



## Pengaruh Perbedaan Arus Pengelasan pada Sambungan Pipa Baja API 5L Gr B

Adi Ganda Putra<sup>1</sup>, Pawawoi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik – Universitas Jenderal Achmad Yani

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Metalurgi

Fakultas Teknik – Universitas Jenderal Achmad Yani

**Abstrak.** Baja karbon merupakan salah satu jenis bahan yang berasal dari jenis logam ferro dimana memiliki pembagian yang salah satunya adalah baja karbon rendah. Baja *API 5 L grade B* salah satu contoh dari sekian banyak jenis baja karbon rendah. Baja ini biasa digunakan sebagai pipa penyalur (*pipe line*) maupun proses pemipaan (*piping process*). Dan pengelasan merupakan proses penyambungan yang dilakukan pada konstruksi pipa tersebut, dimana banyak proses pengelasan yang dapat dipilih guna mendapatkan hasil yang terbaik. Akan tetapi, pada kenyataannya sebaik apapun desain yang dirancang, cacat selalu mengikuti setiap prosesnya. Untuk itu kesalahan jangan sampai terulang kedua kali dimana cacat yang terjadi tidak dapat terdeteksi oleh sebab pengujian yang dilakukan harus sesuai dengan standar yang ada, pada pengujian kali ini standar yang digunakan adalah API 1104 yang sesuai dengan proses pemipaan untuk migas.

Perbedaan arus pengelasan yang digunakan pada sambungan pipa baja dapat mengurangi cacat pada sambungan pipa baja sehingga kegagalan pada sambungan tersebut dapat dihilangkan.

**Kata kunci :** *Baja API 5L; Pipe line; Piping process; Grain size; Heat affected zone*

### 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. Luasnya penggunaan teknologi pengelasan disebabkan bangunan dan mesin yang dikerjakan dengan mempergunakan teknik penyambungan ini menjadi lebih ringan, proses pembuatannya lebih sederhana dan biayanya lebih murah.

Pengelasan merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Karena masukan energi panas maka logam disekitar lasan mengalami siklus termal cepat yang dapat menyebabkan terjadinya bermacam-macam cacat ataupun diskontinuitas logam yang berasal dari ketidak sesuaian masukan panas tadi.

Sedangkan sampai saat ini jenis logam baja karbon adalah yang terbesar penggunaannya dalam pembuatan barang teknik di industri dengan menggunakan cara dilas. Pada umumnya baja karbon dapat dilas dengan seluruh proses pengelasan baik pengelasan busur listrik, las gas, las tahanan listrik, atau jenis lainnya.

Akan tetapi kualitas yang dihasilkan dari masing-masing proses tidak sama. Karena kualitas berbeda maka setiap proses pengelasan hanya cocok diterapkan untuk tujuan-tujuan tertentu.

API 5 L Grade B merupakan salah satu jenis logam yang tergolong pada baja karbon rendah yang tidak terlalu sulit untuk dilakukan pengelasan, apabila dilakukan pengelasan dengan arus yang besar maka akan mengakibatkan suhu yang tinggi dan itu akan merubah ukuran butir *grain size* terutama pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*). Ditambah masukan panas yang tidak sesuai maka dapat dipastikan cacat atau diskontinuiti akan terjadi.

## 2 Pelaksanaan Penelitian

### 2.1 Pembuatan Kampuh

Proses pembuatan kampuh dengan menggunakan mesin grinda, dengan tujuan agar struktur tidak berubah, sebab jika menggunakan *flame cutting* akan merubah struktur dari logam tersebut. Lebar celah antara pipa adalah 3.2 mm, dengan tujuan agar proses pengelasan dapat menggunakan teknik weaving karena diameter elektroda yang digunakan adalah 2.4 mm, sehing elektroda dapat masuk ke dalam celah seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.

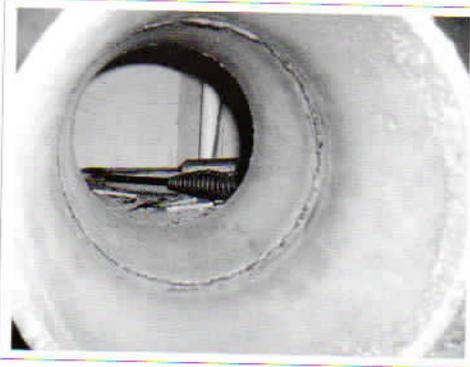


Gambar 1 Lebar celah pada root pass

### 2.2 Proses Pengelasan (*welding*)

Pada proses pengelasan menggunakan dua jenis pengelasan yaitu Proses SMAW dan GTAW. Proses SMAW dipergunakan untuk filler pass dan kover pass, sedangkan proses GTAW digunakan untuk root pass.

Pengelasan GTAW dilakukan pertama untuk pengelasan bagian root pass, dengan menggunakan arus 100A dan posisi yang digunakan adalah 1G, teknik pengelasan menggunakan weafing dengan tujuan agar proses pengelasannya merata. Untuk gas pelindung yang digunakan adalah argon. Hasil lasan pada root pass bagian dan bagian luar ditunjukkan pada gambar berikut:



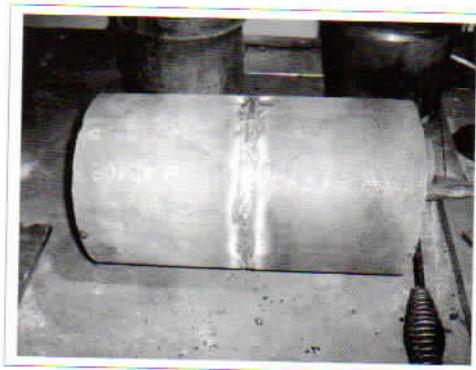
(a)



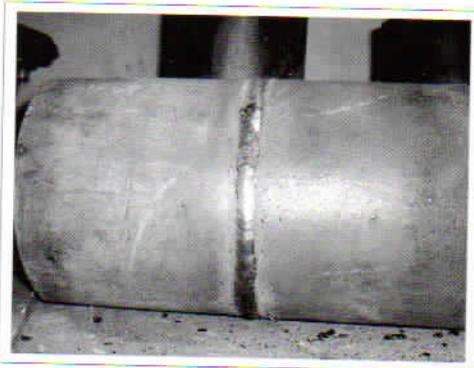
(b)

**Gambar 2** a) Hasil pengelasan GTAW pada bagian root luar ; b) Hasil pengelasan GTAW pada bagian root luar

Pengelasan SMAW dilakukan pada layer kedua (filler metal) yang ditunjukkan pada gambar 3a, setelah proses pengelasan selesai maka terak yang menempel pada lasan harus dibersihkan dahulu sebelum dilanjutkan pengelasan pada layer ke tiga. Proses pembersihan dilakukan jangan sampai ada terak yang tertinggal pada lasan walaupun sedikit karena itu dapat menyebabkan cacat didalam lasan. Hasil pengelasan pada layer ke tiga yaitu sebagai *cover pass*. Teknik yang dinakan untuk proses pengelasan pada cover pass yaitu sama dengan filler pass menggunakan teknik weaving (gambar 3b)



(a)



(b)

**Gambar 3** a) Hasil pengelasan SMAW pada bagian pass pertama (filler pass); b) Hasil pengelasan SMAW pada bagian pass kedua (*cover pass*)

### 2.3 Pengujian Tarik

Pada specimen I proses pengelasan yang dilakukan adalah : pada daerah root pass menggunakan proses pengelasan GTAW dengan arus 100A, sedangkan pada daerah filler pass dan kover pass menggunakan proses pengelasan SMAW dengan arus 80A.

**Tabel 1** Data hasil uji tarik specimen I

No	Keterangan	IA	IB
1.	Lebar x tebal, mm	28.0 x 7.0	27.4 x 7.0
2.	Luas penampang, mm <sup>2</sup>	196	191.8
3.	Beban maksimum, kgf	8900	8800
4.	Kuat tarik, kgf/mm <sup>2</sup> (Mpa)	45.4 (445)	45.8 (450)

Pada specimen II proses pengelasan yang dilakukan adalah : pada daerah root pass menggunakan proses pengelasan GTAW dengan arus 100A, sedangkan pada daerah filler pass dan kover pass menggunakan proses pengelasan SMAW dengan arus 100A.

**Tabel 2** Data hasil uji tarik specimen II

No	Keterangan	IIA	IIB
1.	Lebar x tebal, mm	27.4 x 7.0	27.8 x 7.0
2.	Luas penampang, mm <sup>2</sup>	191.8	194.6
3.	Beban maksimum, kgf	9000	9750
4.	Kuat tarik, kgf/mm <sup>2</sup> (Mpa)	46.9 (460)	50.1 (491)

Pada specimen III proses pengelasan yang dilakukan adalah : pada daerah root pass menggunakan proses pengelasan GTAW dengan arus 100A, sedangkan pada daerah filler pass dan kover pass menggunakan proses pengelasan SMAW dengan arus 120A.

**Tabel 3** Data hasil uji tarik specimen III

No	Keterangan	IIIA	IIIB
1.	Lebar x tebal, mm	27.9 x 7.2	28.1 x 7.2
2.	Luas penampang, mm <sup>2</sup>	200.88	202.32
3.	Beban maksimum, kgf	9500	9750
4.	Kuat tarik, kgf/mm <sup>2</sup> (Mpa)	47.2 (464)	48.1 (472)

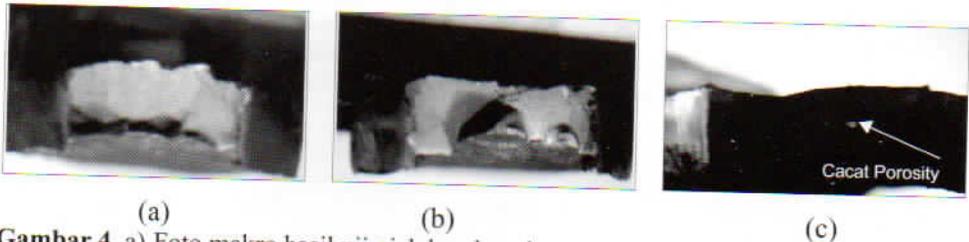
**Tabel 4** hasil uji tarik

Specimen	Lulus	Gagal
I	✓	-
II	✓	-
III	✓	-

## 2.4 Pengujian *Nick Break*

Specimen untuk pengujian *nick break* memiliki kampuh (takik) pada daerah sambungan (lasan) dengan tujuan agar pada waktu pengujian bisa patah didaerah sambungan (lasan), sehingga dapat terlihat apakah ada cacat pada daerah sambungan (lasan) atau tidak.

Hasil pengujian *nick break* ditunjukkan pada gambar 4 dan tabel 5.



**Gambar 4** a) Foto makro hasil uji *nick break* pada *specimen* I (arus 80A); b) Foto makro hasil uji *nick break* pada *specimen* II (arus 100A); c) Cacat porosity pada daerah weld metal hasil uji *nick break*

**Tabel 5** Hasil Uji Nick Break

Specimen	Lulus	Gagal
I	✓	-
II	✓	-
III	-	✓

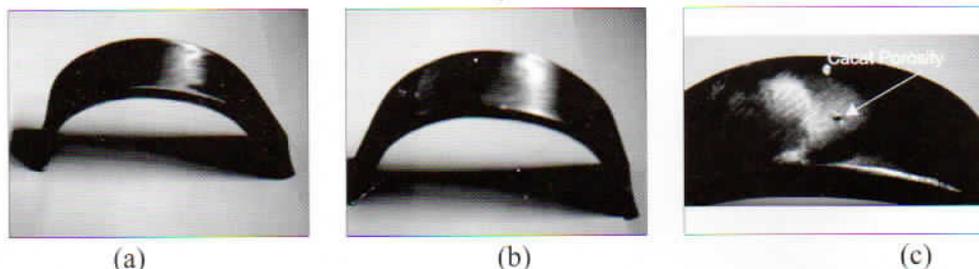
## 2.5 Pengujian Lengkung

Pada uji lengkung specimen dibuat rata antara base metal dengan sambungan (lasan), agar pada saat pengujian dapat melihat apakah ada cacat pada permukaan sambungan (lasan) setelah diuji lengkung dan sejauh mana keuletan dari specimen uji tersebut.

Hasil pengujian ditunjukkan pada gambar 5 dan tabel 6.

## 2.6 Pengujian Metalografi

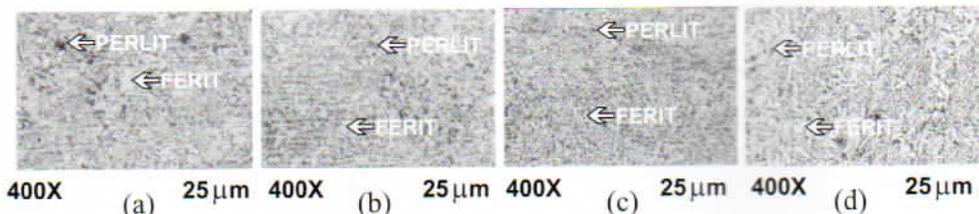
Uji metalografi yang digunakan adalah uji struktur mikro, dengan tujuan untuk melihat perubahan struktur mikro yang terjadi setelah pengelasan dengan menggunakan variasi arus. pengujian metalografi menggunakan perbesaran 400X dengan etsa Nital 20%, obyektif 20X, okuler 10X, focus kamera 5X, yang dilakukan pada daerah base metal, fusion line, HAZ dan weld metal. Spesimen I untuk gambar 6, specimen II untuk gambar 7 dan specimen III untuk gambar 8.



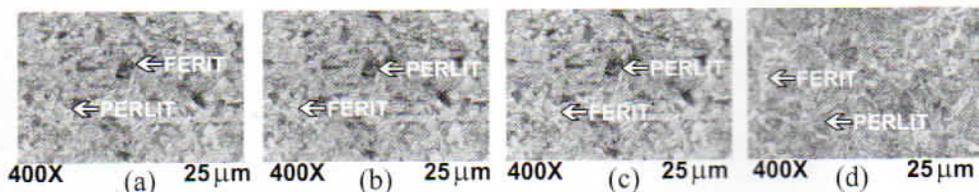
**Gambar 5** a) Foto makro hasil uji lengkung pada *specimen* I (80A) pada bagian face bend; b) Foto makro hasil uji lengkung pada *specimen* II (100A) pada bagian face bend; c) Foto makro hasil uji lengkung pada *specimen* III (120A) pada bagian face bend

**Tabel 6** Hasil uji lengkung

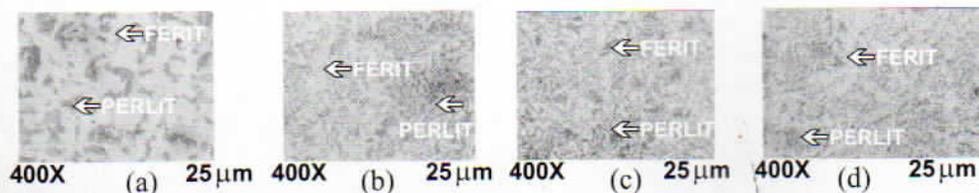
Specimen	Lulus	Gagal
I	✓	-
II	✓	-
III	-	✓



**Gambar 6** Struktur mikro *specimen* I pada a) base metal; b) Fusion line; c) HAZ; d) Weld metal



**Gambar 7** Struktur mikro-*specimen* II pada a) base metal; b) Fusion line; c) HAZ; d) Weld metal



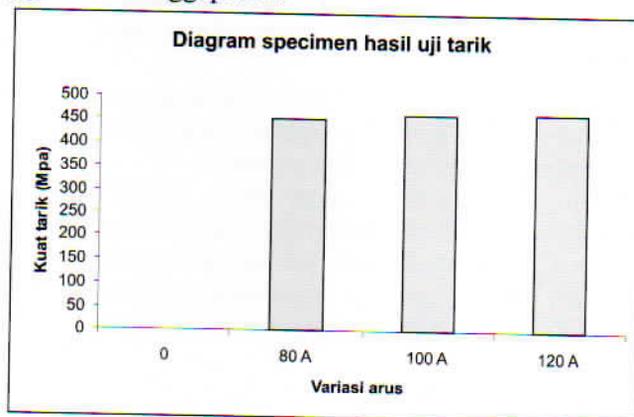
**Gambar 8** Struktur mikro *specimen* III pada a) base metal; b) Fusion line; c) HAZ; d) Weld metal

### 3. Analisa dan Pembahasan

Pada proses pengelasan GTAW pada daerah root pass dengan menggunakan arus 100A tidak menemui kendala, dan hasil dari pengelasannya bisa dikatakan bagus sebab terlihat pada gambar 2 dan 3, hasil lasan pada root dalam dan root luar semuanya rapih, itu menunjukkan bahwan untuk pengelasan pada daerah roo pass dengan menggunakan arus pengelasan sebesar 100A adalah tepat.

Sedangkan pengelasan pada daerah filler pass dan cover pass menggunakan proses pengelasan SMAW dengan arus yang bervariasi yaitu 80A, 100A dan 120. Pada arus 80A da 100A tidak menemui masalah pada saat pengelasan tetapi pada saat arus 120A menemui kesulitan, elektroda cepat mencair dan menyembur terlalu deras sehingga basemetal yang dilas yang tadinya dibuat celah sebesar 3.2 mm menjadi melebar ikut mencair dengan cepat, ini disebabkan oleh arus yang terlalu besar sehingga *heat input* yang dihasilkan menjadi besar yaitu 16892.3 Joule/cm.

Pengelasan pada sambungan pipa dengan variasi arus ternyata tidak berpengaruh pada uji tarik ini terbukti pada saat pengujian uji tarik *specimen* patah didaerah material sehingga lasan dianggap baik.



**Gambar 8** Diagram *specimen* hasil uji tarik

Pada gambar 8 menunjukkan kuat tarik pada setiap *specimen* berbeda ini merupakan pengaruh dari variasi arus, kuat tarik pada arus pengelasan 120A lebih besar dibandingkan dengan arus pengelasan 80A. Hal ini disebabkan oleh perbedaan arus yang terlalu besar sehingga pada pengelasan 120 A masukan panasnya lebih besar terhadap material dibandingkan dengan arus 80A, ini berdampak pada pembentukan perlit, pada arus 80A ukuran perlitnya lebih kecil dan jumlahnya lebih banyak terlihat pada gambar 6 a, sedangkan pada arus 120 ukuran perlitnya bertambah besar dan berkurang menjadi sedikit, ferritnya menjadi bertambah lebar terlihat pada gambar 7a, sehingga material tersebut menjadi lebih ulet dan kuat tariknya lebih besar dari arus 80A.

Pada uji *neck break*, *specimen* III menghasilkan cacat yaitu porosity (gas terperangkap) terlihat pada gambar 4c, cacat ini disebabkan oleh HI yang terlalu besar sehingga menyebabkan terjadinya cacat, lebar cacat sebesar 3 mm. Hal ini disebabkan oleh arus yang terlalu besar sehingga masukan panas menjadi besar dan

pada proses pengelasan logam yang telah mencair lalu ikut mencair kembali karena pada proses pengelasannya menggunakan proses weaving. Itu menyebabkan udara terperangkap karena pada layer pertama logam belum dingin (mengeras) sedangkan pada layer kedua logam masih mencair. Sehingga pada uji nick break terdapat cacat berupa porositas atau istilah lain biasa disebut udara terperangkap (gas pocket).

Pada uji lengkung, specimen III dengan proses pengelasan GTAW pada daerah root pas dan arus pengelasan 100A, pada daerah filler pass dan cover pass menggunakan proses SMAW dengan arus pengelasan 120A. Terdapat cacat pada daerah *face bend*, cacat yang diperoleh masih sama seperti pada uji *nick break* yaitu porositas (gas terperangkap). Lebar cacat yang diperoleh adalah 1.5mm. Penyebab cacat pada daerah *face bend* ialah arus yang besar sehingga menyebabkan masukan panas menjadi besar dan akibatnya terjadi cacat porositas.

Fasa yang terbentuk setelah benda kerja mengalami proses pengelasan adalah fasa ferit ( $\alpha$ ) dan perlit ( $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ ), di mana fasa ferit menjadi matriksnya. Rata-rata ukuran butir setiap bagian pada benda kerja setelah proses pengelasan ukurannya lebih halus bila dibandingkan dengan sebelum mengalami proses pengelasan.

Laju pendinginan yang lebih lambat akibat jumlah masukan panas yang lebih besar, berdampak pada membesarnya butir dan terbentuknya fasa Perlit ( $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ ) yang lebih banyak.

Hal ini disebabkan oleh karena butir memiliki cukup waktu untuk membesar bila laju pendinginannya lambat. Dan laju pendinginan yang relatif lambat memberikan waktu untuk karbon berdifusi membentuk sementit.

Pada daerah logam las dengan masukan panas 7569.2 (Joule/cm), 10430.1 (Joule/cm) dan 16892.3 (Joule/cm) terbentuk fasa ferit berbentuk *columb* yang mengarah ke *all weld metal* seperti dapat dilihat pada gambar 5d, gambar 6d, dan gambar 7d. Ini terjadi karena bagian yang pertama membeku adalah dimulai dari *fusion line* dan daerah yang terakhir membeku adalah *weld metal*.

## 4. Kesimpulan dan Saran

### 4.1 Kesimpulan

Dari analisa dan pembahasan di atas dapat disimpulkan:

1. Perubahan arus pengelasan berpengaruh pada uji tarik menghasilkan kekuatan tarik yang berbeda, dari ketiga material material yang dilas semuanya patah didaerah base metal.
2. Sedangkan pengaruh arus pada uji lengkung sangat berpengaruh, apabila arus yang terlalu besar maka akan mengakibatkan cacat berupa porositas dan itu dapat terdeteksi oleh uji lengkung.
3. Untuk uji nick break ternyata sangat berpengaruh sekali pada variasi arus, semakin besar arus maka semakin memungkinkan terjadinya cacat porositas, dan cacat ini biasanya terletak di daerah weld metal, dan itu dapat terdeteksi oleh uji nick break
4. Arus yang diberikan proses pengelasan menyebabkan terjadinya perubahan struktur mikro sehingga di mungkinkan terjadinya perubahan sifat mekanik.

## 4.2 Saran

Ada beberapa hal yang perlu dikembangkan lagi antara lain:

1. Dalam melakukan sambungan pengelasan sebaiknya terlebih dahulu diberikan perlakuan material karena proses tersebut berfungsi sebagai pengawasan dan pengendalian mutu hasil pengelasan guna menjamin bahwa suatu sistem perpipaan dapat berfungsi secara optimal tanpa kendala sekecil mungkin. Karena pengawasan dan pengendalian mutu yang optimal bukan hanya menyelamatkan instalasi/sistem perpipaan, namun juga menghemat biaya perawatan (*maintenance*) dan meningkatkan produktifitas.
2. Laksanakan prosedur pengelasan sebaik mungkin dengan menentukan parameter pengelasan yang terbaik sesuai dengan jenis material dan logam pengisi. Hindari masukan panas yang berlebihan ataupun berkekurangan, serta perhatikan kombinasi setiap parameter las karena akan saling berhubungan dan menentukan dalam masukan panas yang dihasilkan.

## 5. Daftar Pustaka

1. Suratman, Rochim, *Pengelasan Logam*
2. Wiryosumarto, Harsono, Dan Okumura, Toshie., "*Teknologi Pengelasan Logam*", Pradnya Paramita, Jakarta, 1979.
3. *Head Quarters Departement Of The Army, Welding Theory and Application*, 7 Mei, 1993, DOTA, Washington DC, USA.
4. Kosasih, Rancangan *WPS dan PQR Sertifikasi Bidang Mekanikal, Kualifikasi Welding Instructor/Supervisor*, 30 September, 2000, B4T, Bandung.
5. *Head Quarters Departement Of The Army, Welding Theory and Application*, 7 Mei, 1993, DOTA, Washington DC, USA.
6. *Pengujian Secara Merusak (Destructive Testing), Pendidikan dan Pelatihan Inspektur Las (Welding Inspector)* B4T, 59<sup>th</sup>, 2006
7. Easterling, K. '*Introduction to the Physical Metallurgy of Weld*' , Butterworth, 1983.
8. ASM Metals Handbook Vol 6, "*Welding and Brazing*", 8<sup>th</sup> edition, 1971.
9. "*Non Destructive Examination Non Radiation*", Pendidikan Dan Pelatihan Inspektur Las (*Welding Inspector*), B4T, 2006.
10. Dieter, E George., "*Metalurgi Mekanik*".
11. Tata, Surdi, Dan Shinroku, Saito., "*Pengetahuan Bahan Teknik*".
12. American Petroleum Institute 1104, Edisi 19, September 1999. ASTM Metals Handbook, Sec-1 Volume 01.04, "*Iron and Steel Product*", 2000