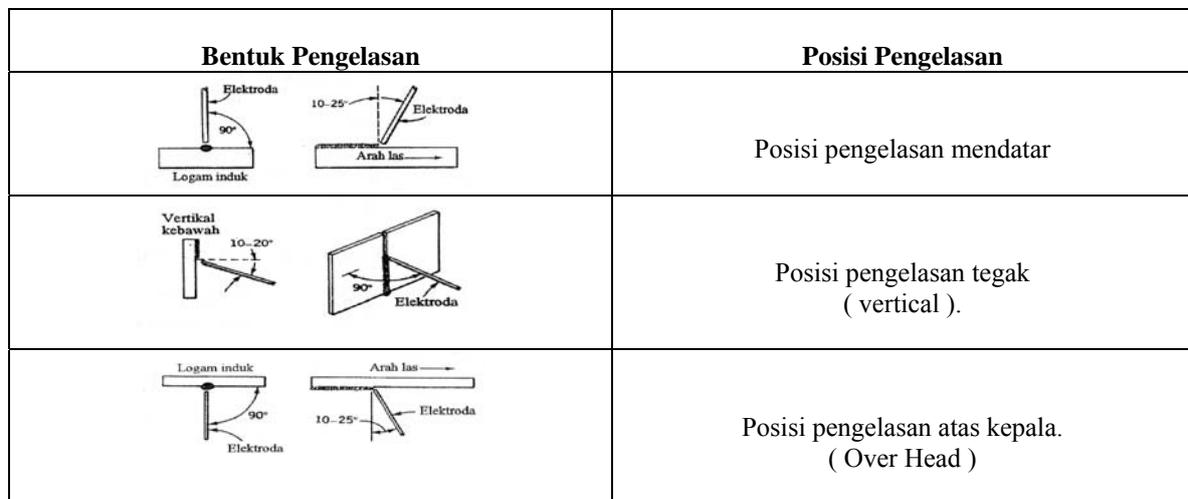
Elektroda terbungkus sudah banyak yang distandarkan penggunaannya, standarisasi elektroda

Tabel 1. Spesifikasi Elektroda Terbungkus dari Baja Lunak
(Sumber : Wiryosumarto, 2004, hal : 13)

Klasifikasi JIS	Jenis Fluks	Posisi Pengelasan	Jenis Listrik	Sifat Mekanik Dari Logam Las			
				Kekuatan Tarik (Kg/mm ²)	Kekuatan Luluh (Kg/mm ²)	Perpanjangan (%)	Kekuatan Tumbuk (kg-mm)
D4301	Ilmenit	F. V. OH. H	AC atau DC (±)	≥ 43	≥ 35	≥ 22	≥ 48 (0°C)
D4303	Titania kapur	F. V. OH. H	AC atau DC (±)	≥ 43	≥ 35	≥ 22	≥ 28 (0°C)
D4311	Selulosa tinggi	F. V. OH. H	AC atau DC (+)	≥ 43	≥ 35	≥ 22	≥ 28 (0°C)
D4313	Oksida titan	F. V. OH. H	AC atau DC (-)	≥ 43	≥ 35	≥ 17	-
D4316	Hidrogen rendah	F. V. OH. H	AC atau DC (+)	≥ 43	≥ 35	≥ 25	≥ 48 (0°C)
D4324	Serbuk besi titania	F. H-S	AC atau DC (±)	≥ 43	≥ 35	≥ 17	-
D430126	Serbuk besi hidrogen rendah	F. H-S	AC atau DC (+)	≥ 43	≥ 35	≥ 25	≥ 48 (0°C)
D430127	Serbuk besi oksida	F. H-S	Untuk F, AC atau DC (±) untuk AC atau DC (-)	≥ 43	≥ 35	≥ 25	≥ 28 (0°C)
D4340	Khusus	semua posisi	AC atau DC (±)	≥ 43	≥ 35	≥ 22	≥ 28 (0°C)

Tabel 2. Hubungan Diameter Elektroda dengan Arus Pengelasan
(Sumber : Howard B .C, 1998)

Diameter Elektroda (mm)	Arus (Ampere)
2,5	60 - 90
2,6	60 - 90
3,2	80 - 130
4,0	150 - 190
5,0	180 - 250



Gambar 1. Posisi pengelasan

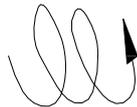
Didalam kenyataannya pemilihan ukuran diameter tergantung dari perencanaan, ukuran las, posisi pengelasan, input panas serta keahlian tukang lasnya. Ini bisa pula berarti bahwa tiap ukuran diameter elektroda mempunyai kaitan dengan besarnya Ampere yang lewat pada elektroda tersebut

Posisi Pengelasan

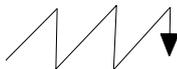
Yang dimaksud dengan posisi pengelasan adalah pengaturan posisi atau letak gerakan elektroda las. Posisi pengelasan yang diambil oleh operator las biasanya tergantung dari letak kampuh-kampuh atau celah-celah benda kerja yang akan dilas. Posisi-posisi pengelasan sesuai dengan standar AWS (*American Welding Society*) ditunjukkan pada gambar 1.

Pergerakan Elektroda

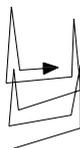
Cara pergerakan elektroda ada banyak sekali, tetapi tujuannya adalah sama yaitu mendapatkan deposit logam las dengan permukaan yang rata dan halus dan menghindari terjadinya takikan dan percampuran terak. Pada penelitian ini diambil 3 bentuk gerakan elektroda dari beberapa bentuk gerakan yang ada, diantaranya :



Gerakan Elektroda Pola Melingkar



Gerakan Elektroda Pola Zig-Zag



Gerakan Elektroda Pola C

Gambar 2. Bentuk gerakan elektroda
(Sumber : Wiryosumarto, 2004, hal : 222)

3. Metodologi Penelitian

Alat

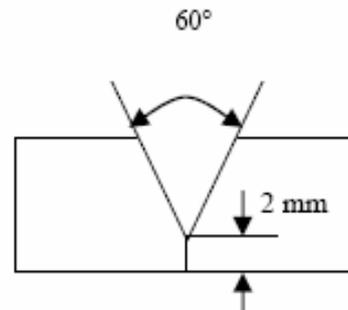
- Mesin las busur listrik , Cemont SV333.
- Elektroda terbungkus.
- Mesin potong dan gerinda
- Mesin Frais.
- Mesin uji impact menggunakan tipe Timus Tolsen Willow Grove,PA, USA.
- Mesin pemoles, untuk memudahkan proses pemolesan.
- Kertas gosok *water proof*, digunakan untuk menghaluskan spesimen dengan tingkat kekasaran dari kertas gosok mulai 180 sampai dengan 2000.

Bahan

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah (JIS SSC 41), dengan komposisi kimia adalah karbon (C) 0,25%, (P) 0,050%. (S) 0.050 % (Wiryosumarto, 2004).

Prosedur Penelitian

1. Benda Kerja
Benda kerja (baja karbon rendah) dipotong dengan ukuran 40 x 150 x 10 mm dengan menggunakan mesin gergaji potong.
2. Pembuatan Alur Las
Adapun bentuk alur las yang akan dibuat untuk pengelasan adalah bentuk alur – V tunggal sesuai dengan standar JSSC – 1977.



Gambar 3. Bentuk Sambungan Las Alur-V Tunggal

3. Proses Pengelasan
Jenis Elektroda
Arus las : 110 Ampere
Tegangan Busur : 26 volt
Diameter elektroda : 3,2 mm (RB-26).
Posisi pengelasan : Datar, Vertikal dan Atas Kepala.
4. Gerakan ayunan elektroda
Melingkar, Zig-zag dan C
5. Pendinginan
Setelah proses pengelasan dilakukan pendinginan dengan media udara.
6. Pembuatan spesimen untuk pengujian
Spesimen uji kekerasan pada HAZ

Pengamatan struktur makro

Sebelum dilaksanakan pembuatan spesimen uji kekerasan terlebih dahulu dilakukan pengamatan struktur makro untuk menentukan batas-batas daerah logam las, daerah HAZ dan logam induk sebagai acuan untuk uji kekerasan pada daerah HAZ. Pengamatan struktur makro ini dilakukan dengan proses pengetsaan. Prosedur pengetsaan makro: Mempersiapkan larutan HNO₃ dengan alkohol 95%, dengan HNO₃ sebanyak 25%, mencelupkan spesimen dan diagitasi selama 3 menit, dilap dengan tisu dan dicelupkan ke air untuk menghilangkan korosinya kemudian material dibersihkan dengan tisu dan dikeringkan dengan *hair dryer*.

Rancangan Penelitian Faktorial

Untuk mengetahui pengaruh variabel-variabel di dalam suatu penelitian dapat dilakukan dengan analisis varian. Analisis varian merupakan suatu analisis metode data untuk memperoleh pemecahan di dalam suatu penelitian sebanyak n sampel, serta mengetahui interaksi-interaksi yang terjadi antara variabel-variabel yang diamati dalam penelitian. Dalam penelitian ini, adapun sumber-sumber varian yang akan diamati pengaruhnya adalah :

1. Posisi Pengelasan (A)
 - A₁ = Posisi Pengelasan Datar
 - A₂ = Posisi Pengelasan Vertikal
 - A₃ = Posisi Pengelasan Atas Kepala
2. Gerakan Elektoda (B)
 - B₁ = Gerakan Pola Melingkar
 - B₂ = Gerakan Pola Zig-Zag
 - B₃ = Gerakan Pola C

Jadi dalam penelitian ini terdapat dua faktor yaitu, A dan B, dimana A terdiri dari 3 taraf dan B terdiri dari 3 taraf. Keseluruhan eksperimen memerlukan 9 kombinasi dan pengulangan sebanyak 3 kali, maka akan terdapat 27 data hasil percobaan yang diperoleh.

4. Hasil dan Pembahasan

Dengan pengukuran kekerasan menggunakan metode Vickers diperoleh kekerasan logam induk sebesar 143,321 HVN. Sedangkan data kekerasan dengan variasi posisi pengelasan dan gerakan elektrode ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Data kekerasan Vickers pada daerah HAZ dengan variasi posisi pengelasan dan gerakan elektrode.

Posisi Pengelasan (A)	Gerakan Elektroda (B)			Jumlah
	Melingkar	Zig-Zag	C	
Datar	146,632	147,946	151,347	1346,050
	148,785	146,288	153,091	
	149,632	147,114	152,215	
Jumlah	448,049	441,348	456,653	
Rata-rata	149,349	147,116	152,217	
Vertikal	157,587	156,672	160,380	1498,380
	158,510	153,975	159,441	
	158,510	155,765	161,328	
Jumlah	474,607	466,412	481,149	
Rata-rata	158,202	155,765	160,383	
Over head	164,222	161,328	169,221	4266,598
	165,204	162,284	173,386	
	168,203	163,248	171,284	
Jumlah	497,629	486,860	513,891	
Rata-rata	165,876	162,287	171,297	
Total	1420,285	1394,620	1451,693	

Anova

Dengan menggunakan simbol-simbol dimana A=Posisi Pengelasan dan B= Gerakan elektroda, faktor A mempunyai tiga taraf dan faktor B mempunyai tiga taraf. Data perhitungan ANOVA ditunjukkan seperti pada tabel 4.

Pembahasan Data Uji Kekerasan

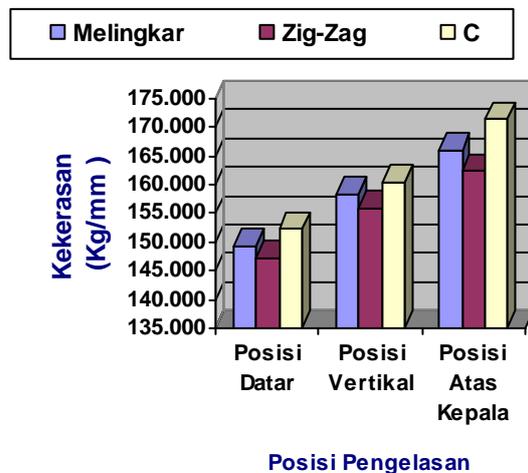
Untuk Perlakuan A (dimana A adalah Posisi pengelasan yang digunakan) taraf signifikan yang diambil adalah (α) = 0,05 nilai V₁ = 2 dan V₂ = 18 maka nilai F_{tabel} adalah 3,35. Nilai F_{hitung} (405,39)

ternyata lebih besar dari Ftabel (3,35) maka hipotesa (Ho) ditolak. Kesimpulan yang dapat diambil adalah bahwa terdapat pengaruh antara posisi pengelasan yang digunakan terhadap kekerasan material hasil pengelasan. Untuk perlakuan B (dimana B adalah gerakan elektroda yang digunakan). Taraf signifikan yang diambil adalah (α) = 0,05 nilai V₁ = 2 dan V₂ = 18 maka nilai F_{tabel} adalah 3,35 nilai F_{hitung} (57,09) ternyata lebih besar dari Ftabel (3,35) maka hipotesa (Ho) ditolak. Kesimpulan yang dapat diambil adalah bahwa terdapat pengaruh antara gerakan elektroda yang digunakan terhadap kekerasan material hasil pengelasan. Untuk perlakuan interaksi A dan B (dimana A adalah posisi pengelasan dan B adalah gerakan elektroda yang digunakan). Taraf signifikan yang diambil adalah (α) = 0,05 nilai V₁ = 4 dan V₂ = 18 maka nilai F_{tabel} adalah 2,93 nilai F_{hitung} (2,75) ternyata lebih kecil dari Ftabel (2,93) maka hipotesa (Ho) diterima. Kesimpulan yang dapat diambil adalah bahwa tidak terdapat pengaruh antara posisi pengelasan dan gerakan elektroda terhadap kekerasan material hasil pengelasan

Tabel 4. Daftar Anova kekerasan daerah HAZ

Sumber Varian	Derajat Kebebasan (df)	Jumlah Kuadrat (SS)	Rataan Kuadrat (MSS)	F Hitung (F _c)	F Tabel (F _α)
Posisi Pengelasan (A)	2	1289,13	644,57	405,39	3,35
Gerakan elektroda (B)	2	181,57	90,78	57,09	3,35
Interaksi AxB	4	17,47	4,37	2,75	2,97
Error (E)	18	28,61	1,59		
Total	26	1516,78			

Dari data pengujian kekerasan yang diteliti tersebut dapat dibuat grafik seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik Pengaruh Posisi Pengelasan dan Gerakan Elektroda terhadap Kekerasan

Pembahasan hasil penelitian

Dari analisa eksperimen faktorial dan grafik diatas terlihat bahwa variabel-variabel yang digunakan yaitu posisi pengelasan dan gerakan elektroda pada pengelasan las elektrode terbungkus baja JIS SSC 41 mempunyai pengaruh nyata terhadap nilai kekerasan. Pada posisi pengelasan Datar, Vertikal dan Over Head berturut-turut memberi pengaruh kekerasan yang semakin meningkat pada daerah HAZ dan gerakan elektroda pola Zig-zag, Melingkar dan C berturut-turut memberi pengaruh kekerasan yang semakin meningkat pada daerah HAZ. Nilai kekerasan tertinggi rata-rata 513,891 kg/mm² terdapat pada variabel posisi pengelasan atas kepala dan pada variabel gerakan elektroda pola C, sedangkan nilai kekerasan terendah rata-rata 441,348 kg/mm² terdapat pada variabel posisi pengelasan datar dan pada variabel gerakan elektroda pola zigzag. Dari kajian literatur dapat dijelaskan sebagai berikut: Daerah HAZ logam dasar yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal yaitu pemanasan $\pm 900^{\circ}\text{C}$ sampai $\pm 1300^{\circ}\text{C}$ dan pendinginan. Setelah proses pemanasan dan mengalami pendinginan, besi-gamma atau austenit mulai bertransformasi menjadi besi-alpha atau ferrit, dimana ferrit memiliki daya larut karbon yang sangat sedikit mengendap terus di sepanjang batas-batas butir austenit yang terjadi pada suhu dibawah A_3 dan proses berlanjut sampai pada temperatur A_1 , pada temperatur di bawah A_1 austenit akan bertransformasi menjadi perlit dan berakhir pada temperatur sekitar $\pm 500^{\circ}\text{C}$, dibawah temperatur 500°C austenit akan bertransformasi menjadi bainit dan berakhir pada temperatur $\pm 300^{\circ}\text{C}$, selanjutnya pada temperatur di bawah 300°C sisa austenit akan bertransformasi menjadi martensit. Sehingga diperkirakan struktur akhir yang terbentuk adalah ferrit, perlit, bainit dan martensit. Struktur ini mempunyai kekerasan yang cukup baik, kemudian dengan meningkatnya persentase kandungan perlit dibandingkan dengan ferrit akibat meningkatnya masukan panas las akan menaikkan sifat kekerasan suatu bahan. Disini gerakan pola C memberi masukan panas lebih besar dari pola melingkar dan zigzag. Dengan meningkatnya panas pengelasan, maka laju pendinginan menjadi besar sehingga struktur mikro yang terbentuk lebih keras. Hal ini sesuai dengan gambar 4, dimana posisi pengelasan atas kepala menghasilkan nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan posisi pengelasan yang lainnya. Pada semua posisi pengelasan yang dilakukan, gerakan elektroda C mempunyai nilai kekerasan yang tinggi, ini disebabkan karena bidang kontak dari ujung elektroda ke logam induk lebih besar sehingga temperatur puncak daerah HAZ lebih tinggi, akibatnya laju pendinginan lebih besar sehingga struktur mikro yang dihasilkan lebih getas.

5. Kesimpulan

Berdasarkan data hasil pengujian dan analisa dari data penelitian pengaruh posisi pengelasan dan gerakan elektroda terhadap sifat kekerasan baja JIS SSC41 yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Posisi pengelasan
Posisi pengelasan memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai kekerasan pada daerah pengaruh panas(HAZ),dimana posisi pengelasan atas kepala memberikan nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan posisi pengelasan datar dan posisi vertikal.
2. Gerakan Elektroda
Gerakan Elektroda memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai kekerasan pada daerah pengaruh panas(HAZ), dimana gerakan elektroda pola C memberikan nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan gerakan elektroda Zig-zag dan melingkar.
3. Nilai kekerasan Vickers tertinggi rata-rata 513,891 Kg/mm² terdapat pada posisi pengelasan atas kepala dan pada variabel gerakan elektroda pola C, sedangkan nilai kekerasan Vickers terendah rata-rata 441,348 kg/mm² terdapat pada posisi pengelasan datar dan pada gerakan elektroda pola zig-zag.

Daftar Pustaka

- [1] Cary, H.B, 1998, *Modern Welding Technology*. 4nd edition, Prentice Hall,New Jersey.
- [2] Marihot, G, 1984, *Mengelas Logam dan Pemilihan Kawat Las*. PT. Gramedia,Jakarta.
- [3] Makowski, Z. S. 1988, *Konstruksi Ruang Baja*. Terjemahan Huthudi, ITB,Bandung.
- [4] Sonawan, H, 2003, *Las Listrik SMAW dan Pemeriksaan Hasil Pengelasan*. Alfabeta,Bandung.
- [5] Sonawan, H. 2003. *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*. Alfabeta,Bandung.
- [6] Wirawan, Nata, 2002, (Statistik 2 (Statistik Inferisia), edisi kedua, Keraras Emas,Denpasar.
- [7] Wiryosumarto, H. Toshie, O. 2004. *Teknologi Pengelasan Logam*. Cetakan ke-9, Penerbit Pradnya Paramitha,Jakarta