



## Pengaruh Variasi Arus GMAW pada Sambungan Pipa Baja API 5L Grade B terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro

Adi Ganda P., Pawawoi

Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik - Universitas Jenderal Ahmad Yani

**Abstrak.** Proses pengelasan merupakan teknologi penyambungan pada logam yang sering digunakan. Metoda pengelasan GMAW telah banyak digunakan secara luas pada penyambungan pipa penyalur (*pipe line*), pipa konstruksi, proses pemipaan (*piping process*), dll. Baja API 5L Grade B adalah salah satu bahan yang distandarkan oleh API untuk penggunaan/aplikasi perpipaan pada perusahaan minyak dan gas (*oil and Gas*). Dalam instalasinya dibutuhkan hasil penyambungan yang baik tanpa terbentuknya cacat pada sambungan sesuai dengan standar API. Variasi arus (100, 135 dan 160A) pada proses pengelasan GMAW akan berpengaruh terhadap *heat input* dan kelarutan (*dilution*) antara logam dasar dengan logam pengisi yang dapat menyebabkan perubahan sifat fisik dan sifat mekanik pada sambungan pipa.

Kualitas/mutu sambungan dapat dikaji dengan melakukan pengujian supaya dapat diketahui sifat fisik dan sifat mekanik hasil sambungan pipa dengan variasi arus pada metoda GMAW. Metoda pengujian yang dilakukan antara lain : uji tarik, uji *nick break* dan uji lengkung, sedangkan perubahan struktur mikro dikaji dengan analisa metalografi.

**Kata kunci :** GMAW, API 5L Grade B, arus, heat input

### 1 Pendahuluan

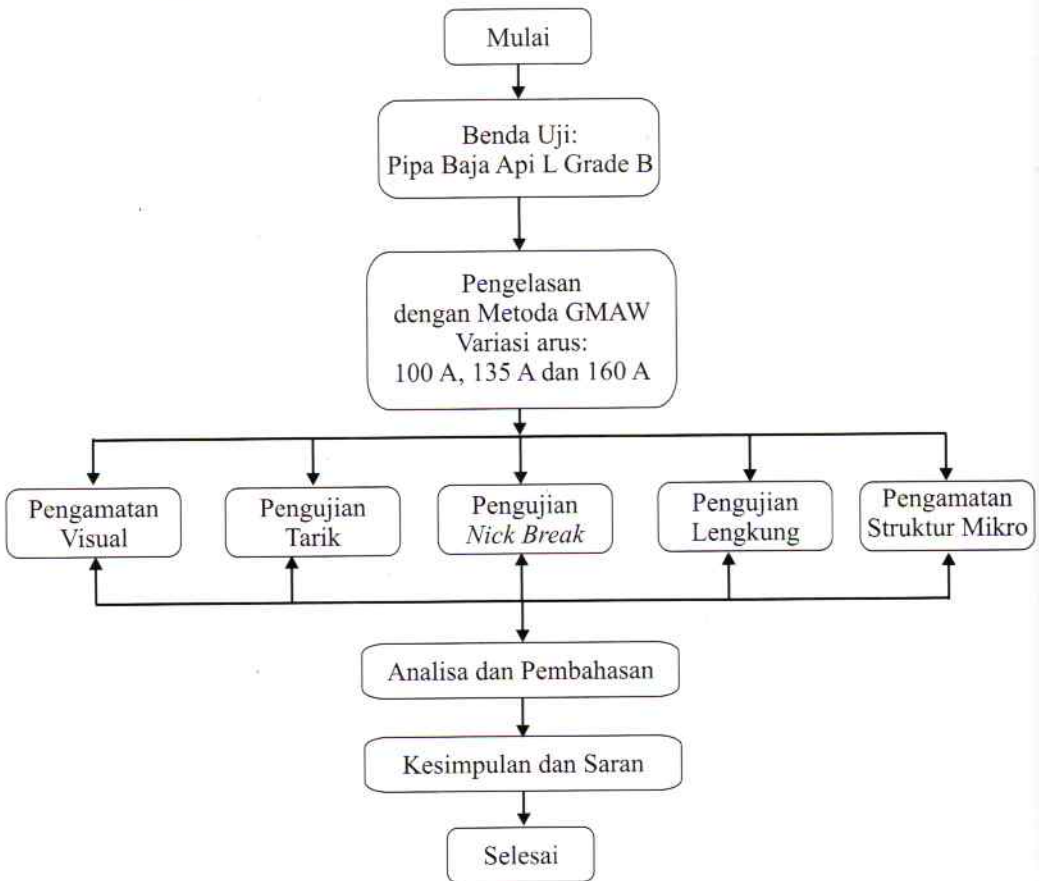
Dengan kemajuan yang telah dicapai sampai saat ini teknologi las memegang peranan penting dalam masyarakat modern. Dari perkembangannya yang pesat telah banyak teknologi baru yang ditemukan sehingga boleh dikatakan hampir tidak ada logam yang tidak dapat dilas dengan cara cara yang ada pada waktu ini. Penggunaan teknik pengelasan khususnya dalam konstruksi sangat luas, meliputi konstruksi, perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, saluran pipa, pipa penyalur dan lain sebagainya. Pipa penyalur (*pipe line*) adalah suatu alat transportasi untuk memindahkan cairan atau gas seperti minyak mentah, air, gas alam, dan lain-lain. Di samping itu juga merupakan pengganti alat transportasi darat yaitu dengan adanya saluran pipa tersebut maka biaya pengiriman dari tempat pengeboran ke tempat pengolahan menjadi lebih efisien. Pengelasan saluran pipa adalah proses penyambungan yang dilakukan di lapangan. Kenyataan di lapangan pengelasan pipa penyalur (*pipe line*) selalu menggunakan proses pengelasan SMAW (*shielded metal arc welding*) atau proses pengelasan GTAW (*gas tungsten arc welding*) padahal masih banyak sekali teknologi pengelasan logam yang dapat digunakan, misalnya proses pengelasan GMAW (*gas metal arc welding*).

Proses pengelasan GMAW adalah suatu proses pengelasan busur listrik. Dalam pengelasan ini, kawat las pengisi yang juga berfungsi sebagai elektroda diumpankan secara terus menerus secara otomatis. Busur listrik terjadi antara kawat pengisi dan

logam induk. Gas pelindung yang digunakan dalam proses pengelasan ini adalah gas argon, helium atau campuran dari keduanya.

Material yang digunakan dalam pipa penyalur (*pipe line*) biasanya mengacu pada standar API (*American Petroleum Institute*). Banyak jenis material yang dapat digunakan dalam pipa penyalur dengan standar API, diantaranya jenis API 5L Grade B. Pada penelitian ini penulis menggunakan material jenis API 5 L Grade B, karena Material ini merupakan logam baja yang tidak terlalu sulit untuk dilakukan pengelasan, akan tetapi karena logam ini menjadi aktif pada suhu tinggi sehingga meningkatnya kandungan karbon dapat lebih memungkinkan untuk terbentuknya fasa martensit pada logam las yang terpengaruh panas atau HAZ (*Heat Affected Zone*). Ditambah masukan panas yang tidak sesuai maka dapat dipastikan cacat atau diskontinuiti akan terjadi.

## 2. Diagram Alir Penelitian

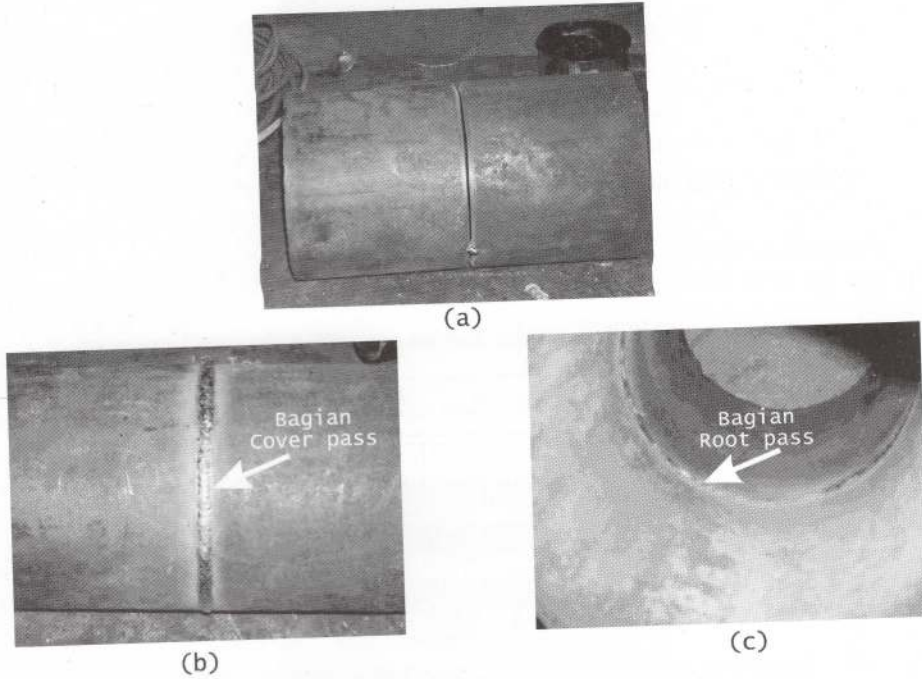


**Gambar 1** Diagram alir penelitian

3 Data dan Pembahasan

3.1 Data Proses pengujian

Sambungan dan hasil pengelasan yang dilakukan pada pipa dari baja API 5L grade B diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2 Proses pengelasan pada pipa baja API 5L grade B

Sedangkan parameter pengelasan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Parameter proses pengelasan pada pipa baja API 5L grade B

Benda uji	Proses	Logam Pengisi		Kuat Arus		Volt	Kecepatan Wire (cm/menit)	Kecepatan Pengelasan (cm/menit)
		Jenis	Ø (mm)	Tipe Polaritas	Ampere			
1	GMAW	ER 70S-6	0.8	DCEP	100	20	6.5	12
2	GMAW	ER 70S-6	0.8	DCEP	135	23	9.5	13
3	GMAW	ER 70S-6	0.8	DCEP	160	25	12.5	14

3.1.1 Pengamatan Visual

Pengamatan visual dilakukan setelah proses pengelasan selesai, dengan tujuan untuk melihat langsung cacat permukaan pada hasil pengelasan. Dari hasil pemeriksaan visual, ketiga pipa yang telah di las tersebut hasilnya bagus (tidak ada cacat) seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.



**Gambar 3** Pengamatan visual yang dilakukan pada specimen 1,2, dan 3

### 3.1.2 Pengujian Tarik

Hasil pengujian tarik ditunjukkan pada Tabel 2, 3 dan 4.

**Tabel 2** Data hasil uji tarik spesimen dengan arus 100 A

NO	Keterangan	I A	I B
1.	Lebar x tebal, mm	27.0 x 7.0	25.2 x 7.0
2.	Luas penampang, mm <sup>2</sup>	189	176.4
3.	Beban ulur, kgf	7000	6000
4.	Kuat ulur, kgf/mm <sup>2</sup> (Mpa)	37.0 (363)	34.0 (334)
3.	Beban maksimum, kgf	9600	8300
4.	Kuat tarik, kgf/mm <sup>2</sup> (Mpa)	50.79 (498.28)	47.05 (461.58)

**Tabel 3** Data hasil uji tarik spesimen dengan arus 135 A

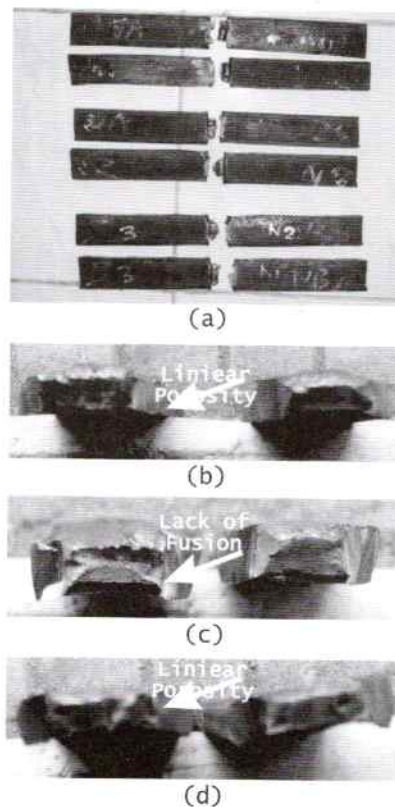
NO	Keterangan	II A	II B
1.	Lebar x tebal, mm	25.2 x 7.0	25.1 x 7.0
2.	Luas penampang, mm <sup>2</sup>	176.40	175.7
3.	Beban ulur, kgf	6200	6400
4.	Kuat ulur, kgf/mm <sup>2</sup> (Mpa)	35.1 (345)	36.4 (357)
3.	Beban maksimum, kgf	8900	8500
4.	Kuat tarik, kgf/mm <sup>2</sup> (Mpa)	50.45 (495)	48.4 (475)

**Tabel 4** Data hasil uji tarik spesimen dengan arus 160 A

NO	Keterangan	III A	III B
1.	Lebar x tebal, mm	26.4 x 7.0	2703 x 7.0
2.	Luas penampang, mm <sup>2</sup>	184.80	191.10
3.	Beban ulur, kgf	6000	6000
4.	Kuat ulur, kgf/mm <sup>2</sup> (Mpa)	32.5 (319)	31.4 (308)
3.	Beban maksimum, kgf	9400	8800
4.	Kuat tarik, kgf/mm <sup>2</sup> (Mpa)	50.9 (499)	49.9 (489)

### 3.1.3 Pengujian *Nick Break*

Hasil pengujian *nick break* diperlihatkan pada Gambar 4.



**Gambar 4** Hasil pengujian *nick break*;

(a) spesimen hasil uji *nick break*

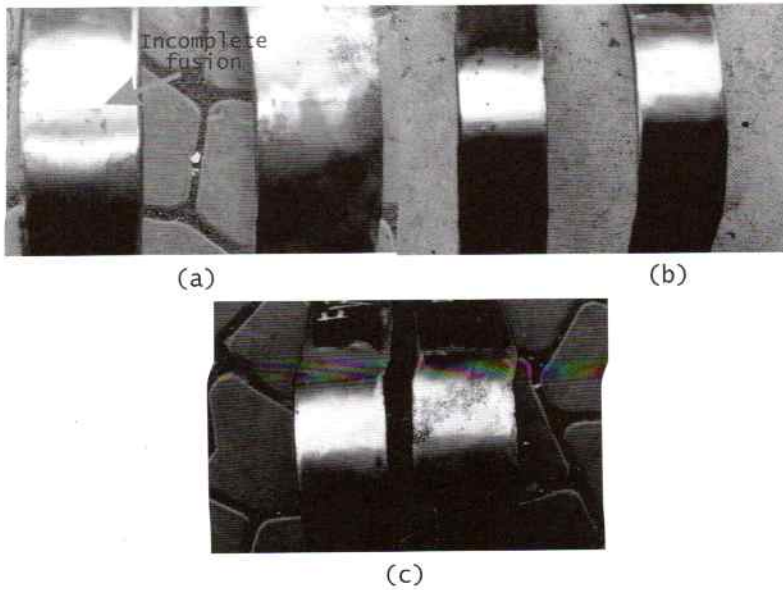
(b) permukaan patahan hasil uji *nick break* untuk arus 100 A

(c) permukaan patahan hasil uji *nick break* untuk arus 135 A

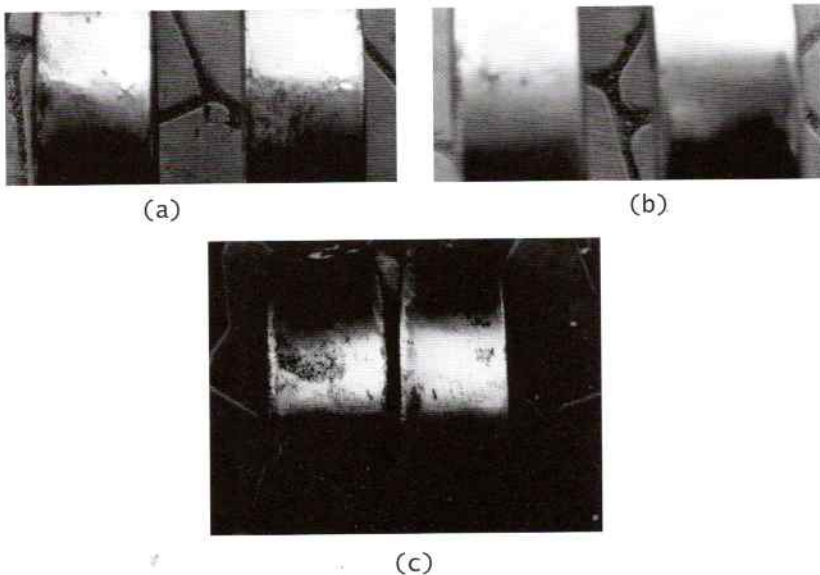
(d) permukaan patahan hasil uji *nick break* untuk arus 160 A

### 3.1.4 Pengujian Lengkung

Hasil pengujian lengkung diperlihatkan pada Gambar 5 untuk *face bend* dan Gambar 6 untuk *root bend*.



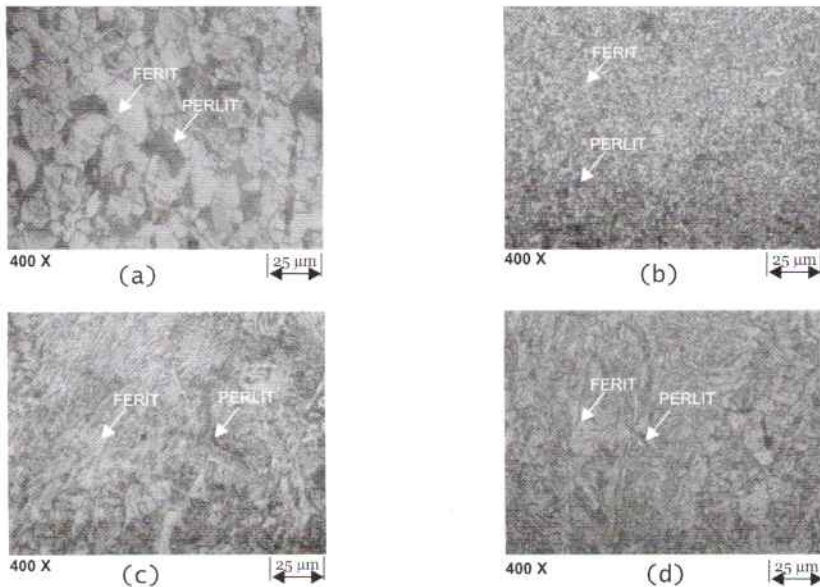
**Gambar 5** Hasil pengujian lengkung *face bend* ;(a) untuk arus 100 A  
(b) untuk arus 135 A(c) untuk arus 160 A



**Gambar 6** Hasil pengujian lengkung *root bend* ;(a) untuk arus 100 A  
(b) untuk arus 135 A(c) untuk arus 160 A

### 3.1.5 Pengujian Struktur Mikro

Hasil pengujian struktur mikro ditunjukkan pada Gambar 7 untuk arus 100 A.



**Gambar 7** Hasil pengujian truktur mikro pipa baja API 5l grade B untuk arus 100 A ;  
 (a) daerah based metal (b) daerah HAZ (c) daerah *fusion line*  
 (d) daerah *weld metal*

### 3.2. Pembahasan

Hasil Proses las GMAW pada specimen I (100A) dan II (135 A) ini baik, itu terlihat dari pemeriksaan visual yang dilakukan secara fisik hasilnya baik, diantaranya tidak terdapat cacat porositas, cacat retak las, dan menghasilkan tembusan yang baik. Sedangkan pada specimen III (160 A) hanya terdapat dua layer, hal ini terjadi karena arus yang digunakan lebih besar sehingga secara otomatis *wire* akan semakin cepat mencair. Meskipun demikian, hasil dari pengelasan ini sangat baik, itu terlihat dari pemeriksaan visual yang dilakukan secara fisik hasilnya baik, diantaranya tidak terdapat cacat porositas, cacat retak las, dan menghasilkan tembusan yang baik.

Pada pemeriksaan Visual terhadap benda uji, tidak ditemukan cacat di permukaan benda uji yang dapat mempengaruhi hasil pengujian yang lain seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4** Hasil pemeriksaan secara visual

Spesimen Benda Uji	Rigi-rigi Las	Porositas	Retakan	KETERANGAN CACAT LAS		
				Under Cut (takik-takik)	Depormasi	Penetrasi
100A	Rata	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Baik
135A	Rata	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Baik
160A	Rata	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Baik

Dari ke tiga specimen yang telah di uji tarik, dapat diketahui bahwa semua specimen uji tarik putus/patah tidak pada daerah sambungan/lasan. Hal ini menunjukkan bahwa kuat tarik daerah lasan lebih besar daripada kuat tarik daerah *based metal* sehingga ketiga specimen memenuhi persyaratan uji tarik.

Dari ke tiga specimen yang telah di uji tarik, dapat diketahui bahwa semua specimen uji tarik putus/patah tidak pada daerah sambungan/lasan. Hal ini menunjukkan bahwa kuat tarik daerah lasan lebih besar daripada kuat tarik daerah *based metal* sehingga ketiga spesimen memenuhi persyaratan uji tarik.

Pada uji *nick break* specimen I (100 A) terdapat cacat, *linier porosity* dengan panjang cacat 6.6 mm. Penyebab dari cacat ini adalah sebagai berikut:

1. Busur api (*arc*) terlalu pendek
2. Waktu pembekuan tidak cukup sehingga menyebabkan terperangkapnya gas dalam pengelasan.
3. Kesalahan memilih arus yang digunakan.

Cacat yang terjadi pada specimen IIA ini adalah cacat *lack of fusion* dengan panjang cacat yang terjadi adalah 20 mm. Penyebab dari cacat ini adalah sebagai berikut:

1. Kecepatan pengelasan terlalu cepat sehingga mengakibatkan kurang bersatunya dagian las yang satu dengan yang lain atau logam induknya.
2. Penggunaan arus yang kurang benar karena jika arus kurang sesuai dalam pengelasan GMAW rentan terjadi kurang fusinya lasan yang satu dengan yang lain.
3. Ukuran elektroda yang tidak sesuai

Cacat yang terjadi pada specimen IIIA ini sama dengan cacat yang terjadi pada specimen IA dengan panjang cacat 6.0 mm.

Pada uji *face bend* dan *root bend* ditemukan beberapa cacat pada material uji. Pada specimen I (100 A), cacat yang terjadi adalah cacat *incomplete fusion* yang disebabkan karena arus yang terlalu kecil sehingga masukan panas tidak terlalu besar sehingga bagian logam las kurang bersatu dengan logam induk pada bagian muka atau akar dari sambungan. Juga terjadi cacat *porosity* dengan lebar cacat masing-masing adalah 2 mm dan 1.5 mm. Penyebab dari cacat *porosity* ini adalah akibat dari terlalu cepatnya pembekuan pada waktu mengelas sehingga ada gas yang terperangkap. Pada specimen IIA cacat yang terjadi sama dengan specimen I yaitu *porosity* dengan lebar cacat 3.0 mm. Sedangkan pada specimen III (160 A) tidak terdapat cacat.

Dari pemeriksaan struktur mikro tersebut di atas ternyata fasa yang dihasilkan antara specimen yang satu dengan yang lainnya adalah sama yaitu fasa ferit dan perlit.

Struktur butir yang terbentuk pada daerah HAZ mengalami perubahan struktur butir, hal ini disebabkan karena daerah HAZ mengalami pemanasan dan proses pendinginan yang cepat. Hal ini mengakibatkan butiran logam tidak banyak waktu untuk saling bergabung dengan butiran lainnya, sehingga akan terbentuk butiran yang kecil. Karena struktur butir pada daerah HAZ kecil, sehingga mengakibatkan kekuatannya dan kekerasannya menjadi lebih tinggi dibandingkan daerah base metal. Struktur mikro yang terbentuk pada daerah weld metal yang dihasilkan, bahwa pada daerah *weld metal* pernah mencair, artinya daerah ini pernah mencapai suhu yang tinggi serta mengalami proses pendinginan yang cepat, sehingga terbentuk struktur columur pada daerah lasan

#### 4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian terhadap specimen uji, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kuat tarik dari material las (benda uji) dapat berbeda-beda antara material yang satu dengan yang lainnya, hal ini karena disebabkan oleh perbedaan arus yang terjadi pada pengelasan. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian kuat tarik. Kuat



- tarik yang paling baik adalah pada arus 160 A (specimen III) dengan *heat input* 17.14 kJ/cm yaitu dengan kekuatan tarik rata-rata adalah 494 MPa.
2. Uji *nick break* sangat berguna untuk melihat cacat yang terjadi di daerah lasan, itu terbukti dapat diketahui cacat yang terjadi pada daerah lasan tersebut adalah cacat *lack of fusion* dan cacat *linier porosity*. Cacat terjadi pada specimen I A, II A, dan III A.
  3. Arus berpengaruh pada proses las GMAW. Hal ini terbukti pada specimen III (160 A) tidak terdapat cacat retak baik pada bagian *root bend* maupun *face bend*, berbeda pada uji lengkung pada specimen I (100 A) dan specimen II (135 A) yang terdapat cacat retak.
  4. Variasi masukan panas sangat berpengaruh terhadap fasa-fasa yang terbentuk. Pada seluruh benda uji (*base metal*, *HAZ*, *fusion line* dan logam induk) fasa yang terbentuk sama yaitu fasa ferit dan fasa perlit. Perubahan ukuran butir ke arah lebih halus meningkat seiring dengan menurunnya masukan panas. Selain itu jumlah fasa perlit pun ikut meningkat seiring dengan meningkatnya masukan panas. Pada benda uji dengan masukan panas  $HI = 10$  (kJ/cm),  $HI = 14.33$  (kJ/cm) dan  $HI = 17.14$  (kJ/cm) terbentuk fasa ferit berbentuk columb yang mengarah ke all weld metal.
  5. Hasil dilusi yang terjadi antara material yang satu dengan yang lainnya berbeda. Semakin besar arus yang digunakan maka dilusi yang terjadi akan semakin besar. Hasil uji yang optimal didapat pada specimen III dan *heat input* 17.14 kJ/cm yaitu dengan hasil pencampuran logam pengisi dan logam induk adalah 31.11%.

## 5 Daftar Pustaka

1. Salmon, G, Charles. Dan Johnson, E, John. "Struktur Baja, Desain Dan Perilaku", Edisi Ketiga, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1992.
2. Soeryanto, Eduard, MBa. "Discontinuity", Asosiasi Pengelasan Indonesia, Batam, 2000
3. Sonawan, Heri. Dan Suratman, Rochim. "Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam", Alfabeta, Jln. Gegerkalong Hilir 84/88, Bandung, 2004.
4. Widharto, Sri. "Inspeksi Teknik", Buku 3, Pradnya Paramita, Jln. Kebon Sirih 46, Jakarta, 2002.
5. Wiryosumarto, Harsono, Prof. DR. Ir. Dan Okumura, Toshie, Prof. DR. "Teknologi Pengelasan Logam", Pradnya Paramita, Jakarta, 1979.
6. "Teknologi Las – Proses", Pendidikan Dan Pelatihan Inspektur Las (Welding Inspector), B4T, 2006.
7. Kenyon, W, dan Ginting, Dines, Ir. "Dasar-Dasar Pengelasan". Erlangga, Jakarta, 1985.
8. Dieter, E G eorge, "Metalurgi Mekanik", Erlangga, Jakarta, 1996.
9. Kosasih, Rancangan WPS dan PQR Sertifikasi Bidang Mekanikal, Kualifikasi Welding Inspektur/Supervisor, 30 September, 2000, B4T, Bandung.
10. API Standard 1104, "Welding Of Pipelines And Related Facilities", 1999.
11. ASME Section II, "Spesification For Welding Rods, Electrode, and Filler metals", 1998.
12. ASME section IX, "Welding And Brazing Qualifications", 2001.
13. AWS D1.1, "Structural Welding Code-Steel", 2002.
14. Metal Handbook, Vol. 7, "Atlas of Microstructure of Industrial Alloy", 8