

PENGARUH VARIASI ARUS PENGELASAN SMAW PADA *REFINERY PIPE* ASTM A 106 GRADE B TERHADAP KEKUATAN IMPAK DAN KEKERASAN

Aisyah Nur Khalifah

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: aisyah.17050754014@mhs.unesa.ac.id

Yunus

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

Abstrak

Pengelasan *refinery pipe* merupakan proses yang penting karena dilihat dari fungsinya yakni mendistribusikan minyak dan gas sehingga harus memiliki daya tahan tinggi dilihat dari ketangguhan dan kekerasannya. Adapun beberapa faktor yang menentukan kualitas hasil pengelasan salah satunya arus. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi arus pengelasan SMAW pada *refinery pipe* ASTM A 106 Grade B terhadap kekuatan impact dan kekerasan. Penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental metode kuantitatif. Data hasil eksperimen dianalisis dengan metode *one way anova* dan *independent sample T-test*. Hasil penelitian ini adalah terdapat pengaruh yang signifikan pada hasil pengelasan SMAW pada *refinery pipe* ASTM A 106 Grade B terhadap kekuatan impact dengan nilai kekuatan impact tertinggi yakni 27,52 J/mm^2 pada variasi A dan nilai kekuatan impact terendah 13,03 J/mm^2 pada variasi C. Kemudian terdapat pengaruh yang signifikan pada hasil pengelasan SMAW pada *refinery pipe* ASTM A 106 Grade B terhadap nilai kekerasan dengan nilai kekerasan tertinggi 69,76 HRC ada pada variasi C sedangkan nilai kekerasan terkecil senilai 59,8 HRC ada pada variasi A. Nilai kekerasan tertinggi pada bagian *basemetal* ada pada variasi C yakni sebesar 67,95 HRC dan nilai kekerasan terendahnya ada pada variasi A yakni 57,1 HRC. Nilai kekerasan *weld metal* tertinggi sebesar 82,1 HRC pada variasi C dan nilai kekerasan terendah ada pada variasi A sebesar 60,9 HRC. Nilai kekerasan tertinggi pada bagian HAZ ada pada variasi C yakni 72,2 HRC dan untuk nilai kekerasan terendah adalah dari variasi A yakni 56,05 HRC.

Kata kunci: *Refinery Pipe ASTM A 106 Grade B, SMAW, Variasi Arus, Kekuatan Impact, Kekerasan.*

Abstract

Welding for refinery pipe is an important process because it's seen from its function, refinery pipe is distributing oil and gas so it must has high durability in terms of toughness and hardness. There are several factors that determine the quality of welding results, which one is welding current. This study aims to determine the effect of variations in SMAW welding current on refinery pipe ASTM A 106 Grade B against impact strenght and hardness. This research use a quantitative method of experimental research. Data were analyzed by using one way ANOVA and independent sample T-test. The results of this research is there's a significant effect of variations in SMAW welding current on refinery pipe ASTM A 106 Grade B against impact strenght with the highest impact strength value 27,52 J/mm^2 on variation A and the lowest impact strength value is 13,03 J/mm^2 on variation current C. Then there's a significant effect of variations in SMAW welding current on refinery pipe ASTM A 106 Grade B against hardness with the highest hardness value 69,76 HRC on variation C and the lowest hardness value is 59,8 HRC on variation A. The highest hardness value on basemetal area is variation C 67,95 HRC and the lowest is variation A 57,1 HRC. The highest hardness value on weld metal area in variation C 82,1 HRC and the lowest is variation A 60,9 HRC. Last, the highest hardness on HAZ area in variation C with the value 72,2 HRC and the lowest in variation A 56,05 HRC.

Keywords: *Refinery Pipe ASTM A 106 Grade B, SMAW, Welding Current, Impact Strenght, Hardness*

PENDAHULUAN

Di dunia industri minyak dan gas, *refinery pipe* berfungsi sebagai sarana pendistribusian aliran minyak dan gas dari kilang melalui proses pengolahan sampai ke tangki penyimpanan akhir hingga menjadi minyak dan gas yang sudah jadi dan siap untuk di pasarkan (Sasongko &

Nugroho, 2016). *Refinery pipe* ini harus mampu menahan tekanan dan suhu tinggi karena jika tidak maka pipa tidak bisa digunakan dengan baik sehingga menimbulkan kecelakaan kerja.

Dalam pembuatan konstruksi *refinery pipe*, adapun beberapa hal yang harus sangat diperhatikan seperti pemilihan material dan proses penyambungan pengelasan

pada pipa. Hal ini dilakukan karena apabila proses pengelasan pipa tidak sesuai maka akan menyebabkan cacat las dan terjadi kebocoran pada pipa. Untuk mencegah hal tersebut maka perlunya memperhatikan parameter pengelasan agar kualitas hasil pengelasan pipa sesuai salah satunya adalah arus pengelasan.

Arus pengelasan memiliki peranan yang penting karena panas yang dihasilkan berdasarkan dari kuat arus las. Selain itu jika arus yang digunakan terlalu besar dan kecil maka akan berpengaruh pada penetrasi las. Menurut (Daryanto, 2013:60) Apabila arus yang digunakan kecil maka busur listrik menjadi tidak stabil dan apabila arus yang digunakan terlalu besar maka yang terjadi adalah penembusan las akan terlalu dalam. Dari hal tersebut, selama proses pengelasan apabila arus yang digunakan tidak sesuai maka akan menimbulkan perubahan sifat baik secara fisis maupun mekanik pada material yang akan dilakukan pengelasan (Surdia & Saito, 1999:54).

Ada berbagai macam sifat mekanis bahan yang berpengaruh diakibatkan oleh arus pengelasan, salah satunya adalah kekuatan impak (ketangguhan) dan kekerasan. Dilihat dari kegunaannya, *refinery pipe* digunakan untuk mengalirkan fluida yang memiliki banyak kandungan zat kimia dan harus melewati tekanan dan suhu yang tinggi. Maka dari itu, hal tersebut akan sangat berpengaruh pada kekuatan impak dan kekerasan sehingga pada saat proses penyambungan pipa harus memperhatikan pemakaian arus.

Berdasarkan permasalahan diatas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang “Pengaruh Variasi Arus Pengelasan SMAW pada Refinery Pipe ASTM A 106 Grade B Terhadap Kekuatan Impak Dan Kekerasan”.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yaitu metode untuk mengetahui akibat yang ditimbulkan dari perlakuan yang diberikan. Pada eksperimen ini peneliti bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi arus (A,B dan C) pengelasan SMAW pada *refinery pipe* ASTM A 106 Grade B terhadap kekuatan impak dan kekerasan.

Tempat dan Waktu Penelitian

• Tempat Penelitian

- Proses pengelasan dan pembuatan spesimen di PPSDM MIGAS Cepu
- Proses pengujian impak di Universitas Negeri Malang.
- Proses pengujian kekerasan di Lab Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.

• Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan setelah proposal skripsi telah diseminarkan dan disetujui.

Variabel Penelitian

• Variabel Bebas

Variasi A : 60 A (*root weld*), 75 A (*filler weld*) dan 80 A (*capping weld*).

Variasi B : 70 A (*root weld*), 80 A (*filler weld*) dan 95 A (*capping weld*).

Variasi C : 80 A (*root weld*), 90 A (*filler weld*) dan 100 A (*capping weld*).

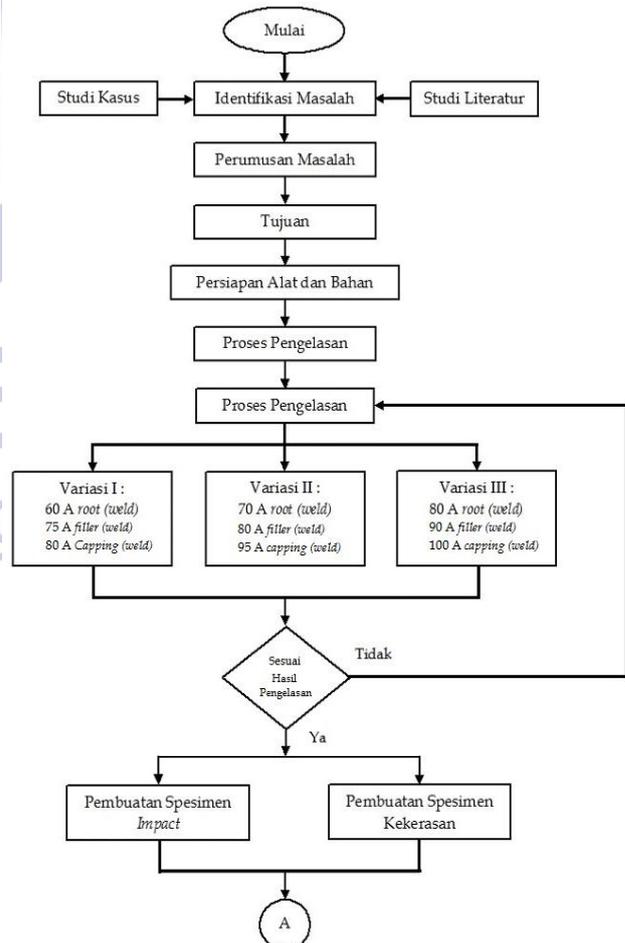
• Variabel Terikat

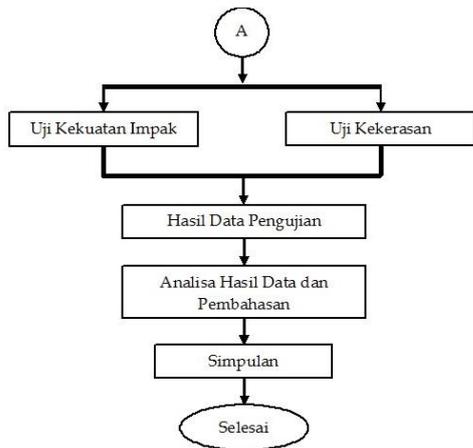
Nilai kekuatan impak dan kekerasan.

• Variabel Kontrol

ASTM A 106 Grade B Ø6" tebal 7 mm., las SMAW, elektroda E7016 Ø 3,2 mm, kampuh las 70°, WPS ASME SECTION IX, Posisi pengelasan 6G, uji impak metode *charpy*, uji kekerasan metode *rockwell hardness tester*, standart uji spesimen *impact* menggunakan ASTM A370 skala HRC dan daerah uji kekerasan *base metal*, HAZ dan *weld metal* dengan total titik pengujian lima per spesimen.

Rancangan Penelitian





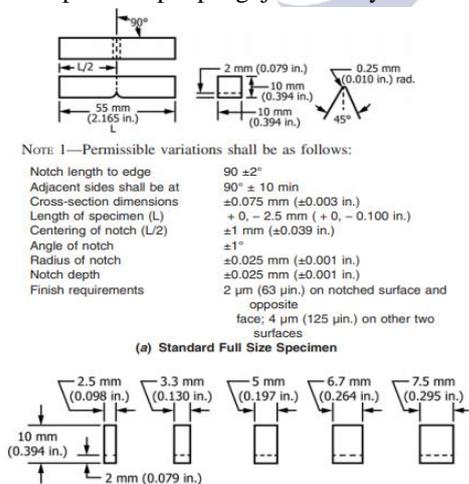
Gambar 1. Flowchart Penelitian

Proses Pengelasan

- Menyiapkan refinery pipe ASTM A 106 Grade B
- Menyiapkan mesin las SMAW dan elektroda E7016 Ø 3,2 mm
- Mengatur arus yang telah disesuaikan sebelumnya
- Melakukan proses pengelasan layer 1 yakni root weld
- Pengelasan layer kedua yakni filler weld
- Pengelasan layer ketiga yakni cover weld
- Saat proses pengelasan tiap layer, dilakukan pendinginan dengan media udara dan pembersihkan slag.

Pembuatan Spesimen Uji

- Pembuatan spesimen menggunakan standart ASTM A370 dengan subspesimen 6,7 mm. Hal ini karena pipa yang digunakan memiliki tebal 7mm. Total jumlah spesimen per pengujian sebanyak 27 buah.



Gambar 2. Dimensi Spesimen Sesuai ASTM A370

Teknik Analisis Data

Teknik analisis pada penelitian ini menggunakan metode analisis varian atau ANOVA. Untuk uji signifikansi perbedaan hasil pengujian, dilakukan

perhitungan dengan metode *one ways analysis of variance* dengan bantuan *software IBM SPSS* versi 16. Untuk uji hipotesis penelitian ini, menggunakan uji *independent sample T test*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

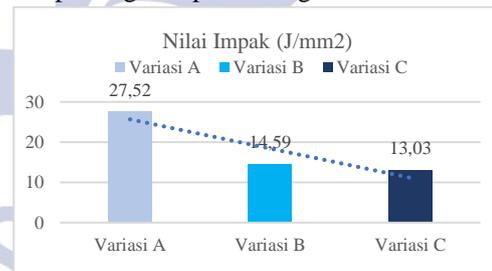
Data Hasil Pengujian

- Pengujian Impak

Tabel 1. Data Hasil Uji Impak

Variasi	Spesimen	α°	β°	HI (J/mm^2)
A	1	90	56	18,34
A	2	90	51	20,64
A	3	90	38	25,84
A	4	90	13,5	31,89
A	5	90	25,5	29,60
A	6	90	10	32,30
A	7	90	10	32,30
A	8	90	28	28,96
A	9	90	32	27,81
Rata-Rata HI Spesimen Variasi A				27,52
B	1	90	59	16,89
B	2	90	63,5	14,63
B	3	90	60	16,40
B	4	90	57,5	17,62
B	5	90	66	13,34
B	6	90	61	15,90
B	7	90	61	15,90
B	8	90	51	20,64
B	9	90	56	18,34
Rata-Rata HI Spesimen Variasi B				14,59
C	1	90	71	10,67
C	2	90	67	12,81
C	3	90	75	8,49
C	4	90	57,5	17,62
C	5	90	76	7,93
C	6	90	69	11,75
C	7	90	63	14,89
C	8	90	53	19,74
C	9	90	66	13,34
Rata-Rata HI Spesimen Variasi C				13,03

Berdasarkan hasil uji impak yang telah diperoleh dan diperhitungkan seperti pada tabel di atas, berikut dibawah ini merupakan grafik perbandingan rata – rata nilai impak



Gambar 3. Grafik Perbandingan Rata–Rata Nilai Impak

Rata – rata nilai impak dari variasi A yang diperoleh adalah sebesar 27,52 J/mm^2 dengan nilai impak tertinggi ada pada spesimen ke 6 dan 7 yakni sebesar 32,30 J/mm^2 . Rata – rata nilai impak dari variasi B yang diperoleh adalah 14,59 J/mm^2 dengan nilai impak tertinggi ada pada spesimen ke 8 yakni 20,64 J/mm^2 dan rata – rata nilai impak dari variasi C adalah sebesar 13,03 J/mm^2 dengan nilai impak tertinggi ada pada spesimen ke 8 dengan nilai sebesar 19,74 J/mm^2 . Dari hasil dan diagram di atas ditemukan jawaban sementara bahwa semakin tinggi arus pengelasan yang digunakan maka kekuatan impak yang di hasilkan juga semakin rendah. Agar jawaban sementara dari sebelumnya akurat, maka berikut dibawah ini merupakan hasil teknik analisis data menggunakan metode *one ways analysis of variance* dengan uji hipotesisnya

menggunakan uji *independent sample T test*. Namun sebelum didapatkan hasil uji data seperti dibawah ini, hasil pengujian telah dilakukan uji persyaratan analisis.

Tabel 2. Data Uji T-Test Kekuatan Impak

No	Variasi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Sig. (2-tailed)	t	Keterangan
1	A	9	27,5261	5,07158	1,69053	0,001	5,945	Ada perbedaan yang signifikan
	B	9	16,6328	2,12124	0,70708		5,945	
2	A	9	27,5261	5,07158	1,69053	0,001	6,778	Ada perbedaan yang signifikan
	C	9	13,0312	3,92877	1,30959		6,778	
3	B	9	16,6328	2,12124	0,70708	0,028	2,420	Ada perbedaan yang signifikan
	C	9	13,0312	3,92877	1,30959		2,420	

Berdasarkan pada pengujian uji T-test diatas, diperoleh bahwa dari seluruh variasi memiliki pengaruh yang signifikan. Hal ini dibuktikan dengan t hitung dan signifikansi dari setiap variasi lebih kecil dari ketentuan α 0,05. Dilihat dari perbandingan antara variasi A dan B diperoleh t hitung sebesar 5,945 dengan sig 0,001. Untuk perbandingan variasi A dan C diperoleh t hitung sebesar 6,778 dengan sig 0,001 dan perbandingan hasil kekuatan dampak variasi B dan C diperoleh t hitung sebesar 2,420 dengan sig 0,028. Berdasarkan hasil perbandingan t hitung dan signifikansi dari setiap variasi. Maka dapat disimpulkan bahwa H_a diterima untuk perbandingan tiap variasi.

- Pengujian Kekerasan

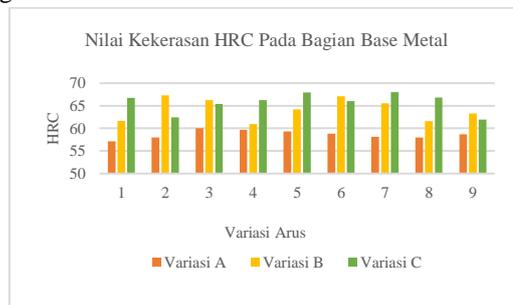
Tabel 3. Data Hasil Uji Kekerasan

Variasi	Spesimen	Nilai/ titik uji			HRC
		Base Metal	Weld Metal	HAZ	
A	1	57,1	63,2	63,2	59,82
A	2	57,95	60,9	60,9	59,85
A	3	60	62,9	62,9	60,79
A	4	59,7	61,3	61,3	61,12
A	5	59,35	62,3	62,3	58,62
A	6	58,8	64,9	64,9	60,9
A	7	58,1	62,6	62,6	58,84
A	8	57,95	62,5	62,5	58,78
A	9	58,7	65,4	65,4	60
Rata-Rata HRC Spesimen Variasi A					59,85
B	1	61,65	70	70	62,82
B	2	67,3	78,7	78,7	65,9
B	3	66,25	74	74	66,62
B	4	60,95	73,2	73,2	64,45
B	5	64,2	73,9	73,9	65,06
B	6	67,1	73,2	73,2	66,54
B	7	65,5	71	71	64,22
B	8	61,55	72,9	72,9	64,38
B	9	63,25	71,6	71,6	64,44
Rata-Rata HRC Spesimen Variasi B					64,94
C	1	66,75	79,7	79,7	69,24
C	2	72,45	80,4	80,4	67,38
C	3	65,4	81,2	81,2	69,02
C	4	66,25	81,2	81,2	69,48
C	5	67,95	82,1	82,1	71,64
C	6	66,05	81,3	81,3	71,28
C	7	68	75,7	75,7	71,22
C	8	66,8	80,8	80,8	70,8
C	9	61,95	78,5	78,5	67,8
Rata-Rata HRC Spesimen Variasi C					69,76

Untuk pengujian kekerasan, ada tiga bagian las yang diuji yakni *base metal*, *weld metal* dan HAZ. Hal ini dilakukan agar mengetahui nilai kekerasan setiap bagian

las karena setiap bagian menerima panas arus las yang berbeda. Untuk mempermudah menganalisis hasil pengujian kekerasan, berikut dibawah ini merupakan grafik kekerasan dari setiap area pengelasan.

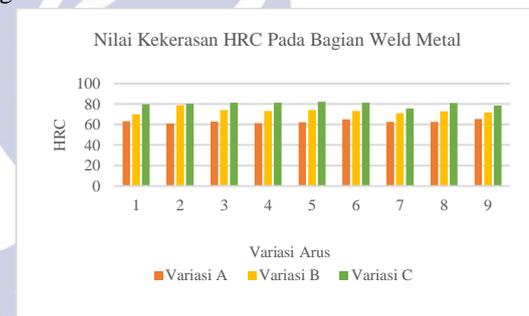
a. Bagian Base Metal



Gambar 4. Grafik Perbandingan Rata – Rata Nilai Kekerasan Bagian Base Metal

Pada grafik diatas, ditemukan bahwa nilai kekerasan dari setiap variasi berbeda. Untuk nilai kekerasan tertinggi pada bagian *base metal* ada pada spesimen ke 5 variasi C dengan nilai sebesar 67,95 HRC dan nilai kekerasan terendah ada pada spesimen ke 1 Variasi A dengan nilai sebesar 57,1 HRC.

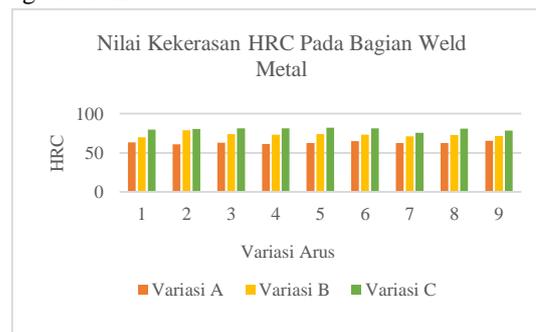
b. Bagian Weld Metal



Gambar 5. Grafik Perbandingan Rata – Rata Nilai Kekerasan Bagian Weld Metal

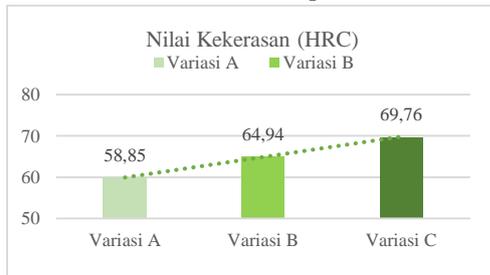
Pada bagian *weld metal* tentu memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi dibandingkan dengan bagian yang lain karena bagian pertama yang mengenai panas dari arus las adalah area ini. Untuk nilai kekerasan pada bagian *weld metal* ada pada spesimen ke 5 variasi C dengan nilai sebesar 82,1 HRC dan nilai kekerasan terendah ada pada spesimen ke 2 Variasi A dengan nilai sebesar 60,9 HRC.

c. Bagian HAZ



Gambar 6. Grafik Perbandingan Rata – Rata Nilai Kekerasan Bagian HAZ

HAZ merupakan bagian yang bersebelahan dengan *weld metal* yang selama proses pengelasan mengalami skilus perubahan termal panas dan pendinginan. Untuk nilai kekerasan tertinggi pada bagian HAZ ada pada spesimen ke 7 variasi C dengan nilai sebesar 72,2 HRC sedangkan untuk nilai kekerasan terendah ada pada spesimen ke 5 variasi A dengan nilai sebesar 56,05 HRC. Setelah mengetahui grafik rata rata nilai kekerasan dari setiap bagian pengelasan, berikut dibawah ini merupakan grafik perbandingan rata rata nilai kekerasan keseluruhan bagian hasil las dari setiap variasi guna untuk mengetahui pengaruh nilai kekerasan dari setiap variasi.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Rata-Rata Kekerasan Setiap Variasi

Dilihat dari grafik perbandingan di atas, didapatkan data bahwa dari setiap variasi A, B dan C memiliki pengaruh terhadap kekerasan hasil las dibuktikan dengan hasil HRC yang berbeda dilihat dari keseluruhan bagian las. Rata – rata nilai kekerasan dari variasi A didapatkan nilai sebesar 59,8 HRC dengan nilai kekerasan tertinggi ada pada spesimen ke 4 yakni sebesar 61,12 HRC. Rata – rata nilai kekerasan dari variasi B yang diperoleh adalah 64,94 HRC dengan nilai rata rata kekerasan tertinggi ada pada spesimen ke 6 yakni 66,54 HRC. Rata – rata nilai kekerasan dari variasi C adalah sebesar 69,76 HRC dengan nilai kekerasan tertinggi ada pada spesimen ke 6 dengan nilai rata rata sebesar 71,64 HRC.

Dari hasil dan diagram di atas di temukan jawaban sementara bahwa semakin tinggi arus pengelasan yang digunakan maka nilai kekerasan yang di hasilkan semakin tinggi pula atau berbanding lurus. Untuk mengetahui apakah hasil analisis tersebut akurat atau tidak maka diperlukan uji data menggunakan metode uji *independent sample T-test*. Berikut dibawah ini merupakan hasil uji T-test.

Tabel 4. Data Uji T-Test Kekerasan

No	Variasi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Sig. (2-tailed)	t	Keterangan
1	A	9	59,8578	0,95523	0,31841	0,001	-9,789	Ada perbedaan yang signifikan
	B	9	54,9400	1,23016	0,41005		-9,789	
2	A	9	59,8578	0,95523	0,31841	0,001	-15,388	Ada perbedaan yang signifikan
	C	9	69,3333	1,58114	0,52705		-15,388	
3	B	9	64,9400	1,23016	0,41005	0,001	-7,283	Ada perbedaan yang signifikan
	C	9	69,7622	1,55966	0,51989		-7,283	

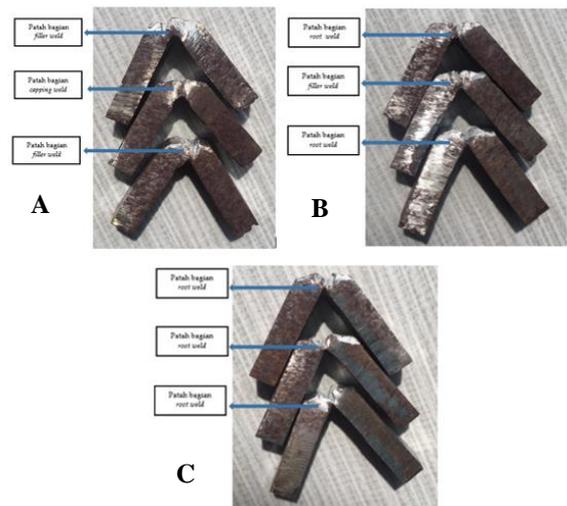
Bila dilihat dari tabel diatas, signifikansi dari setiap perbandingan variasi diperoleh nilai 0,001. Berdasarkan ketentuan, apabila nilai signifikansi lebih kecil dari probabilitas yakni 0,05 maka disimpulkan bahwa Ha diterima untuk perbandingan tiap variasi.

Hasil Analisa

- Kekuatan impact

Dari pengujian yang telah dilakukan, diperoleh bahwa pengelasan *refinery pipe* yang menggunakan arus yang terbesar variasi C memiliki rata- rata nilai kekuatan impact yang terkecil. Hal ini dikarenakan ketika arus yang digunakan untuk proses pengelasan semakin besar maka akan menghasilkan *heat input* yang besar. Tidak hanya itu bagian yang dilas akan menerima siklus perubahan suhu, sehingga distribusi suhu tidak merata dan menyebabkan peregangan termal. Peregangan termal inilah yang akan mengubah struktur mikro hingga mengakibatkan penurunan kekuatan impact hasil pengelasan sehingga menyebabkan bahan hasil las menjadi tidak tangguh.

Untuk membuktikan hasil analisa diatas, berikut di bawah ini merupakan gambar 3 sampel perbandingan hasil daerah patahan uji impact hasil pengelasan *refinery pipe* pada bagian *root, filler* dan *capping weld* dari berbagai variasi arus.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Daerah Patahan Variasi A, B dan C

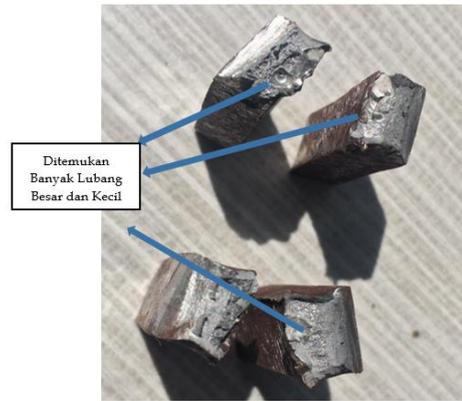
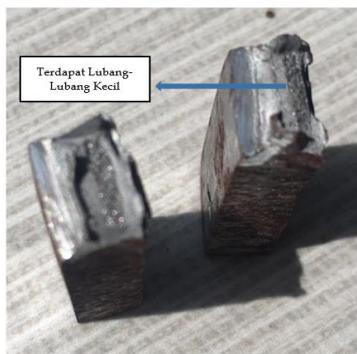
Dilihat dari setiap layer hasil pengelasannya, didapatkan bahwa arus pengelasan terbaik yang digunakan untuk *layer* pertama adalah variasi arus A 60 A, karena terlihat dari perbandingannya, ditemukan jika spesimen variasi A mayoritas patahannya ada di bagian *layer* kedua dan ketiga. Untuk arus pengelasan terbaik yang digunakan untuk pengelasan *layer* kedua adalah variasi arus A 70 A. Hal ini dibuktikan juga dengan hasil spesimen yang

patah pada variasi A lebih sedikit daripada variasi lain dan jika dibandingkan, variasi A hanya beberapa sebagian yang patah di bagian *layer* kedua sedangkan variasi lainnya ada di *layer* pertama dan hampir patah secara keseluruhan. Terakhir adalah arus pengelasan yang cocok untuk digunakan dalam pengelasan *layer* ketiga adalah variasi arus A yakni 80 A. Penggunaan arus 80 A ini dibuktikan berdasarkan gambar patahan hasil uji impak beserta nilai sudut akhir setelah ditakik jauh lebih kecil dibandingkan dengan variasi lain dan ini menandakan bahwa hasil las dengan arus 80 A memiliki ketangguhan yang cukup besar.

Setelah menganalisis hasil pengelasan disetiap *layernya*, berikut dibawah ini merupakan penjelasan secara keseluruhan hasil uji kekuatan impak setiap variasinya beserta penjelasan mengenai pengaruh variasi arus terhadap ketangguhan bahan di buktikan dengan gambar secara makro daerah patahan spesimen dari setiap variasi.

Tabel 4. Hasil Uji Impak

Variasi	Gambar	Penjelasan
A		Jumlah Spesimen Patah : 1
B		Jumlah Spesimen Patah : 1
C		Jumlah Spesimen Patah : 2



Gambar 9. Perbandingan Hasil Daerah Patahan Setiap Variasi Secara Makro

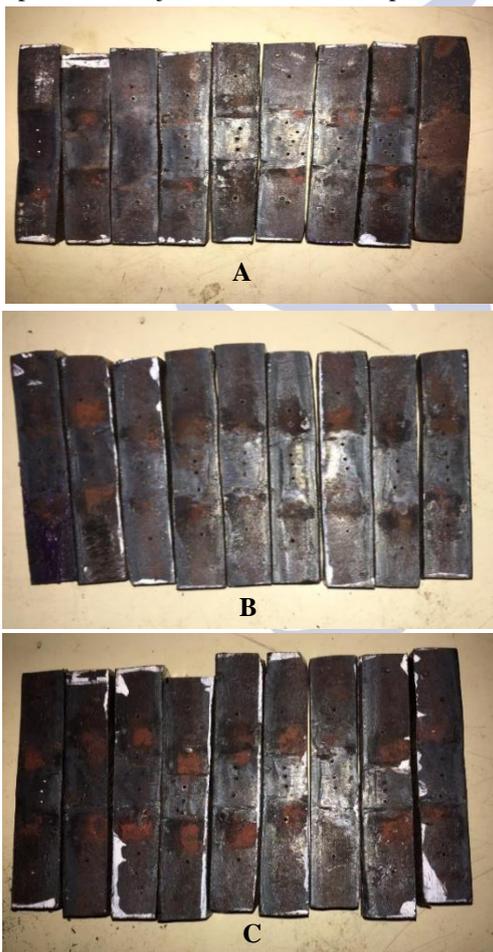
Perbedaan yang sangat terlihat adalah letak daerah patahan dari setiap variasi. Pada variasi A, dari jumlah spesimen keseluruhan yang patah berjumlah satu. Namun mayoritas dari spesimen variasi A daerah patahannya hanya sampai pada daerah *layer* kedua dan ketiga. Hal ini juga dibuktikan dengan hasil data uji yang sudut β° hanya berkisar antara 10° - 30° . Pada spesimen variasi B spesimen yang patah saat diuji berjumlah 1 namun sebagian dari spesimennya ada yang patah di daerah las *filler* dan *root*. Dan yang terakhir adalah spesimen yang patah pada variasi C berjumlah dua dan keseluruhan spesimen pada variasi C hampir patah.

Bila dilihat pada daerah patahan secara makro., variasi A tidak ditemukannya cacat las dan lubang-lubang kecil dilihat dari seluruh bagian *layer*. Untuk variasi B ditemukan beberapa lubang-lubang kecil pada bagian *layer* kedua atau bagian *filler weld* sehingga membuktikan bahwa jika arus yang digunakan pada variasi B khususnya *layer* kedua tidak disarankan untuk digunakan dan jika dibandingkan dengan hasil pengelasan antara variasi A *layer* kedua yang tidak ditemukan cacat las sehingga arus yang cocok digunakan untuk *layer* kedua adalah variasi A yakni 75 A. Untuk variasi C yang paling jelas terlihat adalah banyak ditemukan cacat las berupa lubang kecil maupun lubang besar di bagian *layer* pertama dan kedua sehingga arus pada variasi C tidak direkomendasikan untuk digunakan.

Dari hal ini membuktikan bahwa pengelasan dengan variasi arus yang berbeda di tiap *layernya* akan mempengaruhi ketangguhannya dilihat dari daerah patahan per *layer* pengelasannya dan dari penjelasan analisa tersebut bila ingin megelas pipa dengan spesifikasi yang sama dengan penelitian ini maka arus yang direkomendasikan adalah arus variasi A baik untuk *layer* 1 sampai ke 3

- Nilai Kekerasan

Dari hasil pengujian, menunjukkan bahwa pengelasan *refinery pipe* yang menggunakan arus yang paling besar variasi C memiliki nilai kekerasan yang tertinggi dari variasi yang lain karena apabila menggunakan arus yang terlalu besar maka selain mempengaruhi penetrasi las. Arus yang berlebihan juga akan mempengaruhi kecepatan pengelasan. Kecepatan pengelasan yang tinggi akan mengakibatkan *heat input* yang diterima tidak merata sehingga akan mempengaruhi struktur mikro bahan. Hal ini juga akan berdampak pada pendinginan yang semakin cepat sehingga dapat memperkeras daerah terpengaruh panas. Dan berikut di bawah ini merupakan hasil uji kekerasan dari setiap variasi arus.



Gambar 10. Hasil Uji Kekerasan Variasi A, B dan C

Dilihat dari gambar diatas, untuk pengujian kekerasannya, dilakukan pengujian pada 5 titik yang berbeda. Bagian yang di uji antara lain yakni 1 titik bagian *weld metal*, 2 titik bagian HAZ dan 2 titik bagian *base metal*. Hal ini dilakukan karena ingin mengetahui apakah ada perbedaan nilai kekerasannya dilihat dari area pengelasannya dan ditemukan bahwa nilai kekerasan di setiap area pengelasannya dilihat dari variasinya, memiliki nilai kekerasan yang

berbeda sehingga dari hal ini menyatakan bahwa arus yang cocok digunakan untuk melakukan proses pengelasan pipa yang memiliki spesifikasi yang sama adalah menggunakan arus variasi A yakni 60 A (*root weld*), 75 A (*filler weld*) dan 80 A (*capping weld*).

Namun pada pengujian kekerasan di penelitian ini, yang diuji hanyalah bagian permukaan saja dan tidak diuji pada setiap bagian *layer* pengelasan. Dari hal tersebut untuk selanjutnya apabila ingin melakukan penelitian mengenai pengelasan pipa dengan berbagai *layer*, maka perlu dilakukan pengujian dari setiap *layer* agar data yang dihasilkan lebih maksimal.

- Pembahasan

Berdasarkan hasil uji statistik dan analisa dari kekuatan impact dan kekerasan pada penelitian ini, diketahui bahwa jika arus yang di gunakan semakin besar maka nilai impact semakin menurun dan nilai kekerasan semakin naik karena nilai tertinggi dari kekuatan impact ada pada variasi A dan nilai kekerasan tertinggi ada pada variasi arus C. Hal ini juga didukung oleh penelitian sebelumnya (Fajar,2017) mengenai studi komparasi pengaruh variasi arus pengelasan SMAW terhadap kekuatan impact dan kekerasan pada bahan SUP 9. Pada penelitian ini nilai kekerasan tertinggi ada pada arus tertinggi yakni 140 A, sedangkan nilai kekuatan impact tertinggi ada pada arus terendah yakni 100 A. Selain itu adapun penelitian lain yang mendukung (Sunardi,2020) yang menyatakan bahwa semakin tinggi arus listrik las yang digunakan menyebabkan daerah las menjadi semakin keras dan cenderung mudah patah. Hal ini dibuktikan dengan hasil penelitian tersebut jika nilai kekerasan tertinggi ada pada arus tertinggi 110 A. Dari hal ini jika arus yang digunakan untuk proses pengelasan semakin tinggi maka akan sangat berpengaruh pada ketangguhan dan kekerasan.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dan dianalisa dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Hasil pengujian impact pada *refinery pipe* ASTM A 106 grade B hasil pengelasan SMAW dengan variasi arus listrik A menghasilkan rata – rata nilai kekuatan impact tertinggi yakni $27,52 J/mm^2$, sedangkan kekuatan impact terkecil ada pada variasi C menghasilkan nilai sebesar $13,03 J/mm^2$. Hasil ini menunjukkan besar variasi arus listrik memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekuatan impact karena semakin besar arus yang digunakan

maka nilai kekuatan impact yang didapatkan semakin kecil sehingga terjadi perubahan struktur mikro dan menjadikan pipa bersifat getas.

- Hasil pengujian kekerasan pada *refinery pipe* ASTM A 106 grade B hasil pengelasan SMAW dengan variasi arus listrik C menghasilkan nilai kekerasan tertinggi yakni 69,76 HRC sedangkan nilai kekerasan terkecil ada pada variasi A sebesar 59,8 HRC. Untuk nilai kekerasan tertinggi pada bagian *base metal* ada pada variasi C yakni sebesar 67,95 HRC dan nilai kekerasan terendahnya ada pada variasi A yakni 57,1. Nilai kekerasan *weld metal* tertinggi sebesar 82,1 HRC pada variasi C dan nilai kekerasaan terendah ada pada variasi A yakni 60,9 HRC. Nilai kekerasan tertinggi pada bagian HAZ ada pada variasi C yakni 72,2 HRC dan untuk nilai kekerasan terendah adalah dari variasi A yakni 56,05 HRC. Hasil penelitian menunjukkan besar variasi arus listrik memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekerasan karena panas yang berlebihan akan mengubah struktur mikro material sehingga material semakin keras dan menjadi getas.

Saran

- Perlu dilakukan penelitian lanjutan setelah selesai yakni melakukan pengujian lainnya seperti uji tarik dan uji bending karena dilihat dari penggunaannya, *refinery pipe* yang harus mampu tahan terhadap suhu dan tekanan yang tinggi.
- Pada saat proses pengelasan harus memperhatikan parameter lainnya seperti kecepatan pengelasan dll karena akan mempengaruhi sifat mekanis bahan dan hasil las.
- Pada proses pengujian kekerasan perlu dilakukan uji secara melintang tidak hanya bagian permukaan karena variasi yang digunakan lebih dari 1 layer.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada Dr. Soeryanto, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Priyo Heru Adiwibowo, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin, Dr. Yunus, M.pd. selaku dosen pembimbing, Akhmad Hafizh Ainur Rasyid, S.T., M.T. dan Dr. Dewanto, M.Pd. selaku dosen penguji. Kedua orang tua dan teman teman terdekat yang selalu mendukung dan mendoakan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. 2013. "A 370-03A: Standart Test Methods And Definitions For Mechanical Testing Of Steel Products", USA.
- Daryanto. 2013. *Teknik Pengelasan Logam*. Bandung: Sarana Tutorial Nurani Sejahtera.

Fajar Nugroho. 2017. *Studi Komparasi Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Impact, Kekerasan, Dan Struktur Mikro Sambungan Las Pegas Daun Baja SUP 9 Pada Proses Las SMAW*. Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi, Angkasa, Vol 9 (2).

Gregorius Sasongko & Sri Nugroho, 2016. "Analisis Kegagalan Pipa Elbow 180° Pada Furnace". Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 4 (2).

Sunardi, 2020. "Analisis Kekerasan Dan Kuat Impact Hasil Pengelasan Baja SS400 Dengan Variasi Arus Listrik Las SMAW". Jurnal Inovasi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. Vol. 2 (1) ISSN: 2686-5157.

Surdia, T., & S, S., 2005. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT. Pradnya Pratama.