

ANALISA HASIL PENGELASAN GTAW STAINLESS STEEL 304

*Reny Afriany, Asmadi, Rita Djunaidi, Catur Prasetya
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas IBA, Palembang
) reny.afriany@yahoo.com

ABSTRAK

Baja tahan karat termasuk baja paduan tinggi, sehingga pengelasan pada baja ini sangat dipengaruhi oleh panas atau atmosfer pengelasan. Penggunaan baja tahan karat pada konstruksi pengelasan dapat dilakukan dengan beberapa metode pengelasan, salah satunya adalah pengelasan GTAW (*gas metal arc welding*). Penelitian bertujuan untuk melihat kekuatan tarik dan kekerasan pada daerah sambungan las, daerah HAZ (*heat affected zone*) dan daerah *base metal* SS 304 setelah proses pengelasan. Pada penelitian ini, kualitas hasil pengelasan dilihat dengan pengujian mekanik yaitu dengan pengujian tarik dan kekerasan. Hasil pengujian kekuatan tarik setelah pengelasan menunjukkan nilai sebesar 75,5 kgf/mm², terjadi peningkatan 27% dari kekuatan tarik sebelum dilas. Pengujian kekerasan menunjukkan kekerasan pada daerah las dan *base metal* relatif sama, namun pada daerah HAZ terjadi peningkatan kekerasan rata-rata sebesar 6%. Berdasarkan hasil tersebut, kualitas rata-rata pengelasan dapat dikategorikan baik karena proses pengelasannya juga sesuai dengan WPS (*welding procedure specifications*).

Kata kunci: pengelasan GTAW, *stainless steel* 304, uji tarik, uji kekerasan

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi serta kebutuhan untuk menghasilkan konstruksi yang kuat menjadikan teknik pengelasan menjadi pilihan utama dalam pembangunan konstruksi. *Stainless steel* AISI 304 adalah salah satu jenis *stainless steel* yang umum dipakai pada dunia industri karena memiliki sifat mekanik yang cukup kuat, tahan terhadap korosi, mampu mencegah kontaminasi dan mudah dibersihkan. Kelebihan ini meningkatkan penggunaannya seperti pada alat kesehatan, kaleng pengemas makanan dan minuman, mesin produksi pengolah makanan dan minuman. Setiap penggunaan *stainless steel* tidak lepas dari proses penyambungan dengan pengelasan. *Stainless steel* adalah salah satu logam yang banyak digunakan pada konstruksi pengelasan karena *stainless steel* dapat di las dengan berbagai metode las. Hasil las yang memiliki kualitas baik perlu untuk menunjang konstruksi yang kuat, aman dan tahan lama. Hasil pengelasan yang baik secara visual, belum tentu memiliki struktur yang baik. Oleh karena itu, untuk mengetahui apakah hasil pengelasan tersebut telah memenuhi kriteria harus ada pengukuran atau pengujian hasil las.

Bentuk struktur mikro bergantung pada temperatur tertinggi yang dicapai selama proses pengelasan, kecepatan pengelasan dan laju pendinginan yang dicapai selama proses pengelasan. Daerah logam yang mengalami perubahan struktur akibat pemanasan ini dikenal dengan daerah panas atau *Heat Affected Zone* (HAZ). Perubahan struktur mikro pada daerah panas ini dan keterampilan juru las dalam proses las serta penentuan jenis dan parameter las yang tepat akan sangat menentukan kualitas hasil las.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas hasil pengelasan GTAW *stainless steel* 304 pada sambungan jenis *butt joint* dan untuk mengetahui pengaruh sifat mekanik pada *stainless steel* 304 setelah pengelasan.

1.3. Pembatasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah pemeriksaan hasil las tak merusak hanya ditinjau dengan uji visual dan sifat mekanik hanya melihat sifat kekerasan dan kekuatan tarik.

2. LANDASAN TEORI

Tarigan 2016 melakukan pengelasan SMAW pada SS 304 dengan memvariasikan arus pengelasan dan diameter elektroda. Hasil menunjukkan semakin besar arus dan diameter elektroda maka porositas akan semakin meningkat.

Nasal 2016 melakukan penelitian mengenai pengaruh variasi arus las SMAW terhadap kekerasan. Setiap penambahan arus akan meningkatkan nilai kekerasan di daerah las karena adanya peningkatan jumlah struktur mikro dendrite. Namun pada daerah HAZ mengalami penurunan kekerasan karena struktur mikro ferit membesar pada temperatur tinggi.

Aminuddin 2017 melakukan variasi tegangan pada pengelasan GTAW baja tahan karat austenitik. Hasil menunjukkan bahwa daerah aman ada pada tegangan 8 V dan 10 V.

2.1. Austenite Stainless Steel

Baja tahan karat austenit tersusun dari beberapa bahan, yaitu 16% kromium, 7% nikel, dan nitrogen. Sifat jenis baja ini yaitu: memiliki kekuatan dan ketahanan suhu yang baik pada suhu tinggi maupun suhu rendah, serta memiliki ketahanan terhadap korosi lebih baik daripada jenis ferritik dan martensitik. Tipe seri SS yang masuk dalam kategori *austenitic*, yaitu seri SS 300 dan seri SS 200 diantaranya 201,304, 316. Perbedaan seri ini dipengaruhi oleh perbedaan komposisi metalurginya, yang akhirnya karakteristiknya pun ikut berbeda pula. Seri SS 300 lebih tahan karat jika dibandingkan seri SS 200. Namun, seri SS 200 memiliki harga yang lebih murah dibandingkan dengan tipe SS 300.

Tabel 2.1. Komposisi Kimia *Stainless Steel*

Compositions of AISI-SAE Standard Stainless Steels									
AISI Type (UNS)	Typical Composition (%)								
	Cr	Ni	C	Mn	Si	P	S	Mo	N
316 (S31600) Austenitic	16–18	10–14	0.08	2.0	0.75	0.045	0.030	2.0–3.0	0.10
302 (S30200) Austenitic	17–19	8–10	0.15	2.0	0.75	0.045	0.030	---	0.10
316L (S31603) Austenitic	16–18	10–14	0.03	2.0	0.75	0.045	0.030	2.0–3.0	0.10
303 (S30300) Austenitic	17–19	8–10	0.15	2.0	1.0	0.20	0.015 min	0.60 optional	---
304 (S30400) Austenitic	18–20	8–10.50	0.08	2.0	0.75	0.045	0.030	---	0.10
304L (S30403) Austenitic	18–20	8–12	0.03	2.0	0.75	0.045	0.030	---	0.10
321 (S32100) Austenitic	17–19	9–12	0.08	2.0	0.75	0.045	0.030 [Ti, 5(C + N) min, 0.70 max]	---	0.10 max
430 (S43000) Ferritic	16–18	0.75 Ni	0.12	1.0	1.0	0.040	0.030	---	---
416 (S41600) Martensitic	12–14		0.15	1.25	1.0	0.060	0.15min	0.060 optional	---

2.2. Pengelasan *Stainless Steel*

Proses pengelasan merupakan kegiatan penyambungan logam melalui fase cair logam sebelum akhirnya membeku dan terjadi suatu sambungan. Proses panas terjadi pada 3 daerah, yaitu daerah las, daerah pengaruh panas dan daerah logam induk. Adanya perbedaan pendistribusian panas tersebut, maka akan terjadi perbedaan struktur mikro pada ketiga daerah lasan tersebut.

Baja tahan karat memiliki sifat berbeda dengan baja karbon maupun baja paduan rendah, hal ini tentu mempengaruhi sifat mampu lasnya. Pengelasan dengan elektroda terbungkus (SMAW), las GMAW dan las GTAW adalah cara yang sering digunakan dalam pengelasan baja tahan karat dibanding metode pengelasan yang lain. Baja tahan karat jenis austenit mempunyai sifat mampu las

lebih baik dibanding dengan baja tahan karat jenis martensit dan feritik. Namun pada pendinginan lambat dari temperatur 680°C ke 480°C akan terbentuk karbida khrom yang mengendap di antara butir. Endapan ini terjadi pada temperatur sekitar 650°C dan menyebabkan penurunan sifat tahan karat dan sifat mekaniknya.

2.3. Pemeriksaan Daerah Las

Kualitas pengelasan pada baja dapat kita periksa dengan pengujian secara mekanik atau pengujian merusak maupun dengan pengujian tak merusak.

2.3.1. *Non-Destructive Test (NDT)*

Jenis pengujian NDT ini tidak merusak bagian konstruksi yang diuji. Pengujian jenis ini untuk mengetahui cacat luar maupun cacat dalam. Ada beberapa jenis pengujian yang termasuk dalam kelompok ini, yaitu: uji visual, radiografi, ultrasonik, serbuk magnet, penetran dan elektromagnet.

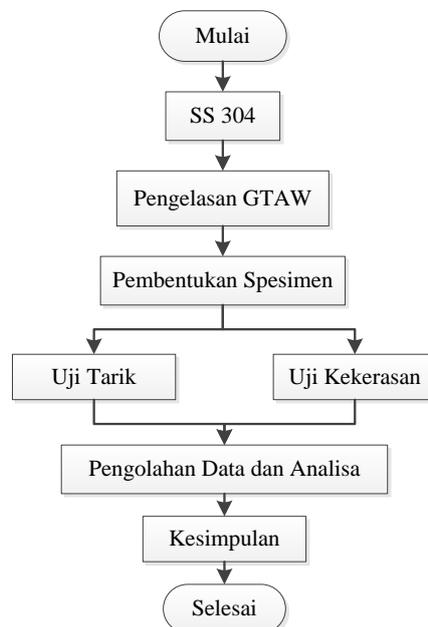
2.3.2. *Destructive Test (DT)*

Pengujian jenis ini adalah dengan merusak spesimen las. Pengujian mekanik seperti uji tarik, uji ketangguhan atau uji kekerasan menjadi salah satu pilihan. Pengujian yang paling baik adalah menguji konstruksi yang sebenarnya, namun menguji spesimen dapat juga dilakukan untuk melihat kesamaan antara logam induk dan logam pada daerah pengelasan.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Prosedur Penelitian

Tahapan kerja pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada diagram alir berikut :



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.2. Alat dan Bahan

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Plat *stainless steel* 304 dengan tebal 6 mm
2. Filler yang digunakan yaitu ER.308 dengan diameter 2,4 mm
3. *Tungsten Electrode* AWS a5

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

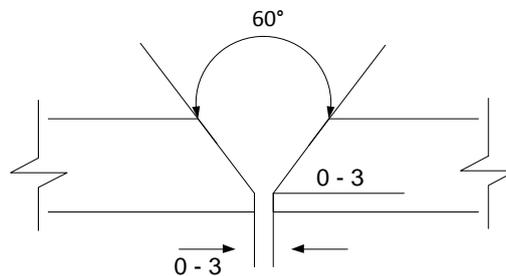
1. Mesin Las GTAW
2. Mesin uji tarik
3. Mesin uji kekerasan *Vickers*

3.3. Proses Pengelasan

Pada pengelasan GTAW atau juga sering disebut *Tungsten Inert Gas* (TIG), elektroda *tungsten* yang digunakan tidak ikut melebur, yang melebur adalah bahan pengisi (*filler*) ER.308 biasa disebut *welding rod*. Busur listrik terjadi antara elektroda dan plat baja, sedangkan *shielding gas* digunakan untuk melindungi elektroda dan logam cair.

3.3.1. Persiapan Benda Uji

Sambungan yang digunakan adalah tipe *butt joint*. Plat baja yang telah dipotong, kemudian dibuatkan kampuh las V tunggal, karena pelat dengan ketebalan lebih dari 5 mm memerlukan kemiringan untuk proses las.



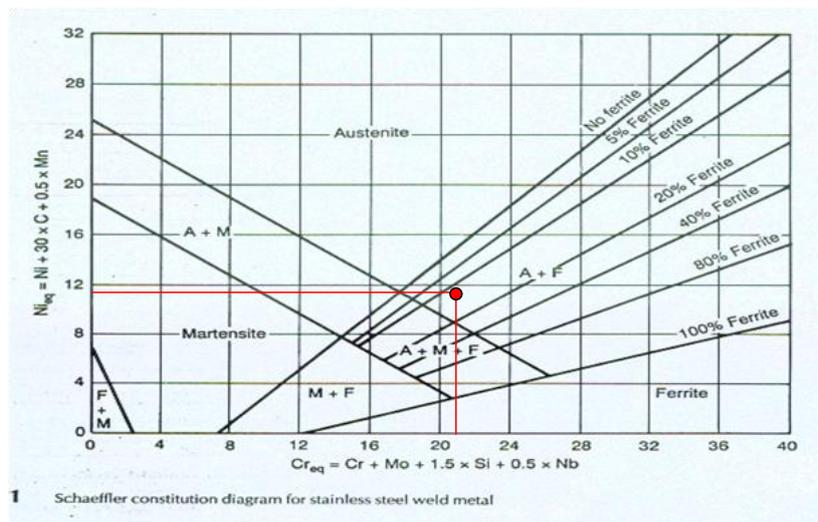
Gambar 3.2. Dimensi ukuran kampuh V tunggal

3.3.2. Penentuan *filler*

Diagram *Schaffler* dapat digunakan untuk menentukan material elektroda atau logam tambahan yang sesuai, agar dihasilkan logam las yang bebas retak. Perhitungan Cr-ekivalen dan Ni-ekivalen berdasarkan *stainless steel 304* adalah sebagai berikut:

Logam	Cr-E $\%Cr + \%Mo + 1,5x\%Si + 0,5x\%Nb$	Ni-E $\%Ni + 30x\%C + 0,5x\%Mn$
E308	$19,9 + 0,11 + 1,5 (0,38) + 0,5(0) = 21,08\%$	$9,5 + 30 (0,05) + 0,5 (1,5) = 11,75 \%$

Data diatas kemudian diplotkan pada diagram *Schaffler*, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3.



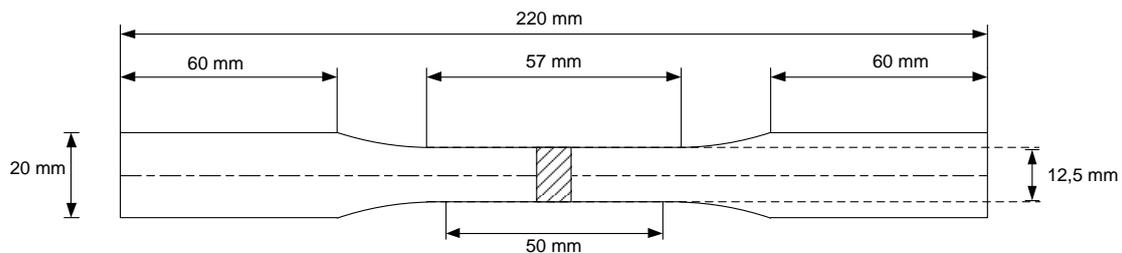
Gambar 3.3. Diagram *Schaffler*

3.3.3. Parameter Pengelasan

Pengelasan dilaksanakan sesuai dengan WPS (Welding Procedure Specifications). Parameter yang ditentukan antara lain : tidak menggunakan pemanasan mula (pre-heat), diameter elektroda ER-308, arus 70-95 Ampere dan tegangan 15-16 Volt.

3.4. Pengujian Tarik

Material hasil las dibentuk menjadi spesimen menurut standar ASTM E8 seperti pada Gambar.3.4.



Gambar 3.4. Spesimen uji tarik *butt joint*

Sifat mekanik yang dapat diketahui dari pengujian tarik yaitu:

1. Kekuatan (*strength*) :
 - a. kekuatan tarik
 - b. batas luluh
2. Keuletan (*ductility*) :
 - a. perpanjangan (elongation)
 - b. reduksi penampang
3. Modulus elastisitas

Rasio tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) adalah konstan

$$\text{Stress } (\sigma) = \frac{F}{A} \quad \dots(1)$$

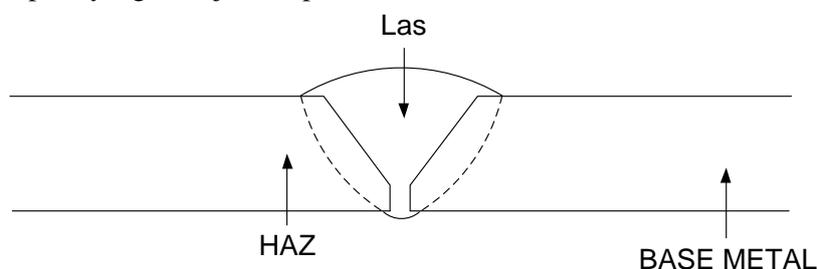
$$\text{Strain } (\epsilon) = \frac{\Delta L}{L_0} \quad \dots(2)$$

dimana :

- F : Gaya tarik (N)
- A : Luas Penampang (mm²)
- ΔL : Pertambahan Panjang (mm)
- L₀ : Panjang awal (mm)

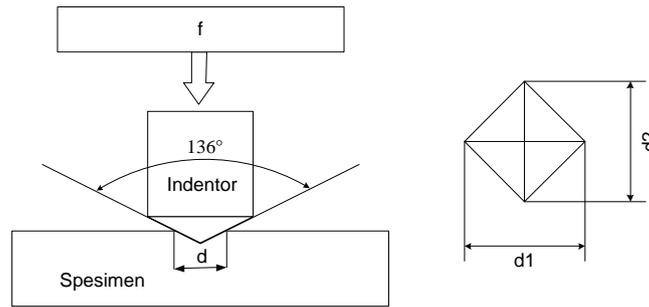
3.5. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan Vickers dilakukan pada 3 daerah, yaitu *base metal*, daerah las dan daerah HAZ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Daerah pengujian Vickers *butt joint*

Pengujian mengacu pada standar ASTM E384, seperti tampak pada Gambar 3.6. dengan beban uji yang diterapkan sebesar 30 kgf selama 30 detik.



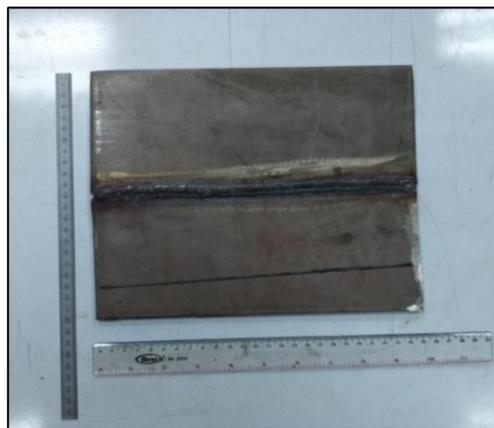
Gambar 3.6. Pengujian Vickers ASTM E384

Skala kekerasan *Vickers* dicari dengan persamaan berikut :

$$HV = \frac{\text{beban}}{\text{luaspenekan}} 1,854 \frac{P^2}{D^2} \dots(3)$$

4. HASIL

Hasil las GTAW pada pengelasan SS 304 dengan jenis sambungan *butt joint* terlihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Hasil Pengelasan *butt joint*

4.1. Uji Tarik

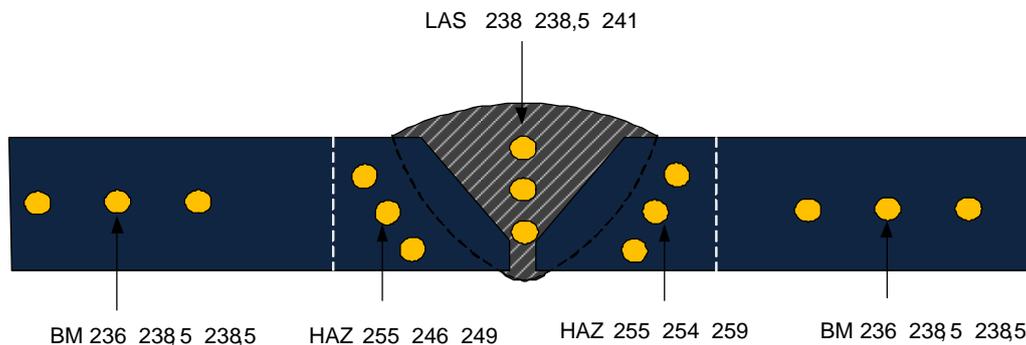
Dengan memakai perhitungan pada persamaan 1 dan 2, hasil uji tarik pada 3 spesimen ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Uji Tarik

Kode	ΔL	σU	ϵ	F Max	F Yield	E
Spesimen	mm	kgf/mm ²	%	kgf	kgf	kgf/mm ²
BJ 1	26	75,6	52	5670	2950	145,38
BJ 2	23	75	46	5625	3150	163,04
BJ 3	24	76	48	5700	2916	158,83
Rata - rata		75,5	48,67	5665		155,75

4.2. Uji Kekerasan

Dengan memakai persamaan 3, hasil uji kekerasan pada spesimen las ditunjukkan pada Gambar 4.2. dan Tabel 4.2.



Gambar 4.2. Posisi Titik Uji Kekerasan

Tabel 4.2. Hasil Uji Kekerasan

No.	Daerah	HVN
1	BM	236
2	BM	238,5
3	BM	238,5
4	HAZ	255
5	HAZ	246
6	HAZ	249
7	Filler	238
8	Filler	238,5
9	Filler	241
10	HAZ	255
11	HAZ	254
12	HAZ	259
13	BM	238,5
14	BM	238,5
15	BM	243
	Rata-rata	242,1333

5. ANALISA

Hasil las SS 304 jika diamati secara visual dengan bantuan indera penglihatan terlihat pada daerah las tidak tampak cacat las pada permukaan material. Hanya pada bagian HAZ terdapat sedikit deformasi yang dimungkinkan karena pengaruh arus pada saat pengelasan yang sedikit tinggi.

Kualitas pengelasan yang ditinjau dengan pengujian mekanik pada penelitian ini sangat dipengaruhi oleh komposisi kimia dan struktur. Hubungan antara komposisi kimia dalam bentuk ekuivalen Cr dan ekuivalen Ni serta struktur mikro yang terjadi ditunjukkan dengan diagram *Schaffler*. Pemilihan elektroda ER 308 sudah tepat, karena dari hasil plot persentase ekuivalen Cr dan ekuivalen Ni pada Gambar 3.3 menunjukkan komposisi *filler* atau struktur logam las berada

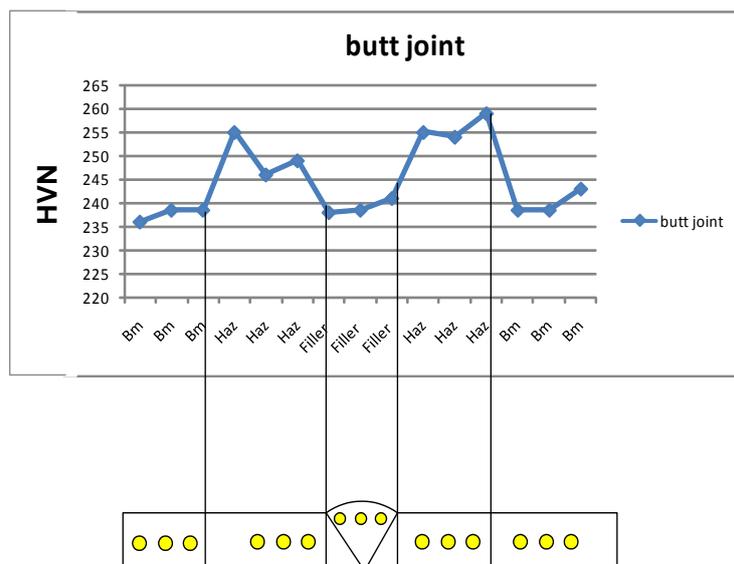
di daerah aman untuk pengelasan SS304. Struktur yang terbentuk adalah austenite dan ferit. Struktur austenit akan meningkatkan kemungkinan terjadinya retak panas, namun dengan kandungan ferit dalam perhitungan ini yang diatas 10% kemungkinan terjadinya retak akan sangat berkurang. Berdasarkan hal tersebut, pada baja tahan karat austenit jangan dilakukan pemanasan mula atau hindari masukan panas yang tinggi untuk menghindari endapan antar butir dari karbida khrom.

Kekuatan tarik SS 304 pada penelitian ini adalah 55 kgf/mm². Hasil uji tarik hasil las spesimen SS 304 menunjukkan rata-rata nilai kekuatan tarik 75,5 kgf/mm², terdapat kenaikan sekitar 27% dari sebelum dilas. Dilihat dari daerah putus yang berada di daerah konsentrasi tegangan paling tinggi yaitu di antara daerah HAZ dan *base metal* dengan putus ulet dan bukan putus di daerah las, maka dapat dikatakan pada sambungan las kualitasnya baik. Posisi putus las terlihat pada Gambar 5.1.



Gambar. 5.1. Posisi Putus Pengujian Tarik

Hasil pengujian kekerasan Vickers pada Tabel 4.2 dapat ditampilkan dalam grafik seperti pada Gambar 5.2. Terlihat kekerasan rata-rata paling tinggi ada pada daerah HAZ. Ini dapat terjadi karena daerah HAZ bersebelahan dengan daerah las yang artinya paling terpengaruh proses siklus termal pemanasan dan pendinginan. Laju pendinginan di daerah HAZ lebih cepat sehingga butir yang terbentuk juga lebih kecil yang artinya meningkatkan kekuatan.



Gambar 5.2. Grafik Hasil Pengujian Kekerasan

6. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil pengelasan secara visual tidak terindikasi cacat pada area permukaan lasan.
2. Pemilihan filler lasan ER308 sudah tepat karena terletak di daerah aman pada digram Schaffler.
3. Pada pengujian mekanik, uji kekerasan menghasilkan nilai kekerasan tertinggi sebesar 242,13 HVN di daerah HAZ.
4. Pada pengujian tarik daerah putus ada di antara daerah HAZ dan base metal. Tegangan tarik rata-rata sebesar 75,5 kgf/mm² dan elongasi 48,67%.

DAFTAR PUSTAKA

American Society for Metals. *Metal Handbook* 8th Vol 11. Ohio

Aminuddin. 2017. *Analisa Pengaruh Variasi Tegangan terhadap Kualitas Sambungan Hasil Pengelasan GTAW pada Material SA 266 GR2N with Clad Inconel 625 (tube sheet) dengan SA 213 TP 304 (tube)*. Tugas Akhir. ITS Surabaya

Nasrul, Yogi, dkk. 2016. *Pengaruh Variasi Arus Las SMAW terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik Sambungan Dissimilar SS304 dan ST37*. Jurnal Teknik Mesin. Volume 24 No.1.

Tarigan. 2016. *Analisa Hasil Pengelasan SMAW pada Stainless Steel AISI 304 dengan Variasi Arus Dan Diameter Elektroda*. Skripsi. USU Medan

Wiryo Sumarto, Harsono dan Okumura. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.