

## PENGARUH PWHT DAN *QUENCHING* VARIASI KADAR *DROMUS OIL* HASIL PENGELASAN SMAW TERHADAP KEKUATAN BENDING DAN KEKERASAN PADA SAMBUNGAN LAS *REFINERY PIPE* ASTM 106 GRADE B

**Irfan Burhanudin Wibowo**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: irfan.17050754018@mhs.unesa.ac.id

**Yunus**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: yunus@unesa.ac.id

### Abstrak

Pengelasan jaringan *refinery pipe* merupakan proses yang penting karena dari fungsinya untuk mendistribusikan gas serta minyak, maka harus mempunyai daya tahan yang mumpuni. Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi dengan beberapa faktor, contohnya adalah *quenching*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh PWHT dan *quenching* variasi kadar *dromus oil* hasil pengelasan SMAW terhadap kekuatan bending dan kekerasan pada sambungan las *refinery pipe* ASTM 106 grade B. Penelitian yang diaplikasikan adalah penelitian jenis eksperimental dengan teknik kuantitatif. Bahan uji dipotong menjadi beberapa spesimen kemudian dilakukan proses PWHT dengan suhu 620°C dengan *holding time* 20 menit. dan *quenching* menggunakan variasi dari campuran emulsi *dromus oil*, selanjutnya dilakukan proses pengujian kekerasan dengan *Hardness Rockwell* skala HRC dan pengujian bending metode *three point bending*. Data dari hasil eksperimen dianalisis dengan teknik *one way anova* dan *independent sample T-test*. Hasil dari penelitian ini adalah terdapat pengaruh signifikan pada hasil pengelasan SMAW pada *refinery pipe* ASTM 106 Grade B terhadap kekuatan bending dengan nilai kekuatan tertinggi 8177,06 MPa dan nilai kekuatan terendah 7287,74 MPa, serta terdapat pengaruh signifikan pada hasil pengelasan SMAW pada *refinery pipe* ASTM 106 Grade B terhadap nilai kekerasan dengan nilai tertinggi 63,55 HRC dan nilai terendah 62,95 HRC.

**Kata kunci:** *Pipa ASTM A 106 Grade B, PWHT, Quenching, SMAW, Dromus Oil, Pengujian Kekerasan dan Bending*

### Abstract

*Welding of the refinery pipe network is an important process because from its function to distribute gas and oil, it must have good durability. The quality of the welding results is influenced by several factors, for example, quenching. This study aims to determine the effect of PWHT and quenching variations in SMAW welding dromus oil levels on the bending strength and hardness of the ASTM 106 grade B refinery pipe welded joints. The research applied is an experimental type of research with quantitative techniques. The test material was cut into several specimens and then carried out the PWHT process at a temperature of 620°C with a holding time of 20 minutes. and quenching using a variation of the dromus oil emulsion mixture, then the hardness test process was carried out with the Hardness Rockwell HRC scale and bending testing with the three point bending method. The data from the experimental results were analyzed using the one way ANOVA technique and the independent sample T-test. The results of this study are that there is a significant effect on the SMAW welding results on the ASTM 106 Grade B refinery pipe on the bending strength with the highest strength value of 8177.06 MPa and the lowest strength value of 7287.74 MPa, and there is a significant effect on the SMAW welding results on the refinery pipe. ASTM 106 Grade B for hardness value with the highest value of 63.55 HRC and the lowest value of 62.95 HRC.*

**Keywords:** *ASTM A 106 Grade B Pipe, Quenching, SMAW, Dromus Oil, Hardness and Bending Test*

### PENDAHULUAN

Pada era ini, peranan logam sangat penting. Hal tersebut dapat dibuktikan bahwa semua teknologi manufaktur tidak terlepas dari beberapa unsur logam. Alat – alat yang dipergunakan hampir semua terbuat dari bahan logam. Oleh karena itu, untuk memenuhi permintaan saat ini, logam memainkan peran penting dalam teknologi manufaktur. Teknologi yang menggunakan unsur logam sangat erat kaitannya dengan teknik pengelasan, karena

pengelasan dapat merekayasa dan memperbaiki logam. Dalam proses konstruksi mesin banyak yang menggunakan teknik pengelasan dengan baja karbon.

Pengelasan merupakan teknik penyambungan logam atau dapat diartikan penyambungan yang terdiri dari dua benda yang dicairkan pada suhu tinggi hingga melebur ujung keduanya kemudian didiamkan sampai menghasilkan sambungan yang kontinu. Sedangkan, menurut pendapat DIN (*Deutch Industrie Normen*) mendeskripsikan pengelasan sebagai ikatan metalurgi yang terdapat pada sambungan pada logam dan dilakukan

pada saat keadaan mencair. Maka dari itu, dapat dijelaskan bahwa teknik pengelasan merupakan penyambungan logam menggunakan energi panas (Beumer, 1994).

Pengelasan umumnya dibagi menjadi tiga kelompok menurut metode kerjanya, yaitu pengelasan cair, pengelasan kompresi, dan pengelasan d. Pengelasan cair merupakan teknik pengelasan yang benda-bendanya disambung dipanaskan hingga meleleh atau mencair dengan sumber energi kalor. Metode pengelasan yang sering digunakan adalah pengelasan cair menggunakan busur dan gas. Ada 4 jenis las busur, yaitu las busur gas (TIG, MIG, 2 las busur  $Co^2$ ), las busur dengan elektroda terbungkus, las busur tanpa gas dan las busur terendam. Salah satu jenis pengelasan busur elektroda terbungkus adalah pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*). Pengelasan SMAW merupakan pengelasan yang memakai elektroda terbungkus dan dijadikan sebagai bahan pengisi. Pengelasan SMAW sering digunakan pada semua jenis material karena kesederhanaan dan biayanya yang rendah. Pengelasan SMAW ini sering dijumpai pada *boiler*, pipa instalasi air dan pipa kilang lainnya karena pengelasan ini cocok digunakan untuk pengelasan dalam berbagai kondisi. Pengelasan SMAW merupakan pengelasan busur yang berkonsep sederhana dan mudah pengangkatan alat dan perlengkapannya. Pengelasan SMAW terpilih dalam pengelasan *refinery piping* dan *pipeline*. (Maulana, 2016).

Berdasarkan pendapat (Timothy Hill, et al, 2000), pipa kilang adalah bagian unit yang berperan sangat penting pada dunia utilitas. Maka sebab itu, kualitas pipa industri minyak dipastikan harus dapat menahan pada tekanan dan suhu yang tinggi, selain itu pipa dioperasikan secara aman supaya tidak terjadi kesalahan yang fatal dan mengakibatkan kecelakaan. Bahan yang sering digunakan untuk produksi minyak dan gas yaitu terbuat dari baja karbon, bahan tersebut relatif murah, mudah didapatkan, dan sifatnya rendah (*workability*). Pipa yang sering digunakan adalah jenis ASTM A106 Grade B. (Dewi & Sriyana, 2018) mendefinisikan bahwa bahan ASTM A106 Grade B termasuk baja karbon dengan *Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service*. Pipa ASTM A 106 yang terbuat dari baja karbon memiliki kandungan karbon maksimal 0,30% dan mempunyai daya kekuatan tarik minimal sebesar 415 Mpa (ASTM, 1999).

Pengelasan yang dilakukan pada sambungan pipa menghasilkan efek pemanasan pada satu tempat dari suhu tinggi, akibatnya pipa tersebut mengalami ekspansi dan kontraksi termal selama pendinginan. Hal ini mengakibatkan adanya tegangan sisa, yaitu adanya perubahan mikro struktur dan kekerasan tinggi di zona yang terkena panas (HAZ). Tegangan sisa dari pengelasan dapat menyebabkan keretakan las dan membahayakan struktur yang dilas saat ada pembebanan. Salah satu cara terbaik yang dapat dilakukan untuk menghindarinya adalah dengan metode termal menggunakan proses PWHT (*Post Weld Heat Treatment*) (Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura 2008).

PWHT adalah suatu proses pemanasan ulang material yang dilas untuk mengurangi tegangan sisa dari pengelasan, sehingga meningkatkan ketahanan logam terhadap *Stress Corrosion Cracking* (SCC). Menurut

pendapat (Cahyono, 2015), perlakuan panas diperlukan dalam pengelasan untuk meningkatkan keuletan, menghaluskan ukuran butir, menghilangkan adanya tegangan internal, dan meningkatkan kekerasan pada tegangan tarik logam. Supaya logam tetap lebih tahan terhadap adanya gesekan dan tekanan, maka logam diberi perlakuan panas (Fariadhie, 2012). Selain proses perlakuan panas atau *heat treatment*, ada juga proses *quenching* yaitu untuk menaikkan ketangguhan material. (Jordi, 2017) menyebutkan proses tersebut melibatkan pemanasan baja yang ada pada suhu tertentu, menahannya selama waktu tertentu, dan kemudian mendinginkannya dalam media tertentu pula. *Quenching* yang cepat setelah pemanasan pada temperatur tinggi dalam jangka waktu tertentu menghasilkan struktur martensit yang meningkatkan kekerasan baja (Basori, 2018).

Kekerasan sebuah material adalah ukuran kemampuan material untuk menahan deformasi plastis. Faktor kekerasan material meliputi ketahanan material terhadap penetrasi permukaan, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa ada hubungan antara kekerasan dan kekuatan material (Martina Mini, 2017). Area yang dilas di mana kekerasan harus diuji adalah zona yang terkena panas dan logam dasar. Daerah HAZ ini merupakan daerah kritis dimana efek pemanasan dan pendinginan yang cepat dapat menyebabkan perubahan fasa pada logam dasar.

Selain kekerasan material, kualitas hasil pengelasan juga harus terjamin, karena mempengaruhi sambungan las dan instalasi yang digunakan dalam industri pemurnian. Salah satu metode penentuan kekuatan suatu bahan las dapat dilakukan dengan menggunakan uji lengkung. Pengujian lengkung adalah bentuk pengujian yang secara visual menentukan kualitas bahan. Tujuan dari pengujian bending adalah untuk mengetahui kualitas lasan dengan kemampuan menahan retak setelah dilakukan pengujian bending sesuai dengan standar pemeriksaan. Selain itu, uji bending dipergunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan elastisitas *weld joint* pada wilayah logam las dan HAZ (Kholis, 2013). Dalam industri minyak dan gas, pipa kilang bekerja pada suhu yang berbeda, mulai dari suhu tinggi yang dihasilkan oleh tangki pemanas minyak, dan melalui suhu rendah di tangki pemrosesan minyak produk, sehingga menciptakan tekanan yang berbeda yang dapat menyebabkan tabrakan, atau beban pada pipa. Dari penggunaannya, pembuatan struktur perpipaan kilang harus memperhatikan, terutama proses pendinginan yang tepat selama penyambungan, untuk mendapatkan kualitas yang baik.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh *pwht* dan *quenching* variasi kadar *dromus oil* hasil pengelasan SMAW terhadap kekuatan bending dan kekerasan pada sambungan las *refinery pipe* ASTM 106 grade B.

## METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen dengan teknik kuantitatif yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh *heat treatment* dan *quenching* variasi kadar *dromus oil* hasil pengelasan SMAW terhadap kekuatan bending dan kekerasan pada sambungan las *refinery pipe* ASTM 106 grade B.

### Tempat dan Waktu Penelitian

#### • Tempat Penelitian

Pengelasan dan pembentukan spesimen dilaksanakan di PPSDM MIGAS Cepu, uji bending dilakukan di Politeknik Negeri Malang, dan uji kekerasan *Rockwell* skala HRC di Lab Pengujian Bahan Universitas Negeri Surabaya.

#### • Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni – Juli 2022

### Variabel Penelitian

#### • Variabel Bebas

Variasi A : *quenching* dengan emulsi kadar *dromus oil* 10% (1800 ml air per 200 ml *dromus oil*)

Variasi B : *quenching* dengan emulsi kadar *dromus oil* 20% (1600 ml air per 400 ml *dromus oil*)

Variasi C : *quenching* dengan emulsi kadar *dromus oil* 30% (1400 ml air per 600 ml *dromus oil*)

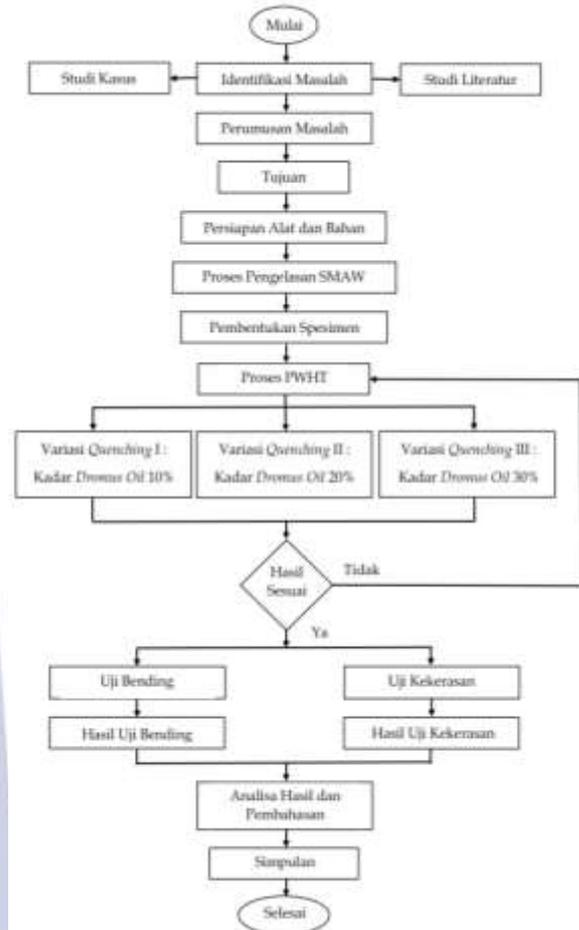
#### • Variabel Terikat

Nilai kekuatan bending atau tekuk dan kekerasan pada *refinery pipe* ASTM A106 Grade B

#### • Variabel Kontrol

Material pipa ASTM A 106 Grade B diameter 6 inch serta tebal 7 mm, elektroda E7016 Ø 3.2 mm, kampuh las dengan jenis V groove, posisi pengelasan dengan posisi 1 G, *quenching* dengan emulsi *dromus oil* dan air dengan total volume 2 L, kuat arus lasan 75 A, pengelasan menggunakan mesin las SMAW, pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekerasan menggunakan alat *Rockell Hardness Tester* skala HRC dan pengujian bending menggunakan metode *three point bending* dengan standart uji spesimen menggunakan JIS-Z2248,

## Rancangan Penelitian



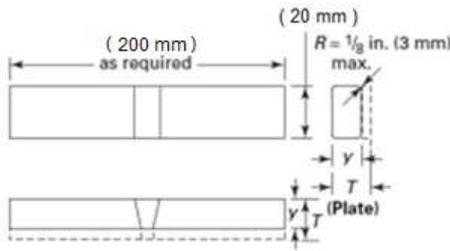
Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

### Proses Pengelasan

- Menyiapkan bahan dan peralatan yang akan dipakai
- Memeriksa bevel pada pipa dengan standar 70°
- Mempersiapkan mesin las SMAW dan elektroda E7016
- Periksa bagian konektor kabel las DC dan mesin las
- Menggunakan arus listrik sesuai prosedur yang ditetapkan
- Melakukan proses pengelasan sebanyak tiga *layer* (*root weld*, *filler weld*, dan *capping weld*)
- Saat pengelasan selesai, bersihkan terak dan periksa apakah ada cacat pada hasil las.

### Pembuatan Spesimen Uji

Spesimen uji berjumlah 15 spesimen, dengan 5 spesimen per variasi *quenching*.



Gambar 2. Ukuran Spesimen Uji Bending

**PWHT dan quenching**

Pada proses PWHT ini menggunakan cara pemanasan dalam tungku *furnace* dengan suhu sebesar 620°C mengacu pada standart ASME B31.3. dengan penahanan panas atau *holding time* selama 20 menit. Setelah proses *holding time* selesai maka dilakukan proses *quenching* dengan media campuran air dan *dromus oil* dengan kadar sebagai berikut :

1. 1800 ml air per 200 ml *dromus oil*
2. 1600 ml air per 400 ml *dromus oil*
3. 1400 ml air per 600 ml *dromus oil*

**Teknik Analisis Data**

Setelah dilaksanakan hitung data hasil dari pengujian, selanjutnya dilakukan analisis data. Untuk mengetahui signifikansi hasil pengujian, dilakukan statistik analisis menggunakan metode ANOVA dengan bantuan software IBM SPSS versi 24 *for windows*. Kemudian untuk mengetahui hasil perbedaan signifikansi antar beberapa variabel untuk uji-t.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

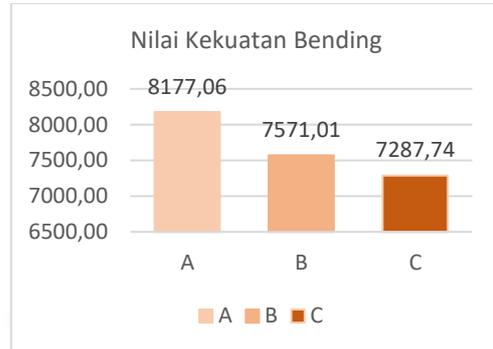
**Data Hasil Pengujian**

- **Pengujian Bending**

Tabel 1. Hasil Proses Pengujian Bending

Variasi	No	Dimensi		Beban Max (kg)	Beban (N)	$\sigma$ (Mpa)
		Lebar (mm)	Tebal (mm)			
A	1	20	7	384,20	3767,71	8073,67
	2	20	7	397,40	3897,16	8351,06
	3	20	7	404,20	3963,85	8493,96
	4	20	7	379,20	3718,68	7968,60
	5	20	7	380,60	3732,41	7998,02
Rata-Rata				389,12	3815,96	8177,06
B	1	20	7	351,00	3442,13	7376,00
	2	20	7	383,00	3755,95	8048,46
	3	20	7	365,40	3583,35	7678,61
	4	20	7	360,60	3536,28	7577,74
	5	20	7	341,40	3347,99	7174,26
Rata-Rata				360,28	3533,14	7571,01
C	1	20	7	354,60	3477,44	7451,65
	2	20	7	333,80	3273,46	7014,56
	3	20	7	336,20	3297,00	7064,99
	4	20	7	360,40	3534,32	7573,54
	5	20	7	349,00	3422,52	7333,97
Rata-Rata				346,80	3400,95	7287,74

Dari nilai tegangan bending yang diperoleh, maka dibuatlah grafik untuk membandingkan nilai rata-rata tegangan bending dari beberapa variasi campuran *dromus oil*.



Gambar 3. Grafik Rata-Rata Hasil Kekuatan Bending

Rata-rata hasil beban bending maksimal untuk spesimen dengan variasi A adalah 3815,96 N, selanjutnya nilai rata-rata tegangan bending pada spesimen variasi A sebesar 8177,06 MPa. Beban bending rata-rata maksimal pada spesimen dengan variasi B adalah 3533,14 N, kemudian didapatkan nilai tegangan bending rata-rata pada spesimen variasi B yaitu sebesar 7571,01 MPa. Rata-rata beban bending maksimal pada spesimen dengan variasi C adalah 3400,95 N, kemudian diperoleh hasil tegangan bending rata rata pada spesimen variasi C yaitu sebesar 7287,74 MPa. Berdasarkan perbandingan rata-rata tegangan bending pada Gambar 3 , diketahui bahwa nilai tegangan bending tertinggi yaitu pada variasi A dengan nilai 8177,06 MPa sedangkan nilai tegangan bending terendah yaitu pada variasi C dengan nilai 7287,74 MPa.

Tabel 2. Hasil Uji-T Nilai Kekuatan Bending

No	Variasi	Mean	Std. Deviation	t	Sig. (2-tailed)	Ket
1	A	817706,20	23286,37	5,917	0,001	Ho ditolak Ha diterima
	B	728774,20	24234,80			
2	A	817706,20	23286,37	3,357	0,010	Ho ditolak Ha diterima
	C	757101,40	32978,06			
3	B	728774,20	24234,80	-1,548	0,016	Ho ditolak Ha diterima
	C	757101,40	32978,06			

Berdasarkan uji-t, dapat dianalisa sebagai berikut

a. Analisa hasil uji-t antara variasi A dan variasi B

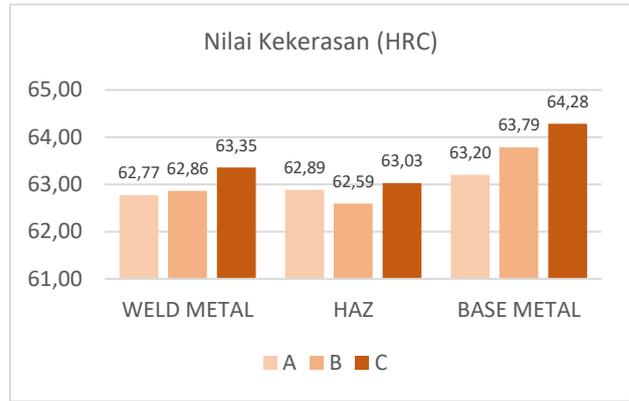
Berdasarkan uji-t didapat nilai t hitung sebesar 5,917 dengan nilai sig 0,001, maka Ho ditolak dan Ha diterima. Sehingga disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pada hasil pengelasan SMAW pada *refinery pipe* ASTM A 106 grade B terhadap kekuatan bending antara variasi A dan B.

b. Analisa hasil uji-t antara variasi A dan variasi C

Berdasarkan uji-t didapat nilai t hitung sebesar 3,357 dengan nilai sig 0,010, maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Sehingga disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pada hasil pengelasan SMAW pada *refinery pipe* ASTM A 106 grade B terhadap kekuatan bending antara variasi A dan C.

c. Analisa hasil uji-t antara variasi B dan variasi C

Berdasarkan uji-t didapat nilai t hitung sebesar -1,548 dengan nilai sig 0,016, maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Sehingga disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pada hasil pengelasan SMAW pada *refinery pipe* ASTM A 106 grade B terhadap kekuatan bending antara variasi B dan C.



Gambar 4. Grafik Nilai Kekerasan

Pada bagian *weld metal* nilai rata-rata kekerasan tertinggi yaitu pada variasi C dengan nilai 63,35 HRC dan nilai rata-rata kekerasan terendah yaitu pada variasi A dengan nilai 62,77 HRC. Pada daerah HAZ nilai rata-rata kekerasan tertinggi yaitu pada variasi C dengan nilai 63,03 HRC dan nilai rata-rata kekerasan terendah yaitu pada variasi B dengan nilai 62,59 HRC. Pada daerah *base metal* nilai rata-rata kekerasan tertinggi yaitu pada variasi C dengan nilai 64,28 HRC dan nilai rata-rata kekerasan terendah yaitu pada variasi A dengan nilai 63,20 HRC

- Pengujian Kekerasan

Tabel 3. Data Hasil Uji Kekerasan

Variasi	Spesimen	Nilai Titik Uji (HRC)			HRC
		Weld Metal	HAZ	Base Metal	
A	1	62,67	63,67	62,87	63,07
	2	62,77	62,70	62,73	62,73
	3	63,30	62,00	62,43	62,58
	4	62,73	63,03	64,60	63,45
	5	62,37	63,03	63,37	62,92
Rata-rata		62,77	62,89	63,20	62,95
B	1	62,80	62,90	63,03	62,91
	2	62,70	62,00	64,50	63,07
	3	63,37	63,20	63,20	63,26
	4	62,17	62,43	64,60	63,07
	5	63,27	62,43	63,60	63,10
Rata-rata		62,86	62,59	63,79	63,08
C	1	63,80	63,33	63,10	63,41
	2	62,47	62,30	65,97	63,58
	3	63,03	62,20	64,40	63,21
	4	64,20	63,90	62,77	63,62
	5	63,27	63,40	65,17	63,95
Rata-rata		63,35	63,03	64,28	63,55

Dari nilai kekerasan yang diperoleh, maka dibuatlah grafik perbandingan nilai rata-rata kekerasan HRC dari beberapa variasi spesimen uji di tiga titik.

Tabel 4. Hasil Uji-T Uji Kekerasan

No	Variasi	Mean	Std. Deviation	t	Sig. (2-tailed)	Ket
1	A	3286,20	20,87	-2,008	0,8	Ho diterima Ha ditolak
	B	3308,20	12,83	-2,008		
2	A	3286,20	20,87	-4,000	0,002	Ho ditolak Ha diterima
	C	3355,80	28,15	-4,000		
3	B	3308,20	12,83	-3,400	0,009	Ho ditolak Ha diterima
	C	3355,80	28,15	-3,400		

Berdasarkan uji-t, dapat dianalisa sebagai berikut

a. Analisa hasil uji-t antara variasi A dan variasi B

Berdasarkan uji-t didapat nilai t hitung sebesar -2,008 dengan nilai sig 0,8, maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak. Sehingga disimpulkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang signifikan pada hasil pengelasan SMAW pada *refinery pipe* ASTM A 106 grade B terhadap kekerasan antara variasi A dan B.

b. Analisa hasil uji-t antara variasi A dan variasi C

Berdasarkan uji-t didapat nilai t hitung sebesar -4,000 dengan nilai sig 0,002, maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Sehingga disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pada hasil pengelasan SMAW pada *refinery pipe* ASTM A 106 grade B terhadap kekerasan antara variasi A dan C.

c. Analisa hasil uji-t antara variasi B dan variasi C

Berdasarkan uji-t didapat nilai t hitung sebesar - 3,400 dengan nilai sig 0,009, maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Sehingga disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pada hasil pengelasan SMAW pada refinery pipe ASTM A 106 grade B terhadap kekerasan antara variasi B dan C.

**Hasil Analisa**

**- Pengujian Bending**

Dari pengujian bending dapat diketahui variasi A memiliki hasil kekuatan bending 8177,06 MPa, kemudian variasi B memiliki nilai kekuatan bending rata-rata 7571,01 MPa dan variasi C memiliki nilai kekerasan rata-rata 7287,74 MPa.



**Gambar 7. Grafik Rata-rata Uji Bending**

Menurut penelitian Candra (2017) pengamatan mikrostruktur menggunakan SEM, hasil patah getas yang diperoleh dengan pengamatan mikrostruktur SEM dengan kandungan minyak dromus 10% memiliki ketangguhan patah yang lebih rendah. Tingkat kekuatan bending dalam PWHT dipengaruhi oleh banyak hal seperti komposisi kimia material, proses perlakuan panas, media quenching, temperatur pemanasan dan waktu tahan.

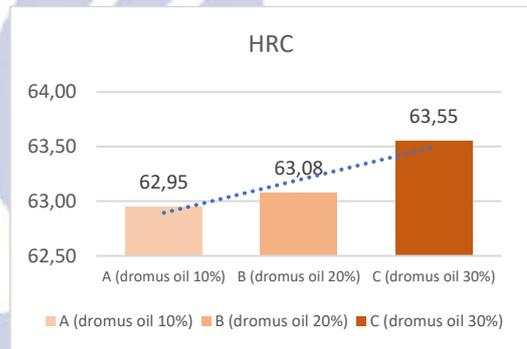
Perbandingan media emulsifikasi air dan minyak dromus menghasilkan kekuatan lentur yang tinggi, karena semakin rendah kadar minyak dromus maka semakin tinggi kapasitas pendinginannya sehingga semakin meningkat (lebih cepat) laju pendinginan selama proses quenching, sehingga menghasilkan bahan yang kuat, keras, tetapi getas. (patah) spesimen. ketangguhan rendah. Hal ini berdasarkan hasil penelitian, dengan nilai kuat bending tertinggi diperoleh pada rasio kadar minyak dromus 10% dan nilai kuat bending terendah diperoleh pada rasio kadar minyak dromus 30%.



**Gambar 8. Spesimen Hasil Pengujian Bending**

**- Pengujian Kekerasan**

Dari pengujian kekerasan dapat diketahui bahwa variasi A memiliki nilai hasil rata-rata kekerasan 62,95 HRC, kemudian variasi B memiliki nilai kekerasan rata-rata 63,08 HRC serta variasi C memiliki nilai kekerasan rata-rata 63,55 HRC.



**Gambar 9. Grafik Rata-rata Uji Kekerasan**

Menurut Purba (2020) dalam penelitiannya diketahui nilai kekerasan pada baja ASTM 106 grade B adalah pada daerah weld metal memiliki nilai 60,67 HRC, kemudian pada daerah HAZ memiliki nilai kekerasan 62 HRC dan pada daerah base metal memiliki nilai kekerasan 63,2 HRC.

Berdasarkan hasil nilai kekerasan yang diperoleh, dan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi campuran dromus oil yang digunakan maka nilai kekerasan pada sambungan las akan semakin tinggi. Tetapi untuk selisih nilai nya tidak terlalu berjarak jauh. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan nilai viskositas yang mempengaruhi laju pendinginan pada specimen. Menurut Nuri (2019) dalam penelitiannya nilai viskositas dari dromus oil adalah 0,675 N s/m<sup>2</sup> sedangkan nilai viskositas dari air sebesar 0,899 N s/m<sup>2</sup>. Dari hal inilah dapat disimpulkan bahwa sedikit selisih dari nilai viskositas antara dromus oil dan air mempengaruhi hasil kekerasan yang memberikan sedikit pertambahan pada nilai kekerasan dengan campuran dromus oil yang lebih tinggi. Robert (1991:232) dalam ASM

*Handbook Volume 4* menyatakan bahwa dengan emulsifikasi air dengan berbagai tingkat minyak larut dalam air, media pendingin dengan kapasitas pendinginan yang berbeda dapat diperoleh. Penelitian ini juga didukung oleh penelitian serupa sebelumnya oleh Karmin (2012) bahwa minyak dromus yang diemulsikan dengan media *quenching* dan air memiliki pengaruh yang tidak sama terhadap sifat material baja, dengan semakin sedikit air yang ditambahkan pada minyak dromus maka semakin tinggi kekerasannya.



**Gambar 10.** Spesimen Hasil Pengujian Kekerasan

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pengaruh PWHT dan *quenching* variasi kadar *dromus oil* hasil pengelasan SMAW terhadap kekuatan bending dan kekerasan pada sambungan las pipa kilang ASTM 106 grade B, maka dapat disimpulkan bahwa :

- Hasil pengujian kekuatan bending pada spesimen pipa ASTM 106 grade B hasil pengelasan SMAW dan heat treatment dengan variasi A memiliki nilai kekuatan bending 8177,06 MPa. Selanjutnya untuk variasi B memiliki nilai kekuatan bending sebesar 7571,01 MPa sedangkan Variasi C memiliki nilai kekuatan bending 7287,74 MPa. Dari hasil yang diperoleh tiap variasi menunjukkan bahwa kadar *dromus oil* pada campuran *quenching* dengan air memberikan pengaruh yang signifikan pada kekuatan bending material. Semakin rendah kadar *dromus oil* yang digunakan maka semakin tinggi hasil dari nilai kekuatan bending.
- Hasil pengujian kekerasan pada spesimen pipa ASTM 106 grade B hasil pengelasan SMAW dan heat treatment dengan variasi A memiliki nilai kekerasan rata-rata 62,95 HRC. Selanjutnya untuk variasi B memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 63,08 HRC sedangkan Variasi C memiliki nilai kekerasan rata-rata 63,55 HRC. Dari hasil yang diperoleh tiap variasi menunjukkan bahwa kadar *dromus oil* pada campuran *quenching* dengan air memberikan pengaruh yang signifikan pada kekerasan material. Semakin rendah

kadar *dromus oil* yang digunakan maka semakin tinggi hasil dari nilai kekerasannya.

### Saran

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada bahan seperti *tensile strenght* dan uji mikroskopis, karena dari penggunaan pipa penyulingan minyak jenis ini harus memiliki mampu tahan tekanan tinggi dan suhu tinggi, serta karena letak pipa penyulingan minyak kadang-kadang di tempat tertutup.
- Selama proses pengelasan, parameter lain dengan contoh kecepatan pengelasan harus diperhatikan, karena dapat mempengaruhi sifat mekanik material dan hasil pengelasan.
- Selama pengujian kekerasan, mengingat bagian dalam pipa penyulingan minyak akan bergesekan dengan distribusi fluida, maka perlu dilakukan pengujian kekerasan pada bagian dalam setiap las dan setiap lapisan.

### REFERENSI

- Achmadi, A. 2017. "Studi Eksperimen Pengaruh Perlakuan Quenching Dengan Variasi Pendingin Konsentrasi Air Garam Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Pada Baja ST 37". SIME RIS, 11(2), 34-42.
- Arifin, S. 1997. Las Listrik dan Otogen, Jakarta : Ghalia Indonesia.
- Basori, Basori. 2018. "Pengaruh Media Quenching terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Paska Hardfacing." Jurnal Kajian Teknik Mesin. Vol. 3.2: hal. 66-72.
- Beumer Ing, B. J. M. 1994. Ilmu Bahan Logam. Terjemahan B. S. Anwir. Jilid III. Jakarta : Bhatara.
- Cahyono, Azis. 2015. "Heat treatment Perlakuan Panas Dengan Cara Normalizing". Jurnal: Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.
- Candra, Wahyu, Tuwoso Tuwoso, and Poppy Puspitasari Poppy Puspitasari. 2017. "Pengaruh Kadar Dromus Oil dalam Media Pendingin terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Baja ST 60 yang Mengalami Proses Hardening Tempering". Jurnal Teknik Mesin. Vol. 22.2.
- Dharu Dewi & Sriyana, 2018. "Spesifikasi, Kode dan Standar Baja Nasional dan Potensinya untuk Mendukung Program PLTN Tipe LWR di Indonesia". Jurnal Pengembangan Energi Nuklir. Vol. 20 (2).
- Fariadhie, J. 2012. "Pengaruh Temper dengan Quenching Media Pendingin Oli Mesran SAE 40 terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Baja ST 60". Jurnal Politeknosains. Vol XI. Nomor 1: hal. 126-137.

- Ginting, Muchtar. 2012. "Analisis Peningkatan Kekerasan Baja Amutit Menggunakan Media Pendingin Dromus." *Austenit* Vol. 4 No. 01.
- Jordi, Muhammad. 2017. "Analisa Pengaruh Proses Quenching Dengan Media Berbeda Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Baja St 36 Dengan Pengelasan SMAW". Semarang: Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro.
- Karmin, K., Yunus, M., & Ginting, M. 2014. "Pengaruh Drumus Oil Sebagai Media Pendingin Terhadap Peningkatan Kekerasan Dan Transformasi Fasa Pada Proses Pengerasan Baja Amutit". *Austenit* Vol. 6 No. 2.
- Kenyon, W. & Ginting, D., 1984. *Dasar Dasar Pengelasan*. Jakarta: Erlangga.
- Khalifa, Aisyah. 2021. "Pengaruh Variasi Arus Pengelasan SMAW Pada Refinery Pipe ASTM A 106 Grade B Terhadap Kekuatan Impak Dan Kekerasan". *Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya*.
- Maulana, Yassyir. 2016. "Analisis Kekuatan Tarik Baja ST37 Pasca Pengelasan Dengan Variasi Media Pendingin Menggunakan SMAW". *Jurnal Teknik Mesin UNISKA* Vol. 02 No. 01
- McMurry, J. and R.C. Fay. 2004. *McMurry Fay Chemistry*. 4th edition. Belmont, CA. : Pearson Education International.
- Nata, O. D., Hidayat, M., & Rohman, S. A. 2021. "Analisis Kekuatan Uji Bending Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) Material SS400 Menggunakan Kawat Las E6013 Berbagai Variasi Arus Listrik". *Hexagon Jurnal Teknik dan Sains*, Vol.2(1):hal. 12-15.
- Nugroho, A. S., Haryadi, G. D., & Hardjuno, A. T. 2014. "Pengaruh Proses Normalizing terhadap Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro pada Sambungan Las Thermite Baja NP-42". *Jurnal Teknik Mesin*, Vol.2(3): hal. 249-257.
- Nuri, R., Yarangga, D. M., Sari, N., Jannifar, A. J. A., & Sumardi, S. (2019). Pengaruh Minyak Nabati Dalam Mengurangi Keausan Tepi Pahat Hss Pada Proses Turning. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 3(2), 42-46.
- Pradana, A. A., Carsoni, C., & Ma'mun, H. 2021. "Pengaruh Variasi Media Pendingin Pada Proses Pengelasan Gmaw Terhadap Kekerasan Dan Ketangguhan Baja Aisi 1045". *Majalah Ilmiah Momentum*, Vol. 17(1).
- Purba, M. F. I., & Fakhriza, F. 2020. "Pengaruh Variasi Temperatur PWHT Dan Tanpa PWHT Terhadap Sifat Kekerasan Baja ASTM A 106 Grade B Pada Proses Pengelasan SMAW". *Journal of Welding Technology*, Vol. 2(1): hal. 13-18.
- Rupajati, Pathya, Hengky Fernando, and Dwita Suastiyanti. 2018 "Perbandingan Karakteristik Sifat Mekanis Pengelasan Astm A790 Dan Astm A106 Gr. B Hasil Proses Pengelasan Gtaw Yang Diaplikasikan Pada Pipa Geothermal." *Prosiding Seminar Nasional Pakar*, pp. 137-142.
- Setyawan, D., Rhohman, F., & Mufarrih, A. 2018. "Pengaruh Proses Perlakuan Panas Terhadap Penggunaan Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Material St-41". *Jurnal Mesin Nusantara*. Vol. 1(1): hal. 10-18.
- Sularso & Suga Kiyokatsu, 1997. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta : PT Pradnya Paramita
- Timothy Hill, Koch Refining, Pine Bend, MN, 2000. *Journal "Heater Tube Life Management"*, National Petroleum Refiners Association Plant Maintenance Conference, Mei 22-25
- Wirjosumarto, Harsono & Okumura, T. 1996. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.