

# STUDI PENGARUH VARIASI KUAT ARUS PENGELASAN PELAT AISI 444 MENGGUNAKAN ELEKTRODA AWS E316L

Ojo Kurdi

Departement Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

E-mail: ojokurdi@ft.undip.ac.id

## Abstrak

*Baja tahan karat feritik sering digunakan dalam industri pengilangan minyak bumi. Pengelasan adalah proses manufaktur dan perawatan utama yang digunakan, salah satunya adalah pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding). Dalam studi ini, penulis menganalisa sifat mekanik pada sambungan pelat pengelasan baja tahan karat feritik AISI 444 dengan tebal pelat 2 mm dengan elektroda AWS A5.4 E316L diameter 2 mm. Karakterisasi yang dilakukan meliputi pengujian tarik, kekerasan mikro, dan struktur mikro. Berdasarkan data dari hasil penelitian didapatkan nilai kekuatan tarik spesimen raw material baja tahan karat feritik sebesar 555 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan nilai kekuatan tarik spesimen hasil pengelasan arus 40 A sebesar 395 N/mm<sup>2</sup>, 60 A sebesar 511 N/mm<sup>2</sup>, dan 75 A sebesar 502 N/mm<sup>2</sup>. Terdapat cacat pengelasan berupa porositas pada weld metal pada pengelasan arus 40 A yang menyebabkan nilai kekuatan tarik menurun. Hasil uji kekerasan menunjukkan nilai tertinggi terdapat pada pengelasan arus 40 A yang memiliki rata-rata kekerasan pada daerah weld metal sebesar 353 HV, daerah HAZ sebesar 365 HV, dan weld metal sebesar 223 HV. Nilai kekerasan menurun seiring menurunnya arus pengelasan. Hal ini didukung dengan hasil uji struktur mikro, spesimen dengan arus pengelasan 40 A memiliki ukuran butir ferit lebih kecil di daerah HAZ, seiring bertambahnya arus pengelasan maka ukuran butir ferit poligonal semakin membesar yang menyebabkan kekerasan spesimen menurun.*

**Kata kunci:** *Baja tahan karat feritik, SMAW, Uji tarik, Uji kekerasan mikro, Uji struktur mikro.*

## 1. PENDAHULUAN

Pengembangan teknologi di bidang konstruksi yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena mempunyai peranan penting dalam rekayasa dan reparasi logam. Terdapat beberapa metode pengelasan yaitu *Shield Metal Arc Welding* (SMAW). Pengelasan adalah proses penyambungan logam atau non logam yang dilakukan dengan memanaskan material yang disambung hingga temperatur las yang dilakukan secara, dengan atau tanpa tekanan (*pressure*), hanya dengan tekanan (*pressure*), atau dengan tanpa menggunakan pengisi (*filler*) [1]. Penyambungan stainless steel dengan proses las SMAW mempengaruhi susunan struktur mikro terutama daerah HAZ (*Heat Affected Zone*), dan *weld metal* (logam las).

Perubahan ini terjadi karena siklus termal yang terjadi saat proses pengelasan. Bila susunan struktur mikro berubah, maka sifat mekanis stainless steel juga ikut berubah. Selain itu, faktor lain yang memungkinkan mempengaruhi kekuatan sambungan las stainless steel dengan las SMAW adalah pemilihan arus pengelasan. Hal ini berkaitan dengan jumlah energi pengelasan yang dihasilkan saat proses pengelasan. Dalam penelitian ini digunakan elektroda AWS E316L, elektroda ini dipilih karena kandungan komposisi yang menyerupai *base metal* dari *stainless steel* AISI 444, dalam hal ini hanya kandungan nikel yang memiliki perbedaan cukup jauh.

Pengelasan pada logam perlu diperhatikan sifat mampu lasnya karena tidak semua logam memiliki sifat mampu las yang baik. Baja tahan karat AISI 444 merupakan baja dengan kadar karbon 0,015% yang dikategorikan sebagai baja karbon rendah. Penyetelan

arus listrik dan kecepatan pengelasan SMAW berpengaruh terhadap struktur mikro dan kekerasan baja tahan karat AISI 444. Penelitian ini mengkaji penggunaan elektroda las AWS 316L yang merupakan baja tahan karat austenitik untuk menyambung pelat baja tahan karat feritik.

## 2. MATERIAL DAN METODOLOGI

Material yang digunakan adalah pelat baja tahan karat AISI 444 dengan panjang 600 mm, lebar 400 mm, dan tebal 2 mm. Untuk pengelasan SMAW, elektroda yang digunakan berjenis E316L dengan diameter 2 mm. Arus pengelasan yang digunakan adalah 40, 60, dan 80 ampere. Sambungan pengelasan yang digunakan adalah sambungan tumpu (*butt joint*). Dimensi spesimen uji kekerasan dan pengujian mengacu pada standar ASTM E92 [2]. Sedangkan spesimen uji mikro dan pengujiannya mengacu pada ASM Handbook vol. 9 dan 10 [3][4].

Penelitian dimulai dari proses pengelasan yang dilakukan di Laboratorium Proses Produksi Universitas Diponegoro. Pembuatan spesimen uji dilakukan di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin Undip dan bengkel lainnya. Pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin Undip. Sedangkan pengujian kekerasan dilakukan di Unit Pelaksana Teknis (UPT) Lab Terpadu Undip.

Material yang akan diuji adalah baja tahan karat feritik AISI 444 yang mempunyai komposisi seperti pada Tabel 1. Material akan disambung dengan pengelasan SMAW dengan elektroda E316L diameter 2 mm. Pengelasan dilakukan dua kali, yaitu bagian atas dan bawah. Pengelasan dilakukan dengan tiga variasi arus pengelasan,

yaitu 40 ampere, 60 ampere, dan 75 ampere. Pemilihan arus pengelasan ini berdasarkan rekomendasi yang diberikan oleh produk elektroda dengan ketebalan 2 mm dengan rentang arus pengelasan yang direkomendasikan antara 35 – 80 ampere.

Mengacu pada standar ASTM E8M untuk mengetahui dimensi. Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fisik Universitas Diponegoro. Pengujian kekerasan mikro dilaksanakan di Lab. UPT Universitas Diponegoro.

Setelah dilakukan pengelasan sesuai dengan arus pengelasannya, selanjutnya adalah tahapan pembuatan spesimen uji yang meliputi uji tarik, uji kekerasan mikro, dan uji struktur mikro. Uji tarik

Pada pengujian struktur mikro, etsa yang digunakan adalah Methanolic Aqua Regia dengan komposisi 45 HNO<sub>3</sub>, 45 ml HCL, dan 20 ml methanol. Setelah itu dilakukan pengambilan foto menggunakan mikroskop optikan Olympus.

Tabel 1. Komposisi kimia baja tahan karat feritik AISI 444

C	Cr	Ni	Mo	Nb	Ti	N	Fe
0.015	17.55	0.20	1.85	0.16	0.13	0.012	Balance

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

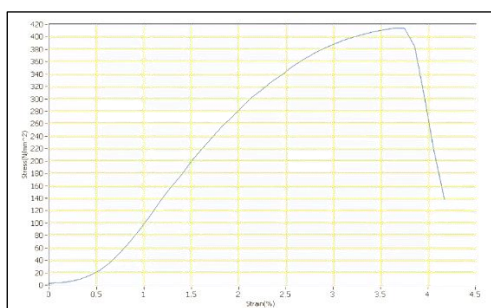
Hasil pengujian tarik spesimen uji pengelasan ditunjukkan pada Tabel 2. Data pengujian menunjukkan apabila kekuatan tarik spesimen uji yang dilakukan rendahnya kuat arus pengelasan. Meskipun demikian, kuat arus pengelasan 75A menghasilkan kekuatan tarik dan elastisitas mendekati material awal.

penyambungan las lebih rendah dibandingkan kekuatan tarik material awal. Elastisitas juga lebih rendah dibandingkan material awal. Secara umum kekuatan tarik semakin rendah dengan semakin

Tabel 2. Kekuatan tarik spesimen uji

No	Spesimen	Kekuatan tarik rata-rata (N/mm <sup>2</sup> )	Elastisitas rata-rata (%)
1	Raw Material	555	22.10
2	Pengelasan 40 ampere	395	3.70
3	Pengelasan 60 ampere	511	19
4	Pengelasan 75 ampere	523	21.2

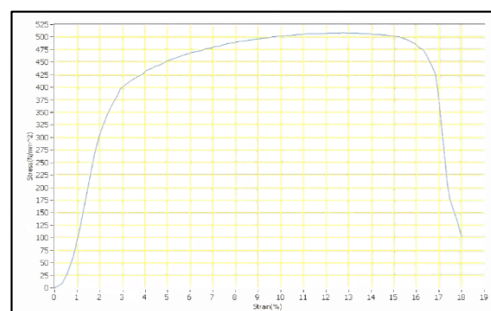
Kurva tegangan-egangan spesimen uji ditunjukkan pada Gambar 1, 2 dan 3. Terlihat pada gambar tersebut, jika pada kuat arus 40A, material mengalami regangan yang rendah. Hal ini menunjukkan adanya patah getas. Hasil ini berbeda dengan pengelasan dengan kuat arus 60 dan 75A. Besarnya regangan pada kedua kuat arus pengelasan tersebut menunjukkan patah ulet.



Gambar 1. Grafik tegangan-regangan pengelasan 40 A spesimen 1



Gambar 2. Grafik tegangan-regangan pengelasan 60 A Spesimen 1



Gambar 3. Grafik tegangan-regangan pengelasan 75 A Spesimen 1

Hasil pengujian kekerasan pada daerah lasan ditunjukkan pada Tabel 3, 4 dan 5. Terlihat distribusi kekerasan pada daerah lasan bervariasi. Variasi nilai kekerasan tersebut menunjukkan kekerasan pada daerah *weld metal*, *HAZ* sedangkan pada bagian *weld metal* dan *HAZ* sedikit lebih tinggi. Jika dibandingkan dengan hasil kekuatan tariknya, hal ini sangat kontradiktif. Meskipun demikian rendahnya kekuatan tarik sementara kekerasannya tinggi

dan *base metal*. Distribusi kekerasan pada daerah lasan ditunjukkan pada Gambar 4, 5 dan 6. Nilai kekerasan pada daerah *base metal* yaitu yang jauh dari *centerline* sangat rendah,

disebabkan oleh adanya porositas. Kuat arus 40A menghasilkan porositas yang besar, sehingga kekuatan tariknya menjadi rendah.

Tabel 3. Nilai kekerasan mikro masukan arus 40 ampere

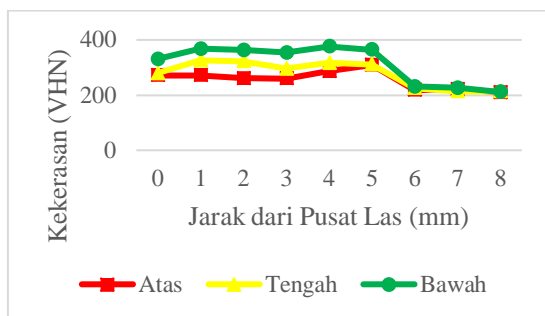
Bagian	Weld metal			HAZ			Base metal		
Atas	271	271	261	260	286	309	218	222	210
Tengah	280	326	323	296	317	311	225	213	214
Bawah	330	367	363	354	376	364	231	226	211

Tabel 4. Nilai kekerasan mikro masukan arus 60 ampere

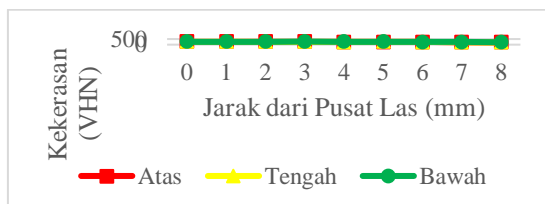
Bagian	Weld metal			HAZ			Base metal		
Atas	249	250	251	249	244	242	222	210	211
Tengah	251	257	255	248	246	249	226	212	215
Bawah	263	261	265	277	252	254	228	223	214

Tabel 5. Nilai kekerasan mikro masukan arus 75 ampere

Bagian	Weld metal			HAZ			Base metal		
Atas	235	238	234	250	253	239	218	200	205
Tengah	234	256	250	246	244	251	200	202	211
Bawah	253	262	260	268	274	269	221	213	214



Gambar 4. Distribusi nilai kekerasan mikro masukan arus 40 ampere

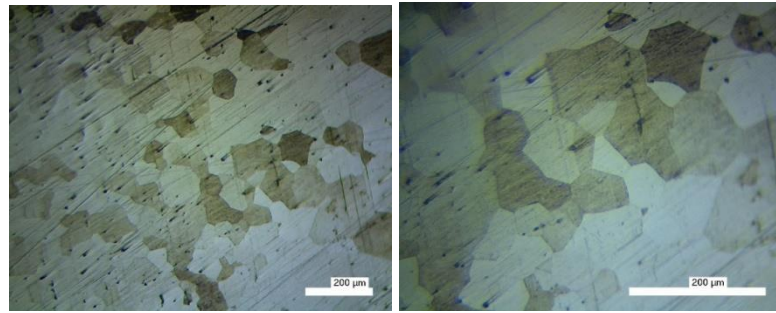


Gambar 5. Distribusi nilai kekerasan mikro masukan arus 60 ampere

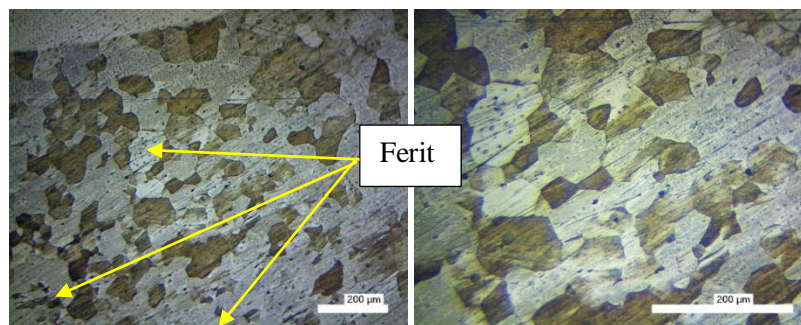


Gambar 6. Distribusi nilai kekerasan mikro masukan arus 75 ampere

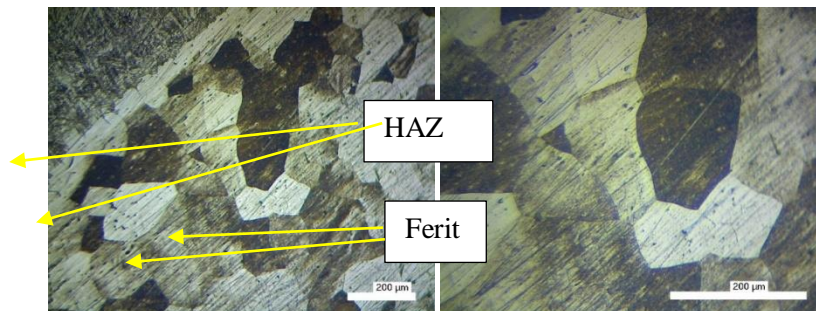
Gambar 8, 9, 10, 11, 12 dan 13 menunjukkan struktur mikro pada daerah *base metal* dan lasan. Terlihat ukuran butir pelat sebelum dilas lebih kecil dibandingkan dengan daerah lasan. Pengkasaran butir yang terjadi pada daerah lasan dimungkinkan karena terjadinya fenomena pertumbuhan butir. Hal ini wajar terjadi sebagai akibat dari pengelasan yang dilakukan adalah 2 tahap, sehingga pengelasan tahap kedua menyebabkan butir menjadi tumbuh. Meskipun demikian, fasa akhir pada daerah *weld metal* masih menunjukkan fasa ferit. Fakta ini menunjukkan meskipun elektroda lasan yang digunakan adalah baja tahan karat austenit, fasa akhir pada daerah tersebut tidak mengalami perubahan. Perubahan yang terjadi pada daerah *weld metal* hanyalah morfologi butirnya yang semula butir ekiaksial menjadi dendritik.



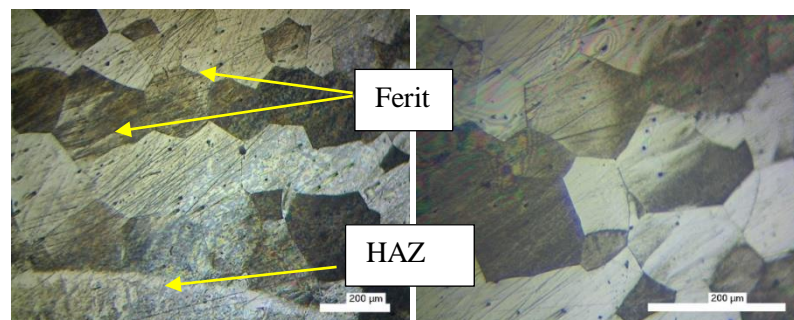
**Gambar 3.7** Struktur mikro perbesaran 100x dan 200x daerah *base metal*



**Gambar 3.8** Struktur mikro perbesaran 100x dan 200x daerah HAZ dengan arus 40 A

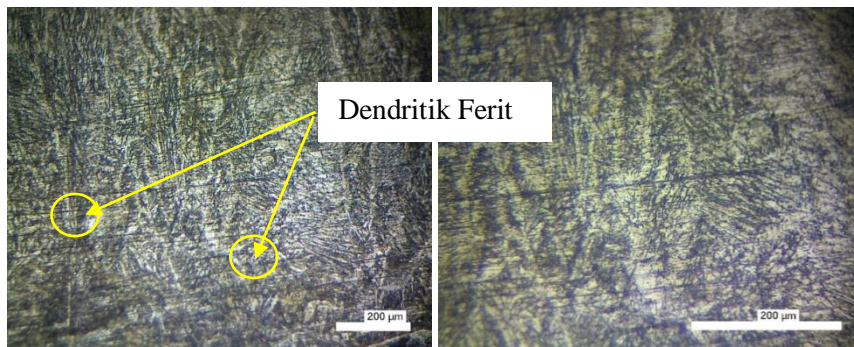


**Gambar 3.9** Struktur mikro perbesaran 100x dan 200x daerah HAZ dengan arus 60 A

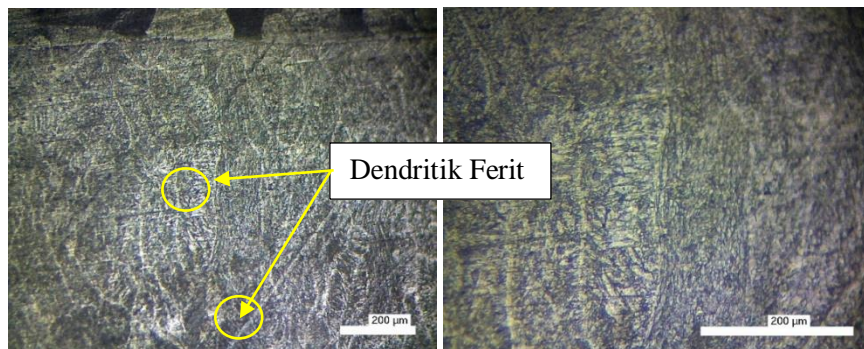


**Gambar 3.10** Struktur mikro perbesaran 100x dan 200x daerah HAZ dengan arus 75 A

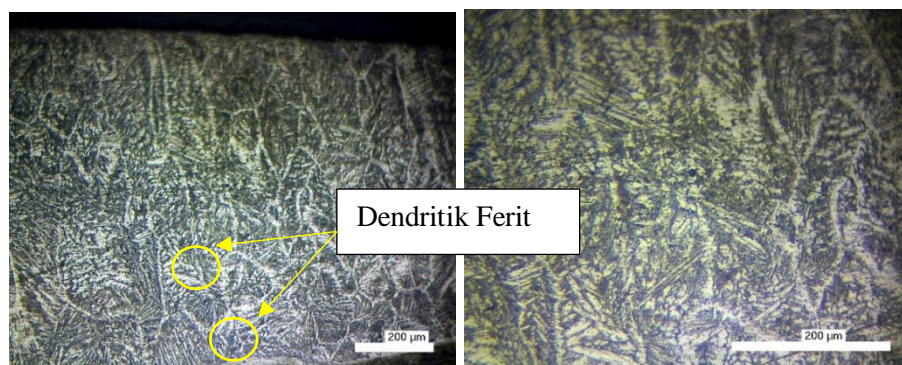




**Gambar 3.11** Struktur mikro perbesaran 100x dan 200x daerah *weld metal* dengan arus 40 A



**Gambar 3.12** Struktur mikro perbesaran 100x dan 200x daerah *weld metal* dengan arus 60 A



**Gambar 3.13** Struktur mikro perbesaran 100x dan 200x daerah *weld metal* dengan arus 75 A

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil yang diperoleh dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin tinggi arus pengelasan, nilai tegangan semakin bertambah, dan nilai regangan semakin bertambah. Pada arus pengelasan 40 Ampere terjadi cacat porositas sehingga mengalami patah di bagian pengelasan, dan nilai tegangan regangan menurun.
2. Struktur mikro pada daerah HAZ, semakin tinggi nilai arus pengelasan, ukuran batas butir semakin besar yang membuat nilai kekerasan menurun, hal ini sesuai dengan hasil uji nilai kekerasan yang semakin rendah.

Pada daerah *weld metal*, semakin tinggi nilai arus pengelasan maka keberadaan dendrit semakin banyak. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi

arus pengelasan maka heat input yang diterima material lebih tinggi sehingga menghasilkan struktur mikro seperti aliran batas butir yang disebut dendrit.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

1. American Society for Metal Handbook, 1993, "*Welding Brazing and Soldering*".
2. American Society for Testing and Materials E92 - 82, 1997, "*Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials*".
3. American Society for Metal Handbook vol.9, 1985, "*Metallography and Microstructure*".
4. American Society for Metal Handbook vol.10, 1986, "*Materials Characterizations*".