

NDT EXAMINATION HASIL PENGELASAN SMAW DENGAN VARIASI MEREK ELEKTRODA E6013

Syaripuddin, Ferry Budhi Susetyo dan Tias Hamzah
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik unsur fluk dari ketiga elektroda dengan uji komposisi, mengetahui karakteristik unsur kawat inti beberapa ketiga elektroda dengan uji komposisi, mengetahui cacat las yang terjadi dari hasil pengelasan menggunakan ketiga elektroda dengan pengujian penetrant. Penelitian ini menggunakan beberapa pengujian yaitu dengan uji komposisi untuk mengetahui karakteristik unsur, kawat inti dan fluks beberapa elektroda, uji penetrant untuk mengetahui ada tidaknya cacat las yang terjadi. Karakteristik unsur fluks berbeda dari ketiga elektroda, karakteristik unsur kawat inti berbeda dari ketiga elektroda, cacat las yang terjadi berdasarkan hasil uji visual dari hasil pengelasan menggunakan elektroda A adalah undercutting dan fault of electrode change, untuk hasil pengelasan menggunakan elektroda B adalah undercutting, untuk hasil pengelasan menggunakan elektroda C tidak terlihat adanya cacat las. cacat las yang terjadi berdasarkan hasil uji penetrant dari hasil pengelasan menggunakan elektroda A adalah undercutting dan fault of electrode change, untuk hasil pengelasan menggunakan elektroda B adalah undercutting, untuk hasil pengelasan menggunakan elektroda C adalah weld spatter.

Kata kunci : SMAW, E 6013, cacat las, uji komposisi

I. PENDAHULUAN

Las elektroda terbungkus adalah cara pengelasan yang banyak digunakan pada masa ini. Dalam cara pengelasan ini digunakan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan fluks [Harsono Wiryosumarto, 1996]. Berbagai macam jenis elektroda baik dalam negeri maupun luar memenuhi kebutuhan pasar.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik hasil pengelasan SMAW dengan menggunakan elektroda jenis E6013 berdiamter 3,2 mm merk A, B dan C yang ada dipasaran pada baja karbon rendah. Pengujian yang dilakukan diantaranya dengan uji penetrant dan uji komposisi. Uji penetrant dilakukan untuk mengetahui adanya tidaknya cacat las yang terjadi dari hasil pengelasan. Uji komposisi untuk mengetahui karakteristik unsur dari fluks dan kawat inti dari elektroda merk A, B dan C.

II. TEORI DASAR

A. Pengelasan SMAW

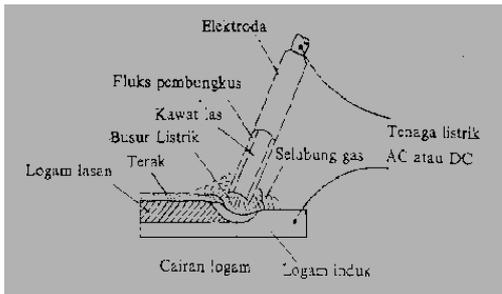
Menurut Sri Widharto dalam bukunya “Petunjuk Kerja Las” adalah suatu cara untuk menyambung benda padat dengan jalan mencairkan melalui pemanasan. [Sri Widharto, 1987]

Penjelasan tentang pengelasan lainnya 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 logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinu. [Hery Sonawan, 2006]

Dari beberapa definisi diatas, pengelasan dapat diartikan proses penyambungan logam dengan bahan tambahan atau tanpa bahan tambahan dengan cara memberikan perlakuan panas untuk mencairkan logam induk atau logam pengisi sehingga terbentuk ikatan.

Shielded metal arc welding (SMAW) adalah las busur nyala listrik, adalah pengelasan dengan mempergunakan busur nyala listrik sebagai sumber panas pencair logam. Jenis las ini yang paling lazim dipakai di mana-mana untuk hampir semua keperluan pengelasan.



Gambar 1. Las Busur dengan Elektroda Terbungkus [Harsono Wiryosumarto,1996]

B. Elektroda Las

Di dalam las elektroda terbungkus *fluks* memegang peran penting karena *fluks* dapat bertindak sebagai (1) Pemantap busur dan penyebab kelancaran pemindahan butir-butir cairan logam; (2) Sumber terak atau gas yang dapat melindungi logam cair terhadap udara disekitarnya; (3) Pengaturan penggunaan; (4) Sumber unsur-unsur paduan.

Fluks biasanya terdiri dari bahan-bahan tertentu dengan perbandingan yang tertentu pula. Bahan-bahan yang digunakan dapat digolongkan dalam bahan pemantapan busur, pembuatan terak, penghasil gas, deoksidator, unsur paduan dan bahan pengikat. [Harsono Wiryosumarto,1996]

Standarisasi elektroda, baik *JIS* maupun dalam *ASTM* didasarkan pada jenis *fluks*, posisi pengelasan dan arus las. Walaupun dalam pemberian simbol agak berbeda antara kedua sistem tersebut, tetapi pada dasarnya adalah sama. Sebagai contoh misalnya huruf D dalam *JIS* dan E dalam *ASTM*, keduanya berarti elektroda yang dimaksud adalah elektroda terbungkus. Dua angka yang pertama baik dalam *JIS* satuannya adalah (kg/mm²) sedangkan dalam *ASTM* satuannya adalah (psi). Dua angka terakhir dalam kedua sistem standar tersebut menunjukkan jenis *fluks* dan posisi pengelasan. [Harsono Wiryosumarto,1996]

Tabel 1. Spesifikasi Elektroda Terbungkus. (AWS A5.1-64T) [Harsono Wiryosumarto,1996]

Klasifikasi AWS-ASTM	Jenis Fluks	Posisi ⁴⁴ pengelasan	Jenis Listrik	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Kekuatan luluh (kg/mm ²)	Perpanjangan (%)
Kekuatan tarik terendah kelompok E 60 setelah dilas adalah 60.000 psi atau 42,2 kg/mm ²						
E6010	Natrium selulosa tinggi	F, V, OH, H	DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E6011	Kalium selulosa tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E6012	Natrium titanat tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas lurus	43,1	38,7	17
E6013	Kalium titanat tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas ganda	43,1	38,7	17
E6020	Oksida besi tinggi	H-S	AC atau DC polaritas lurus	43,6	35,2	25
E6027	Serbek besi, oksida besi	F	AC atau DC polaritas ganda	43,6	35,2	25
Kekuatan tarik terendah kelompok E 70 setelah dilas adalah 70.000 psi atau 49,2 kg/mm ²						
E7014	Serbek besi, titanat	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas ganda			17
E7015	Natrium hidrogen rendah	F, V, OH, H	DC polaritas balik			22
E7016	Kalium hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik			22
E7018	Serbek besi, hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik	50,6	42,2	22
E7024	Serbek besi, titanat	H-S, F	AC atau DC polaritas ganda			17
E7028	Serbek besi, hidrogen rendah	H-S, F	AC atau DC polaritas balik			22

C. Elektroda Penelitian

1. Elektroda A.

Elektroda A diproduksi salah satu perusahaan Indonesia dengan klasifikasi AWS E6013 jenis *fluks* Kalium Titanat tinggi berdiameter 3,2 mm, kawat las ini untuk pengelasan baja ringan dengan kekuatan tarik tinggi. Posisi yang dianjurkan datar, vertikal, *over head* dan horizontal. Polaritas AC dan DC ganda.

2. Elektroda B.

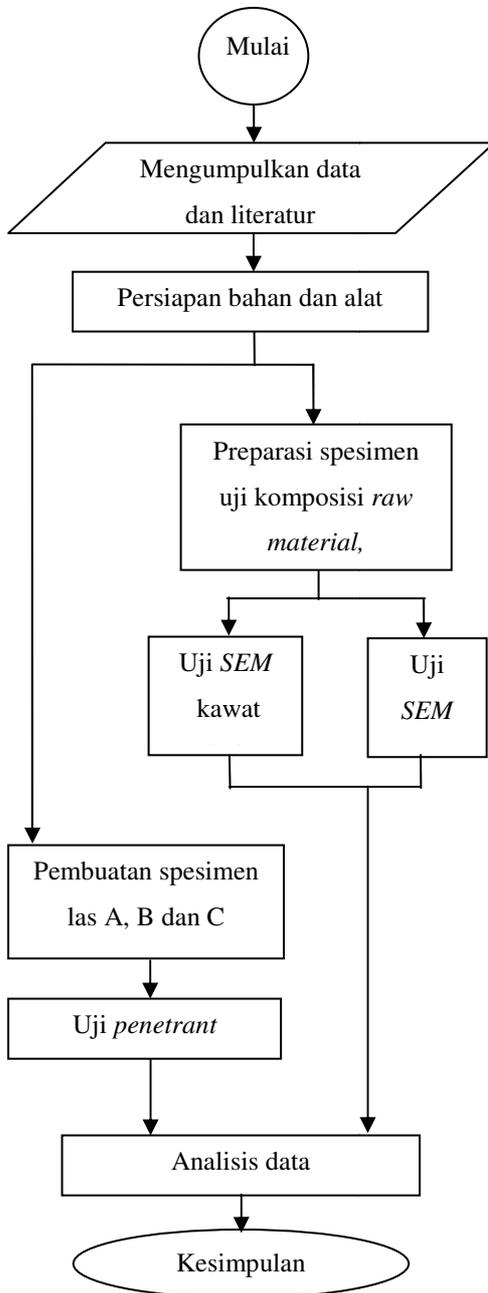
Elektroda B diproduksi dari salah satu perusahaan Indonesia dengan klasifikasi AWS E6013 jenis *fluks* Kalium Titanat tinggi berdiameter 3,2 mm, kawat las ini untuk pengelasan konstruksi umum bangunan, tangki dan lain-lain. Dengan kekuatan tarik tinggi, percikan las yang kecil, terak yang mudah lepas dan hasil pengelasan yang mulus. Posisi yang dianjurkan datar, vertikal, *over head* dan horizontal. Polaritas AC dan DC ganda.

3. Elektroda C.

Elektroda C dengan klasifikasi AWS E6013 jenis *fluks* Kalium Titanat tinggi berdiameter 3,2 mm, kawat las ini untuk pengelasan konstruksi secara umum, galangan kapal, konstruksi umum, konstruksi baja dan *repair* dan *maintenance*. Posisi yang dianjurkan datar, vertikal, *over head* dan horizontal. Polaritas AC dan DC ganda.

III. METODOLOGI

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



Gambar 2. Flowchart Penelitian

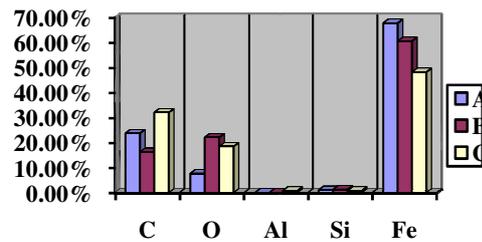
IV. HASIL dan PEMBAHASAN

A. Analisis Hasil Uji Komposisi Kawat Inti Elektroda

Berdasarkan hasil uji komposisi kawat inti elektroda terdapat perbedaan persentase *mass* unsur yang terkandung dalam kawat inti elektroda A, B dan C.

Tabel 2. Perbandingan Mass Unsur pada Kawat Inti Elektroda

Element	Mass %		
	A	B	C
C	23,69	16,21	32,00
O	7,60	22,06	18,43
Al	-	-	0,70
Si	0,99	1,18	0,70
Fe	67,72	60,55	48,13
Total	100,00	100,00	100,00



Gambar 3. Grafik Persentase *Mass* Unsur pada Kawat Inti Elektroda

Melihat tabel diatas dapat dilihat kawat inti elektroda A memiliki kandungan oksigen (O) paling sedikit yaitu 7,60% dibandingkan kawat inti elektroda B dan C. Kawat pengisi elektroda A juga memiliki kandungan besi (Fe) lebih besar yaitu 67,72% dibandingkan kawat inti B dan C.

Kawat inti elektroda B memiliki kandungan karbon (C) lebih sedikit sedikit yaitu 16,21% dibandingkan kawat inti elektroda A dan C. Kawat inti elektroda B juga memiliki kandungan oksigen (O) 22,06% dan silikon (Si) 1,18% lebih besar dibandingkan kawat inti elektroda A dan C.

Kawat inti elektroda C yang memiliki kandungan aluminium (Al), memiliki jumlah kandungan karbon (C) yang lebih banyak yaitu 32,00% dan memiliki jumlah kandungan besi (Fe) lebih sedikit yaitu 48,13% dibandingkan kawat inti elektroda A dan B .

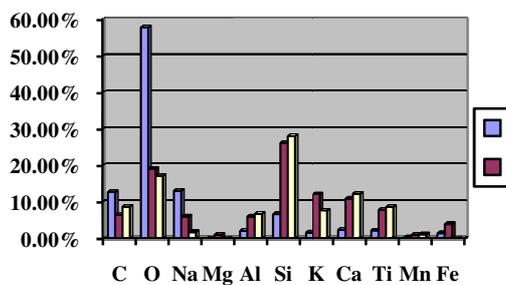
Dari data diatas maka dapat disimpulkan adanya perbedaan karakteristik komposisi unsur kawat inti elektroda dari ketiga sampel elektroda yang digunakan pada penelitian ini meski ketiga elektroda memiliki klasifikasi yang sama yaitu E6013.

B. Analisis Hasil Uji Komposisi Fluks Elektroda

Berdasarkan hasil uji komposisi *fluks* elektroda terdapat perbedaan persentase *mass* unsur yang terkandung dalam kawat pengisi elektroda A, B dan C.

Tabel 3. Perbandingan Mess Unsur pada Fluks Elektroda

Element	Mass %		
	A	B	C
C	12,56	6,38	8,66
O	57,86	19,09	17,16
Na	13,30	5,97	1,64
Mg	-	0,93	-
Al	2,00	5,96	6,65
Si	6,57	26,14	28,02
K	1,58	12,02	7,61
Ca	2,33	10,86	12,24
Ti	2,15	7,80	8,52
Mn	0,29	1,00	1,09
Fe	1,37	3,85	-
Total	100,00	100,00	100,00



Gambar 4. Grafik Persentase *Mass* Unsur pada *Fluks* Elektroda

Melihat tabel diatas dapat dilihat *fluks* elektroda A memiliki kandungan karbon (C) 12,65%, oksigen (O) 57,86% dan natrium (Na) 13,30% lebih banyak dibandingkan *fluks* elektroda sampel B dan C. *Fluks* elektroda A juga memiliki kandungan alumunium (Al) 2,00%, silikon (Si) 6,57%, kalium (K) 1,58%, kalsium (Ca) 2,33%, timah (Ti) 2,51% dan mangan (Mn) 0,29% lebih sedikit dibandingkan *fluks* elektroda B dan C. Hanya *fluks* elektroda B yang memiliki kandungan magnesium (Mg) 0,93%, *fluks*

elektroda B juga memiliki kandungan karbon (C) lebih sedikit yaitu 6,38% dibandingkan *fluks* elektroda A dan C. *Fluks* elektroda B juga memiliki kandungan kalium (K) 12,02% dan besi (Fe) 3,85% lebih banyak dibandingkan *fluks* elektroda A dan C.

Hanya *fluks* elektroda C yang tidak memiliki kandungan mangan (Mg) dan besi (Fe), *fluks* elektroda C juga memiliki jumlah kandungan alumunium (Al) 6,65%, silikon (Si) 28,02%, kalsium (Ca) 12,24%, calcium (Ca) 12,24%, titanium (Ti) 8,52%, dan mangan (Mn) 1,09% lebih banyak dibandingkan *fluks* elektroda A dan B.

Dari data diatas maka dapat disimpulkan adanya perbedaan karakteristik komposisi unsur *fluks* elektroda dari ketiga elektroda yang digunakan pada penelitian ini meski ketiga elektroda memiliki klasifikasi yang sama yaitu E6013.

C. Analisis Hasil Pengelasan Berdasarkan Hasil Uji Penetrant

Uji *penetrant* dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya cacat las pada hasil pengelasan. Sebagai berikut merupakan hasil uji *penetrant*.

1. Hasil uji *penetrant* pengelasan menggunakan elektroda A.

Berikut ini adalah hasil dari uji *penetrant* hasil pengelasan menggunakan elektroda A.



Gambar 5. *Penetrant* A.1.1



Gambar 6. *Penetrant* A.1.2

Hasil uji *penetrant* A.1 pengelasan pada Gambar 5. *Penetrant* A.1.1 dan Gambar 6. *Penetrant* A.1.2 terlihat adanya cacat las jenis *undercutting*.



Gambar 7. *Penetrant* A.2.1



Gambar 8. *Penetrant* A.2.2

Hasil uji *penetrant* A.2 pengelasan pada Gambar 7. *Penetrant* A.2.1 tidak terlihat adanya cacat las sedangkan pada Gambar 8. *Penetrant* A.2.2 terlihat adanya cacat las jenis *undercutting*.



Gambar 9. *Penetrant* A.3.1



Gambar 10. *Penetrant* A.3.2

Hasil uji *penetrant* A.3 pengelasan pada Gambar 9. *Penetrant* A.3.1 tidak terlihat adanya cacat las sedangkan pada gambar 10. *Penetrant* A.3.2 terdapat cacat las *fault of electrode change* yang disebabkan adanya penggantian kawat las.

2. Hasil uji *penetrant* pengelasan menggunakan elektroda B.



Gambar 11. *Penetrant* B.1.1



Gambar 12. *Penetrant* B.1.2

Hasil uji *penetrant* B.1 pengelasan pada Gambar 11. *Penetrant* B.1.1 terlihat adanya cacat las yang berjenis *weld spatter* sedangkan pada Gambar 12. *Penetrant* B.1.2 tidak terlihat adanya cacat las.



Gambar 13. *Penetrant B.2.1*



Gambar 14. *Penetrant B.2.2*

Hasil uji *penetrant B.2* pengelasan pada Gambar 13. *Penetrant B.2.1* dan pengelasan pada Gambar 14. *Penetrant B.2.2* tidak terlihat adanya cacat las.



Gambar 15. *Penetrant B.3.1*



Gambar 16. *Penetrant B.3.2*

Hasil uji *penetrant B.1* pengelasan pada Gambar 15. *Penetrant B.3.1* dan Gambar 16. *Penetrant B.3.2* terlihat adanya cacat las jenis *undercutting*.

3. Hasil uji *penetrant* pengelasan menggunakan elektroda C.

Berikut ini adalah hasil dari uji *visual* pengelasan menggunakan elektroda C.



Gambar 17. *Penetrant C.1.1*



Gambar 18. *Penetrant C.1.2*

Hasil uji *penetrant C.1* pengelasan pada Gambar 17. *Penetrant C.1.1* terlihat adanya cacat las yang berjenis *weld spatter* sedangkan pada Gambar 18. *Penetrant C.1.2* tidak terlihat adanya cacat las.



Gambar 19. *Penetrant C.2.1*



Gambar 20. Penetrant C.2.2

Hasil uji penetrant C.2 pengelasan pada Gambar 19. Penetrant C.2.1 terlihat adanya cacat las yang berjenis weld spatter sedangkan pada Gambar 20. Penetrant C.2.2 tidak terlihat adanya cacat las.



Gambar 21. Penetrant C.3.1



Gambar 22. Penetrant C.3.2

Hasil uji penetrant C.2 pengelasan pada Gambar 21. Penetrant C.2.1 dan pengelasan pada Gambar 22. Penetrant C.2.2 tidak terlihat adanya cacat las.

Berdasarkan hasil uji penetrant dapat dilihat adanya perbedaan cacat las yang terjadi pada tiap-tiap spesimen hasil pengelasan menggunakan ketiga elektroda. Berikut ini adalah

tabel perbandingan cacat las berdasarkan hasil uji penetrant.

Tabel 4. Perbandingan Cacat Las Berdasarkan Hasil Uji Penetrant

Kode spesi men	Cacat las		
	A	B	C
1.1	Undercutting	Undercutting	Weld spatter
1.2	Undercutting	-	-
2.1	-	-	Weld spatter
2.2	-	-	-
3.1	-	Undercutting	-
3.2	Fault of electrode change	Undercutting	-

Dari data diatas maka dapat disimpulkan hasil pengelasan menggunakan elektroda dengan C adalah yang terbaik dikarenakan sedikitnya cacat las yang terlihat dibandingkan hasil pengelasan menggunakan elektroda A dan B.

V. KESIMPULAN

Berikut ini adalah kesimpulan dari penelitian.

1. Karakteristik unsur fluks dari elektroda A, B dan C berbeda, walaupun menggunakan standar AWS A5.1 untuk klasifikasi E6013. Karakteristik unsur fluks dari elektroda A adalah karbon (C) 12,56%, oksigen (O) 57,86%, Natrium (Na) 13,30%, aluminium (Al) 2,00%, silikon (Si) 6,57%, kalium (K) 1,58%, kalsium (Ca) 2,33%, titanium (Ti) 2,15%, magnesium (Mn) 0,29% dan besi (Fe) 1,37%. Karakteristik unsur fluks dari elektroda B adalah karbon (C) 6,38%, oksigen (O) 19,09%, Natrium (Na) 5,97%, magnesium (Mg) 0,93%, aluminium (Al) 5,96%, silikon (Si) 26,14%, kalium (K) 12,02%, kalsium (Ca) 10,86%, titanium (Ti) 7,80%, magnesium (Mn) 1,00% dan besi (Fe) 3,85%. Karakteristik unsur fluks dari elektroda C adalah karbon (C) 8,66%, oksigen (O) 17,16%, Natrium (Na) 1,64%, aluminium (Al) 6,65%, silikon (Si) 28,02%, kalium (K) 7,61%, kalsium (Ca) 12,24%, titanium (Ti) 8,52%, magnesium (Mn) 1,09% dan besi (Fe) 1,37%.
2. Karakteristik unsur kawat inti dari elektroda A, B dan C berbeda, walaupun menggunakan standar AWS A5.1 untuk klasifikasi E6013. Karakteristik unsur kawat inti dari elektroda A adalah karbon (C) 23,69%, oksigen (O) 7,60%, silikon (Si) 0,99% dan besi (Fe)

67,72%. Karakteristik unsur kawat inti dari elektroda B adalah karbon (C) 16,21%, oksigen (O) 22,06%, silikon (Si) 1,18% dan besi (Fe) 60,55%. Karakteristik unsur kawat inti dari elektroda C adalah karbon (C) 32,00%, oksigen (O) 18,43%, aluminium (Al) 0,70%, silikon (Si) 0,70% dan besi (Fe) 48,13%.

3. Cacat las yang terjadi berdasarkan hasil uji *penetrant* dari hasil pengelasan menggunakan elektroda sampel A adalah *undercutting* dan *fault of electrode change*, untuk hasil pengelasan menggunakan elektroda sampel B adalah *undercutting* dan hasil pengelasan menggunakan elektroda sampel C adalah *weld spatter*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alip, Mochamad. 1989. *Teori dan Praktek Las*. Jakarta: F.P.T.K. IKIP Yogyakarta.
2. Daryanto. 2010. *Proses Besi dan Baja (Ilmu Metalurgi)*, Bandung: Sarana Tutorial Nurani Sejahtera.
3. Soenawan, Hery dan Suratman, Rochim. 2006. *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*, Bandung: Alfabeta.
4. Siswanto dan Amri, Saufan. 2011. *Konsep Dasar Teknik Las*, Jakarta: Prestasi Pustaka.
5. Widharto, Sri. 1987. *Petunjuk Kerja Las*, Jakarta: Pradnya Paramita.
6. Wiryosumarto, Harsono dan Okumura, Toshie. 1996. *Teknologi Pengelasan Logam*, Jakarta: Pradnya Paramita.