

Analisis Uji Destructive Dan Non Destructive Terhadap Hasil Sambungan Las V-Tunggal Baja AISI 1045

Nafrizal, Tarkono, dan Sugiyanto

Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung
Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung
Telp. (0721) 3555519, Fax. (0721) 704947
Email: Nafrizal_08@yahoo.com

Abstract

This paper reports the result of study on the strength behaviour of welded joint both destructive and nondestructive testing. The parent metal choosen for the testing was AISI 1045 steel with main parameters of single-V welded form and horizontal welding position. The electrodes used for each parameter were AWS E-7016 LB-52 with diameter/amperes of 2.6 mm/80 Amp, 3.2 mm/110 Amp, and 4.0 mm/130 Amp. The specimens were nondestructively tested using the well-known radiography X-ray according to ASTM-1A for detecting welding flaws and its size. Chemical composition test was performed for the material of parent and welding metal. Tensile testing was performed to destructive based on the ASTM E-8 standard for tensile test. The results show that the tensile strength of the weld joint is reduction by about 28% compared to the parent metal without welding. The reduction in tensile strength is believed to be caused by welding defect, include porosity, inclusion, incomplete penetration, and reduction in carbon content from 0.5% in parent metal to about 0.1% in the welding region.

Keywords: smaw, tensile strength, welding defect

LATAR BELAKANG

Sambungan las SMAW (Shielded Metal Arc Welding) adalah termasuk jenis sambungan permanen yang paling banyak diterapkan pada konstruksi teknik, misalnya saja pada industri perkapalan, bejana tekan, perpipaan, jembatan, dan bahagian tertentu pada rangka bangunan mesin. Untuk memperoleh mutu sambungan las yang memenuhi standar keamanan selama masa pakainya, hingga saat ini sudah banyak metoda dikembangkan untuk mengurangi dan mengantisipasi sumber potensial kegagalan yang pasti terjadi pada suatu waktu. Sebagai contoh, menjalarnya cacat retak halus yang terdapat pada hasil sambungan las dapat berakibat fatal karena konstruksi teknik dapat patah atau pecah akibat tidak kuat lagi menanggung beban axial atau multiaxial yang bekerja padanya. Robohnya rangka papan reklame yang sering terjadi di perkotaan adalah contoh sederhana sebagai akibat mutu sambungan las yang

jelek dan tidak memenuhi standar kualitas. Pemilihan metoda yang tepat sesuai yang berkenaan dengan parameter pengelasan mempunyai peranan sangat penting untuk mengantisipasi terjadinya kegagalan itu sebagai akibat bercokolnya cacat las yang sering terjadi sampai batas toleransi yang diizinkan. Berdasarkan pertimbangan ini perlu dilakukan penelitian deteksi dini jenis cacat las diantaranya dengan melakukan uji radiography X-ray dan apa implikasinya terhadap mutu kekuatan sambungan las dengan mengikuti standar pengujian yang berlaku.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian eksperimental ini adalah mendeteksi jenis dan ukuran cacat las dan dampaknya terhadap perilaku kekuatan sambungan las smaw kampuh V-tunggal dengan batasan masalah sebagai berikut:

- Uji X-ray mengikuti standar ASTM-1A
- Elektroda yang digunakan adalah AWS

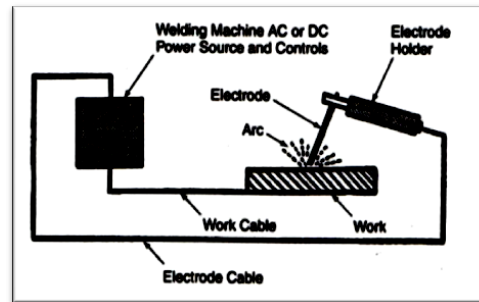
E-7016 LB-52

- c. Uji tarik mengikuti standar ASTM E8
- d. Uji komposisi kimia mengikuti standar A 751

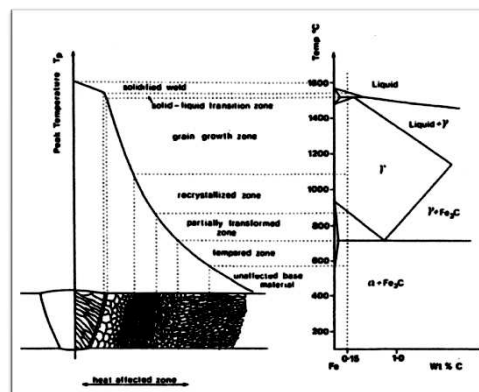
Data yang akan diperoleh dari hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk mendapatkan mutu sambungan las yang lebih baik dan diharapkan dapat menambah wawasan keilmuan dalam bidang penerapan teknologi pengelasan.

DASAR TEORI

Menurut definisi dari DIN (Detche Industrie Normen) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi ini dapat dicerna lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari dua batang logam atau lebih dengan menggunakan energi panas minimal harus berada pada daerah temperatur cairnya (liquidus). Pada Gambar 1 dibawah ini menjelaskan secara skematis prinsip kerja pada proses pengelasan smaw. Mesin las yang telah dihubungkan dengan sumber arus AC atau DC pada bahagian output salah satu kabelnya dihubungkan dengan benda kerja yang akan dilas (work cable), sedangkan kabel berikutnya (electrode cable) dihubungkan dengan elektroda las. Apabila elektroda ini didekatkan pada jarak tertentu oleh juru las pada kampuh las yang ada pada benda kerja maka akan timbul busur listrik (arc) yang memiliki temperatur yang sangat tinggi sekali sehingga mampu meleburkan elektroda dan logam induk dari wujud padat menjadi kondisi cair. Saat daerah setempat yang mengalami mencair ini menjadi beku maka terbentuklah sambungan las. Ketika elektroda ini diteruskan bergerak maju melanjutkan proses penyambungan maka bahagian yang cair tadi akan diikuti oleh proses pembekuan (solidus) sehingga dua batang logam ini akan menyatu membentuk sambungan las lagi, dan begitulah seterusnya. Jadi proses pencairan (liquidus) dan pembekuan (solidus) ini adalah proses yang saling kontinu dan berkelanjutan secara terus menerus sampai proses pengelasan berakhir.



Gambar 1. Prinsip kerja pengelasan smaw



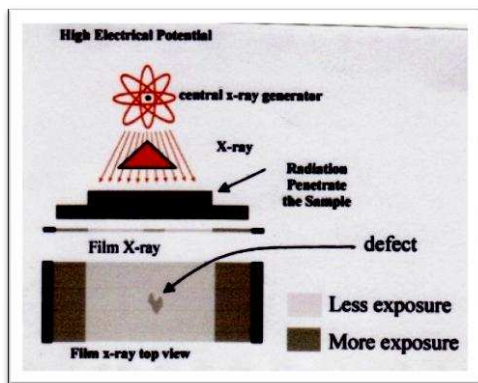
Gambar 2. Penamaan daerah utama pada sambungan las

Secara umum hasil sambungan las yang terbentuk dapat dibedakan atas tiga daerah utama yaitu daerah logam dasar (base metal), daerah pengaruh panas (heat affected zone, haz), dan daerah logam las (weld metal). Daerah logam dasar adalah daerah yang tidak mengalami perubahan sifat akibat siklus termal proses pengelasan, baik sifat fisik maupun sifat mekaniknya. Jadi sifat-sifatnya persis sama dengan logam induknya atau logam dasar. Daerah HAZ adalah daerah yang mengalami perubahan sifat yang disebabkan oleh siklus laju pemanasan dan laju pendinginan sehingga pada daerah ini struktur mikronya berbeda dengan logam dasar akan tetapi komposisi kimianya masih tetap sama dengan logam induknya. Sedangkan pada daerah logam las sifat fisik dan sifat mekaniknya agak berbeda dengan logam dasar dan komposisi kimianya merupakan perpaduan antara komposisi kimia logam induk dengan komposisi kimia yang terdapat pada elektroda las. Pada Gambar 2 dapat dilihat secara dramatis

perubahan bentuk struktur mikro yang terjadi pada tiga daerah utama sambungan las tersebut.

Uji Radiography X-ray (non destructive test)

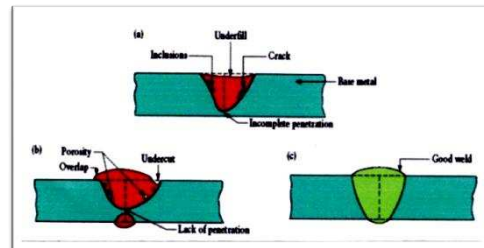
Pada Gambar 3 dibawah ini menjelaskan prinsip kerja X-ray. Kebanyakan diagram tabung sinar-x memperlihatkan sinar-x sebagai bentukan pola segitiga yang teratur seperti yang dihasilkan pada titik fokus. Hal ini memberikan tujuan yang baik dalam hal penekanan tentang kerja radiasi sinar-x diluar tabung. Tetapi radiasi sebenarnya tidaklah seperti itu. Sebenarnya, sinar-x itu seperti cahaya tampak yang dalam penyebarannya dari sumber menyerupai suatu garis lurus yang menyebar ke segala arah kecuali dihentikan oleh bahan penyerap sinar-x. Karena alasan tersebut maka tabung sinar-x ditutup dalam suatu housing tabung logam yang mampu menghentikan sebagian sinar-x, hanya sinar-x yang berguna saja yang dibiarkan keluar tabung housing melalui sebuah jendela/window. Sinar-x yang berguna ini merupakan gelombang pendek elektromagnetik yang selanjutnya disebut sebagai berkas sinar primer. Berkas sinar yang terletak pada tengah garisnya ini disebut central ray.



Gambar 3. Prinsip kerja radiography X-ray

Diperlukan pembangkitan tegangan yang tinggi di dalam tabung sinar-x agar dapat dihasilkan berkas sinar-x. Rangkaian listriknya dirancang sedemikian rupa sehingga kV-nya dapat diubah dalam rentang yang besar biasanya 30 kV sampai 100 kV

atau lebih. Bila kV yang lebih rendah digunakan, maka sinar-x yang dihasilkan memiliki panjang gelombang yang lebih panjang dan lebih mudah diserap sehingga disebut sebagai soft X-ray. Harus dipahami bahwa berkas sinar-x itu terdiri dari sinar dengan panjang gelombang yang berbeda. Radiasi yang dihasilkan pada rentang kV yang lebih tinggi akan memiliki energi yang lebih besar dan panjang gelombang yang lebih pendek berkisar antara 0.01 nm – 0.003 nm. Apabila sinar radiasi X-ray ini ditimpakan pada benda kerja (target) maka akan terjadi perbedaan intensitas berupa daerah gelap dan terang pada film x-ray. Area gelap menandakan adanya diskontinuitas alias adanya cacat (defect) sedangkan area terang menandakan tidak ada cacat yang terdeteksi (no defect). Pada Gambar 4 diperlihatkan beberapa contoh nama cacat yang terdapat pada sambungan las yang dapat dideteksi oleh X-ray.



Gambar 4. Beberapa contoh penting penamaan cacat pada sambungan las

Uji tarik (destructive test)

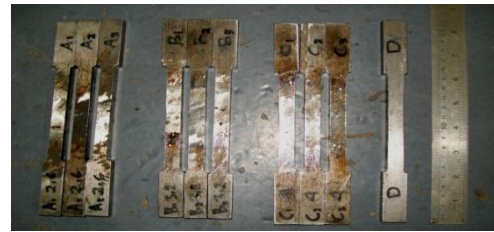
Uji sifat mekanik berupa destructive test yang paling populer dilakukan adalah uji tarik (tensile test). Jenis pengujian ini dilakukan dengan pembebanan uniaxial secara perlahan lahan searah dengan sumbu simetri benda uji pada kecepatan rendah hingga benda uji mengalami putus/patah. Kekuatan tarik (stress) benda uji dihitung berdasarkan kepada kurva hasil uji tarik yang telah diolah menjadi kurva tegangan-regangan teknik seperti ditampilkan pada Gambar 6. Sifat terpenting lainnya yang dapat diketahui melalui uji tarik ini adalah porsentase elongation/perpanjangan (strain).

Bahan Dan Alat

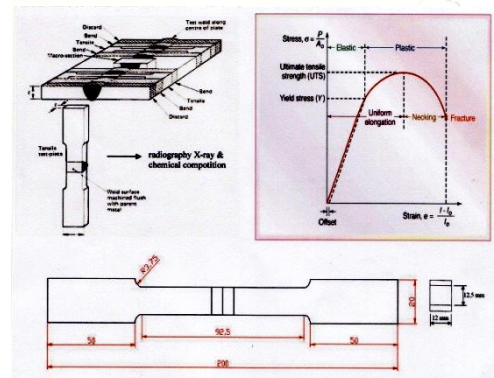
Logam induk yang dijadikan sebagai objek eksperimental adalah baja AISI 1045 yaitu berupa pelat dengan tebal awal 14 mm. Sedangkan peralatan utama yang dipakai adalah mesin sekrup, alat ini digunakan untuk mengurangi ketebalan pelat pada sisi atas dan bawah menjadi 12 mm dan untuk membuat kampuh V-tunggal 45°. Selanjutnya adalah mesin las smaw, alat ini digunakan untuk melakukan proses penyambungan benda uji yang akan disatukan secara kontinu dan permanen membentuk sambungan las. Mesin uji tarik digunakan untuk mengetahui kekuatan sambungan las yang sebelumnya telah dilakukan uji X-ray menggunakan alat Radiography sebagai pendeteksi jenis cacat las yang terdapat pada sambungan las. Alat uji komposisi kimia OES ARC-MET 930 SP digunakan untuk mengetahui komposisi kimia logam induk dan logam las.

METODE PENELITIAN

Preparasi sampel uji diawali dengan proses machining sekrup untuk membuat kampuh V-tunggal sekaligus membuang benda asing yang menempel pada logam induk. Pengelasan untuk kelompok specimen jenis pertama adalah dengan kode A1,2,3 dilakukan dengan elektroda berdiameter 2.6 mm/80 Amp, kelompok kedua dengan kode B1,2,3 dilakukan dengan elektroda berdiameter 3.2 mm/110 Amp, kelompok ketiga dengan kode C1,2,3 dilakukan dengan elektroda berdiameter 4.0 mm/130 Amp, sedangkan logam dasar tanpa sambungan las diberi dengan kode D (dapat dilihat pada Gambar 5). Pada masing-masing kelompok benda uji ini dipecah menjadi tiga specimen uji tarik arah transversal mengikuti standar ASTM E8 dan pada setiap specimen ini tentu sebelumnya telah dilakukan uji Radiography X-ray untuk mendeteksi jenis cacat las yang terdapat pada daerah sambungan las. Langkah selanjutnya adalah melakukan uji komposisi kimia pada daerah logam las dan pada logam dasar mengikuti standar ASTM 1A.



Gambar 5. Spesimen uji tarik standar ASTM-E8



Gambar 6. Ilustrasi preparasi sampel hingga diperoleh kurva tegangan-regangan teknik

Sedangkan parameter untuk exposure uji radiography X-ray ditentukan sebagai berikut:

- Source X-ray : 90/5mA
- Film type : Agfa Geveart-D7/setar
- Penetrameter : 10 ISO 16
- Source of film Distance : 600 mm
- Exposure time : 1 minute
- Developing time : 5 minutes
- Film density : 1.8 – 2.2
- Unsharpness of Geometry (UG) : < 0.05 mm
- Sensitivity : 2.0%
- Screen front/back : 0.05 mm / ≤ 0.05 mm

HASIL DAN PEMBAHASAN

Baja AISI 1045 dapat diartikan sebagai cara identifikasi material yang dipopulerkan oleh suatu negara/organisasi yang terdapat di dunia, misalnya Amerika (AISI; American Iron and Material Institute). Disini cara pengkodean material yang digunakan adalah memakai empat buah angka, digit pertama menyatakan jenis bajanya, digit kedua

menyatakan unsur paduan utamanya, sedangkan dua digit angka terakhir menyatakan persentase kadar karbonnya. Meskipun demikian tidak semua unsur penyusun material ditampilkan dengan cara

pengkodean tersebut. Pada Tabel 1 ditampilkan hasil uji komposisi kimia pada logam las dan logam dasar.

Tabel 1. Hasil uji komposisi kimia baja AISI 1045

Unsur	Fe	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	V	W	Ti	Nb	S	P
Logam dasar	98.58	0.51	0.26	0.63	0.0027	0.018	0.0018	0.18	0.0065	0.063	0.0	0.01	0.011	0.0042
Logam las	97.97	0.1	0.51	1.08	0.026	0.018	0.0018	0.06	0.014	0.081	0.021	0.01	0.014	0.026

Berdasarkan hasil uji komposisi kimia ini dapat dilihat perbedaan antara logam dasar dan logam las. Kandungan unsur karbon pada daerah logam las mengalami penurunan dari 0.51 pada logam dasar menjadi 0.1 pada logam las, hal ini terjadi karena sebahagian unsur karbon (juga unsur yang lain) pada logam dasar yang melebur bersamaan dengan elektroda las sebahagian menguap ke udara atmosfer akibat tingginya temperatur busur listrik saat proses pengelasan berlangsung. Adanya ketidakseragaman komposisi kimia ini tentu tidak boleh berdampak terlalu menyolok

terhadap perubahan sifat mekanik dikedua daerah ini, dengan demikian penurunan suatu jenis unsur akan diikuti oleh peningkatan unsur yang lain seperti Si, Cr, S, dan P diharapkan disuplay oleh elektroda las. Unsur Si bersama unsur yang lainnya juga memiliki peranan untuk berkontribusi agar logam cair lebih mudah mengalir mengisi daerah kampuh las sehingga cacat las berupa porositas dan jenis cacat lainnya bisa diantisipasi agar sifat mekaniknya tidak jauh berbeda dengan logam dasar.

Tabel 2. Data hasil uji radiography X-ray dari film x-ray

IDENTIFIKASI FILM X-ray	CACAT	
	TIPE	DIMENSI (mm)
Spesimen A-1	IP & P	5 & $\phi \leq 1$
Spesimen A-2	IP & P	7 & $\phi \leq 1$
Spesimen A-3	IP & P	12 & $\phi \leq 1$
Spesimen B-1	SI	$\phi \leq 3$
Spesimen B-2	P	$\phi \leq 1, L=10$
Spesimen B-3	P	$\phi 1-2$
Spesimen C-1	IP & SI	12 & $\phi \leq 1$
Spesimen C-2	IP & SI	6 & $\phi \leq 2$
Spesimen C-3	IP & P	12 & $\phi \leq 1$

Berdasarkan hasil analisa pada filmi X-ray jenis cacat las yang terdeteksi pada daerah sambungan las sebahagian besar adalah adanya porositas, penetrasi tidak sempurna, inklusi dengan ukuran berkisar 2 mm. Hal ini terjadi karena proses pengelasan untuk mengisi volume kampuh las tidaklah hanya terbentuk satu lapis saja (singlepass)

akan tetapi lebih dari satu lapis (multypass). Diantara tiap lapisan ini memiliki potensi terjebaknya benda asing padat yang tidak mau larut bersama logam cair saat proses pengelasan berlangsung/inklusi (seperti slug). Sedangkan porositas yang terbentuk diakibatkan oleh terjebaknya udara didalam logam cair yang tidak sempat keluar karena

logam lasnya telah terlebih dahulu membeku membentuk sambungan las. Penetrasi yang tidak sempurna diakibatkan oleh logam cair

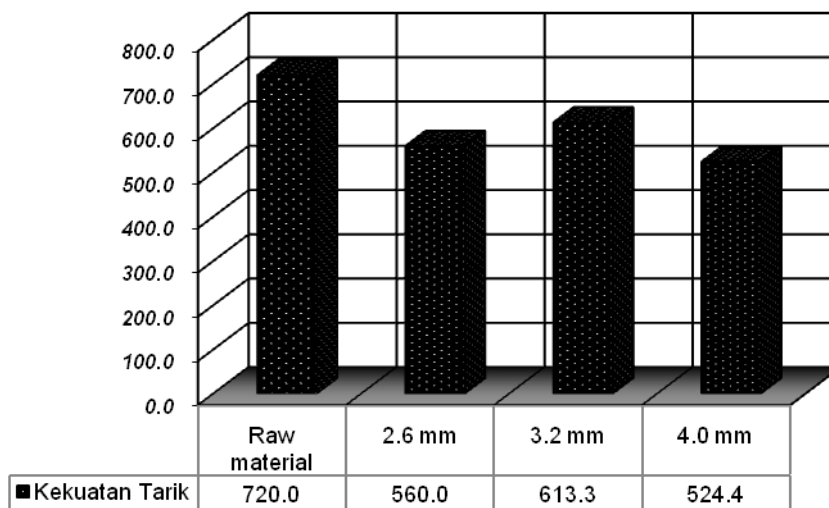
yang mengalir mengisi kampuh las tidak seimbang pada sumbu simetrinya.

Tabel 3. Nilai Kekuatan Tarik Maksimum (*Ultimate Tensile Strength*)

Elektroda Las	Diameter Elektroda	Kode Spesimen	Kekuatan Tarik (MPa)	Rata-rata Kekuatan Tarik (MPa)
E 7016 LB-52	2.6 mm	A1	540.0	560.0
		A2	593.3	
		A3	546.7	
	3.2 mm	B1	586.7	613.3
		B2	653.3	
		B3	600.0	
	4.0 mm	C1	540.0	524.4
		C2	533.3	
		C3	500.0	
Raw Material		D		720.0

Pada Tabel 3 ditampilkan hasil uji tarik kekuatan sambungan las arah transversal untuk masing-masing specimen uji. Disini dapat dilihat bahwa kekuatan tarik yang diperoleh selalu lebih rendah bila dibandingkan dengan logam dasarnya. Penurunan terbesar dari kekuatan rata-ratanya terjadi pada specimen C (28%),

kemudian diikuti oleh A (23%), dan B (15%). Terjadinya penurunan yang tidak seragam untuk masing-masing kelompok specimen ini diakibatkan tidak samanya jumlah lapisan logam las yang mengisi volume kampuh las, dan terdapatnya cacat las berupa porositas, inklusi, dan penetrasi tidak sempurna antar lapisannya .



Gambar 7. Kekuata tarik rata-rata pada tiap kelompok specimen

Ternyata jumlah lapisan ini lebih banyak terjadi pada penggunaan diameter elektroda yang lebih kecil. Cacat las ini

secara mikro mengganggu kontinuitas material, sedangkan terjebaknya benda asing padat (inklusi) yang tidak larut dalam daerah

logam las berpotensi untuk menurunkan sifat mekaniknya. Disamping itu penurunan kekuatan tarik ini juga diakibatkan oleh perubahan struktur mikro yang terjadi pada daerah Haz (ukuran butir menjadi lebih besar akibat siklus termal proses pengelasan), dan perubahan komposisi kimia pada daerah logam las (kadar karbon pada daerah logam las (0.1) lebih kecil dari logam dasar (0.5)). Pada Gambar 7 ditampilkan grafik kekuatan tarik rata-rata pada tiap kelompok specimen.

KESIMPULAN

1. Perubahan komposisi kimia pada daerah logam las, terjadinya perubahan bentuk struktur mikro pada daerah Haz, dan adanya cacat las berupa void/porositas berdiameter ≤ 1 mm secara umum kesemuanya ini ikut berkontribusi mempengaruhi penurunan kekuatan tarik sambungan las.
2. Kekuatan tarik mengalami penurunan terbesar 28% terjadi pada pengelasan menggunakan elektroda berdiameter 4.0 mm/130 Amp (524.4 MPa) bila dibandingkan dengan logam dasar tanpa sambungan las (720 MPa).
3. Kekuatan tarik terbesar terjadi pada sambungan las menggunakan elektroda 3.2 mm/110 Amp diperoleh 613.3 MPa

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kou, Sindo, 1987, "Welding Metalurgi", John Wiley & Son, Singapore
 - [2] Mouser, J.D, 1997, "Welding, Codes, Standars, and Specification", McGraw-Hill, New York
 - [3] Olson, D.L, dkk, 1997, "ASM Hand Book; Welding, Brazing, and Soldering", Volume-6, USA
 - [4] Rao, P.N, 1999, "Manufacturing Technology Foundry, Forming, and Welding, Tata McGraw-Hill, New Delhi
 - [5] Wiryosumarto, Harsono dan Okumura, Toshie, 1996, "Teknologi Pengelasan Logam" PT, Pradnya Paramita, Jakarta
-