

**PENGARUH KECEPATAN PENGELASAN MIG TERHADAP
HASIL PENGELASAN, STRUKTUR MIKRO DAN
KEKERASAN PADA PIPA SC-80 DENGAN POSISI
PENGELASAN 1 G**



RISHI NUR MARET

5315080311

**Skripsi Ini Ditulis Sebagai Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Pendidikan**

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2015

HALAMAN PENGESAHAN

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Ferry Budhi Susetyo, ST., MT., M.Si. NIP. 198202022010121002
Drs. Syaripuddin, M.Pd. NIP. 196703211999031001

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

Drs. H. Syamsuir, M.T. NIP. 196705151993041001
Ragil Sukarno, S.T., M.T. NIP. 197911022012121001
Siska Titik Dwiwati, S.Si., M.T. NIP. 197812122006042002

Tanggal Lulus : 18 Januari 2016

Mengetahui ,
Ketua Prodi S1
Teknik Mesin FT UNJ

Ahmad Kholil, ST., MT.
NIP. 197908312005011001

ABSTRAK

RISHI NUR MARET. Pengaruh Kecepatan Pengelasan MIG Terhadap Pipa SC-80 Pada Posisi Pengelasan 1 G. Skripsi, Jakarta: Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, 2015.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik hasil pengelasan pipa SC-80 pada las MIG dengan alat bantu pengelasan pipa untuk posisi pengelasan 1 G dengan konsistensi arus listrik dan kecepatan *wire feeder* yang digunakan dengan memberikan variasi kecepatan alat bantu pengelasan terhadap cacat las, pengaruh kecepatan pengelasan yang paling efektif untuk pengelasan pipa SC-80 dengan menggunakan jenis kawat las yaitu *Welding Wire ER 70S-6* berdiameter 0,8 mm.

Penelitian ini menggunakan metode eskperimen. Penelitian ini menggunakan pengamatan *visual* dan pengujian cairan *penetrant* untuk melihat cacat pada permukaan hasil pengelasan. Pengujian lainnya yaitu menggunakan *Destructive Test* (DT) dengan pengamatan struktur mikro dan pengujian kekerasan untuk mengetahui hasil dari sambungan las.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah spesimen yang memiliki nilai kekerasan tertinggi adalah spesimen dengan kecepatan putar alat bantu pengelasan pipa 2 rpm. Hal ini dapat dilihat dari nilai kekerasan *Base Metal* daerah *HAZ* sebesar 161,33 VHN, dan *Weld Metal* 164,33 VHN. Spesimen yang memiliki nilai kekerasan terendah adalah spesimen dengan kecepatan putar alat bantu pengelasan pipa 1 rpm. Hal ini dapat dilihat dari nilai kekerasan daerah *HAZ* sebesar 148,67 VHN, dan *Weld Metal* sebesar 146,33 VHN.

Kata kunci: SC-80, MIG, Kekerasan, Struktur Mikro, Bainit, Ferrite, Pro-Eutektoid Ferrite, Base Metal, HAZ, Weld Metal, VHN

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, Desember 2015

Yang membuat pernyataan

RISHI NUR MARET
5315080311

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur senantiasa terpanjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Pengaruh Kecepatan Pengelasan MIG Terhadap Hasil Pengelasan, Struktur Mikro dan Kekerasan Pada Pipa Sc-80 Dengan Posisi Pengelasan 1 G”.

Begitu banyak pelajaran dan pengalaman baru yang diperoleh selama proses pengerjaan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam menyusun skripsi ini tidak lepas dari bantuan, dorongan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ahmad Kholil, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Pendidikan Teknik Mesin dan Koordinator Skripsi Jurusan Teknik Mesin FT Universitas Negeri Jakarta.
2. Bapak Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi S1 Pendidikan Teknik Mesin.
3. Bapak Dr. Darwin Rio Budi Syaka, S.T., M.T., selaku pembimbing akademik.
4. Bapak Ferry Budhi Susetyo, S.T., M.T., M.Si., selaku dosen pembimbing 1 atas segala arahan, bimbingan, motivasi dan kesabaran yang sangat berarti dalam menyelesaikan skripsi ini.

5. Bapak Drs. Syaripuddin, M.Pd., selaku dosen pembimbing 2 atas segala arahan, bimbingan, motivasi dan kesabaran yang sangat berarti dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Segenap dosen pengajar Teknik Mesin FT Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan bekal ilmu bagi penulis.
7. Segenap karyawan di lingkungan Teknik Mesin FT UNJ.
8. Kedua orang tua penulis, Ayahanda Abdul Wahid (Alm.) dan Ibunda Asmanah, kakak dan adik serta saudara-saudara yang tiada hentinya memberikan motivasi, nasihat, semangat, dan do'a khususnya selama penulisan skripsi ini.
9. Kepada buah hati tercinta, Nafila dan Istri Maesaroh yang tiada hentinya menemani, memberikan motivasi, nasihat, semangat, dan do'a khususnya selama penulisan skripsi ini
10. Para Alumni Teknik Mesin FT UNJ, Opak-opak 2008, The Jancukers, Alumni SDN Warakas 05 pagi, dan masih banyak lagi yang tidak bisa di sebutkan satu persatu untuk semangat dan solidaritasnya.
11. Bapak Sutarjo PUSPIPTEK yang banyak memberikan bantuan, arahan dan bimbingan dalam melakukan kegiatan skripsi ini.
12. Serta semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penulisan skripsi ini dari awal sampai akhir yang tidak disebutkan dalam tulisan ini.

Penulis sangat menyadari akan keterbatasan dari penulis sehingga skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran

membangun sangat penulis harapkan. Harapan penulis adalah skripsi ini dapat menjadi sumbangan pemikiran yang bermanfaat dan sebagai motivasi khususnya untuk rekan-rekan Mahasiswa Teknik Mesin FT UNJ

Jakarta, Desember 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN SIDANG	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Pembatasan Masalah	4
D. Perumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN TEORI	
A. Pengertian Pengelasan	7
B. Pengertian Las MIG (<i>Metal Inert Gas</i>)	8
C. Alat Bantu Pengelasan Pipa Untuk Posisi 1 G	8
D. Alat Bantu Pemegang <i>Gun</i> Las MIG (<i>Bracket</i>)	10
E. Elektroda	10
F. Las MIG SAF JUNIOR 283	13
G. <i>Heat Affected Zone</i> (HAZ)	15
H. Pipa	15
I. Sudut Pengelasan	16
J. Posisi Pengelasan	18

K. Polaritas Pengelasan	19
1. Pengkutuban Langsung	20
2. Pengkutuban Terbalik	20
3. Kecepatan Pengelasan	21
L. Cacat Las	22
M. Pengujian Penelitian <i>Non Destructive Test</i> (NDT)	23
1. Pengamatan <i>Visual</i>	23
2. Uji <i>Penetrant</i>	24
N. Pengamatan Struktur Mikro (<i>Metalografi</i>)	25
O. Pengujian Penelitian <i>Destructive Test</i> (DT)	26

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Alur Kerja Penelitian	28
B. Tempat dan Waktu Penelitian	32
C. Metode Pengelasan	32
D. Rancangan Penelitian	33
E. Pengamatan Visual	35
F. Uji Penetrant	36
G. Pengamatan Struktur Mikro	36
H. Uji Kekerasan	37

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Perbandingan Hasil Pengelasan dengan Variasi Kecepatan Putar Alat bantu Pengelasan Berdasarkan Pengamatan <i>Visual</i>	38
B. Analisis Perbandingan Hasil Pengelasan dengan Variasi Kecepatan Putar Alat bantu Pengelasan Berdasarkan Pengamatan <i>Visual</i>	41
C. Analisa Hasil Pengamatan <i>Visual</i> dan Pengujian <i>Penetrant</i>	43
D. Analisis Hasil Pengamatan Struktur Mikro	44

E. Analisis Perbandingan Hasil Pengelasan dengan Variasi Kecepatan Putar Alat bantu Pengelasan Berdasarkan Uji Kekerasan	53
--	----

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	58
B. Saran	60

DAFTAR PUSTAKA	61
-----------------------------	----

LAMPIRAN	62
-----------------------	----

RIWAYAT HIDUP	71
----------------------------	----

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi mesin las MIG SAF JUNIOR 283	14
Tabel 2.2 Urutan proses uji zat <i>penetrant</i>	25
Tabel 4.1 Pebandingan cacat las berdasarkan hasil pengamatan <i>visual</i>	40
Tabel 4.2 Pebandingan cacat las berdasarkan hasil uji <i>penetrant</i>	43
Tabel 4.3 Hasil uji kekerasan sambungan las MIG Sampel A	54
Tabel 4.4 Hasil uji kekerasan sambungan las MIG Sampel B	55
Tabel 4.5 Hasil uji kekerasan sambungan las MIG Sampel C	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Alat Bantu Pengelasan Pipa untuk Posisi Pengelasan 1 G	9
Gambar 2.2. Alat Bantu Pemegang <i>Gun</i> Las MIG	10
Gambar 2.3. Spesifikasi Kawat Las Busur Gas (AWS A 5.18-1969)	11
Gambar 2.4. Las MIG SAF JUNIOR 283	14
Gambar 2.5. Posisi Sudut Pengelasan <i>Flat</i>	16
Gambar 2.6. Posisi <i>Horizontal</i> Sambungan T.....	17
Gambar 2.7. Posisi Sambungan Tumpul	17
Gambar 2.8. Posisi tegak	17
Gambar 2.9. Las Tumpul (<i>Butt weld</i>)	18
Gambar 2.10. Las Sudut (<i>Fillet weld</i>)	18
Gambar 2.11. Polaritas Negatif (DC-)	20
Gambar 2.12. Polaritas Positif (DC+)	21
Gambar 2.13. Pengujian Cairan <i>Penetrant</i>	24
Gambar 2.14. Pengujian dan Pemeriksaan Logam	27
Gambar 2.15. Mesin Uji Kekerasan	27
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3.2. Spesimen	31
Gambar 3.3. Ukuran Spesimen (dalam satuan mm)	31
Gambar 4.1. Spesimen A	38
Gambar 4.2. Spesimen B	39
Gambar 4.3. Spesimen C	39
Gambar 4.4. Spesimen A	41
Gambar 4.5. Spesimen B	41
Gambar 4.6. Spesimen C	42
Gambar 4.7. Titik Pengambilan Gambar Struktur Mikro Spesimen A..	44
Gambar 4.8. Struktur <i>Mikro Base Metal</i>	45
Gambar 4.9. Batas <i>HAZ</i> dengan Material Las	45
Gambar 4.10. Struktur Mikro <i>Weld Metal</i>	46
Gambar 4.11. Struktur Daerah Material Las	46

Gambar 4.12. Struktur Daerah Las Bagian Bawah	47
Gambar 4.13. Titik Pengambilan Gambar Struktur Mikro Spesimen B...	47
Gambar 4.14. Struktur Mikro Material <i>Base Metal</i>	48
Gambar 4.15. Struktur Mikro <i>HAZ</i>	48
Gambar 4.16. Struktur Material Daerah Las atau <i>Weld Metal</i>	49
Gambar 4.17. Struktur Mikro Daerah Bagian Bawah Las	49
Gambar 4.18. Titik Pengambilan Gambar Struktur Mikro Spesimen C...	50
Gambar 4.19. Struktur Mikro <i>Base Metal</i>	50
Gambar 4.20. Struktur Mikro <i>HAZ</i>	51
Gambar 4.21. Struktur Mikro Daerah <i>Weld Metal</i>	51
Gambar 4.22. Cacat Las <i>Undercut</i>	52
Gambar 4.23. <i>Slag Inclusion</i>	52
Gambar 4.24. Cacat Las <i>Incomplete Fusion</i>	53
Gambar 4.25. Titik Uji Kekerasan Spesimen A	54
Gambar 4.26. Titik Uji Kekerasan Spesimen B	55
Gambar 4.27. Titik Uji Kekerasan Spesimen C	55
Gambar 4.28. Diagram Hasil Uji Kekerasan (VHN)	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Gambar Spesimen CAD 2D	61
Lampiran 2	Hasil Analisis kandungan Fe dan C serta Struktur Logam Dasar (<i>Base Metal</i>) dengan alat uji <i>Analysis Station</i> merk JEOL tipe JED 2300.....	61
Lampiran 3	Hasil Uji Kekerasan	63
Lampiran 4	Alat Bantu Pengelasan	65
Lampiran 5	Hasil Pengelasan	66
Lampiran 6	Hasil Uji <i>Penetrant</i>	67
Lampiran 7	Hasil Pengamatan Struktur Mikro	68
Lampiran 8	Hasil Uji Kekerasan	71
Lampiran 9	<i>Analysis Station</i> merk JEOL tipe JED 2300	72

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang.

Perkembangan zaman sampai saat ini hampir tidak ada logam yang tidak dapat dilas, karena telah banyak teknologi baru yang muncul dalam dunia pengelasan. Perkembangan teknologi produksi dengan menggunakan bahan baku logam dalam proses pengelasan mempunyai peran yang penting.

Ruang lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam bidang industri cukup luas meliputi jembatan, kendaraan rel, rangka baja, dan pipa. Definisi las berdasarkan DIN (*Deutsche Industrie Normen*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam panduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair¹. Secara umum pengelasan dapat didefinisikan sebagai penyambungan dari beberapa batang logam dengan memanfaatkan energi panas.

Dalam dunia industri perpipaan hampir semua proses penyambungan dilakukan dengan cara pengelasan. Hal ini dikarenakan tidak semua pipa dapat dicetak atau melalui proses *casting*, dalam hal ini adalah pipa baja. Untuk mengurangi biaya pabrikan, industri mendesain konstruksi pipa baja dengan sambungan las untuk memudahkan proses pabrikan.

¹ Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam*, Cet 10 (Jakarta: Pradnya Paramita, 2008), h. 1.

Sebagai contoh penggunaan pengelasan yang dapat kita temui yaitu pengelasan MIG. Pengelasan MIG merupakan proses penyambungan dua material logam atau lebih menjadi satu melalui proses pencairan setempat, dengan menggunakan elektroda gulungan (*filler metal*) yang sama dengan logam dasarnya (*base metal*) dan menggunakan gas pelindung karbon dioksida (CO_2).

Pada umumnya pengelasan MIG dilakukan secara manual, dalam hal ini yang dimaksud adalah proses pengelasan yang dilakukan tanpa menggunakan alat bantu pengelasan atau dengan kata lain sekedar keterampilan ayunan tangan dalam melakukan proses pengelasan. Seperti kita ketahui bahwa di dalam laboratorium produksi Teknik Mesin FT UNJ telah di buat alat bantu pengelasan pipa untuk posisi 1 G. Alat bantu pengelasan ini merupakan alat yang digunakan untuk membantu pengelasan pada pipa. Untuk mendapatkan hasil pengelasan yang baik tanpa keterampilan ayunan tangan, maka penulis membuat alat bantu pemegang *Gun* las MIG atau yang disebut *bracket*, sebagai alat bantu tambahan pada pengelasan pipa dengan menggunakan alat bantu pengelasan pipa untuk posisi 1 G.

Secara umum hasil pengelasan dipengaruhi oleh tegangan busur, besar arus, besarnya penembusan, polaritas listrik, dan kecepatan pengelasan. Dari pengaruh hasil pengelasan yang telah disebutkan secara umum seorang peneliti menentukan *variabel* pada besar arus, tegangan busur, polaritas listrik dan besarnya penembusan, namun secara umum

jarang peneliti menentukan *variabel* berdasarkan kecepatan pengelasan karena belum adanya alat yang dapat menentukan berapa kecepatan pengelasan pada saat proses pengelasan dilakukan. Hal ini pula yang menjadi dasar timbulnya ide untuk meneliti “PENGARUH KECEPATAN PENGELASAN MIG TERHADAP HASIL PENGELASAN, STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN PADA PIPA SC-80 DENGAN POSISI PENGELASAN 1 G”.

Latar belakang inilah peneliti berusaha menggagas menganalisa hasil pengelasan menggunakan alat bantu pengelasan pada las MIG dengan konsistensi yang sesuai antara arus listrik dan kecepatan *wire feeder* yang digunakan dengan diberikan variasi kecepatan alat bantu pengelasan, diharapkan mendapat hasil pengelasan, bentuk pengelasan, cacat las, struktur mikro dan kekerasan pipa baja SC-80 pada las MIG SAF JUNIOR 283 menggunakan tipe kawat las *Welding Wire* ER 70S-6 berdiameter 0,8 mm dengan alat bantu pengelasan pipa untuk posisi 1 G.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan alasan tersebut di atas, maka permasalahan yang timbul adalah:

1. Berapa kecepatan putaran alat bantu pengelasan pipa untuk posisi pengelasan 1 G yang efektif pada hasil pengelasan pipa SC-80 dengan las MIG?

2. Bagaimanakah pengaruh variasi kecepatan putar alat bantu pengelasan pipa untuk posisi pengelasan 1 G terhadap hasil pengelasan dan cacat las pada material yang di las?
3. Bagaimanakah pengaruh variasi kecepatan putar alat bantu pengelasan pipa untuk posisi pengelasan 1 G terhadap pengamatan struktur mikro material yang di las?
4. Bagaimanakah pengaruh variasi kecepatan putar alat bantu pengelasan pipa untuk posisi pengelasan 1 G terhadap kekerasan material yang di las?
5. Bagaimanakah bentuk hasil pengelasan dengan alat bantu *bracket* atau pemegang *Gun* las dibandingkan dengan pengelasan dengan ayunan tangan pada pengelasan MIG?
6. Sampel pengelasan sebanyak 1 sampel untuk masing-masing variasi kecepatan putar alat bantu (1 rpm, 1,5 rpm dan 2 rpm)

C. Pembatasan Masalah

Untuk menjaga agar penelitian ini lebih terarah dan fokus, maka diperlukan adanya pembatasan masalah. Dengan pertimbangan tersebut, maka penelitian ini dibatasi pada :

1. Bagaimanakah pengaruh variasi kecepatan putar alat bantu pengelasan pipa untuk posisi pengelasan 1 G terhadap hasil pengelasan dan cacat las pada material yang dilas

2. Bagaimanakah pengaruh variasi kecepatan putar alat bantu pengelasan pipa untuk posisi 1 G terhadap hasil pengamatan struktur mikro?
3. Bagaimanakah pengaruh variasi kecepatan putar alat bantu pengelasan pipa untuk posisi pengelasan 1 G terhadap kekerasan material yang dilas?
4. Sampel pengelasan sebanyak 1 sampel untuk masing-masing variasi kecepatan putar alat bantu (1 rpm, 1,5 rpm dan 2 rpm)

D. Perumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang masalah, identifikasi masalah, dan pembatasan masalah, maka penulis merumuskan masalah sebagai berikut :

“Pengaruh Kecepatan Pengelasan MIG Terhadap Hasil Pengelasan, Struktur Mikro Dan Kekerasan Pada Pipa SC-80 Dengan Posisi Pengelasan 1 G”.

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang dipaparkan diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui hasil pengelasan dan cacat las pada pipa baja SC-80 pada las MIG dengan konsistensi arus listrik dan kecepatan *wire feeder* yang digunakan, dengan diberikan variasi kecepatan pada alat bantu pengelasan pipa untuk posisi 1 G.

2. Untuk mengetahui pengaruh kecepatan putaran alat bantu pengelasan pada pipa baja SC-80 pada las MIG dengan konsistensi arus listrik dan kecepatan *wire feeder* yang digunakan, dengan diberikan variasi kecepatan pada alat bantu pengelasan pipa untuk posisi 1 G terhadap hasil pengamatan struktur mikro material yang dilas.
3. Untuk mengetahui pengaruh kecepatan putaran alat bantu pengelasan pada pipa baja SC-80 pada las MIG dengan konsistensi arus listrik dan kecepatan *wire feeder* yang digunakan dengan diberikan variasi kecepatan pada alat bantu pengelasan pipa untuk posisi 1 G terhadap hasil pengujian kekerasan material yang dilas.

F. Manfaat Penelitian

Berdasarkan dari tujuan penelitian diatas, diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat untuk :

1. Memberikan informasi kepada dunia pendidikan dan industri tentang pengaruh kecepatan alat bantu pengelasan pipa pada posisi 1 G menggunakan las MIG terhadap hasil pengamatan struktur *mikro* yang terjadi.
2. Memberikan informasi kepada dunia pendidikan tentang pengaruh kecepatan alat bantu pengelasan pipa pada posisi 1 G menggunakan las MIG terhadap hasil uji kekerasan yang terjadi.
3. Memberikan motivasi kepada mahasiswa Teknik Mesin FT UNJ untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan memakai mesin las

MIG SAF Junior 283 dan alat bantu pengelasan pipa pada posisi 1 G yang ada di laboratorium produksi Teknik Mesin FT UNJ.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Pengertian Pengelasan.

Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Normen*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam panduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair². Menurut Hery Sonawan dan Rochim Suratman dalam bukunya “Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam” Pengelasan adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinu³.

Penjelasan tentang pengelasan lainnya menurut B. H Amstead, pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam dimana logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa tekanan⁴. Pengelasan dapat diartikan penyambungan logam dengan bahan tambah atau tanpa bahan tambah, menggunakan panas dengan jalan mencairkan logam induk dan atau logam pengisi sehingga terbentuk ikatan metalurgi, sehingga didapatkan kekuatan yang diinginkan atau bahkan lebih baik.

B. Pengertian Las MIG (*Metal Inert Gas*).

² *Ibid.*, h. 214.

³ Hery Sonawan dan Rochim Suratman, *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam* (Bandung: Alfabeta, 2006), h. 1.

⁴ B.H. Amstead, dkk, *Teknologi Mekanik*, (Jakarta: Erlangga, 1997), h. 162.

Las *Metal Inert Gas* (MIG) yaitu merupakan proses penyambungan dua material logam atau lebih menjadi satu melalui proses pencairan setempat, dengan menggunakan elektroda gulungan (*filler metal*) yang sama dengan logam dasarnya (*base metal*) dan menggunakan gas pelindung (*inert gas*)⁵. Las *Metal Inert Gas* (MIG) merupakan las busur gas yang menggunakan kawat las sekaligus sebagai elektroda. Elektroda tersebut berupa gulungan kawat (rol) yang gerakannya diatur oleh motor listrik. Gas pelindung yang digunakan adalah gas *argon* (Ar), *helium* (He) *karbondioksida* (CO₂), campuran Ar dengan He, atau campuran Ar dengan CO₂⁶.

C. Alat Bantu Pengelasan Pipa Untuk Posisi 1 G.

Dalam menentukan alat dan juga mesin lasnya sendiri, hal yang tidak kalah pentingnya adalah penentuan alat perakit atau alat bantu. Alat bantu ini adalah alat khusus yang mempunyai rahang penjepit sehingga dapat memegang dengan kuat bagian yang akan dilas sehingga hasil pengelasan mempunyai bentuk yang tepat. Jadi penentuan alat bantu yang tepat akan menentukan ketelitian bentuk akhir dan akan mengurangi waktu pengelasan.

⁵ Hery Sunaryo, *Teknik Pengelasan Kapal*, (Jakarta: Direktorat Pembinaan SMK Departemen Pendidikan Dasar dan Menengah, 2008), h. 96.

⁶ Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, *Op Cit.* h. 20.

Pada tahap perencanaan turut direncanakan juga alat perakit atau alat bantu agar lebih baik pada tahap pengerjaan. Tujuan dari penggunaan alat bantu adalah⁷ :

1. Memungkinkan pelaksanaan pengelasan posisi datar sebanyak-banyaknya.
2. Menahan dan menghalangi perubahan bentuk (*deformasi*) yang terjadi karena pengelasan atau memberikan perubahan bentuk mula untuk mendapatkan ketepatan bentuk yang lebih tinggi.
3. Memperbaiki *efisiensi* dengan memudahkan pelaksanaan pengelasan atau memungkinkan pengelasan otomatis dalam hal produksi besar-besaran.



Gambar 2.1. Alat Bantu Pengelasan Pipa untuk Posisi Pengelasan 1 G.

⁷ *Ibid*, h. 214

D. Alat Bantu Pemegang *Gun* Las MIG (*Bracket*).

Alat bantu pemegang ini berfungsi untuk memegang *Gun* las MIG agar kampuh hasil pengelasan tidak terpengaruh oleh ayunan tangan. Bagian bawah menempel pada badan alat bantu pengelasan pipa untuk posisi 1 G menggunakan *rivet* atau baut. Bagian atas merupakan tempat *Gun* las MIG, diikat erat menggunakan lilitan kawat atau kabel *ties* supaya tidak bergeser atau miring pada saat pengelasan



Gambar 2.2. Alat Bantu Pemegang *Gun* Las MIG.

E. Elektroda.

Bentuk kawat elektroda yang digunakan pada las *Metal Inert Gas* (MIG) secara umum adalah *solid wire* dan *flux cored wired*, di mana penggunaan kedua tipe tersebut sangat tergantung pada jenis pekerjaan⁸. *Solid wire* digunakan secara luas untuk mengelas konstruksi berskala

⁸ Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, *Op Cit.* h. 20.

Gambar 2.3. Spesifikasi Kawat Las Busur Gas (AWS A 5.18-1969)¹⁰

Adapun jenis-jenis elektroda untuk pengelasan *Metal Inert Gas* (MIG) adalah sebagai berikut :

1. E 70 S-1

Memiliki persentase *silikon* terkecil diantara elektroda baja padat. Biasanya digunakan dengan gas pelindung *argon* (Ar) dan terkadang dengan tambahan sedikit *oksigen* (O₂).

2. E 70 S-2

Elektroda ini mengandung elemen *deoksidasi* yang sangat berat, mengandung kombinasi *zirconium* (Zr), *titanium* (Ti) dan *aluminium deoksidasi* dengan jumlah total 0,2% dan karbon 0,07 % berat. Elektroda ini cocok untuk jenis pengelasan dengan transfer logam arus pendek. Elektroda ini dirancang untuk proses pengelasan dengan gas pelindung campuran *argon* (Ar) dan *oksigen* (O₂) 1 hingga 5 % atau dengan gas pelindung *karbon dioksida* (CO₂).

3. E 70 S-3

Elektroda dengan klasifikasi ini paling banyak dipakai. Elektroda ini dapat menggunakan gas pelindung campuran *argon* (Ar) dan *oksigen* (O₂). Kekuatan tarik pada pengelasan single-pass pada baja karbon rendah dan medium akan melebihi dari logam dasarnya (*base metal*). Pada pengelasan *multi-pass* kekuatan tarik antara 65.000

¹⁰ Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, *Op Cit.* h. 25.

hingga 85.000 psi tergantung dilusi logam dasar dan jenis gas pelindung.

4. E 70 S-4

Elektroda ini mengandung lebih banyak *mangan* (Mn) dengan kadar 1,50% dan *silicon* (Si) dengan kadar 0,85% dibandingkan elektroda sebelumnya. Gas pelindung yang dapat digunakan adalah Ar-O₂, Ar-CO₂ dan CO₂. elektroda ini biasanya digunakan pada proses pengelasan dengan transfer logam *spray* atau arus pendek.

5. E 70 S-5

Elektroda ini mengandung tambahan *mangan* (Mn) dan *silicon* (Si), selain itu juga mengandung *aluminium* (Al) dengan kadar 0,5 % hingga 0,9% yang berfungsi sebagai elemen *deoksidasi*. Elektroda ini dapat digunakan untuk pengelasan untuk permukaan yang telah berkarat. Gas pelindung yang dapat digunakan adalah CO₂. jenis pengelasan ini terbatas hanya pada posisi datar.

6. E 70 S-6

Elektroda pada kelas ini memiliki kandungan *silikon* terbesar (1,15%) dan *mangan* yang besar (1,85%) sebagai elemen *deoksidasi*. Pada umumnya untuk baja karbon rendah menggunakan gas pelindung CO₂ dan arus listrik yang tinggi.

F. Las MIG SAF JUNIOR 283.

Las MIG SAF JUNIOR 283 mempunyai dimensi P x L x T yaitu 800mm x 510mm x 690mm, dengan berat total 60 kg. Berikut gambarnya :



Gambar 2.4. Las MIG SAF JUNIOR 283¹¹.

Tabel 2.1. Spesifikasi Mesin Las MIG SAF JUNIOR 283¹².

Primary Specifications		
<i>Power Supply</i>		230/400 V, 50/60 Hz <i>three phase</i>
<i>Maximum Current</i>		15.5 A (400 V)
		27 A (230 V)
Secondary Specifications		
<i>No Load Voltage</i>		41 V
<i>Welding Current</i>		50 A to 240 A
<i>Duty Cycles (40° C)</i>	at 100%	145 A
	at 65%	185 A
	at 35%	249 A
<i>Welding Wires</i>	<i>Steel/SS</i>	0.6 to 1.2 mm
	<i>Aluminium</i>	1.0 to 1.2 mm
	<i>Flux Cored</i>	1.0 to 1.2 mm
Wire Feed Unit		
<i>Number of rollers</i>		2
<i>Wire feed rate</i>		1 to 21 m/min
Welding Cycles		2 S-spot intern
Dimensional Specifications		
<i>Dimensions (L x W x H)</i>		800 x 510 x 690 mm
<i>Net Weight</i>		60 kg

¹¹ “Major Junior Light”, www.saf-airliquide.com (akses 23 Juni 2015 pk.19.34 WIB).

¹² *Ibid.*

Protection	IP 21
Standarts	EN 60974-1

G. *Heat Affected Zone (HAZ)*.

Struktur daerah pengaruh panas atau yang lebih dikenal dengan HAZ merupakan struktur dari daerah pengaruh panas yang ditentukan oleh komposisi kimia dari logam induk dan kecepatan pendinginan dari daerah las¹³. Logam pada daerah ini mendapat pengaruh panas dengan suhu di bawah titik lebur, tetapi cukup tinggi untuk merubah struktur mikro logam padat.

Terjadinya perubahan struktur mikro dan sifat mekanik pada suatu logam disebabkan. Karena panas pada *welding*, *termal cutting* dan *brazing*. Berubahnya sifat mekanik membawa pengaruh negatif karena pada daerah ini sering terjadi kerusakan (mudah patah atau retak), kerusakan ini adalah akibat dari panas yang dialami telah merubah struktur mikronya.

H. **Pipa.**

Pipa merupakan istilah untuk benda silinder yang berlubang dan digunakan untuk memindahkan zat hasil proses seperti cairan gas, uap, zat padat berbentuk serbuk maupun yang sudah dicairkan. Adapun material yang digunakan sebagai pipa sangat banyak diantaranya adalah : beton cor, timbal, kuningan, tembaga, plastik, aluminium, besi tuang, baja

¹³ Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, *Op Cit.* h. 78.

paduan dan baja karbon. Material pipa yang paling umum digunakan untuk industri minyak, gas, kimia dan air adalah tipe pipa baja SC-40 dan SC-80. Adapun jenis pipa yang digunakan adalah SC-80 *seamless*. *Seamless* berarti jenis pipa tanpa sambungan.

Istilah dari SC adalah Schedule, artinya parameter untuk mengukur ketebalan pipa yang di ukur dari ketebalan pipa terhadap diameter dalam dan ditetapkan secara baku oleh ANSI (*American National Standart Institute*) ANSI merupakan lembaga yang nirlaba swasta yang mengawasi perkembangan standar konsensus sukarela untuk produk, jasa, proses, sistem, dan personil di Amerika Serikat. Kode 80 menunjukkan kekuatan pipa bisa tahan sampai dengan tekanan 80 bar.

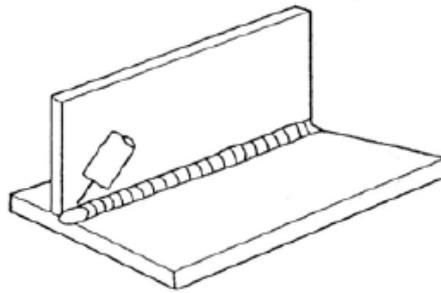
I. Sudut Pengelasan.

Sudut pengelasan adalah sudut yang dibentuk oleh permukaan bahan dengan *welding gun*. Maka dari itu kualitas hasil pengelasan juga dipengaruhi oleh sudut pengelasan yang tepat.

Sudut pengelasan yang disarankan pada beberapa posisi adalah sebagai berikut¹⁴:

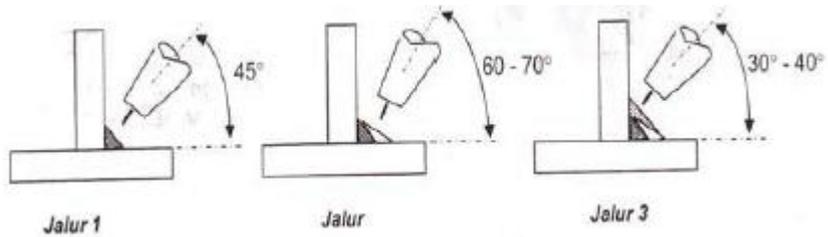
1. Posisi *flat* atau *horizontal*.

¹⁴ Hery Sunaryo, *Op Cit.* h. 344.



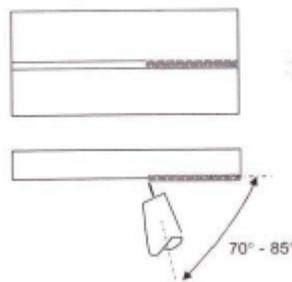
Gambar 2.5. Posisi sudut pengelasan *flat*.

2. Posisi *horizontal*.



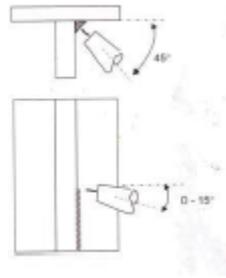
Gambar 2.6. Posisi *horizontal* sambungan T.

3. Posisi *horizontal* sambungan tumpul.



Gambar 2.7. Posisi sambungan tumpul.

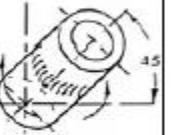
4. Posisi tegak.



Gambar 2.8. Posisi tegak.

J. Posisi Pengelasan.

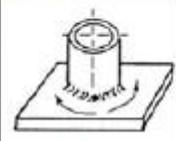
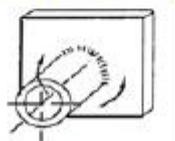
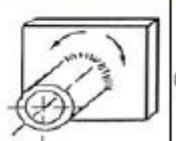
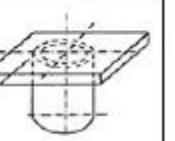
Posisi pengelasan yang terbaik dilihat dari sudut kualitas sambungan dan efisiensi pengelasan adalah posisi datar. Karena itu dalam menentukan urutan perakitan, landasan perakitan dan alat perakit harus mengusahakan sejauh mungkin menggunakan posisi datar¹⁵.

Posisi 1G	Posisi 2G	Posisi 5G	Posisi (v-d)G	Posisi 6G
				
Pipa : berputar Sumbu: horisontal Las : datar	Pipa : tetap Sumbu: vertikal Las : horisontal vertikal	Pipa : tetap Sumbu: horisontal Las : vertikal ke atas	Pipa : tetap Sumbu: horisontal Las : vertikal ke bawah	Pipa : tetap Sumbu: miring Las : ke atas

Gambar 2.9. Las Tumpul (*Butt weld*)¹⁶.

¹⁵ Harsono Wirjosumarto dan Toshie Okumura, *Op Cit.* h. 213.

¹⁶ Hery Sunaryo, *Op Cit.* h. 98.

Posisi 1F	Posisi 2F	Posisi 3F	Posisi 3F	Posisi 4F
				
Pipa : berputar Sumbu: horisontal Las : datar	Pipa : tetap Sumbu: vertikal Las : horisontal vertikal	Pipa : tetap Sumbu: horisontal Las : vertikal ke atas	Pipa : tetap Sumbu: horisontal Las : vertikal ke bawah	Pipa : tetap Sumbu: vertikal Las : horisontal atas kepala

Gambar 2.10. Las Sudut (*Fillet weld*)¹⁷.

Tingkat kesulitan dalam pengelasan ini dipengaruhi oleh posisi pengelasan. Secara umum posisi pengelasan ini dibedakan berdasarkan posisi material, jalur las, elektroda dan juru las. Berikut akan dijelaskan macam posisi pengelasan :

1. Posisi bawah tangan (*down hand*) / 1F / 1G.

Pada posisi ini proses pengelasan berlangsung di bawah tangan dan benda kerja terletak di atas bidang datar. Hasil pengelasan akan lebih baik dikarenakan benda kerja akan mudah untuk dikerjakan karena posisi benda kerja datar.

2. Posisi mendatar (*horizontal*) / 2F / 2G.

Posisi ini benda kerja berdiri tegak, sedangkan pengelasannya berjalan arah mendatar (*horizontal*) sejajar dengan pundak operator. Hasil pengelasannya biasanya akan sedikit menurun bila dibandingkan dengan posisi *downhand*.

3. Posisi tegak (*vertical*) / 3F / 3G.

¹⁷ *Ibid* h. 99.

Pada posisi ini dibutuhkan juru las yang terampil karena posisi ini lebih sulit pengerjaannya dengan pengaruh gaya berat cairan, bahan pengisi dan bahan dasar. Benda kerja berdiri tegak dan pengelasannya juga berjalan tegak dengan arah naik turun.

4. Posisi atas kepala (*over head*) / 4F / 4G.

Pada posisi yang sulit ini juru las sudah harus yang terampil dan berpengalaman dalam soal mengelas. Agar pengelasan dapat dilakukan dengan aman, alat-alat pengamanan harus lengkap dan juru las harus mengerti dan mau menggunakan alat pengaman tersebut.

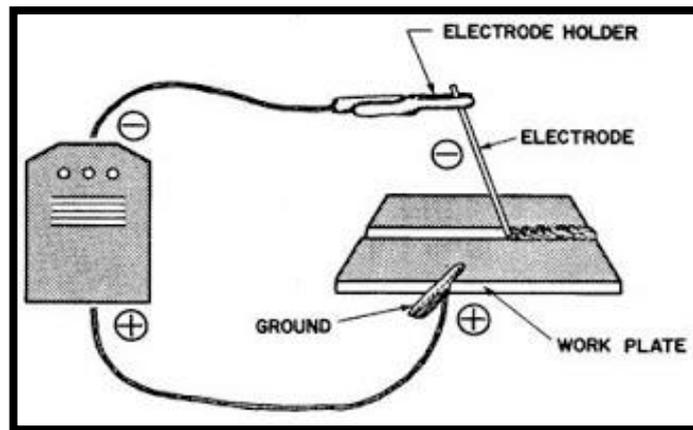
K. Polaritas Pengelasan.

Polaritas pengelasan salah satu hal yang harus diperhatikan dalam proses pengelasan, didalam menentukan polaritas ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu : jenis bahan dasar dan jenis elektroda yang akan dipakai dalam proses pengelasan. Polaritas/pengkutuban terbagi menjadi 2 macam¹⁸ :

1. Pengkutuban langsung.

Pada pengkutuban langsung, kabel elektroda dipasang pada terminal negative dan kabel massa pada terminal positif. Pengkutuban langsung sering disebut sebagai sirkuit las listrik dengan elektroda negative (DC-). Seperti yang terlihat pada gambar 2.4. dibawah ini :

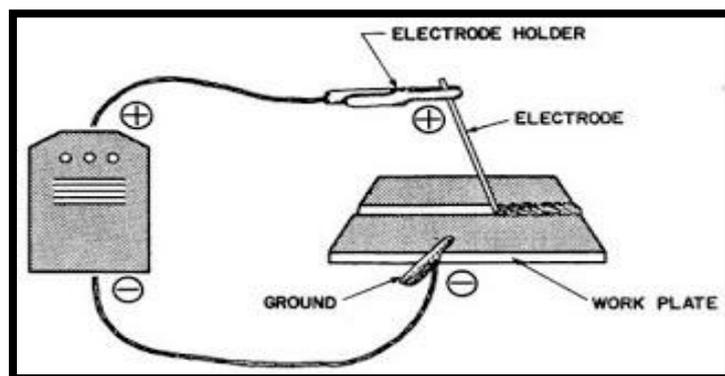
¹⁸ Daryanto, *Teknik Mengelas Logam*, (Bandung : Satu Nusa, 2011), h.20.



Gambar 2.11. Polaritas Negatif (DC-).

2. Pengkutuban terbalik.

Untuk pengkutuban terbalik, kabel elektroda dipasang pada terminal positif dan kabel massa dipasang pada terminal negatif. Pengkutuban terbalik sering disebut sirkuit las listrik dengan elektroda positif (DC+). Seperti yang terlihat pada gambar 2.5. dibawah ini :



Gambar 2.12. Polaritas Positif (DC+).

3. Kecepatan Pengelasan.

Kecepatan pengelasan tergantung pada jenis elektroda, diameter inti elektroda, bahan yang akan dilas, geometri sambungan,

ketelitian sambungan dan lain-lainnya. Dari kutipan diatas dapat dipastikan bahwa tidak ada hubungan antara kecepatan dengan tegangan las, dapat dikatakan bahwa kecepatan las tidak mempunyai hubungan dengan tegangan las, tetapi berbanding lurus dengan arus las.

Pada umumnya dalam pelaksanaan pengelasan, kecepatan selalu diusahakan setinggi-tingginya tetapi masih belum merusak kualitas manik las. Berdasarkan pengalaman di bidang pengelasan bahwa semakin tinggi kecepatan pengelasan maka semakin kecil perubahan bentuk yang terjadi.

Berikut merupakan pernyataan yang sering berhubungan dengan kecepatan pengelasan¹⁹ :

1. Dengan meningkatnya ketebalan material maka kecepatan harus diturunkan.
2. Dengan material dan jenis penyambungan yang sama, jika arus listrik meningkat maka kecepatan pengelasan juga harus meningkat.
3. Kecepatan pengelasan yang lebih tinggi dapat menggunakan teknik pengelasan maju (*forehand technique*).

L. Cacat Las.

Cacat las adalah suatu keadaan yang mengakibatkan turunnya kualitas dari hasil lasan. Cacat las tidak hanya menurunkan kualitas hasil

¹⁹ Kamal Hermawan, *Op Cit.* hal. 12

lasan tetapi juga berpengaruh pada keselamatan kerja baik itu pekerja, alat, lingkungan, perusahaan maupun industri. Dalam pengelasan selalu terjadi cacat las, oleh karena itu seorang ahli las harus menguasai sepenuhnya tentang sebab-sebab cacat las dan kemudian menentukan usaha penghindarannya.

Bila ada cacat yang melebihi batas spesifikasi maka perbaikan cacat harus dilakukan. Pengelasan perbaikan biasanya memerlukan kondisi dan prosedur yang lebih teliti, sebab kalau tidak akan menyebabkan cacat las yang lebih parah pada lasan disekitarnya.

M. Pengujian penelitian *Non Destructive Testing* (NDT).

Pengujian ini tidak merusak hasil pengelasan dan tidak adanya perubahan bentuk yang terjadi pada logam las apabila menggunakan pengujian ini.

1. Pengamatan *Visual*.

Pengamatan visual adalah pemeriksaan lasan atau sambungan-sambungan dengan memakai kaca-kaca pembesar, lampu sorot atau tidak memakai alat-alat bantu sama sekali²⁰.

Metode visual ini sering kali menjadi langkah awal dalam pengujian NDT. Tujuan dari pengamatan ini adalah untuk melihat tampak las, cacat permukaan, korosi, dimensi dan perlakuan panas.

Hal penting pada inspeksi visual sambungan las²¹ :

- a. Sebelum dan selama dilakukannya pengelasan adalah jenis dan bentuk material, bentuk sambungan, pemanasan sebelum dan sesudah pengelasan, dan temperatur antar lapisan.
- b. Setelah pengelasan adalah keputusan ukuran hasil pengelasan, selain itu juga penguatan, panjang kaki, tampilan rigi-rigi, penembusan, perlakuan terhadap lubang-lubang dan kerusakan pada bagian luar, misalnya retakan pada permukaan dan potongan bawah dari logam.

2. Uji *Penetrant*.

Pengujian NDT yang paling sederhana adalah uji *penetrant*.

Pengujian ini dapat digunakan pada benda ferro dan non ferro, konduktor

²⁰ Goklas Marihot Hutabarat, *Mengelas Logam dan Pemilihan Kawat Las*, (Jakarta:Gramedia, 1984), h. 69.

²¹ Hery Sunaryo, *Op Cit*, h. 450.

dan non konduktor, magnetik dan non magnetik, serta semua bahan alloy dan plastik.

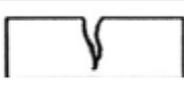
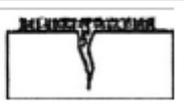
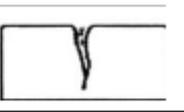
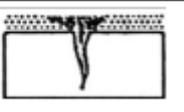
Cairan penetrant mempunyai tingkat kekentalan yang rendah sehingga dapat masuk pada cacat permukaan material, selain itu juga mempunyai sifat penetrasi yang baik dan berwarna terang, sehingga cacat pada material akan terlihat jelas.



Gambar 2.13. Pengujian Cairan *Penetrant*.

Tabel 2.2. Urutan Proses Uji Zat *Penetrant*²².

²² Hery Sunaryo, *Op Cit.* h. 454.

Proses		Uraian
Kerusakan terbuka terhadap permukaan spesimen		Celah kecil, lubang kecil dsb, pada permukaan spesimen
(1) Sebelum pelaksanaan		Bersihkan permukaan spesimen dengan larutan pembersih organik untuk menghilangkan seluruh minyak, lemak dsb.
(2) Penetrasi		Gunakan zat penetran pada permukaan spesimen dengan semprotan dsb. Agar zat tersebut dapat menembus kerusakan.
(3) Pembersihan		Setelah menembus seluruhnya, hilangkan zat penetran pada permukaan spesimen dengan cairan.
(4) Pencucian		Gunakan bahan pencuci pada permukaan spesimen. Kemudian zat penetran akan muncul ke permukaan, membentuk pola cahaya berwarna merah atau hijau limau yang menunjukkan adanya kerusakan.
(5) Pengeringan		Keringkan permukaan spesimen dengan alat pengering.
(6) Pengamatan		Amati daerah uji dengan cahaya putih atau cahaya hitam kemudian catat hasilnya.
(7) Setelah pelaksanaan		Hilangkan bahan pencuci dengan air atau abu gosok.

N. Pengamatan Struktur Mikro (*Metalografi*)

Pengujian tersebut bertujuan untuk mengetahui struktur mikro logam dan sifat-sifatnya. Selain itu juga untuk mengetahui pengaruh *Heat Treatment* terhadap perubahan struktur mikro dan perubahan sifat logam serta membandingkannya dengan sifat mekanik yang diinginkan.

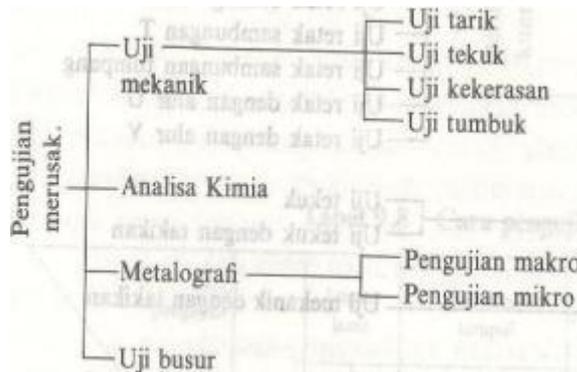
Heat Treatment dapat merubah struktur mikro pada logam, selain *Heat Treatment* atau perlakuan panas, proses *deformasi* juga dapat merubah struktur mikro logam tersebut. Dalam pemeriksaan atau pengamatan struktur mikro (*Metalografi*) ini akan dilakukan dahulu perlakuan panas, kemudian dilakukan pemeriksaan struktur mikro pada beberapa sampel.

Untuk keperluan pengujian, material logam dipotong-potong kemudian potongan tersebut diletakkan di bawah dan dikikis dengan material alat penggores yang sesuai. Uji struktur ini dilaksanakan secara *mikroskopik*, permukaan spesimen diperiksa melalui mikroskop metalurgi untuk mengetahui jenis struktur dan rasio komponen-komponennya dan juga untuk menentukan sifat-sifat materialnya.

O. Pengujian penelitian *Destructive Test* (DT)

Pengujian merusak pada konstruksi las adalah pengujian terhadap model dari konstruksi atau pada batang-batang uji yang telas dilas dengan cara yang sama dengan proses pengelasan yang akan digunakan sampai terjadi kerusakan pada model konstruksi atau pada batang uji.

Pengujian DT ini pasti akan lebih valid bila diuji pada konstruksi sebenarnya, namun yang lebih sering dilakukan adalah pengujian pada model atau miniatur dari konstruksi tersebut. Sedang pengujian akan kekuatan biasanya dilakukan pada batang-batang uji. Dikarenakan masih belum jelasnya hubungan antara hasil pengujian antara model konstruksi dengan batang-batang uji maka pengujian merusak ini lebih difokuskan untuk melihat kesamaan antara logam induk dan daerah pengelasan. Menurut Harsono W. dan Toshie O. (1996), analisis *metalografi* termasuk dalam uji DT.



Gambar 2.14. Pengujian dan Pemeriksaan Logam²³.

Uji kekerasan merupakan pengujian dengan cara memberikan beban tekan pada benda uji, cara yang digunakan pada uji kekerasan adalah dengan cara mengukur bekas penekanan yang dihasilkan oleh mesin uji kekerasan pada benda uji.



Gambar 2.15. Mesin Uji Kekerasan.

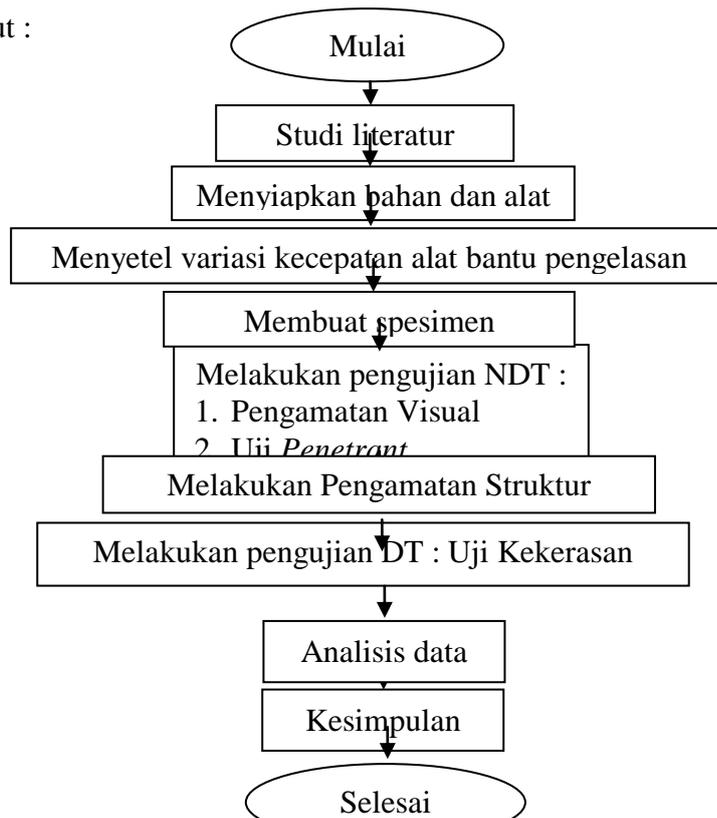
²³ Harsono Wirjosumarto dan Toshie Okumura, *Op Cit.* h. 357.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Alur Kerja Penelitian

Alur kerja penelitian adalah gambaran umum untuk memandu penulis dalam melakukan penelitian. Alur kerja yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.

Penjelasan alur kerja penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mulai
2. Studi Literatur

Tujuannya adalah mendapatkan berbagai macam data dan informasi yang berkaitan dengan pengujian maupun penulisan skripsi ini.

3. Persiapan Bahan dan Alat

Persiapan bahan dan alat yang disiapkan meliputi :

- a. Pipa baja SC-80 ukuran diameter luar 46 mm, panjang 55 mm, dan tebal pipa 8 mm.
- b. Komputer
- c. *Welding Wire ER 70S-6*
- d. Mesin las MIG SAF JUNIOR 283
- e. Alat Bantu Pengelasan Pipa Untuk Posisi 1 G
- f. Gerinda
- g. Mesin Bubut
- h. Tang Pemotong Kawat
- i. Sikat Baja
- j. Alat Penjepit (*Smit Tang*)
- k. Kacamata hitam
- l. Bracket / Alat bantu pemegang *Gun* las MIG
- m. Amplas Grade 60 – 2000
- m. Gergaji besi
- n. Alkohol
- o. Resin
- o. Cairan Penetrant
- p. Masker

4. Penyetelan variasi kecepatan Alat Bantu Pengelasan Pipa Untuk Posisi 1 G.

Pemberian variasi kecepatan Alat Bantu Pengelasan Pipa Untuk Posisi 1 G yaitu pada kecepatan 1 rpm, 1,5 rpm, dan 2 rpm. Arus listrik pada mesin las MIG yang digunakan pada setiap pemberian variasi kecepatan Alat Bantu Pengelasan Pipa Untuk Posisi 1 G yaitu 100 A dan Kecepatan *wire feeder* yang digunakan pada setiap pemberian variasi kecepatan Alat Bantu Pengelasan Pipa Untuk Posisi 1 G yaitu 4 m/menit sesuai dengan petunjuk penggunaan pada mesin las MIG SAF JUNIOR 283 jika dengan ketebalan pipa 8 mm. Dengan kata lain, arus listrik dan kecepatan *wire feeder* yang digunakan adalah konstan untuk semua spesimen pipa yang akan dilas.

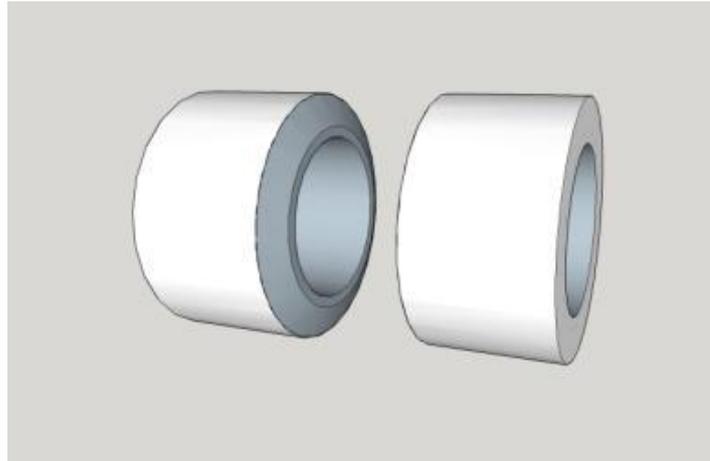
5. Pengambilan data spesimen.

Untuk mendapatkan hasil pengujian yang valid, maka peneliti menggunakan 3 sampel, dengan masing-masing satu variabel pengujian adalah 1 sampel.

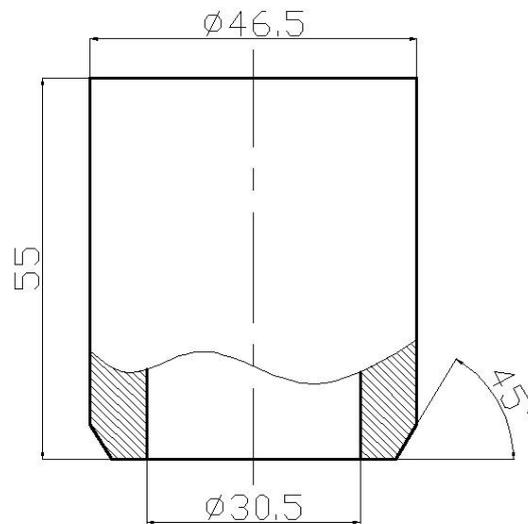
a. Bahan

Pada penelitian ini bahan spesimen menggunakan pipa baja SC-80 jenis *seamless*, yaitu baja karbon rendah tanpa sambungan las.

b. Gambar dan dimensi material spesimen.



Gambar 3.2. Spesimen.



Gambar 3.3. Ukuran spesimen (dalam satuan mm).

6. Melakukan pengujian NDT.

Pengujian spesimen menggunakan metode pengujian *Non Destructive Testing* (NDT) yaitu pengamatan visual dan uji *penetrant*.

7. Melakukan pengujian DT.

Pengujian spesimen menggunakan metode pengujian *Destructive Testing* (DT) yaitu pengamatan struktur *mikro* dan uji kekerasan.

8. Analisis data.

Melakukan perbandingan hasil pengelasan pipa SC-80 berdasarkan variasi kecepatan putar alat bantu pengelasan pipa untuk posisi pengelasan 1 G.

9. Kesimpulan.

Mencari parameter kecepatan pengelasan yang paling tepat untuk mendapatkan hasil pengelasan yang sesuai.

10. Selesai

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di tiga tempat, yaitu: Laboratorium Produksi gedung B jurusan Teknik Mesin FT UNJ, Laboratorium Perancangan gedung L Teknik Mesin FT UNJ, dan PUSPITEK. Perencanaan penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Maret 2014 sampai dengan Juli 2015.

C. Metode Pengelasan

Metode pengelasan yang dilakukan yaitu dengan model kampuh V tunggal pada posisi pengelasan 1 G, dimana pipa yang akan di las berada pada sumbu *horizontal* dengan di jepit pada rahang. Rahang yang menjepit pipa tersebut berputar dan *Gun* las MIG berada pada posisi 60^0 - 70^0 secara

konstan dengan di bantu oleh *bracket*, yaitu alat bantu yang berfungsi untuk memegang *Gun* las MIG agar tidak bergerak / *konstan* sehingga tidak di pengaruhi oleh gerakan/ayunan tangan yang tidak stabil.

D. Rancangan Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan ini adalah untuk menguji ada tidaknya hubungan antara variasi kecepatan Alat Bantu Pengelasan Pipa Untuk Posisi 1 G yang diberikan dengan konsistensi arus listrik dan kecepatan *wire feeder* yang digunakan terhadap daerah pengaruh panas, penetrasi dan uji keras. Sebanyak 3 pcs sampel yang digunakan dengan variasi kecepatan Alat Bantu Pengelasan Pipa Untuk Posisi Pengelasan 1 G yang berbeda, dengan kata lain setiap satu variabel pengujian adalah 1 sampel.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengelasan yaitu :

1. Penyetelan mesin las.

Pada mesin las tidak banyak diperlukan penyetelan, kecuali hanya penyetelan penggunaan jenis arus pengelasan, yaitu DCRP (*Direct Current Reverse Polarity*) atau DCSP (*Direct Current Straight Polarity*) atau disesuaikan dengan jenis/tuntutan pekerjaan. Namun, khusus untuk penggunaan kawat elektroda E 70S-6 (*solid wire*) selalu menggunakan pengkutuban DCRP (*welding gun* dihubungkan dengan kutup positif).

2. Mempersiapkan benda kerja yang akan dilas.

3. Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi mendatar (horizontal) 1 G.

4. Mempersiapkan elektroda yang akan digunakan yaitu elektroda *ER 70S-6* dengan diameter elektroda 0,8 mm.
5. Mengatur arus listrik yang digunakan yaitu 100 Ampere.
6. Mempersiapkan Kecepatan wire feeder yang digunakan yaitu 4 m/menit.
7. Mempersiapkan mesin alat bantu pengelasan pipa untuk posisi pengelasan 1 G.
8. Mengelas titik spesimen pipa yang akan di sambung.
9. Mempersiapkan spesimen di jepit di rahang alat bantu pengelasan pipa untuk posisi 1 G dalam posisi *center*, kemudian menyetel kecepatan alat bantu pengelasan pipa untuk posisi 1 G pada posisi kecepatan pengelasan 1 rpm. Kemudian atur jarak dari pipa kontak dengan ujung dari elektroda (Elektroda Ekstensi) yaitu 10 mm. Hidupkan mesin alat bantu pengelasan pipa untuk posisi 1 G. Pastikan kondisi mesin las MIG SAF JUNIOR 283 dalam kondisi ON, setelah itu tekan tombol pada *handle nozzle*. Selanjutnya mulai dilakukan pengelasan untuk spesimen dengan kecepatan alat bantu pengelasan pipa untuk posisi 1 G yaitu 1 rpm di bagian tengah kampuh. Matikan alat bantu pengelasan dan keluarkan spesimen, pendinginan dengan mecelupkan ke dalam air dan bersihkan spesimen dengan sikat kawat.
10. Mempersiapkan mesin bubut.
11. Jepit spesimen pada mesin bubut dan hidupkan,rapikan hasil pengelasan.
- 12 Mempersiapkan spesimen di jepit di rahang alat bantu pengelasan pipa untuk posisi 1 G dalam posisi *center*, kemudian menyetel kecepatan alat

bantu pengelasan pipa untuk posisi 1 G pada posisi kecepatan pengelasan 1 rpm. Kemudian atur jarak dari pipa kontak dengan ujung dari elektroda (Elektroda Ekstensi) yaitu 10mm. Hidupkan mesin alat bantu pengelasan pipa untuk posisi 1 G. Pastikan kondisi mesin las MIG SAF JUNIOR 283 dalam kondisi ON, setelah itu tekan tombol pada *handle nozzle*. Selanjutnya mulai dilakukan pengelasan untuk spesimen dengan kecepatan alat bantu pengelasan pipa untuk posisi 1 G yaitu 1 rpm di bagian kiri kampuh las, sehingga kampuh tertutup dengan las. Pendinginan dengan mencelupkan ke dalam air dan bersihkan spesimen dengan sikat kawat. Las kembali dengan kecepatan 1 rpm di bagian kanan kampuh las. Matikan alat bantu pengelasan lalu keluarkan spesimen. Pendinginan dengan mencelupkan ke dalam air dan bersihkan spesimen dengan sikat kawat.

13. Lakukan pengelasan sesuai langkah pengelasan no 8 s/d 12 pada masing-masing spesimen untuk kecepatan 1,5 rpm dan 2 rpm.

E. Pengamatan Visual

Setelah melakukan pengelasan pada spesimen, selanjutnya dilakukan pengamatan visual dengan menggunakan *camera digital* yaitu dengan langkah sebagai berikut:

1. Bersihkan permukaan spesimen dengan larutan pembersih organik untuk menghilangkan seluruh minyak, lemak, debu, dan sebagainya
2. Gunakan *camera digital* untuk mengambil gambar dari setiap pengelasan

3. Periksalah spesimen untuk melihat tampak las dan cacat permukaan.

F. Uji *Penetrant*

Setelah melakukan pengelasan pada spesimen, selanjutnya dilakukan uji penetrasi dengan menggunakan cairan *penetrant* yaitu dengan langkah sebagai berikut:

1. Bersihkan permukaan spesimen dengan larutan pembersih organik untuk menghilangkan seluruh minyak, lemak, debu, dan sebagainya.
2. Gunakan zat *penetrant* pada permukaan spesimen dengan cairan *penetrant* berwarna merah agar zat tersebut dapat menembus kerusakan, tunggu sampai 5 sampai 10 menit.
3. Lap bagian kampuh las yang disemprotkan dengan kain.
4. Semprotkan cairan *development* yaitu cairan pengembang berwarna putih, tunggu 10 sampai 5 menit.
5. Periksa hasil pengujian, kemudian zat *penetrant* akan muncul ke permukaan, membentuk pola cahaya berwarna merah yang menunjukkan adanya kerusakan.
6. Bersihkan kampuh las dengan cairan *cleaner* yaitu cairan pembersih.

G. Pengamatan Struktur *Mikro*

Sebelum melakukan foto struktur *mikro*, spesimen perlu dilakukan pemolesan terlebih dahulu menggunakan ampelas *grade 60* sampai *grade*

2000. Setelah spesimen dilakukan pengampelasan sampai *grade* 2000 sampai halus, kemudian diberi *autosol* agar terlihat lebih halus.

Spesimen yang telah siap dilakukan foto struktur mikro dengan tahapan sebagai berikut :

1. Spesimen dibersihkan dengan kain halus
2. Setelah dioles dengan cairan *etsa nital* 2% kemudian dibilas dengan *alcohol*
3. Letakkan spesimen pada landasa *mikroskopik optic*
4. Hidupkan mesin *mikroskopik optic*
5. Dekatkan lensa pembesar untuk melihat permukaan spesimen
6. Perbesar lensa dengan perbesaran 200x dan 500x
7. Periksa apakah sudah terlihat jelas atau kabur
8. Fokuskan lensa sampai terlihat jelas
9. Ambil gambar dan simpan.

H. Uji Kekerasan

1. Bersihkan permukaan dengan larutan pembersih *polishing*.
2. Bersihkan spesimen dengan kain lap.
3. Kembali bersihkan permukaan spesimen dengan amplas, kemudian di *etching* dengan cairan *nital* 2%
4. Pastikan mesin uji kekerasan dalam kondisi ON.
5. Atur sudut intan 136°

6. Berikan beban 5 *kgf* pada mesin uji kekerasan, biarkan selama 15-30 detik
7. Lihat hasil beban yang membekas di permukaan spesimen dengan *mikroskop*.
8. Catat hasil yang telah didapat.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Perbandingan Hasil Pengelasan dengan Variasi Kecepatan Putar Alat Bantu Pengelasan Berdasarkan Pengamatan *Visual*.

1. Kecepatan Pengelasan 1 rpm.

Berikut ini adalah pengamatan *visual* pada hasil pengelasan pipa SC-80 menggunakan alat bantu pengelasan pipa pada posisi pengelasan 1 G dengan variasi kecepatan 1 rpm.



Gambar 4.1. Spesimen A.

2. Kecepatan Pengelasan 1,5 rpm.

Berikut ini adalah pengamatan *visual* pada hasil pengelasan pipa SC-80 menggunakan alat bantu pengelasan pipa pada posisi pengelasan 1 G dengan variasi kecepatan 1,5 rpm.



Gambar 4.2. Spesimen B.

3. Kecepatan Pengelasan 2 rpm.

Berikut ini adalah pengamatan *visual* pada hasil pengelasan pipa SC-80 menggunakan alat bantu pengelasan pipa pada posisi pengelasan 1 G dengan variasi kecepatan 2 rpm.



Gambar 4.3. Spesimen C.

Kecepatan pengelasan 1rpm, pada arus 100 A dan kecepatan *wire feeder* 4m/menit dengan proses pendinginan menggunakan air pada gambar 4.1 tidak terdapat cacat las.

Kecepatan pengelasan 1,5 rpm, pada arus 100 A dan kecepatan *wire feeder* 4m/menit dengan proses pendinginan menggunakan air pada gambar 4.2 tidak terdapat cacat las.

Kecepatan pengelasan 2 rpm, pada arus 100 A dan kecepatan *wire feeder* 4m/menit dengan proses pendinginan menggunakan air terdapat cacat las pada gambar 4.3 adalah *undercutting* yaitu terdapat parit atau kubangan kecil di tepi alur las yang mengurangi ketebalan bahan.

Berdasarkan data hasil pengamatan *visual* dapat dilihat adanya perbedaan cacat las yang terjadi pada setiap specimen. Berikut ini adalah table 4.1 Perbandingan cacat las berdasarkan hasil pengamatan *visual*.

Tabel 4.1. Perbandingan cacat las berdasarkan hasil pengamatan *visual*.

Kecepatan pengelasan	Kode specimen	Cacat las
1 rpm	A	-
1,5 rpm	B	-
2 rpm	C	<i>undercutting</i>

Dari data di atas maka dapat disimpulkan hasil pengelasan specimen A dan B tidak terdapat cacat las, sedangkan specimen C terdapat cacat las *undercutting*.

B. Analisis Perbandingan Hasil Pengelasan dengan Variasi Kecepatan Putar Alat Bantu Pengelasan Berdasarkan Uji *Penetrant*.

1. Kecepatan Pengelasan 1 rpm.

Berikut ini adalah pengujian *penetrant* pada hasil pengelasan pipa SC-80 dengan menggunakan alat bantu pengelasan pipa pada posisi pengelasan 1 G memakai variasi kecepatan putar 1 rpm.



Gambar 4.4. Spesimen A.

2. Kecepatan Pengelasan 1,5 rpm.

Berikut ini adalah pengujian *penetrant* pada hasil pengelasan pipa SC-80 dengan menggunakan alat bantu pengelasan pipa pada posisi pengelasan 1 G memakai variasi kecepatan putar 1,5 rpm.



Gambar 4.5. Spesimen B.

3. Kecepatan Pengelasan 2 rpm.

Berikut ini adalah pengujian *penetrant* pada hasil pengelasan pipa SC-80 dengan menggunakan alat bantu pengelasan pipa pada posisi pengelasan 1 G memakai variasi kecepatan putar 2 rpm.



Gambar 4.6. Spesimen C.

Kecepatan pengelasan 1 rpm, pada arus 100 A dan kecepatan *wire feeder* 4m/menit dengan proses pendinginan menggunakan air tidak terdapat cacat las pada gambar 4.4. Dengan kata lain pada kecepatan 1 rpm, arus 100 A, dan kecepatan *wire feeder* 4m/menit dapat dijadikan acuan pengelasan yang baik.

Kecepatan pengelasan 1,5 rpm, pada arus 100 A dan kecepatan *wire feeder* 4m/menit dengan proses pendinginan menggunakan air gambar 4.5 terdapat cacat las yaitu *inclusion slag*.

Kecepatan pengelasan 2 rpm, pada arus 100 A dan kecepatan *wire feeder* 4m/menit dengan proses pendinginan menggunakan air terdapat cacat las pada Gambar 4.6 yaitu *inclusion slag*.

Tabel 4.2. Perbandingan cacat las berdasarkan hasil uji *penetrant*.

Kecepatan pengelasan	Kode spesimen	Cacat las
1 rpm	A	-
1,5 rpm	B	<i>Inclusion slag</i>
2 rpm	C	<i>Inclusion slag</i>

C. Analisa Hasil Pengamatan Visual dan Pengujian *Penetrant*

Pada hasil pengelasan dengan kecepatan pengelasan 1 rpm, pada arus 100 A dan kecepatan *wire feeder* 4m/menit yang menggunakan jenis elektroda *E 70S-6* berdiameter 0,8 mm dengan proses pendinginan menggunakan air tidak terjadi cacat las, hal ini dimungkinkan terjadi karena penetrasi yang sesuai dan kecepatan pengelasan dari putaran kecepatan mesin alat bantu pengelasan pada posisi 1 G sesuai. Pada kecepatan pengelasan 1 rpm dapat dijadikan acuan yang baik karena tidak mudahnya terbentuk cacat pada logam las.

Pada hasil pengelasan dengan kecepatan pengelasan 1,5 rpm, pada arus 100 A dan kecepatan *wire feeder* 4m/menit yang menggunakan jenis elektroda *ER 70S-6* berdiameter 0,8 mm dengan proses pendinginan menggunakan air

terdapat cacat las *inclusion slag*, untuk *porosity*, *undercut*, dan *pin hole* tidak terjadi. Hal ini terjadi dimungkinkan karena kontaminasi pada spesimen las berupa kotoran-kotoran seperti debu, karat, dan lain-lain. Pada kecepatan pengelasan 1,5 rpm tidak dapat dijadikan acuan karena mudahnya terbentuk cacat pada logam las.

Pada hasil pengelasan dengan kecepatan pengelasan 2 rpm, pada arus 100 A dan kecepatan *wire feeder* 4m/menit yang menggunakan jenis elektroda *ER 70S-6* berdiameter 0,8 mm dengan proses pendinginan menggunakan air terjadi cacat las pada spesimen yaitu *inclusion slag*. Pada kecepatan pengelasan 2 rpm tidak dapat dijadikan acuan karena mudahnya terbentuk cacat pada logam las.

Dapat ditarik kesimpulan jika kecepatan pengelasan sesuai dengan arus dan kecepatan *wire feeder* yang digunakan hasil pengelasan akan bagus. Sedangkan kecepatan pengelasan terlalu cepat akan mengakibatkan mudahnya terbentuk cacat las sehingga kurangnya penetrasi pada saat proses pengelasan.

D. Analisa Hasil Pengamatan Struktur Mikro

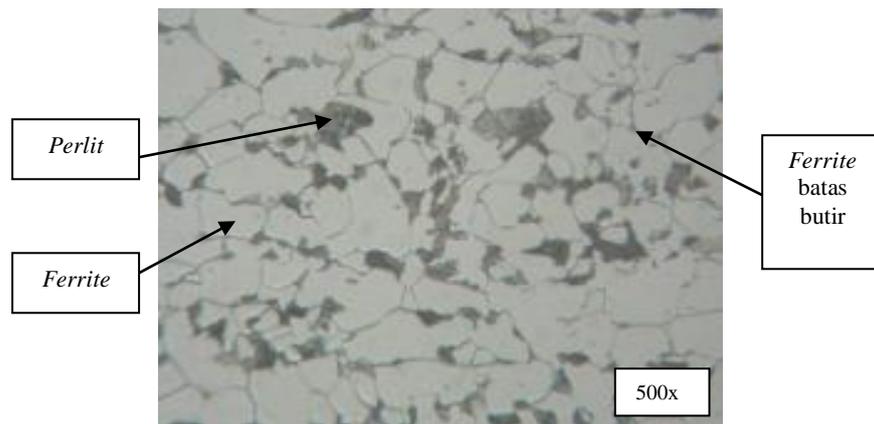
1. Struktur Mikro Kecepatan Pengelasan 1rpm



Gambar 4.7. Titik Pengambilan Gambar Struktur Mikro Spesimen A.

Pada gambar 4.7 merupakan titik pengambilan gambar dengan *mikroskop optik* pada spesimen A. Terlihat perbedaan kehalusan permukaan antara titik 1 (*base metal*), titik 2 (*HAZ*) dan titik 3 (*weld metal*). Kehalusan permukaan logam pada *weld metal* lebih halus daripada daerah *HAZ* dan *base metal*.

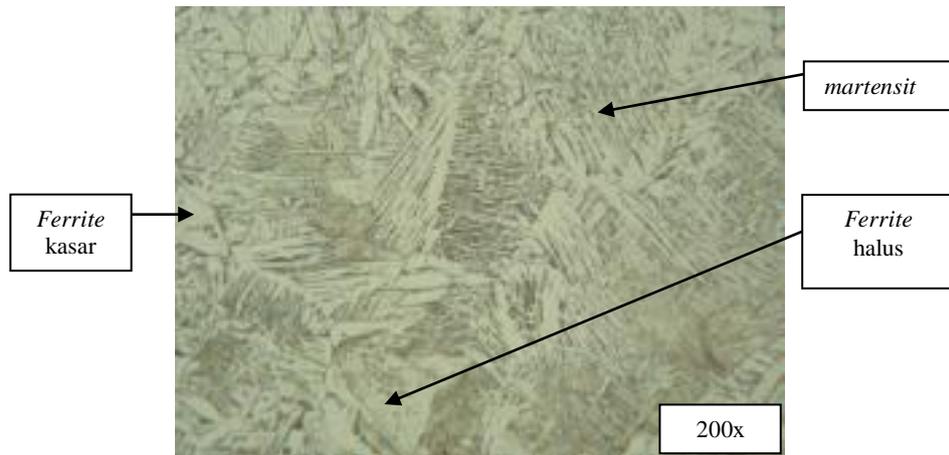
1.1 Base Metal (titik 1)



Gambar 4.8. Struktur Mikro Base Metal.

Gambar 4.8 menunjukkan ferit dan perlit dengan kisaran kandungan karbon 0,16% pada pembesaran mikroskopik 500x. Terlihat bagian yang hitam adalah *perlit*, bagian berwarna putih adalah *ferrit*, bagian yang seperti garis adalah *ferrite* batas butir.

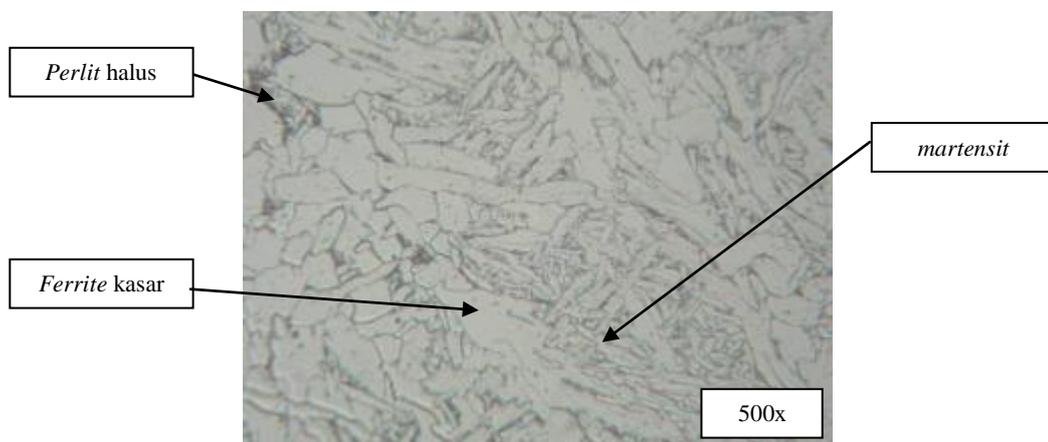
1.2 HAZ (titik 2)



Gambar 4.9. Batas Antara HAZ dengan Material Las.

Pada gambar 4.9 menunjukkan pembesaran 200x terlihat struktur HAZ. Terlihat kondisi strukturnya baik. Terdapat *ferrlite* kasar, *ferrlite* halus, *Martensite* (tampak seperti jarum tak beraturan) yang terlihat tampak tidak banyak pada daerah HAZ ini.

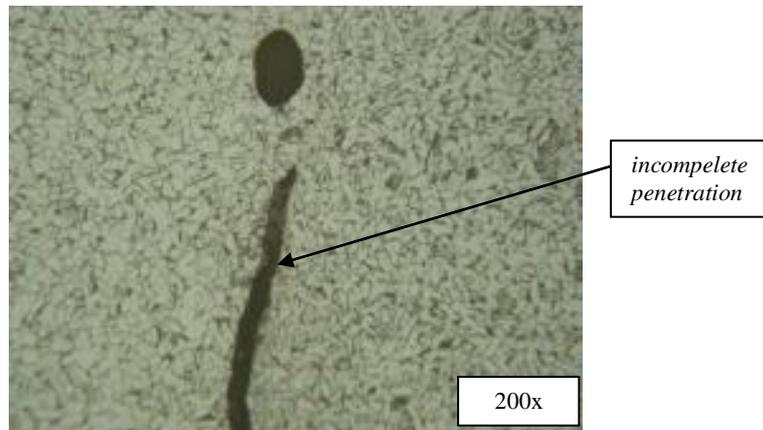
1.3 Weld Metal (titik 3)



Gambar 4.10. Struktur Daerah *Weld Metal*.

Pada gambar 4.10 menunjukkan struktur *mikro* pada daerah material yang dilas berupa *ferrite* kasar, *perlit* halus (*troostite*) dan *martensit*. Kondisi struktur terlihat baik.

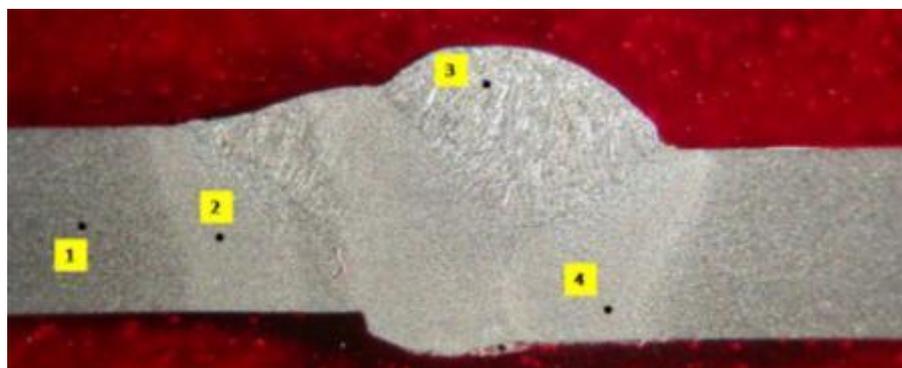
1.4 Daerah Las Bagian Bawah (titik 5)



Gambar 4.11. Struktur Daerah Las Bagian Bawah.

Pada gambar 4.11 menunjukkan adanya cacat las *incomplete penetration* (IP), terlihat seperti retakan dan titik hitam pada pembesaran 200x.

2. Struktur Mikro Kecepatan Pengelasan 1,5rpm

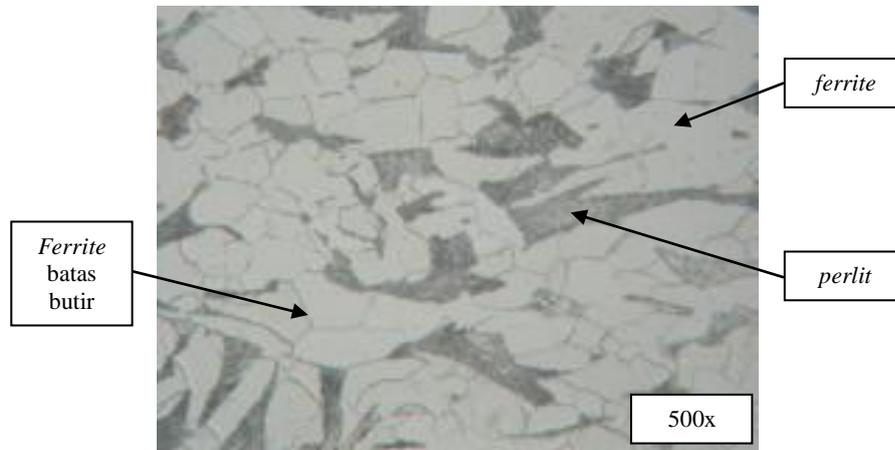


Gambar 4.12. Titik Pengambilan Gambar Struktur *Mikro* Spesimen B.

Pada gambar 4.13 merupakan titik pengambilan gambar dengan *mikroskop optik* pada spesimen B. Terlihat perbedaan butir kehalusan

antara titik 1 (*base metal*), titik 2 (*HAZ*) dan titik 3 (*weld metal*). Butir kehalusan logam pada *weld metal* lebih halus daripada daerah *HAZ* dan *base metal*.

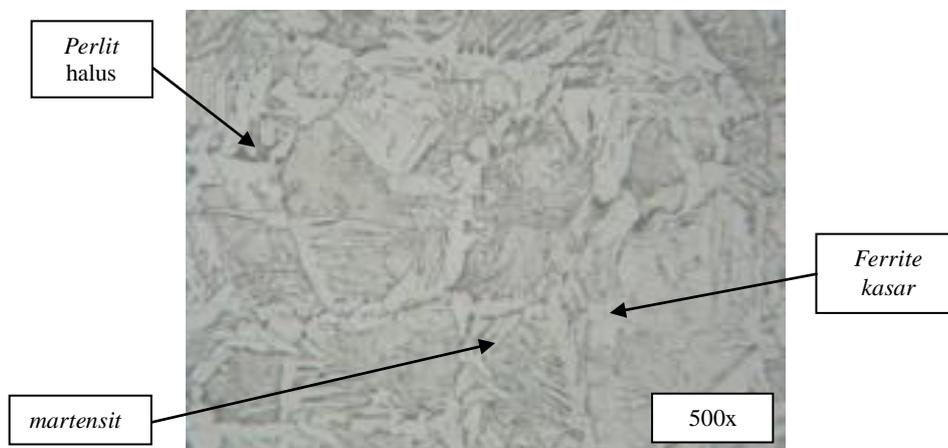
2.1 Base Metal (titik 1)



Gambar 4.13. Struktur Mikro Material Base Metal.

Gambar 4.13 menunjukkan struktur material pada dasar material atau *Base Metal*, pada pembesaran 500x terlihat *ferrite* (putih), *perlite* (hitam) dan *ferrite* batas butir. Kisaran kandungan karbon 0,45%.

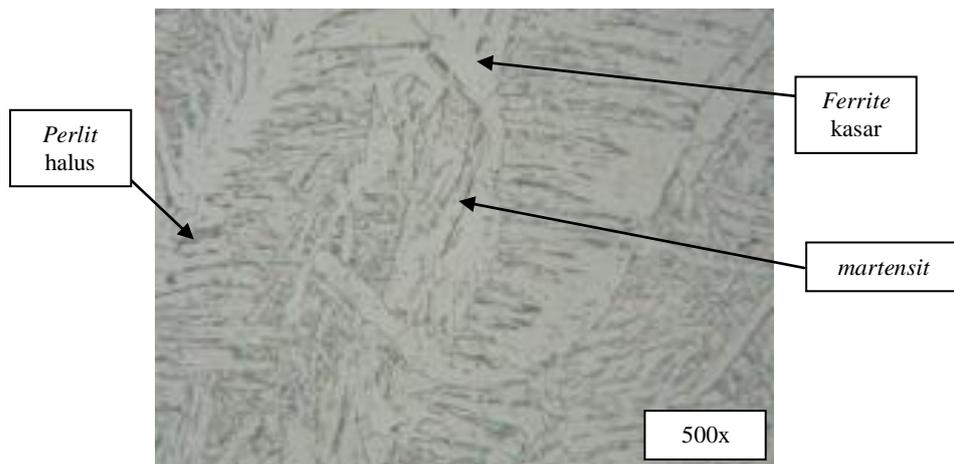
2.2 HAZ (titik 2)



Gambar 4.14. Struktur Mikro HAZ.

Gambar 4.14 dengan pembesaran 500x pada *mikroskop optic* kondisi strukturnya baik. Terlihat *martensit*, *perlit halus/troostite* serta *ferrite kasar*. Struktur *mikro* yang terbentuk terlihat lebih rapat dibandingkan dengan struktur *mikro* pada *HAZ* spesimen A.

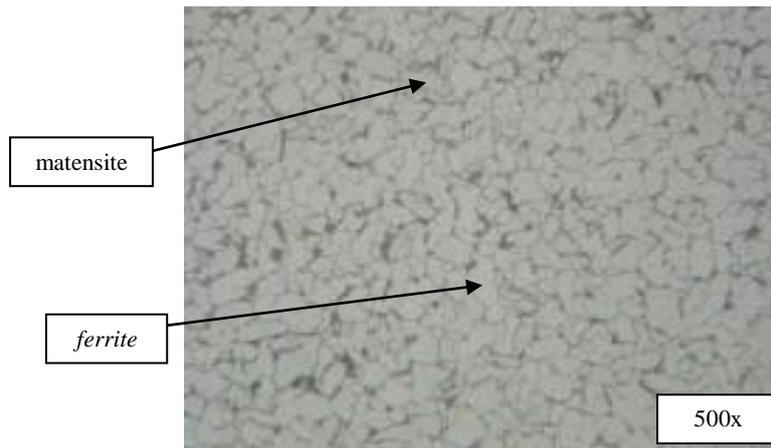
2.3 Weld Metal (titik 3)



Gambar 4.15. Struktur Material Daerah Las atau *Weld Metal*.

Tampak daerah material las berupa *martensit*, *ferrite kasar* dan *perlit halus/troostite* pada gambar 4.15. Terlihat *martensit* mulai banyak terbentuk dan lebih rapat daripada *martensit* yang terbentuk pada *Weld Metal* spesimen A. Kondisi struktur terlihat rapat, tanpa ada cacat dan hasil pengelasan baik.

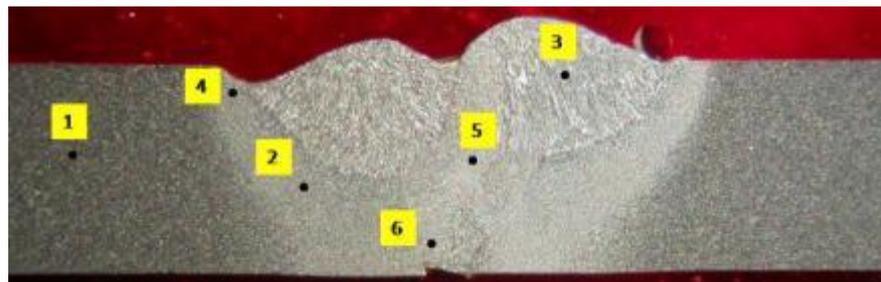
2.4 Bagian Bawah Las (titik 4)



Gambar 4.16. Struktur *Mikro* Daerah Bagian Bawah Las.

Gambar 4.16 menunjukkan daerah bagian bawah las berupa *ferrite* dan *martensit* yang dikelilingi oleh butir-butir gelap. Tampak tidak ada cacat las yang terjadi pada bagian bawah las.

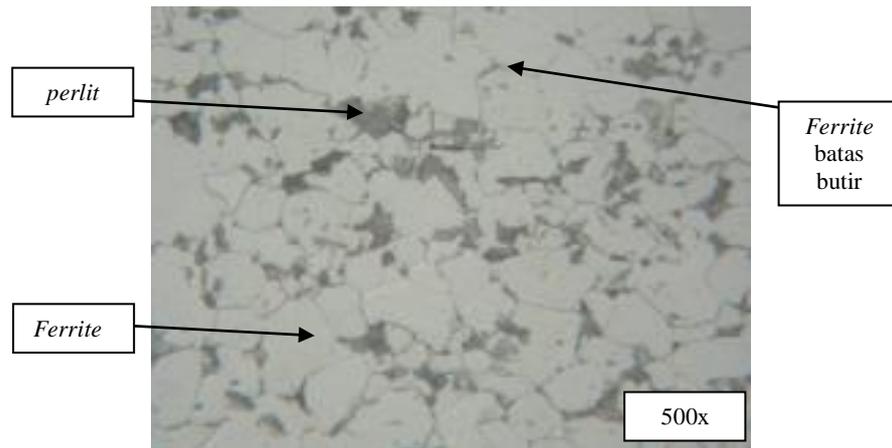
3. Struktur *Mikro* Kecepatan Pengelasan 2rpm



Gambar 4.17. Titik Pengambilan Gambar Struktur *Mikro* Spesimen C.

Pada gambar 4.17 merupakan titik pengambilan gambar dengan *mikroskop optik* pada spesimen C. Terlihat perbedaan butir kehalusan antara titik 1 (*base metal*), titik 2 (*HAZ*) dan titik 3 (*weld metal*). Butir kehalusan logam pada *weld metal* lebih halus daripada daerah *HAZ* dan *base metal*.

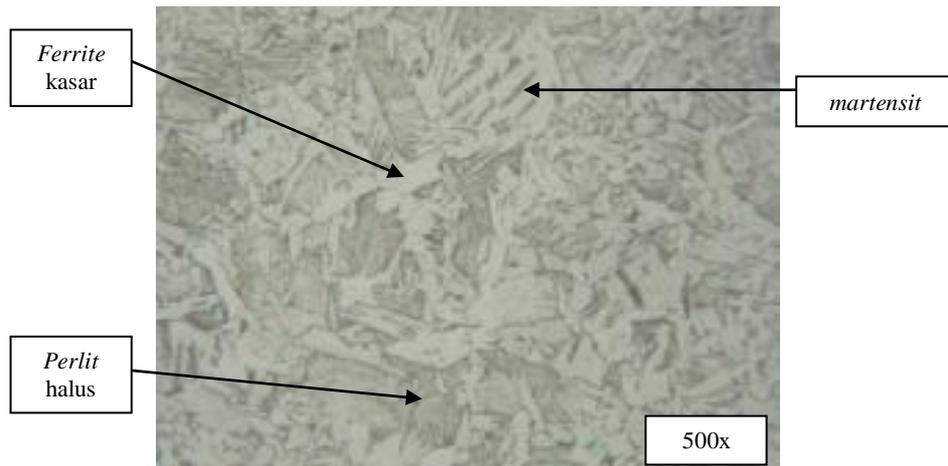
3.1 *Base Metal*



Gambar 4.18. Struktur *Mikro Base Metal*.

Gambar 4.18 menunjukkan struktur material dasar atau *Base Metal* yang berupa *ferit* (putih), *ferrite* batas butir dan *perlite* (hitam) pada pembesaran *mikroskop optic* 500x dengan kandungan karbon sekitar 0,16%.

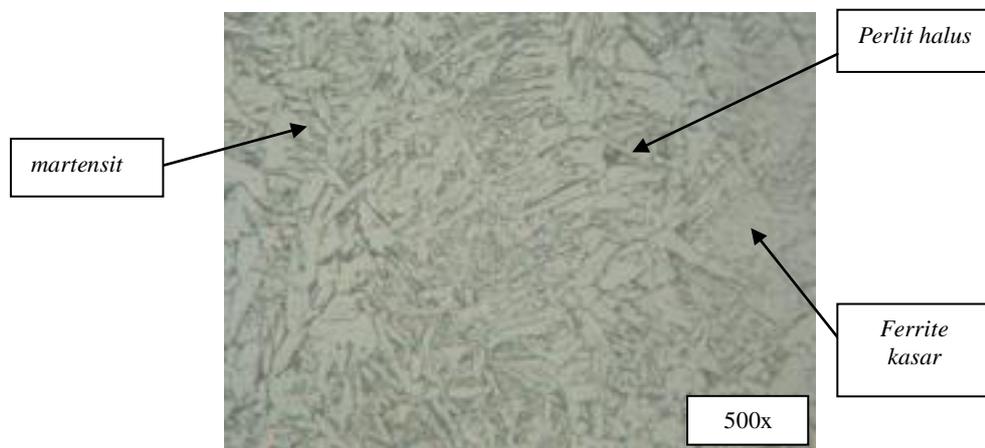
3.2 HAZ (titik 2)



Gambar 4.19. Struktur Mikro HAZ.

Pada gambar 4.19 menunjukkan daerah struktur mikro HAZ, dengan pembesaran sampai 500x tidak ditemukan adanya cacat las atau kondisi struktur baik. Pada daerah HAZ terdapat *martensit*, *ferrite* kasar dan *perlit* halus. Struktur mikro yang terbentuk lebih rapat dari struktur mikro HAZ dari spesimen A dan spesimen B.

3.3 Weld Metal

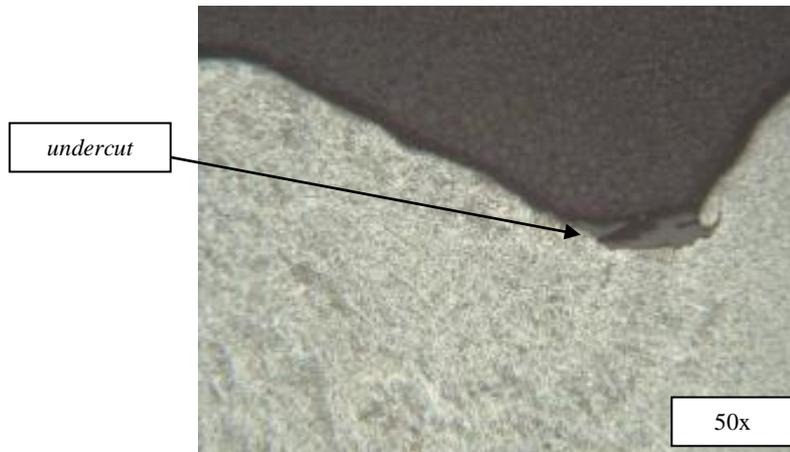


Gambar 4.20. Struktur Mikro Daerah Weld Metal.

Gambar 4.20 menunjukkan struktur mikro pada daerah material las atau Weld Metal berupa *martensit*, *ferrite* kasar dan *perlit* halus. Kondisi

struktur terlihat lebih rapat terlihat dari *martensit* yang terbentuk lebih banyak daripada *martensit* yang terbentuk pada *Weld Metal* spesimen A dan spesimen B.

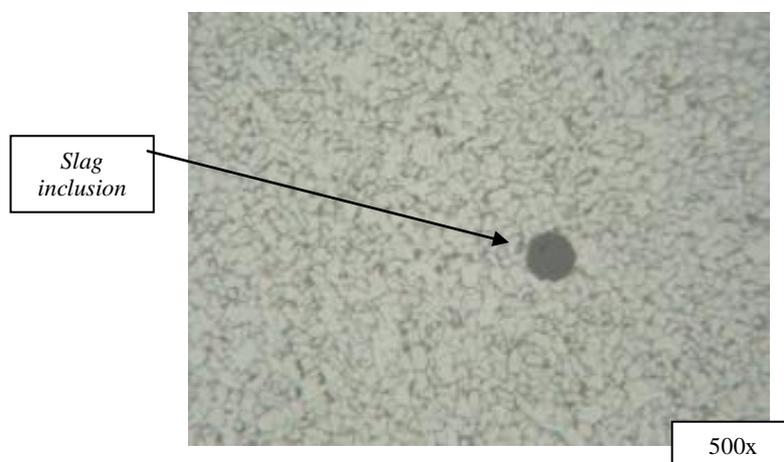
3.4 Cacat Las *Undercut* (titik 4)



Gambar 4.21. Cacat Las *Undercut*.

Gambar 4.21 menunjukkan adanya struktur *mikro* yang cacat akibat dari pengelasan yang kurang baik, cacat las tersebut adalah *undercut*.

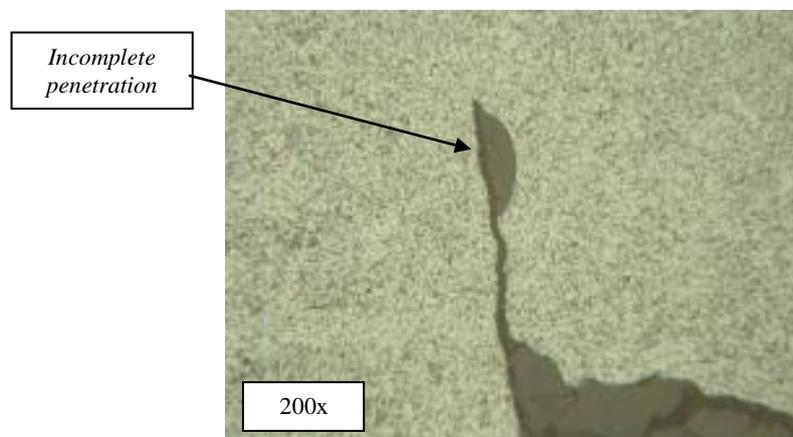
3.5 Cacat Las *Slag Inclusion* (titik 5)



Gambar 4.22. *Slag Inclusion*.

Gambar 4.22 menunjukkan cacat las *slag inclusion* akibat dari pengelasan yang kurang baik.

3.6 Material Las Bagian Bawah



Gambar 4.23. Cacat *Las Incomplete Fusion*.

Pada gambar 4.23 menunjukkan struktur *mikro* pada daerah material las bagian bawah berupa cacat *incomplete fusion*.

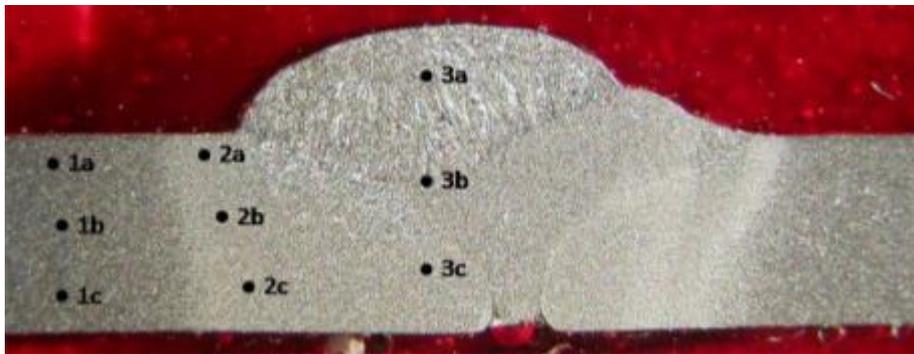
E. Analisis Perbandingan Hasil Pengelasan dengan Variasi Kecepatan Putar Alat Bantu Pengelasan Berdasarkan Uji Kekerasan.

Pengujian kekerasan dilakukan setelah bentuk spesimen uji kekerasan sama dengan bentuk spesimen pengujian *metalografi*. Adapun pengujian kekerasan ini menggunakan metode *vickers* dengan data uji kekerasan sebagai berikut:

Nama alat	: <i>Frank Finotest</i>
Metode uji	: <i>Hardness Vickers (HV)</i>
Beban	: 5 Kgf
Sudut intan	: 136°

Temperatur uji : 28 °C
 Waktu : 15 detik
 Kondisi permukaan : *Polishing / Etching*
 Standar uji : SNI 19-0407-1989
 Objek : Sambungan Las

1. Hasil uji kekerasan pengelasan spesimen A dengan kecepatan putar alat bantu pengelasan 1 rpm.



Gambar 4.24. Titik Uji Kekerasan Spesimen A.

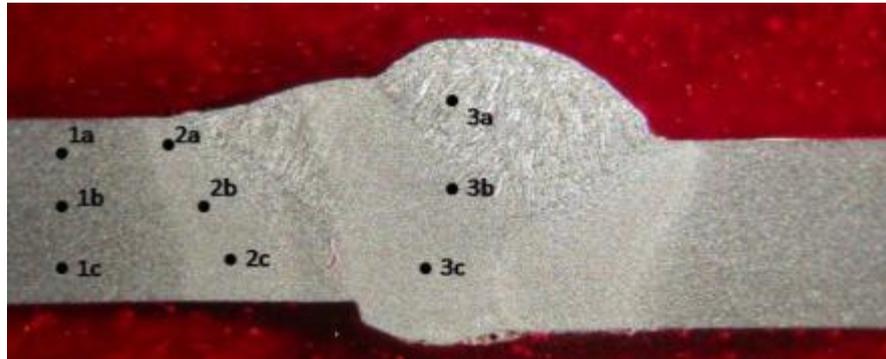
Hasil pengujian kekerasan sambungan las MIG spesimen A ditampilkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.4. Hasil Uji Kekerasan Sambungan Las MIG Sampel A.

NO	KETERANGAN	NILAI KEKERASAN HVN (SAMPEL A)			Rata-rata
		a	B	c	
1	<i>BASE METAL</i> (1)	125	120	122	122,33
2	<i>HAZ</i> (2)	151	148	147	148,67

3	<i>WELD META</i> (3)	156	137	146	146,33
---	----------------------	-----	-----	-----	--------

2. Hasil uji kekerasan pengelasan spesimen B dengan kecepatan putar alat bantu pengelasan 1,5 rpm.



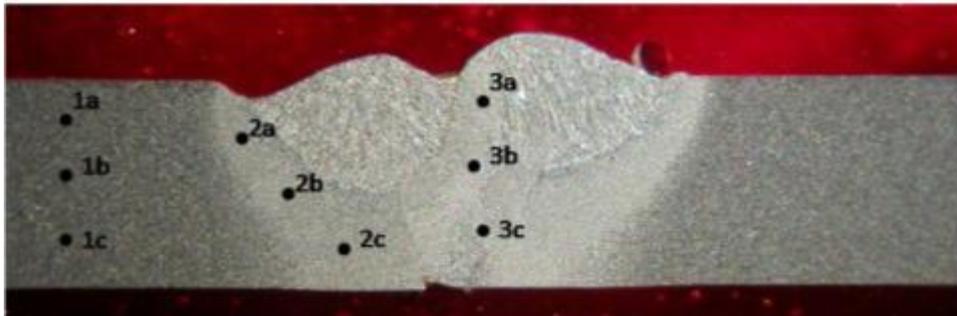
Gambar 4.25. Titik Uji Kekerasan Spesimen B.

Hasil pengujian kekerasan sambungan las MIG spesimen B ditampilkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.6. Hasil Uji Kekerasan Sambungan Las MIG Sampel B.

NO	KETERANGAN	NILAI KEKERASAN HVN (SAMPEL B)			Rata-rata
		a	B	c	
1	<i>BASE METAL</i> (1)	146	143	147	145,33
2	<i>HAZ</i> (2)	156	157	151	154,67
3	<i>WELD METAL</i> (3)	157	162	151	156,67

3. Hasil uji kekerasan pengelasan spesimen C dengan kecepatan putar alat bantu pengelasan 2 rpm.



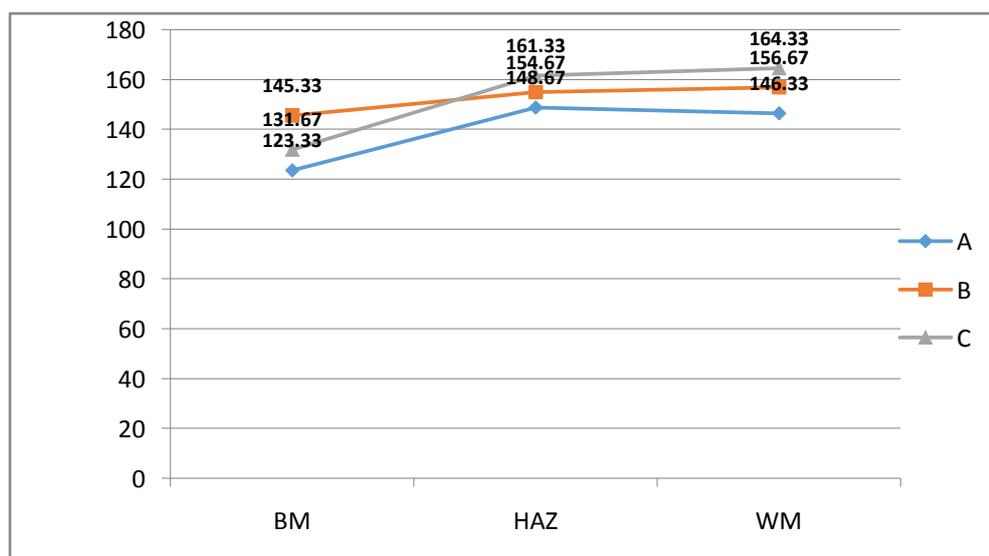
Gambar 4.26. Titik Uji Kekerasan Spesimen C.

Hasil pengujian kekerasan sambungan las MIG spesimen C ditampilkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.7. Hasil Uji Kekerasan Sambungan Las MIG Sampel C.

NO	KETERANGAN	NILAI KEKERASAN HVN (SAMPEL C)			Rata-rata
		A	B	c	
1	<i>BASE METAL</i> (1)	133	133	129	131,67
2	<i>HAZ</i> (2)	165	162	157	161,33
3	<i>WELD METAL</i> (3)	167	163	163	164,33

Berikut ini adalah gambar diagram perbandingan hasil uji kekerasan (VHN) dari masing-masing spesimen.



Gambar 4.2. Diagram Hasil Uji Kekerasan (VHN).

Gambar 4.27 menjelaskan bahwa hasil pengelasan MIG spesimen C memiliki nilai kekerasan tertinggi pada daerah *HAZ* sebesar 161,33 VHN, pada daerah pengelasan (*Weld Metal*) sebesar 164,33 VHN, dan pada logam induk sebesar 131,67 VHN. Hasil pengelasan MIG spesimen A memiliki nilai kekerasan terendah pada daerah *HAZ* sebesar 148,67 VHN, pada daerah pengelasan (*Weld Metal*) sebesar 146,33 VHN, dan pada logam induk sebesar 123,33 VHN.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN.

Berdasarkan hasil data analisis yang diperoleh, maka kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Hasil pengujian cacat las dengan pengamatan *visual* dari spesimen pengelasan MIG menunjukkan bahwa semakin besar kecepatan putar alat bantu yang digunakan maka akan terdapat cacat las. Dimana pada pengelasan MIG dengan kecepatan putar alat bantu pengelasan pada posisi 1 G ditemukan cacat pada spesimen C.
2. Cacat yang terbentuk pada pengelasan MIG pada pipa sc-80 dengan menggunakan *Welding Wire* ER 70S-6 berdiameter 0,8 mm adalah *inclusion slag* setelah dilakukan uji *penetrant*. *Inclusion Slag* terjadi karena pada saat pengerjaan pengelasan dan pembersihan terak tidak cukup bersih.
3. Hasil pengamatan struktur *mikro* pada daerah *weld metal* spesimen C terlihat lebih rapat daripada struktur *mikro* pada daerah yang sama pada spesimen A dan B, *martensit* tampak dominan dikelilingi oleh *ferrite* dan *perlit* halus. Pada daerah HAZ, *martensit* yang terbentuk dari hasil pengelasan spesimen C lebih banyak, terlihat *perlit* sangat halus / troostite yang terbentuk mengelilingi *martensit*. Struktur yang terbentuk pada HAZ maupun Weld Metal dengan pendinginan cepat / quenching sangat

mempengaruhi nilai kekerasan yang didapat, hal ini dapat dipelajari lebih lanjut pada diagram CCT (Cooling Continuous Term).

4. Hasil pengujian kekerasan tertinggi di daerah logam induk (*base metal*) yaitu 145,33 VHN pada spesimen B dengan variasi kecepatan putar alat bantu pengelasan pada posisi 1 G sebesar 1,5 rpm, sedangkan hasil pengujian kekerasan terendah di daerah logam induk (*base metal*) yaitu 122,33 VHN pada spesimen A dengan variasi kecepatan putar alat bantu pengelasan pada posisi 1 G sebesar 1 rpm. Hasil pengujian kekerasan tertinggi di daerah *HAZ* yaitu 161,33 VHN pada spesimen C dengan variasi kecepatan putar alat bantu pengelasan pada posisi 1 G sebesar 2 rpm, sedangkan hasil pengujian kekerasan terendah di daerah *HAZ* yaitu 148,67 VHN pada spesimen A dengan variasi kecepatan putar alat bantu pengelasan pada posisi 1 G sebesar 1 rpm. Hasil pengujian kekerasan tertinggi di daerah pengelasan (*weld metal*) yaitu 164,33 VHN pada spesimen C dengan variasi kecepatan putar alat bantu pengelasan pada posisi 1 G sebesar 2 rpm, sedangkan hasil pengujian kekerasan terendah di daerah pengelasan (*weld metal*) yaitu 146,33 VHN pada spesimen A dengan variasi kecepatan putar alat bantu pengelasan pada posisi 1 G sebesar 1 rpm. Semakin tinggi variasi kecepatan putar yang digunakan, maka semakin tinggi kekerasan pada hasil pengelasan.

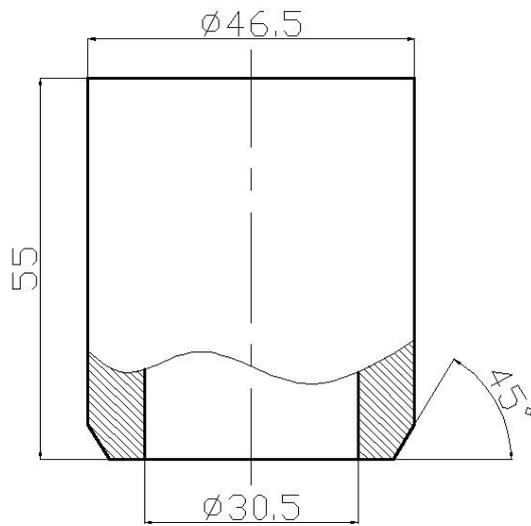
B. SARAN.

1. Perlu diadakan penelitian lanjutan dengan alat bantu pengelasan yang sama namun variasi kecepatan putar, kuat arus, elektroda yang digunakan berbeda.
2. Perlu diadakannya penelitian lanjutan untuk menguji kekuatan tarik dan pemeriksaan makrografi serta mikrografi karena penelitian ini tidak menggunakan pengujian tersebut.
3. Perlu diadakannya penelitian lanjutan dengan prosedur pendinginan cepat / *quenching* dengan banyak spesimen guna mendapatkan hasil penguatan atau pengujian yang lebih akurat.
4. Perlu diadakannya penelitian lanjutan dengan prosedur pendinginan alami / lambat guna membandingkan struktur *mikro* yang terbentuk maupun kekerasan yang didapat pada pengelasan dengan pendinginan cepat / *quenching*.
5. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan acuan pada penelitian selanjutnya dengan menggunakan alat bantu pengelasan yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- American Welding Society, *Spesification For Underwater Welding*, (Miami : AWS, 1993)
- Amstead, B.H., *Teknologi Mekanik*, (jJakarta : Erlangga, 1997)
- Andriawan, Finanda, *Skripsi:Rancang Bangun Alat Bantu Turn Table Untuk Pengelasan MIG*, (Jakarta : Teknik Mesin FT UNJ, 2013)
- Daryanto, *Teknik Mengelas Logam*, (Bandung : Satu Nusa, 2011)
- Hermawan, Kamal, *Skripsi:Karakteristik Hasil Pengelasan MIG Pada Pipa ST-37*, (Jakarta : Teknik Mesin FT UNJ, 2013)
- Hutabarat, Goklas Marihot, *Mengelas Logam dan Pemilihan Kawat Las*, (Jakarta : Gramedia, 1984)
- Koswara, Engkos dan Sudjana Hardi, *Pengujian Logam SMK*, (Bandung : Humaniora Utama Press, 1999)
- Sonawan, Hery dan Suratman Rochim, *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*, (Bandung : Pradnya Paramita, 2006)
- Sunaryo, Hery, *Teknik Pengelasan Kapal*, (Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Departemen Pendidikan Dasar dan Menengah, 2008)
- Syaripudin, *Skripsi:Rancang Bangun Alat Bantu Pengelasan Pipa Untuk Posisi 1 GR*, (Jakarta : Teknik Mesin FT UNJ, 2014)
- Wiriosumarto, Harsono dan T. Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam*, (Jakarta : PT. Pradnya Paramita, 1996)

Lampiran 1 Gambar Spesimen CAD 2D.

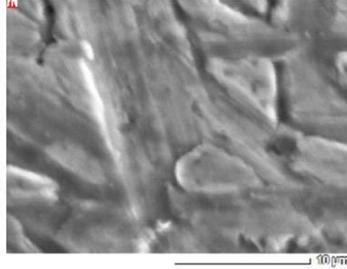


Lampiran 2 Hasil Analisis kandungan Fe dan C serta Struktur Logam Dasar (*Base Metal*) dengan alat uji *Analysis Station* merk JEOL tipe JED 2300.

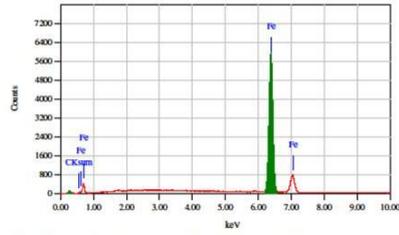
- a. Pembesaran 5000x.

Sc-80b

1/1



Title : IMG1
Instrument : S310 (IA)
Volt : 20.00 kV
Mag : x 5,000
Date : 2014/05/13
Pixel : 512 x 288

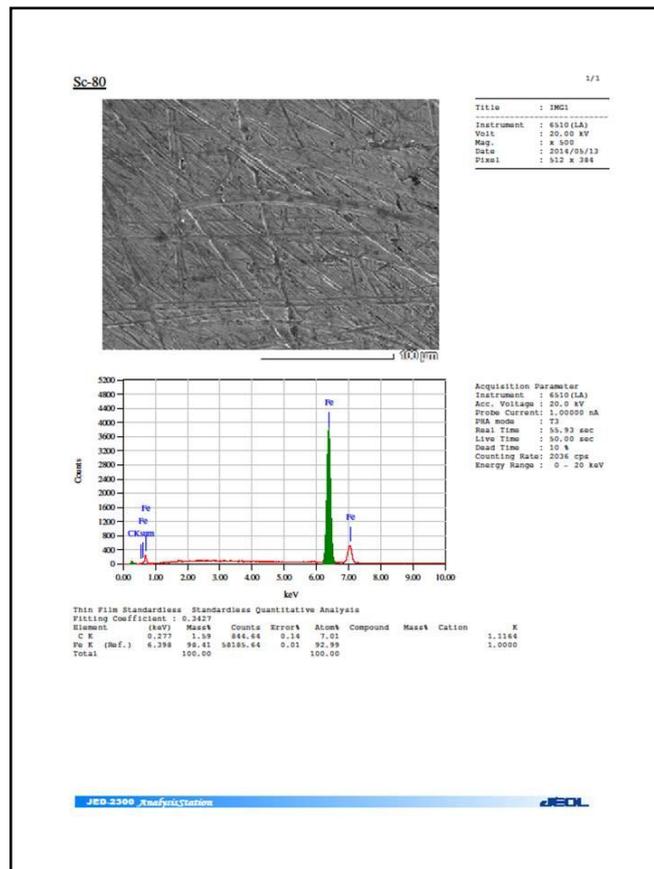


Acquisition Parameter
Instrument : S310 (IA)
Acc. Voltage : 20.0 kV
Probe Current : 1.00000 nA
PDS mode : 73
Real Time : 46.84 sec
Live Time : 40.00 sec
Dead Time : 12 %
Counting Rate : 3187 cps
Energy Range : 0 - 20 keV

Thin Film Standardless Standardless Quantitative Analysis

Element	(Ref.)	Mass%	Counts	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	Z
C	K	0.277	1.57	1288.00	0.14	6.88			1.1164
Fe	K (Ref.)	6.398	88.43	90428.63	0.01	93.12			1.0000
Total		100.00			100.00				

Pembesaran 500x.



Element	SC-80a (mass %)	SC-80b (mass %)	Rata-rata %
C	1,59	1,57	1,58
Fe	98,41	98,43	98,42
Total	100	100	

Pengujian SEM atau *Analysis Station* sebanyak 2 kali terhadap sampel *base metal* pipa SC-80 menunjukkan bahwa kandungan karbonnya adalah 1,58%, dengan kata lain pipa SC-80 ini termasuk baja karbon rendah karena kandungan karbonnya dibawah 2%.

Lampiran 3 Hasil Uji Kekerasan.

a. Spesimen A kecepatan putar 1 rpm.

Keterangan	No.	VHN	VHN Rata-rata
Base Metal	1	125	122,33
	2	120	
	3	122	
HAZ	1	151	148,67
	2	148	
	3	147	
Weld Metal	1	156	146,33
	2	137	
	3	146	

b. Spesimen B kecepatan putar 1,5 rpm.

Keterangan	No.	VHN	VHN Rata-rata
Base Metal	1	146	145,33
	2	143	
	3	147	
HAZ	1	156	154,67
	2	157	
	3	151	
Weld Metal	1	157	156,67
	2	162	
	3	151	

c. Spesimen C kecepatan putar 2 rpm.

Keterangan	No.	VHN	VHN Rata-rata
Base Metal	1	133	131,67
	2	133	
	3	129	
HAZ	1	165	161,33
	2	162	
	3	157	
Weld Metal	1	167	164,33
	2	153	
	3	163	

Harga nilai kekerasan diatas didapat, dari rumus sebagai berikut:

$$\mathbf{VHN = \frac{1,854 \times p}{d^2}}$$

Lampiran 4 Alat Bantu Pengelasan.

- a. Alat bantu pengelasan pipa untuk posisi 1 G.



- b. Alat bantu pemegang *gun* las MIG (*bracket*).



Lampiran 5 Hasil Pengelasan.

- a. Spesimen A, pengelasan 1 rpm.



- b. Spesimen B, pengelasan 1,5 rpm.



- c. Spesimen C, pengelasan 2 rpm.



Lampiran 6 Hasil Uji *Penetrant*

- a. Spesimen A, pengelasan 1 rpm.



- b. Spesimen B, pengelasan 1,5 rpm.

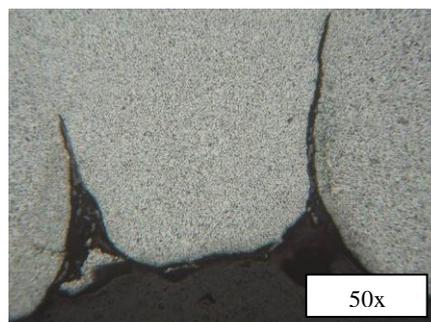
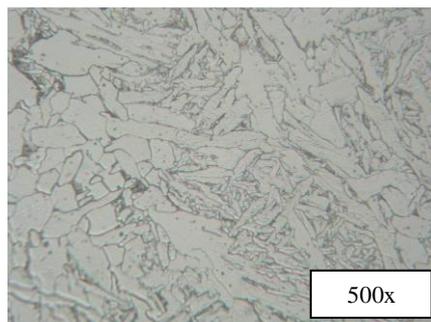
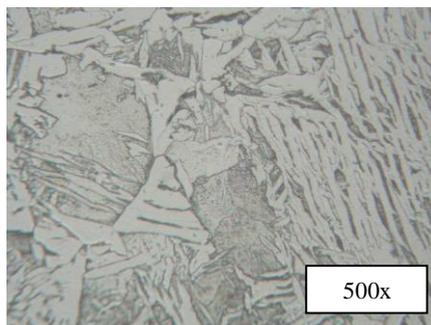
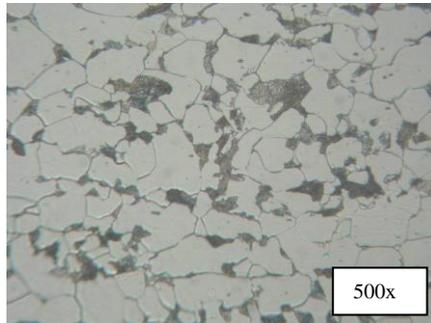


- c. Spesimen C, pengelasan 2 rpm.

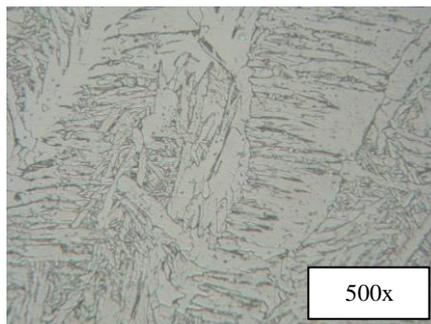
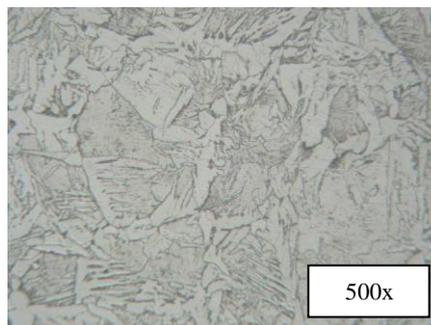
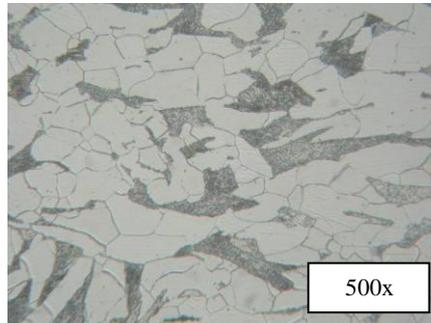


Lampiran 7 Hasil Pengamatan Struktur Mikro

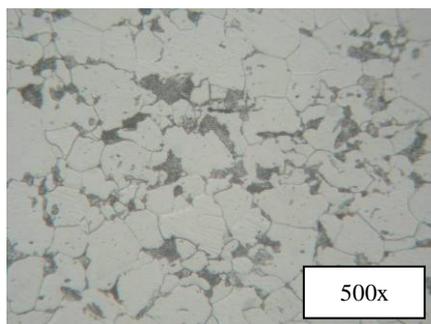
a. Spesimen A pengelasan 1 rpm

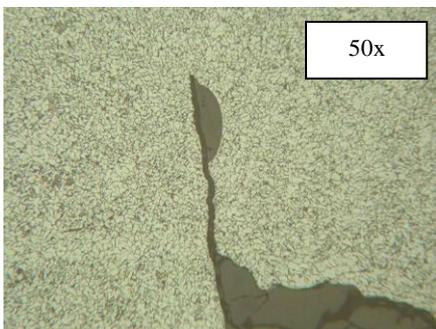
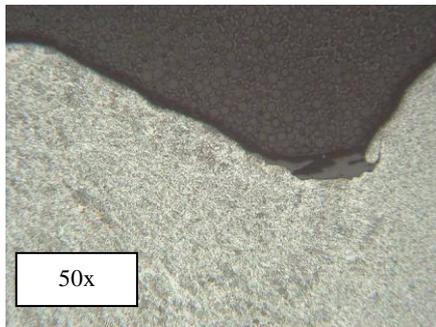
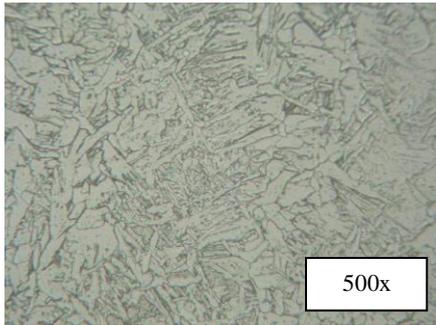
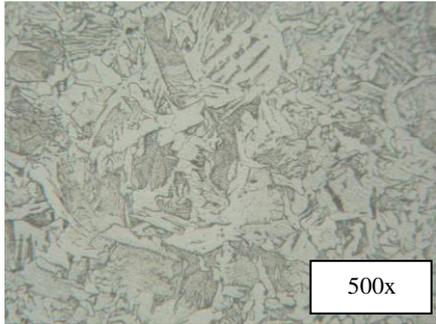


b. Spesimen B pengelasan 1,5 rpm



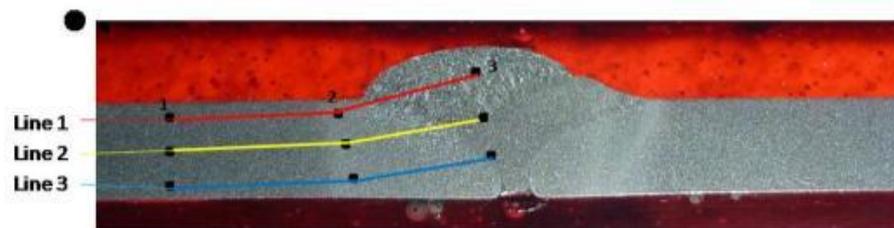
c. Spesimen C pengelasan 2 rpm



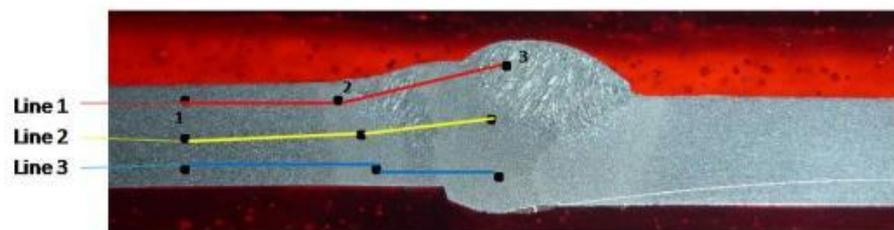


Lampiran 8 Hasil Uji Kekerasan.

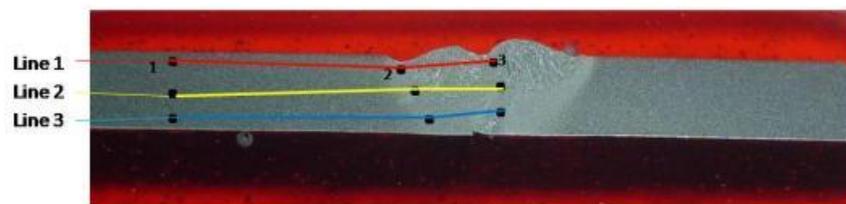
- a. Spesimen A pengelasan 1 rpm.



- b. Spesimen B pengelasan 1,5 rpm.



- c. Spesimen C pengelasan 2 rpm.



Lampiran 9 *Analysis Station* merk JEOL tipe JED 2300



BIOGRAFI PENULIS



RISHI NUR MARET, Lahir pada tanggal 10 Maret 1989 di Tanjung Priok, Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta dari Ibu Asmanah Supriyani dan Ayah Abdul Wahid (Alm.). Penulis merupakan anak ke enam dari sebelas bersaudara. Tahun 2008 Penulis lulus dari SMKN 1 Jakarta selama 3 tahun. Pada tahun

berikutnya Penulis lulus seleksi masuk Universitas Negeri Jakarta melalui jalur PMDK. Penulis memilih Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.

Dengan nikmat Allah SWT, juga dengan ketekunan serta motivasi yang tinggi untuk terus belajar dan berusaha, Penulis telah berhasil menyelesaikan tugas akhir Skripsi ini. Semoga dengan penulisan tugas akhir Skripsi ini mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan.

Data Pribadi Penulis

Nama : Rishi Nur Maret
Alamat : Jl. Warakas 3 Gg.11 No.23A RT.001 RW.011 Kelurahan Warakas,
Tanjung Priok, Jakarta Utara 14340
HP/WA : 0857-111-240-40 / 0857-111-240-40
BBM : 59e07498
Email : rishi.nurmaret@gmail.com

PENGARUH KECEPATAN PENGELASAN
MIG TERHADAP PIPA SC-80 PADA
POSISI PENGELASAN 1 G

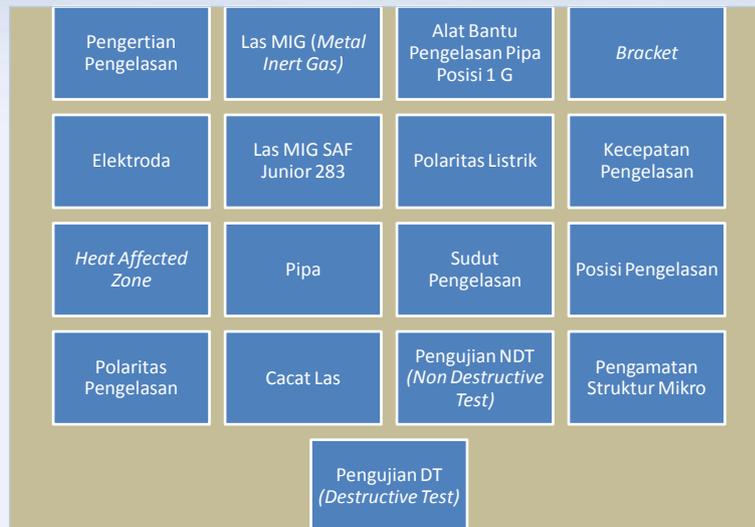


Disusun oleh :
Rishi Nur Maret
5315080311

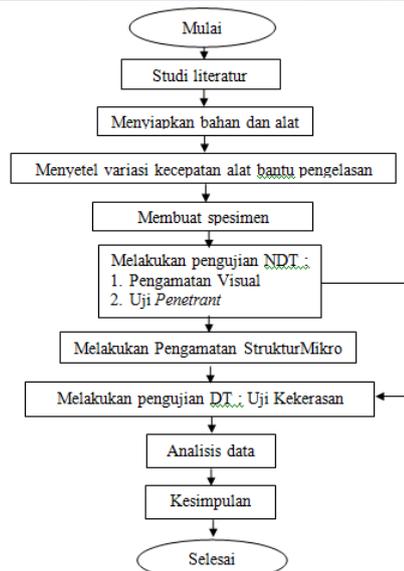
PENDAHULUAN

- Latar Belakang Masalah
- Identifikasi Masalah
- Pembatasan Masalah
- Perumusan Masalah
- Tujuan Penelitian
- Manfaat Penelitian

KAJIAN TEORI

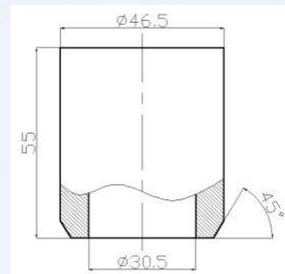
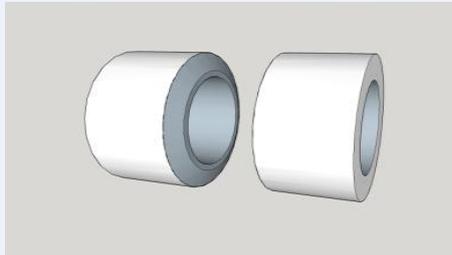


METODOLOGI PENELITIAN



METODOLOGI PENELITIAN

Gambar dan dimensi material spesimen.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Kecepatan Pengelasan 1 rpm.



Spesimen A

Kecepatan Pengelasan 1,5 rpm.



Spesimen B

Kecepatan Pengelasan 2 rpm.



Spesimen C

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan cacat las berdasarkan hasil pengamatan *visual*.

Kecepatan pengelasan	Kode spesimen	Cacat las
1 rpm	A	-
1,5 rpm	B	-
2 rpm	C	<i>undercutting</i>

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Perbandingan Hasil Pengelasan dengan Variasi Kecepatan Putar Alat Bantu Pengelasan Berdasarkan Uji *Penetrant*.

Kecepatan Pengelasan 1 rpm.



Spesimen A

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Perbandingan Hasil Pengelasan dengan Variasi Kecepatan Putar Alat Bantu Pengelasan Berdasarkan Uji *Penetrant*.

Kecepatan Pengelasan 1,5 rpm.



Spesimen B

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Perbandingan Hasil Pengelasan dengan Variasi Kecepatan Putar Alat Bantu Pengelasan Berdasarkan Uji *Penetrant*.

Kecepatan Pengelasan 2 rpm.



Spesimen C

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Hasil Pengamatan Struktur Mikro

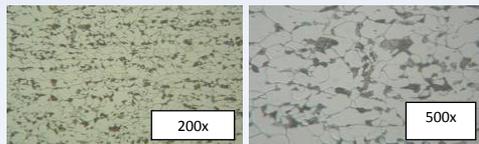
1. Struktur Mikro Kecepatan Pengelasan 1 rpm



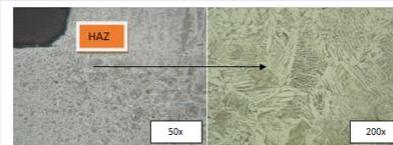
Titik Pengambilan Gambar Struktur Mikro
Spesimen A

HASIL DAN PEMBAHASAN

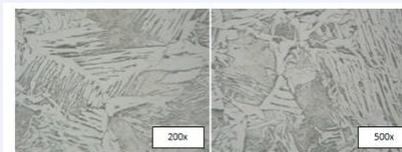
Analisa Hasil Pengamatan Struktur Mikro



Ferit (putih) dan Perlit (hitam).
Base Metal (titik 1)



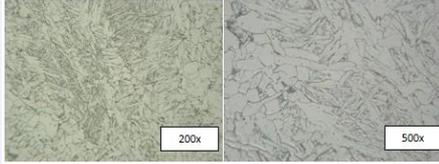
Batas Antara HAZ dengan Material Las
HAZ (titik 2)



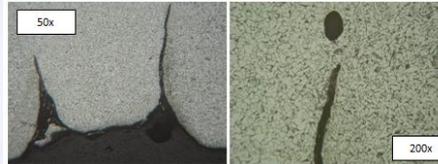
Batas Antara HAZ dengan Material Las
Weld Metal (titik 3)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Hasil Pengamatan Struktur Mikro



Struktur Daerah Material Las
Daerah Material Las(titik 4)

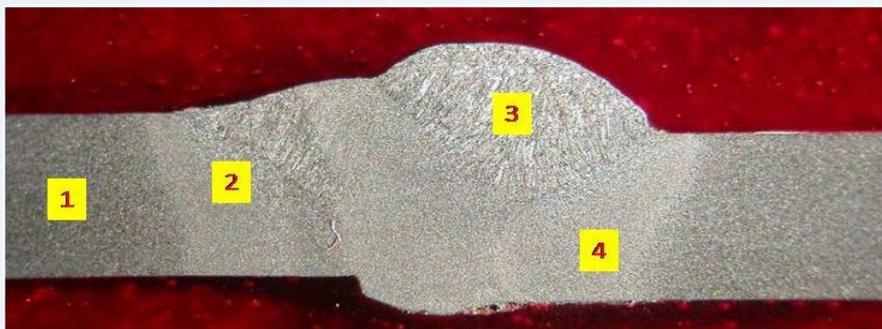


Struktur Daerah Material Las
Daerah Las Bagian Bawah(titik 5)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Hasil Pengamatan Struktur Mikro

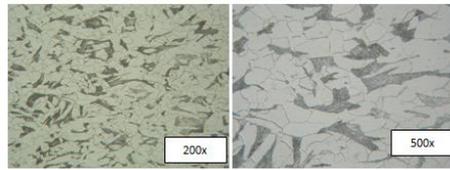
2. Struktur Mikro Kecepatan Pengelasan 1,5 rpm



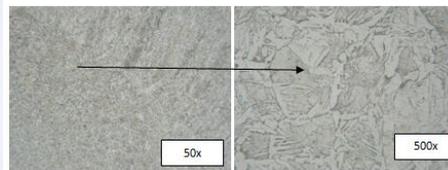
Titik Pengambilan Gambar Struktur Mikro
Spesimen B

HASIL DAN PEMBAHASAN

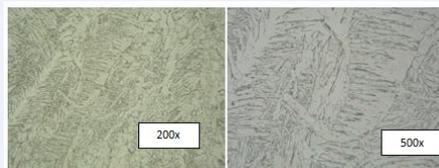
Analisa Hasil Pengamatan Struktur Mikro



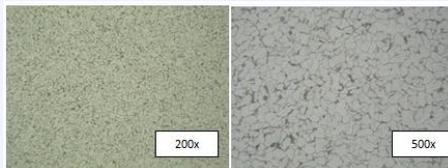
Struktur Mikro Material *Base Metal*
Base Metal (Titik 1)



Struktur Mikro HAZ
HAZ (Titik 2)



Struktur *Weld Metal*
Weld Metal (Titik 3)

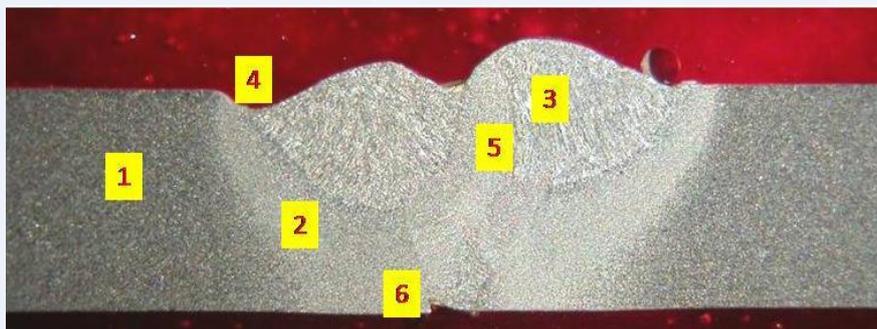


Bagian Bawah Las (**Titik 4**)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Hasil Pengamatan Struktur Mikro

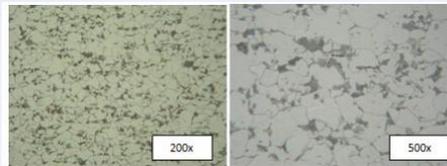
3. Struktur Mikro Kecepatan Pengelasan 2 rpm



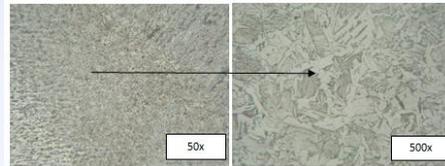
Titik Pengambilan Gambar Struktur Mikro Spesimen C

HASIL DAN PEMBAHASAN

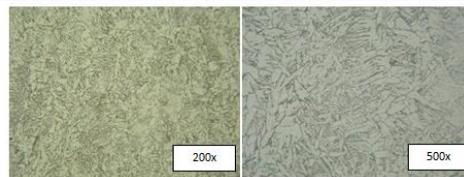
Analisa Hasil Pengamatan Struktur Mikro



Struktur Mikro Base Metal
(Titik 1)



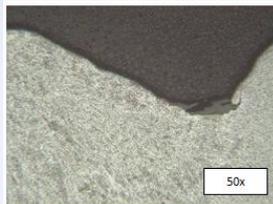
Struktur Mikro HAZ
(Titik 2)



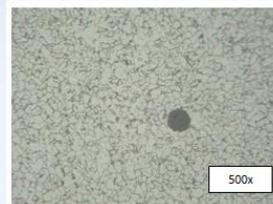
Struktur Mikro Daerah Weld Metal
(Titik 3)

HASIL DAN PEMBAHASAN

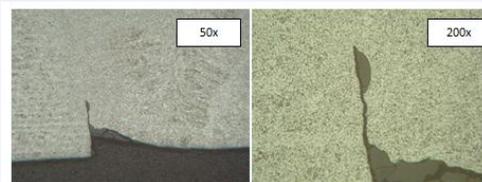
Analisa Hasil Pengamatan Struktur Mikro



Cacat Las Undercut
(Titik 4)



Slag Inclusion.
(Titik 5)



cacat incomplete fusion.
(Titik 6)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Perbandingan Hasil Pengelasan dengan Variasi Kecepatan Putar Alat Bantu Pengelasan Berdasarkan Uji Kekerasan.

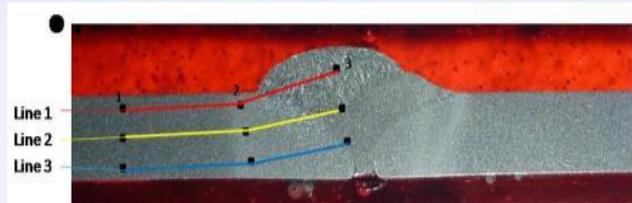
Adapun pengujian kekerasan ini menggunakan metode *vickers* dengan data uji kekerasan sebagai berikut,

Nama alat : Frank Finotest
Metode uji : Hardness Vickers (HV)
Beban : 5 Kgf

Sudut intan : 136°
Temperatur uji : 28 °C
Waktu : 15 detik
Kondisipermukaan : *Polishing / Etching*
Standar uji : SNI 19-0407-1989
Objek : Sambungan Las

HASIL DAN PEMBAHASAN

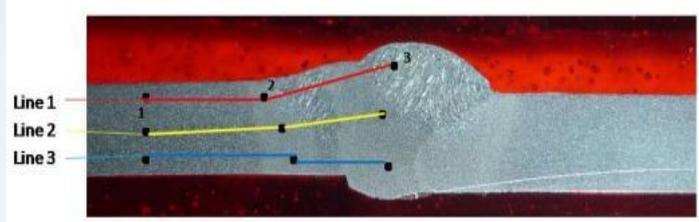
1. Hasil uji kekerasan pengelasan spesimen A dengan kecepatan putar alat bantu pengelasan 1 rpm



NO	KETERANGAN	NILAI KEKERASAN HV (SAMPEL A)			Rata-rata
		Line 1	Line 2	Line 3	
1	BASE METAL	125	120	122	122,33
2	HAZ	151	148	147	148,67
3	WELD METAL	156	137	146	146,33

HASIL DAN PEMBAHASAN

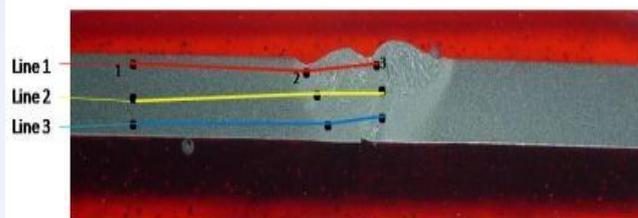
2. Hasil uji kekerasan pengelasan spesimen B dengan kecepatan putar alat bantu pengelasan 1,5 rpm.



NO	KETERANGAN	NILAI KEKERASAN HV (SAMPEL B)			Rata-rata
		Line 1	Line 2	Line 3	
1	BASE METAL	146	143	147	145,33
2	HAZ	156	157	151	154,67
3	WELD METAL	157	162	151	156,67

HASIL DAN PEMBAHASAN

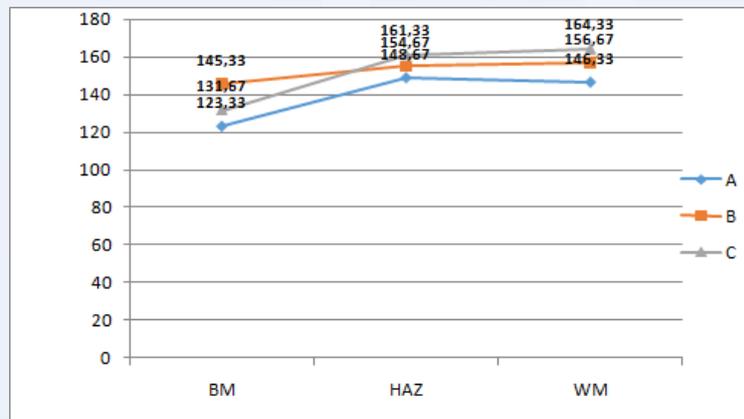
2. Hasil uji kekerasan pengelasan spesimen C dengan kecepatan putar alat bantu pengelasan 2 rpm



NO	KETERANGAN	NILAI KEKERASAN HV (SAMPEL C)			Rata-rata
		Line 1	Line 2	Line 3	
1	BASE METAL	133	133	129	131,67
2	HAZ	165	162	157	161,33
3	WELD METAL	167	163	163	164,33

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah gambar diagram perbandingan hasil uji kekerasan (VHN) dari masing-masing spesimen



KESIMPULAN

1. Hasil pengujian cacat las dengan **pengamatan visual** dari spesimen pengelasan MIG menunjukkan bahwa semakin besar kecepatan putar alat bantu yang digunakan maka akan terdapat cacat las.
2. Cacat yang terbentuk adalah *inclusion slag* setelah dilakukan **uji penetrant**. *Inclusion Slag* terjadi karena pada saat pengerjaan pengelasan dan pembersihan terak tidak cukup bersih.

KESIMPULAN

3. Hasil **pengujian kekerasan (Vickers)** tertinggi di daerah logam induk (*base metal*) yaitu 145,33 VHN pada spesimen B sebesar 1,5 rpm, sedangkan hasil pengujian kekerasan terendah di daerah logam induk (*base metal*) yaitu 122,33 VHN pada spesimen A. Hasil pengujian kekerasan tertinggi di daerah HAZ yaitu 161,33 VHN pada spesimen C, sedangkan hasil pengujian kekerasan terendah di daerah HAZ yaitu 148,67 VHN pada spesimen A. Hasil pengujian kekerasan tertinggi di daerah pengelasan (*weld metal*) yaitu 164,33 VHN pada spesimen C, sedangkan hasil pengujian kekerasan terendah di daerah pengelasan (*weld metal*) yaitu 146,33 VHN pada spesimen A.
4. Semakin kecil variasi kecepatan putar yang digunakan, maka semakin tinggi kekerasan pada hasil pengelasan

