



**STUDI PENGARUH GAS FLOW RATE TERHADAP KEKUATAN TARIK,  
KEKERASAN DAN CACAT PADA PENGELASAN MAG BAJA ASTM A 53**

Oleh

Ziedan Aditya<sup>1</sup>, Togik Hidayat<sup>2</sup>, Pelangi Eka Yuwita<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nahdlatul  
Ulama Sunan Giri

Email: <sup>1</sup>[ziedanaditya73@gmail.com](mailto:ziedanaditya73@gmail.com), <sup>2</sup>[togikhidayat@gmail.com](mailto:togikhidayat@gmail.com),  
<sup>3</sup>[pelangi.ardata@gmail.com](mailto:pelangi.ardata@gmail.com)

**Abstract**

*The selection of the type of welding is determined based on the type of steel, the tensile strength which is influenced by the carbon content, and the shielding gas used to minimize the occurrence of welding defects. The effect of large/small gas flowrate on Metal Active Gas (MAG) welding has an effect on the quality of welding results and welding defects. This study aims to determine the effect of gas flow rate MAG welding on tensile strength, hardness and welding defects in ASTM A53 steel. This research is a laboratory experimental study of variations in gas flow rate of MAG welding and then tested for tensile strength with a tensile tester, testing for hardness with a Rockwell harness test, testing for welding defects using a liquid penetrant test. Welding tensile strength based on the average value of the highest modulus of elasticity (E) is the specimen with MAG welding treatment with a gas flow rate variation of 25 liters/minute, which is 22.04 N/. The hardness value of the weld metal shows the highest average HRB value in MAG welding with a gas flow rate variation of 25 liters/minute which has an average value of 86.06 HRB. The metal hardness value in the Heat Affected Zone shows the highest average HRB value in MAG welding with a gas flow rate variation of 25 liters/minute which has an average value of 84.65 HRB, the hardness value in the base metal area shows the highest average value in MAG welding with a gas flow rate variation of 25 liters/minute which has an average value -average 82.92 HRB. The results of the welding defect test show that for all variations of the types of welding defects that arise are porosity, undercut, lack of penetration and spatter.*

**Keywords:** *Welding Defect, Gas Flow Rate, Hardness, Tensile Strength, MAG steel ASTM A 53*

**PENDAHULUAN**

Kabupaten bojonegoro merupakan salah satu kabupaten di provinsi jawa timur yang terkenal pada sector industri minyak dan gas bumi atau merupakan daerah dengan kekayaan alam berupa mineral bumi dan gas yang melimpah di Indonesia. Proses pengolahan mineral bumi dan gas memerlukan beberapa peralatan khusus dengan spesifikasi tertentu baik dari mutu material atau parameter proses pengerjaannya. Peralatan dalam proses pengolahan minyak dan gas bumi memerlukan spesifikasi dalam komposisi dan parameter

pengerjaannya seperti boiler, benjana tekan dan pipa bertekanan.

Peralatan dalam proses pengolahan mineral bumi dan gas yang memerlukan parameter pengerjaan khusus salah satunya adalah proses penyambungan pipa bertekanan, dimana sambungan pipa bertekanan memiliki kualifikasi khusus pada hasil pengerjaannya seperti kualitas sambungan harus minimal sama dengan kualitas material induk, bebas dari porositas, dan beberapa cacat pengelasan lainnya. Material yang banyak digunakan untuk pipa bertekanan adalah baja karbon sedang ASTM A 53 dimana proses penyambungan



pipa bertekanan dilakukan dengan proses panas pengelasan, parameter proses pengelasan sangatlah berpengaruh dalam menghasilkan sambungan dengan kualitas yang baik.

Proses pengelasan yang banyak digunakan untuk pengerjaan bahan baja karbon sedang ASTM A 53 yang diaplikasikan pada pipa bertekanan adalah *Metal Active Gas* (MAG). Pemilihan jenis pengelasan ditentukan berdasarkan jenis baja untuk pipa tekan, rentang kekuatan tarik dan kekuatan luluh, yang dipengaruhi oleh kandungan karbon, dan gas lindung yang digunakan untuk meminimalisir terjadinya cacat pengelasan. Baja ASTM A53 memiliki komposisi material karbon 0,30 %, mangan 1,20 %, fosfor 0,05%, belerang 0,045%, tembaga 0,40%, nikel 0,40%, cromium 0,40%, molybdenum 0,15%, vanadium 0,08%. memiliki sifat mekanis baik, temperatur deformasi kecil, mampu las (*weldability*), anti-kelelahan (*fatigue*) dan kualitas permukaan yang baik, baja ASTM A 516 *Grade 70* banyak digunakan untuk *boiler* dan bejana tekan (Macsteel,2000).

Proses pengerjaan pipa bertekanan yang memerlukan parameter khusus dalam pengerjaannya kerana dapat mempengaruhi sifat mekanis dan terjadinya cacat adalah pada proses pengelasan. Hasil pengelasan MAG tidak selalu menunjukkan kualitas hasil yang baik ataupun masih terdapat cacat pada hasil pengelasannya. Faktor yang mempengaruhi kualitas hasil pengelasan MAG selain tergantung pada pengerjaan lasnya, juga sangat tergantung kepada persiapan sebelum pelaksanaan pengelasan antara lain; pengetahuan tentang sifat-sifat bahan yang akan dilas, pemilihan jenis polaritas mesin las, pemilihan jenis elektroda/ *wire*, besar arus las, *gas flow rate*, kecepatan pengelasan dan lain-lainya.

Pengaruh nilai besar/ kecilnya *gas flowrate* pengelasan MAG sangat berpengaruh pada kualitas hasil pengelasan dan cacat pengelasan yang terjadi. Pegujian densitas dan porositas pengelasan paduan alumunium 5083 menunjukkan nilai densitas (kerapatan) yang

paling kecil terjadi pada laju alir gas 12 liter/menit dengan nilai 2.2 gram/cm<sup>3</sup>. *sedangkan* nilai densitas tertinggi terjadi pada laju alir gas 38 liter/menit dengan nilai 2.5 g/cm<sup>3</sup>, pada porositas nilai porositas tertinggi terjadi pada laju alir gas 12 liter/menit dengan nilai 0,458%, *sedangkan* nilai terendah terjadi pada laju alir gas 38 liter/menit dengan nilai 0,190% (Junus, 2011).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *gas flow rate* pengelasan MAG terhadap kekuatan tarik, kekerasan dan cacat pengelasan pada baja ASTM A53 yang diaplikasikan pada pembuatan boiler dan bejana tekan dalam proses pengolahan minyak dan gas bumi di kabupaten bojonegoro. adapun parameter pembatas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Benda kerja
  - Benda kerja menggunakan baja ASTM A 53 yang dianggap homogen tanpa mengalami perlakuan sebelumnya.
2. Kondisi lingkungan pengelasan/ benda kerja
  - a. Pengaruh kondisi lingkungan dala proses pengelasan MAG seperti tekanan udara dalam ruangan, panas ruangan dianggap tidak berpengaruh.
  - b. Pengotor atau material asing yang masuk selama proses pengelasan dianggap tidak ada atau diabaikan.
3. Kuat arus / *amphere*
  - Parameter-parameter las seperti tegangan listrik, sudut pengelasan dianggap konstan.
4. Hasil pengelasan
  - Hasil pengelasan dianggap homogen antara arah kanan dan kiri.

## LANDASAN TEORI

Pengaruh variasi arus dan sudut pengelasan pada material austenitic stainless steel 304 terhadap sifat mekanis berupa kekuatan tarik dan struktur makro sebuah material dapat diketahui melalui cara *experiment* labolatorium dimana material dipotong menggunakan mesin gerinda dengan aliran coolant supaya tidak

<http://ejurnal.binawakya.or.id/index.php/MBI>



terjadi perubahan struktur baik dari sifat fisis maupun komposisi kimia. Setelah proses pemotongan material, variasi sudut kampuh (*groove*) dibentuk pada plat SS 304 sebesar  $45^\circ$  dan  $60^\circ$  dengan hasil uji laboratorium menunjukkan Karakterisasi sifat mekanik diperoleh dari pengujian tarik dan pengamatan makro untuk mengetahui perubahan daerah yang berbeda setelah dilakukan pengelasan. Berdasarkan hasil pengujian, spesimen benda uji dengan sudut pengelasan  $45^\circ$  besar beban maksimal ( $\sigma$ ) terjadi pada arus 85 A yaitu sebesar  $518 \text{ N/mm}^2$  dan memiliki tegangan luluh paling tinggi yaitu  $449 \text{ N/mm}^2$ . Kenaikan arus pengelasan menyebabkan *weld pool* yang lebih besar dan permukaan penampang samping terlihat jelas bentuk kampuh sampel pengelasan (Setyowati and Suheni, 2016).

#### I. Metodologi Penelitian<sup>3</sup>

Penelitian yang dilakukan adalah jenis penelitian *experiment* dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh *gas flow rate* pengelasan MAG terhadap kekuatan tarik, kekuatan dan porositas pada Baja ASTM A 53. Perancangan metodologi penelitian yang sistematis sangat diperlukan karena tiap tahap penelitian memiliki kaitan erat terhadap tahap selanjutnya. diharapkan penelitian akan lebih terarah untuk mencapai tujuan sebagaimana yang diharapkan. Desain Metodologi pada penelitian ini diuraikan sebagai berikut:

##### 1. Study Literatur

Study Literatur digunakan untuk menentukan kerangka dalam penelitian yang disesuaikan dengan tujuan penelitian yang ingin dicapai yaitu mengetahui pengaruh *gas flow rate* pengelasan MAG terhadap kekuatan tarik, Kekerasan dan cacat pengelasan pada Baja ASTM A53. Studi literature meliputi karakter Baja ASTM A53, pengelasan MAG, pengaruh *gas flow rate*, kekuatan tarik, kekerasan hasil pengelasan, cacat pengelasan, uji kekuatan tarik, uji kekerasan, uji cacat pengelasan yang diperoleh dari buku referensi dan

beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

##### 2. Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian ini meliputi beberapa kegiatan antara lain sebagai berikut :

a. Persiapan bahan, meliputi proses pemotongan bahan dan pembuatan kampuh menggunakan *gas cutting machine* dengan ketentuan pemotongan sesuai dengan *welding procedure specification* (WPS). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pipa baja ASTM A 53 dengan spesifikasi dimensi diameter 200 mm, tebal 8 mm yang diasumsikan memiliki sifat homogen berdasarkan sifat mekanis dan mikrostrukturnya.
2. Pipa baja ASTM A 53 dengan bentuk kampuh V dengan sudut  $90^\circ$ .

b. Persiapan peralatan, meliputi persiapan beberapa peralatan yang digunakan dalam penelitian yang mendukung proses pembuatan specimen uji dan proses uji tarik uji kekerasan dan porositas, peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Mesin las/ inverter MAG
- b. CO2
- c. *Gas cutting machine*
- d. *Welding gauge*
- e. Penjepit benda kerja
- f. Meja Las
- g. Lak warna
- h. *Stell marker*
- i. *Otomatic sawing machine*
- j. Gerinda Potong
- k. Sikat Baja
- l. Kertas Gosok

c. Persiapan mesin las MAG, meliputi pengaturan polaritas, pengaturan arus, pengaturan tegangan, pengaturan *gas flow rate*, persiapan elektroda dan perlengkapan mesin las lainnya.



- d. Persiapan pengelasan, persiapan peralatan keselamatan dan kesehatan, *setting* posisi pengelasan kerja dan WPS.
  - e. Persiapan alat uji tarik, meliputi persiapan alat uji tarik/ *tensile tester* dan pembuatan specimen sesuai dengan ketentuan Standart ASTM E8.
  - f. Persiapan uji kekerasan, meliputi persiapan alat uji kekerasan *Rockwell Hardnes Test* dan pembuatan specimen sesuai dengan ketentuan.
  - g. Persiapan uji porositas, meliputi persiapan alat uji *NDT Liquid Penetrant Test* dan pembuatan specimen sesuai dengan ketentuan.
  - h. Persiapan instrument analisis data, meliputi pengumpulan data spesifikasi Baja ASTM A 53, kekuatan tarik maksimum, kekerasan dan porositas pengelasan.
3. Pembuatan Spesimen Uji
- Pembuatan spesimen uji dalam penelitian ini di deskripsikan sebagai berikut
- a. Spesimen dengan pengelasan MAG posisi 1G, bentuk kampuh V, menggunakan elektroda ER70S-4 diameter 0.8 mm, arus 85 ampere, tegangan 16 Volt, dengan *gas flow rate* sebesar 15 liter/menit.
  - b. Spesimen dengan pengelasan MAG posisi 1G, bentuk kampuh V, menggunakan elektroda ER70S-4 diameter 0.8 mm, arus 85 ampere, tegangan 16 Volt, dengan *gas flow rate* sebesar 20 liter/menit.
  - c. Spesimen dengan pengelasan MAG posisi 1G, bentuk kampuh V, menggunakan elektroda ER70S-4 diameter 0.8 mm, arus 85 ampere, tegangan 16 Volt, dengan *gas flow rate* sebesar 25 liter/menit.
4. Uji Tarik ,Uji Kekerasan dan Uji Porositas
- a. Uji Tarik
- Uji tarik dalam penelitian ini dilakukan menggunakan *tensile tester* dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan maksimum tegangan dan regangan

material. Uji Tarik mengacu pada hasil yang keluar dari pengujian suatu material dengan cara menariknya hingga pada titik dimana material tersebut mengalami tegangan dan regangan maksimum hingga patah atau putus. Uji Tarik dilakukan pada spesimen Baja ASTM A 53 dengan variasi pengelasan pada *gas flow rate* sebesar 15 liter/menit, 20 liter/menit 25 liter/menit. dimana setiap spesimen dibuat dan disesuaikan sesuai standar ASTM E8.

b. Uji Kekerasan

Uji kekerasan material dilakukan untuk mengetahui angka kekerasan suatu bahan, mengetahui pengaruh perlakuan panas terhadap kekerasan bahan. dengan pengujian ini kita dapat dengan mudah mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material. Meskipun pengukuran hanya dilakukan pada suatu titik, atau daerah tertentu saja, nilai kekerasan cukup valid untuk menyatakan kekuatan suatu material. Dengan melakukan uji keras, material dapat dengan mudah di golongkan sebagai material ulet atau getas. Dalam penelitian ini pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan *Rockwell Hardnes test*. Pengujian kekerasan dengan *Rockwell Hardnes test* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap indentor berupa bola baja ataupun kerucut intan yang ditekan pada permukaan material uji / spesimen. yang dilakukan pada daerah logam las (*weld metal*), *Heat Affected Zone* (HAZ), dan logam induk (*base metal*).

c. NDT (*Non-Destructive Test*) Metode *Dye Penetrant*

*Dye penetrant* merupakan salah satu metoda pengujian jenis NDT yang relatif mudah dan praktis untuk dilakukan. Uji NDT *Dye penetrant* ini dapat digunakan untuk mengetahui *discontinuity* halus pada permukaan seperti retak, berlubang



atau kebocoran. Pada prinsipnya metoda pengujian NDT *Dye penetrant* memanfaatkan daya kapilaritas.

*Liquid penetrant* dengan warna tertentu (merah) meresap masuk kedalam *discontinuity*, kemudian *liquid penetrant* tersebut dikeluarkan dari dalam *discontinuity* dengan menggunakan cairan pengembang (*developer*) yang warnanya kontras dengan *liquid penetrant* (putih). Terdeteksinya diskontinuitas adalah dengan timbulnya bercak-bercak merah (*liquid penetrant*) yang keluar dari dalam *discontinuity*.

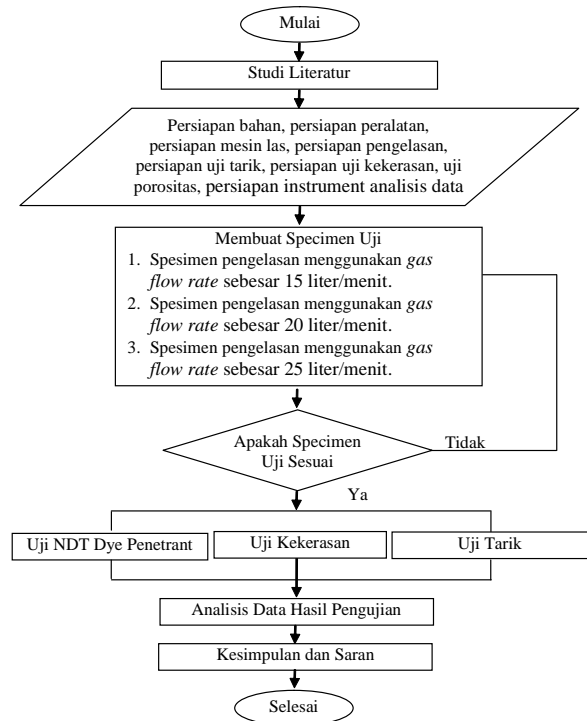
#### 5. Analisis Data

Analisis data dilakukan berdasarkan data hasil uji dianalisis sesuai spesifikasi Baja ASTM A 53 untuk mengetahui pengaruh variasi *gas flow rate* terhadap kekuatan tarik, kekerasan dan porositas. Analisis data dalam penelitian ini disajikan dalam bentuk gambar, tabel dan grafik untuk mempermudah dalam melakukan analisis data dan disesuaikan dengan kajian pustaka yang telah dikaji untuk dapat menyimpulkan hasil penelitian ini serta memberikan saran dalam penelitian.

##### 1) Analisis Data

Analisis data dilakukan berdasarkan data hasil uji tarik dan *uji impact* yang dianalisis sesuai spesifikasi Baja SG295 untuk mengetahui pengaruh variasi arus dan sudut pengelasan terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan. Analisis data dalam penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah analisis data dan disesuaikan dengan kajian pustaka yang telah dikaji untuk dapat menyimpulkan hasil penelitian.

Desain penelitian sesuai dengan tujuan yang akan dicapai. Proses awal sampai selesai terlaksananya penelitian/memperoleh kesimpulan yang sesuai disajikan dalam bentuk gambar *flowchart* sebagai berikut:



Gambar 1. *Flowchat* Pelaksanaan Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Uji Kekuatan Tarik

Uji tarik dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik hasil pengelasan MAG pada baja ASTM A53 dengan variasi *gas flow rate* 15 liter/menit, 20 liter/menit, 25 liter/menit, yang dilakukan dengan cara memberikan beban gaya berlawanan arah menggunakan *tensile tester*. Hasil uji tarik spesimen uji pengelasan MAG baja ASTM A53 dengan variasi *gas flow rate* 15 liter/menit, 20 liter/menit, 25 liter/menit, masing - masing ditunjukkan dalam tabel 1. berikut ini.

**Tabel 1. Data Hasil Uji Tarik**

Variasi	Spesimen	$\sigma$ Max	$\epsilon$	E
	No.	(N/mm <sup>2</sup> )	(%)	(N/mm <sup>2</sup> )
Pengelasan flow rate liter/menit	gas 1	577.98	26.44	21.86
	15 2	578.45	26.52	21.81
	3	578.38	26.59	21.75
<b>Rata-</b>				
<b>Rata</b>		<b>578.27</b>	<b>26.52</b>	<b>21.81</b>
Pengelasan flow rate liter/menit	gas 1	582.12	26.72	21.79
	20 2	581.85	26.68	21.81
	3	581.88	26.57	21.90
<b>Rata-</b>				
<b>Rata</b>		<b>581.95</b>	<b>26.66</b>	<b>21.83</b>
Pengelasan flow rate liter/menit	gas 1	588.78	26.84	21.94
	25 2	588.22	27.18	21.64
	3	588.98	26.12	22.55
<b>Rata-</b>				
<b>rata</b>		<b>588.66</b>	<b>26.71</b>	<b>22.04</b>

Kekuatan tarik dari hasil uji tarik menunjukan bahwa kekuatan tarik untuk semua variasi besar arus pengelasan menunjukkan nilai kekuatan tarik yang memenuhi spesifikasi standart tegangan tarik ( $\sigma$ ) dari baja ASTM A53 dengan kekuatan tarik standart material 475.64 N/mm<sup>2</sup> – 610.58 N/mm<sup>2</sup>.

Berdasarkan hasil uji tarik specimen pengelasan MAG pipa baja ASTM A53 dengan variasi *gas flow rate* 15 liter/menit, 20 liter/menit, 25 liter/menit, tegangan tarik yang menunjukan nilai rata-rata tegangan tarik ( $\sigma$ ) dengan nilai rata-rata tertinggi adalah pada specimen pengelasan MAG dengan variasi *gas flow rate* 25 liter/menit yaitu 588.66 N/mm<sup>2</sup> dan nilai rata-rata tegangan tarik ( $\sigma$ ) terendah adalah pada specimen uji pengelasan MAG dengan variasi *gas flow rate* 15 liter/menit yang mempunyai nilai tegangan tarik rata-rata 478.27 N/mm<sup>2</sup>.

Hasil uji tarik untuk semua variasi perlakuan penelasan di ketahui menunjukan pengujian tarik terhadap seluruh specimen uji untuk semua variasi perlakuan pengelasan menunjukan nilai untuk memenuhi spesifikasi nilai regangan ( $\epsilon$ ) pipa baja ASTM A 53 yang harus memiliki regangan ( $\epsilon$ ) tarik 17 %.

Nilai rata-rata nilai regangan ( $\epsilon$ ) yang dihasilkan dari pengujian specimen didapatkan nilai rata-rata regangan ( $\epsilon$ ) yang tertinggi adalah pada specimen pengelasan MAG variasi *gas flow rate* 25 liter/menit yaitu 26,71 % dari nilai rata-rata regangan ( $\epsilon$ ) terendah logam ASTM A53 adalah pada pengelasan MAG variasi *gas flow rate* 15 liter/menit dengan nilai rata-rata 26.52%.

Sifat mekanis bahan dalam penelitian ini yaitu ketahanan bahan untuk mengalami deformasi elastis ketika gaya diterapkan dapat kita lihat berdasarkan tabel 4.1 adalah berdasarkan pada nilai rata-rata modulus elastisitas (E) tertinggi adalah pada specimen dengan perlakuan pengelasan MAG variasi *gas flow rate* 25 liter/menit yaitu 22.04 N/mm<sup>2</sup>. Nilai rata-rata modulus elastisitas (E) terendah adalah pada specimen pengelasan MAG variasi *gas flow rate* 15 liter/menit yaitu 21.81 N/mm<sup>2</sup>. Sehingga dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa specimen pengelasan MAG variasi *gas flow rate* 25 liter/menit menunjukan peningkatan kekuatan tarik yang baik jika dibandingkan dengan sifat mekanis awal pipa baja ASTM A53.

#### Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan hasil pengelasan MAG material pipa baja ASTM A53 dengan variasi *gas flow rate* 15 liter/menit, 20 liter/menit, 25 liter/menit, dengan menggunakan *rockwell hardness test* dengan skala kekerasan HRB yang terdiri dari bagian logam las (*weld metal*), HAZ (*Heat Affected Zone*) dan logam induk (*base metal*). Dalam penelitian ini dilakukan pengujian terhadap 4 titik berbeda dengan hasil pengujian kekerasan disajikan dalam tabel 2. sebagai berikut.



**Tabel 2. Hasil uji kekerasan**

Daerah Pengujian	Titik Pengujian	Variasi		
		15 liter/menit	20 liter/menit	25 liter/menit
Logam Las	1	85.11	85.56	85.96
	2	85.57	85.28	86.22
	3	85.35	85.9	86.21
	4	85.18	85.86	85.84
	<b>Rata- Rata</b>	<b>85.30</b>	<b>85.65</b>	<b>86.06</b>
Heat Affected Zone (HAZ)	1	84.14	84.25	84.62
	2	84.15	84.24	84.38
	3	84.14	84.48	84.66
	4	84.14	84.58	84.92
	<b>Rata- Rata</b>	<b>84.14</b>	<b>84.39</b>	<b>84.65</b>
Logam Induk	1	82.18	82.64	82.91
	2	82.18	82.62	82.91
	3	82.17	82.64	82.92
	4	82.18	82.65	82.92
	<b>Rata- Rata</b>	<b>82.18</b>	<b>82.64</b>	<b>82.92</b>

Berdasarkan hasil uji kekerasan diketahui nilai kekerasan pada daerah logam las menunjukkan nilai HRB rata-rata tertinggi adalah pada pengelasan MAG dengan variasi *gas flow rate* 25 liter/menit yang memiliki nilai rata-rata 86,06 HRB sedangkan nilai rata-rata HRB logam las terkecil pada pengelasan MAG dengan variasi *gas flow rate* 15 liter/menit yaitu 85.30 HRB. Sehingga dapat diambil kesimpulan sifat mekanis yaitu kekerasan pada daerah logam las yang baik adalah pada pengelasan MAG dengan variasi *gas flow rate* 25 liter/menit.

Berdasarkan hasil uji kekerasan diketahui nilai kekerasan untuk logam daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) menunjukkan nilai HRB rata-rata tertinggi adalah pada pengelasan MAG dengan variasi *gas flow rate* 25 liter/menit yang memiliki nilai rata-rata 84,65 HRB sedangkan nilai rata-rata HRB logam las terkecil adalah pada pengelasan MAG dengan variasi *gas flow rate* 15 liter/menit yang memiliki nilai rata-rata 84,14 HRB. Sehingga dapat diambil kesimpulan sifat mekanis yaitu kekerasan pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) yang baik adalah pada pengelasan MAG dengan variasi *gas flow rate* 25 liter/menit.

Berdasarkan hasil uji kekerasan diketahui untuk logam induk (*Base Metal*) nilai HRB rata-rata tertinggi adalah pada pengelasan MAG dengan variasi *gas flow rate* 25

liter/menit yang memiliki nilai rata-rata 82,92 HRB. sedangkan nilai rata-rata HRB logam induk terkecil adalah pada pengelasan MAG dengan variasi *gas flow rate* 15 liter/menit memiliki nilai rata-rata yaitu 82,18 HRB.

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan maka peneliti dapat menarik kesimpulan berdasarkan nilai kekerasan HRB secara keseluruhan yang diperoleh pada logam las, HAZ (*Heat Affected Zone*), dan logam induk (*Base Metal*) bahwa terjadi perubahan nilai kekerasan hasil pengelasan MAG pada masing - masing variasi arus pengelasan. Nilai kekerasan tertinggi adalah pada logam las.

Peneliti juga melakukan analisis diluar instrument yang telah dibuat dalam penelitian bahwa terdapat beberapa penyebab atau faktor yang dapat memberikan pengaruh terhadap nilai kekerasan HRB yang dihasilkan dalam penelitian ini antara lain adalah komposisi bahan wire/ elektoda yang digunakan dan ketepatan suhu dalam proses pengelasan dimana dalam penelitian ini menggunakan jenis wire/ eletroda ER 70S-4.

**Uji NDT Dye Penetrant**

Hasil Uji NDT *Dye Penetrant* pengelasan MAG pipa ASTM A53 dengan variasi *gas flow rate* 15 liter/menit. Hasil NDT *Dye Penetrant* spesimen pengelasan MAG pipa ASTM A53 dengan variasi *gas flow rate* 15 liter/menit disajikan sebagai berikut

**Tabel 3. Indikasi cacat pengelasan pengelasan MAG dengan *gas flow rate* 15 liter/menit**

No	Ukuran (mm)	Jarak (mm)	Indikasi	Keterangan
1	2	3	Porosity	Accepted
2	3	2	Undercut	Accepted
3	2	2	Lack of penetratio	Accepted

Berdasarkan pengujian NDT *Dye penetrant* pada specimen pengelasan MAG pipa ASTM A53 dengan *gas flow rate* 15 liter/menit menunjukkan indikasi terjadinya cacat



pengelasan berupa *porosity*, *undercut* dan *lack of penetration*.

*Porosity* dalam pengelasan bisa terjadi karena proses pemadatan yang terlalu cepat. *Porosity* berupa rongga-rongga kecil berbentuk bola yang mengelompok pada lokasi- lokasi lasan. Terkadang terjadi rongga besar berbentuk bola yang tunggal atau tidak mengelompok. Rongga besar tersebut adalah *blow hole*. Pada specimen pengelasan dengan *gas flow rate* 15 liter/menit ini di analisis bahwa *porosity* terjadi karena adanya pendinginan las yang cepat dan terciptanya gas hidrogen akibat panas las. *Porosity* yang terjadi pada pengelasan dengan *gas flow rate* 15 liter/menit terjadi pada 1 bagian dengan ukuran 2 mm jarak 3 mm dan secara hasil pengelasan dapat disimpulkan bahwa hasil pengelasan *accepted*.

*Undercut* merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan sebuah alur (*groove*) benda kerja yang mencair dan terletak pada tepi/ kaki lasan (manik - manik las) di mana alur benda kerja yang mencair tidak terisi cairan las. *Undercut* menyebabkan *slag* terjebak di dalam alur yang tidak terisi oleh cairan las. Pada specimen pengelasan dengan *gas flow rate* 15 liter/menit ini di analisis bahwa *undercut* disebabkan oleh posisi elektroda saat pengelasan yang tidak tepat hal ini dilihat dari posisi *undercut* terjadi pada lokasi berhentinya pengelasan karena elektroda habis/*welder* memulai pengelasan. *Undercut* terjadi pada 1 titik dengan ukuran 3 mm dan jarak 2 mm, dan secara hasil pengelasan dapat disimpulkan bahwa hasil pengelasan *accepted*.

*Lack of penetration* terjadi karena logam las gagal mencapai *root* (akar) dari sambungan dan gagal menyambungkan permukaan *root* secara menyeluruh. Hal ini disebabkan karena kesalahan dalam memilih ukuran elektroda, arus listrik yang terlalu kecil, dan rancangan sambungan yang kurang memadai. *Lack of penetration* terjadi pada 1 titik dengan ukuran 2 mm dan jarak 2 mm dan secara hasil pengelasan dapat disimpulkan bahwa hasil pengelasan *accepted*.

Vol.16 No.5 Desember 2021

Hasil Uji NDT *Dye Penetrant* pengelasan MAG pipa ASTM A53 dengan variasi *gas flow rate* 20 liter/menit. Hasil NDT *Dye Penetrant* specimen pengelasan MAG pipa ASTM A53 dengan variasi *gas flow rate* 20 liter/menit disajikan sebagai berikut.

**Tabel 4. Indikasi cacat pengelasan MAG dengan *gas flow rate* 20 liter/menit**

No	Ukuran (mm)	Jarak (mm)	Indikasi	Keterangan
1	2	2	<i>Undercut</i>	<i>Accepted</i>

Berdasarkan pengujian NDT *Dye penetrant* pada specimen pengelasan MAG pipa ASTM A53 dengan *gas flow rate* 20 liter/menit menunjukkan indikasi terjadinya cacat pengelasan berupa *undercut*.

*Undercut* merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan sebuah alur (*groove*) benda kerja yang mencair dan terletak pada tepi/ kaki lasan (manik - manik las) di mana alur benda kerja yang mencair tidak terisi cairan las. *Undercut* menyebabkan *slag* terjebak di dalam alur yang tidak terisi oleh cairan las. Pada specimen pengelasan dengan *gas flow rate* 20 liter/menit ini di analisis bahwa *undercut* disebabkan oleh posisi *wire*/elektroda saat pengelasan yang tidak tepat hal ini dilihat dari posisi *undercut* terjadi pada lokasi berhentinya pengelasan karena elektroda habis/*welder* memulai pengelasan. *Undercut* terjadi pada 1 titik dengan ukuran 2 mm dan jarak 2 mm, dan secara hasil pengelasan dapat disimpulkan bahwa hasil pengelasan *accepted*.

Hasil Uji NDT *Dye Penetrant* pengelasan MAG pipa ASTM A53 dengan variasi *gas flow rate* 25 liter/menit. Hasil NDT *Dye Penetrant* specimen pengelasan MAG pipa ASTM A53 dengan variasi *gas flow rate* 25 liter/menit disajikan sebagai berikut.

**Tabel 5. Indikasi cacat pengelasan MAG dengan *gas flow rate* 25 liter/menit**

No	Ukuran (mm)	Jarak (mm)	Indikasi	Keterangan
1	2	10	<i>Undercut</i>	<i>Accepted</i>
2	2	2	<i>Splater</i>	<i>Accepted</i>
3	2	1	<i>Splater</i>	<i>Accepted</i>
4	2	1	<i>Splater</i>	<i>Accepted</i>





Berdasarkan pengujian NDT *Dye penetrant* pada specimen pengelasan MAG pipa ASTM A53 dengan *gas flow rate* 25 liter/menit menunjukkan indikasi terjadinya cacat pengelasan berupa *undercut* dan *splater*.

*Undercut* merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan sebuah alur (*groove*) benda kerja yang mencair dan terletak pada tepi/ kaki lasan (manik - manik las) di mana alur benda kerja yang mencair tidak terisi cairan las. *Undercut* menyebabkan *slag* terjebak di dalam alur yang tidak terisi oleh cairan las. Pada specimen pengelasan dengan *gas flow rate* 25 liter/menit ini di analisis bahwa *undercut* disebabkan oleh posisi wire/elektroda saat pengelasan yang tidak tepat hal ini dilihat dari posisi *undercut* terjadi pada lokasi berhentinya pengelasan karena elektroda habis/welder memulai pengelasan. *Undercut* terjadi pada 1 titik dengan ukuran 2 mm dan jarak 10 mm, dan secara hasil pengelasan dapat disimpulkan bahwa hasil pengelasan *accepted*.

*Splatter* merupakan bintik- bintik kecil logam las akibat cairan *wire/* elektroda yang ditetaskan berupa semprotan (*spray*). Pada specimen pengelasan dengan arus 85A ini di analisis bahwa penyebab *splatter* adalah karena pengaruh *arc length* terlalu besar. *Splatter* terjadi pada 3 titik dengan ukuran 2 mm dan jarak 2 mm, 1 mm, dan 1 mm, secara hasil pengelasan dapat disimpulkan bahwa hasil pengelasan *accepted*.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan tujuan penelitian sesuai hasil pengolahan data dan analisa data beserta interpretasi yang telah dijelaskan antara lain.

1. Kekuatan tarik pengelasan MAG pipa ASTM A 53 berdasarkan pada nilai rata – rata modulus elastisitas (E) tertinggi adalah pada specimen dengan perlakuan pengelasan MAG variasi *gas flow rate* 25 liter/menit yaitu 22.04 N/mm<sup>2</sup>. Nilai rata – rata modulus elastisitas (E) terendah adalah pada

specimen pengelasan MAG variasi *gas flow rate* 15 liter/menit yaitu 21.81 N/mm<sup>2</sup>. Sehingga dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa specimen pengelasan MAG variasi *gas flow rate* 25 liter/menit menunjukkan peningkatan kekuatan tarik yang baik jika dibandingkan dengan sifat mekanis awal pipa baja ASTM A53.

2. Nilai kekerasan yang dalam penelitian ini ditunjukkan dalam skala HRB pada masing masing bagian adalah sebagai berikut.

- a. Nilai kekerasan pada daerah logam las menunjukkan nilai HRB rata- rata tertinggi adalah pada pengelasan MAG dengan variasi *gas flow rate* 25 liter/menit yang memiliki nilai rata-rata 86,06 HRB sedangkan nilai rata-rata HRB logam las terkecil pada pengelasan MAG dengan variasi *gas flow rate* 15 liter/menit yaitu 85.30 HRB.

- b. Nilai kekerasan untuk logam daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) menunjukkan nilai HRB rata- rata tertinggi adalah pada pengelasan MAG dengan variasi *gas flow rate* 25 liter/menit yang memiliki nilai rata-rata 84,65 HRB sedangkan nilai rata-rata HRB logam las terkecil adalah pada pengelasan MAG dengan variasi *gas flow rate* 15 liter/menit yang memiliki nilai rata-rata 84,14 HRB.

- c. Nilai kekerasan pada daerah logam induk (*base metal*) menunjukkan nilai rata- rata tertinggi adalah pada pengelasan MAG dengan variasi *gas flow rate* 25 liter/menit yang memiliki nilai rata-rata 82,92 HRB. sedangkan nilai rata-rata HRB logam induk terkecil adalah pada pengelasan MAG dengan variasi *gas flow rate* 15 liter/menit memiliki nilai rata-rata yaitu 82,18 HRB.

3. Hasil uji cacat pengelasan dengan menggunakan metode NDT *Dye penetrant* menunjukkan bahwa hasil pengujian pada setiap specimen pengelasan MAG baja ASTM A53 menggunakan variasi *gas flow*

.....

rate 15 liter/menit, 20 liter/menit, 25 liter/menit, menunjukkan jenis cacat las yang timbul adalah *porosity*, *undercut*, *lack of Penetration* dan *spatter* akan tetapi hasil pengelasan pada semua specimen dikategorikan *accepted*.

### Saran

Beberapa saran yang dapat peneliti berikan terkait penelitian yang telah dilakukan antara lain sebagai berikut.

1. Sebelum melakukan pengujian tarik dan uji ketangguhan impact dengan tensile tester dan impact charpy sebaiknya dilakukan pengujian radiografi. Pengujian radiografi dilakukan untuk memastikan ada atau tidaknya cacat pengelasan dalam hasil pengelasan, hal ini berguna untuk mengambil sampel uji tarik pada area yang bebas dari cacat las sehingga hasil pengujian tarik dan pengujian ketangguhan menjadi akurat.
2. Kalibrasi alat uji dan melakukan validasi terhadap instrumen yang akan digunakan dalam melakukan pengujian mekanik seperti mesin las yang digunakan alat uji tarik dan uji ketangguhan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Junus, S. (2011) ‘Pengaruh Besar Aliran Gas terhadap Cacat Porositas dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan MIG pada Paduan Aluminium 5083’, *Jurnal ROTOR*, Vol. 4(No. 1).
- [2] Setyowati, V. A. and Suheni, S. (2016) ‘VARIASI ARUS DAN SUDUT PENGELASAN PADA MATERIAL AUSTENITIC STAINLESS STEEL 304 TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN STRUKTURMAKRO’, *Jurnal IPTEK*, 20(2). doi: 10.31284/j.iptek.2016.v20i2.40.