

## ANALISIS PENGARUH VARIASI SUDUT KAMPUH LAS *DOUBLE V* DAN KUAT ARUS LAS PADA PENGELASAN SMAW *WELD JOINT* PLAT BAJA ASTM A36 TERHADAP KEKUATAN *IMPACT* DAN STRUKTUR MIKRO

**Wayan Artadinata**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [wayanartadinata@mhs.unesa.ac.id](mailto:wayanartadinata@mhs.unesa.ac.id)

**Yunus**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: [yunus@unesa.ac.id](mailto:yunus@unesa.ac.id)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur mikro dan nilai *impact* pada material baja ASTM A36 yang dilas menggunakan las SMAW dengan variasi kuat arus sebesar 70A, 100A dan 130A serta variasi besar sudut kampuh 55° dan 75°. Elektroda yang digunakan E7018 berdiameter 2,6 mm. Metode penelitian yang dipakai yaitu jenis eksperimen dengan 24 spesimen uji. Uji struktur mikro dilakukan dengan perbesaran 200x dan uji *impact* dilakukan dengan metode *charpy*. Uji statistik yang digunakan yaitu anova lalu dilanjutkan dengan uji-t dengan aplikasi SPSS IBM versi 25. Struktur mikro pada daerah las dengan kuat arus 70 A dengan sudut kampuh 55° dan 75° didominasi cementit, terlihat butiran perlit halus yang menunjukkan material bersifat keras/getas sedangkan pada spesimen uji dengan kuat arus 85 A dan 100 A dengan sudut kampuh 55° dan 75° didominasi ferit terlihat butiran perlit kasar yang menunjukkan material bersifat lunak/ulet. Pada pengujian *impact* nilai rata-rata *impact* tertinggi diperoleh pada variasi pengelasan kuat arus 100 A dengan sudut kampuh *double V* sebesar 55° dengan nilai sebesar 2,05 Joule/mm<sup>2</sup>. Dan nilai *impact* terendah didapat pada variasi pengelasan kuat arus 70 A dengan sudut kampuh *double V* sebesar 75° dengan nilai sebesar 1,05 Joule/mm<sup>2</sup>.

**Kata Kunci :** Variasi Kuat Arus, Variasi Sudut Kampuh, Baja ASTM A36, Struktur Mikro dan Kekuatan *Impact*.

### Abstract

This study aims to determine the microstructure and the value of impact on the ASTM A36 steel welded using the SSMAW welding with variations in current strength of 70A, 100A and 130A and variations in seam angles 55° and 75°. The electrode used E7018 has a diameter of 2.6 mm. The research method used was experimental type with 24 specimens. Microstructure tests were carried out with 200x magnification and the impact test was carried out using the Charpy method. The statistical test used was ANOVA then followed by the t-test with the application.SPSS.IBM.version.25. The micro structure in the weld area with a current strength of 70 A with seam angles of 55° and 75 is dominated by cementite, you can see fine pearlite grains which indicate the material is hard / brittle while on the test specimens with a current strength of 85 A and 100 A with an angle of 55 and 75° is dominated by ferrite, visible grain coarse pearlite which indicates the material is soft / ductile. In the impact test the highest average impact value was obtained at the welding current variation of 100 A with a double V seam angle of 55° with a value of 2.05 Joules / mm<sup>2</sup>. And the lowest impact value is obtained at welding variation, current strength. 70 A. With a double V seam angle of 75° with a value of 1.05 Joules / mm<sup>2</sup>.

**Keywords :** Current Strength Variation, Continuous Angle Variation, ASTM A36 Steel, Micro Structure and Impact Strength.

### PENDAHULUAN

Pada era modern ini perkembangan teknologi pada bidang pengelasan perkapalan semakin maju dan pesat. Pada sekitar tahun 1920 an las sudah berperan penting terhadap pembuatan kapal laut, Jembatan, kereta api dan kontruksi pembangunan gedung yang rangkanya memerlukan proses pengelasan. Menurut *Deutsche Industrie Normen* (DIN) las merupakan suatu ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang terjadi pada keadaan cair.

Konstruksi kapal laut yang kuat dan kokoh sangatlah penting. Pemilihan bahan material kapal dan pengelasannya akan berpengaruh besar pada kekuatan konstruksi tersebut. Kekuatan konstruksi dapat diuji dengan melakukan pengujian *impact* untuk mengetahui nilai ketangguhan terhadap beban kejut. Pengaplikasian kapal laut yang akan diuji khusus untuk ruang lingkup daerah tropis saja, sehingga pengujian *impact* dilakukan pada suhu ruangan. Dilakukan uji foto struktur mikro untuk mengetahui nilai cementit, ferit dan perlit, sehingga

dapat diketahui nilai keuletan material. Data investigasi kecelakaan pelayaran tahun 2010-2016 menurut KNKT sebesar 54 kapal mengalami kecelakaan. Kecelakaan karena tenggelam sebesar 24%, kebakaran/meledak sebesar 35%, tubrukan sebesar 31%, kandas sebesar 6%, dan lain-lain sebesar 4%.

Kekuatan hasil sambungan las dipengaruhi berbagai faktor yang beragam, salah satunya adalah besar kuat arus las dan besar sudut kampuh las. Besar atau kecilnya kuat arus las dapat mempengaruhi hasil pengelasan. Pada pemekaaian kuat arus las yang terlalu rendah akan mengakibatkan busur listrik sulit untuk dinyalakan, menimbulkan nyala busur listrik yang tidak stabil. Arus yang kecil menghasilkan panas busur listrik yang kurang kuat, sehingga hasilnya kurang baik dan penetrasi kurang dalam. Bika arus las terlalu tinggi mengakibatkan pencairan elektroda yang begitu cepat dan membentuk permukaan las yang terlalu lebar dan penetrasi terlalu dalam (Arifin dalam Joko Santoso, 2006).

Besarnya sudut kampuh las dapat mempengaruhi hasil kekuatan las. Semakin besar sudut kampuh las maka semakin besar luas kampuh las yang akan dilas. Semakin besar luas kampuh las maka logam pengisi (elektroda) yang dibutuhkan akan semakin banyak yang mengakibatkan bertambahnya waktu pengelasan dan luas daerah HAZ sehingga dapat mempengaruhi kekuatan las. Hasil foto struktur mikro sangat dipengaruhi oleh temperatur tertinggi pada proses pengelasan, laju pendinginan daerah lasan, dan kecepatan pengelasan.

Patrick Rangga (2017) dimana pada penelitian menghasilkan sebuah data penelitian yaitu, pada hasil struktur mikro merpellihatkan butiran ferit, perlit dan porositas. Sudut kampuh las  $50^\circ$  pada penggunaan arus kuat arus 140 A tampak hanya terdapat porositas pada daerah HAZ, sedangkan sudut  $60^\circ$ ,  $70^\circ$ ,  $80^\circ$ , dan  $90^\circ$  tampak beberapa porositas.

Farid Anshori (2019) dimana pada penelitiannya terdapat pengaruh yang signifikan pada sudut kampuh terhadap nilai kekerasan hasil sambungan las baja SS400 dengan variasi sudut kampuh  $50^\circ$ ,  $60^\circ$ , dan  $70^\circ$ . Sedangkan variasi sudut kampuh  $70^\circ$  memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi pada daerah lasan sebesar 276 VHN bila dibandingkan spesimen dengan sudut kampuh  $50^\circ$  senilai 248 VHN dan  $60^\circ$  senilai 255 VHN.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang diuraikan di atas, dilakukan analisa tentang variasi kuat arus las yang mana yang lebih bagus dan cocok untuk logam yang akan dilas. Para peneliti melakukan percobaan dengan menggunakan variasi kuat arus, untuk mengetahui kuat arus yang tepat untuk diterapkan

dalam pengelasan logam yang di inginkan. Karena kuat arus las sangat berpengaruh besar terhadap kekuatan mekanik hasil lasan. Besar kuat arus las yang digunakan yaitu 70 A, 85 A dan 100 A. Ketebalan pelat baja ASTM A36 yang akan diuji yaitu 10 mm, dengan menggunakan elektroda E-7018 berdiameter 2,6 mm. Pemilihan elektroda E-7018 dilakukan berdasarkan nilai tegangan tarik maksimum elektroda sebesar 70.000 Psi yang setara dengan 480 Mpa. Sedangkan kekuatan tarik baja ASTM A36 sebesar 400-550 Mpa, sehingga digunakan elektroda dengan kekuatan tarik dengan rentang nilai sekitar 400-550 Mpa.

Dari uraian yang telah dijabarkan diatas maka, penelitian ini mengambil judul “Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh Las *Double V* dan Kuat Arus Las Pada Pengelasan SMAW *Weld Joint* Plat Baja Astm A36 Terhadap Kekuatan *Impact* dan Struktur Mikro”.

### Rumusan Masalah

Berikut rumusan masalah pada penelitian ini:

- Bagaimana perubahan struktur mikro akibat variasi. kuat.arus.las dan variasi sudut.kampuh las *double V* sambungan *butt joint* pada baja ASTM A36?
- Bagaimana pengaruh variasi kuat arus las dan variasi sudut kampuh las *double V* sambungan *butt joint* pada baja ASTM A36 terhadap kekuatan *impact*?

### Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan penelitian ini:

- Mengetahui hasil analisa pengaruh variasi kuat arus las dan variasi sudut kampuh las *double V* sambungan *butt joint* pada baja ASTM A36 terhadap kekuatan *impact*.
- Mengetahui hasil analisa perubahan struktur mikro akibat variasi kuat arus las dan variasi sudut kampuh las *double V* sambungan *butt joint* pada baja ASTM A36.

### METODE

#### Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dengan metode eksperimen. Tujuannya yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi kuat arus las dan sudut kampuh las terhadap struktur mikro dan nilai kekuatan *impact* pada material baja ASTM A36, berikut pengujian yang digunakan:

- Pengujian struktur mikro daerah las material baja ASTM A36.

Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh Las *Double V* dan Kuat Arus Las Pada Pengelasan SMAW *Weld Joint* Plat Baja ASTM A36 Terhadap Kekuatan *Impact* dan Struktur Mikro

- Pengujian *impact* metode *charpy* pada sambungan las material baja ASTM A36.

**Tempat dan Waktu Penelitian**

- Tempat Penelitian  
Pengelasan dilakukan di Laboratorium Pengelasan Universitas Negeri Surabaya.  
Pengujian bahan dilakukan di Universitas Negeri Malang.
- Waktu  
Bulan Maret – Juli 2020.

**Objek Penelitian**

Objek penelitian merupakan hasil sambungan las baja ASTM A36 dengan variasi kuat arus las dan variasi sudut kampuh las menggunakan elektroda E7018 diameter 2,6 mm.

**Variabel Penelitian**

- Variabel Bebas
  - Variasi kuat arus las 70A, 85A dan 100A.
  - Variasi sudut kampuh las 55° dan 75°
- Variabel Terikat
  - Hasil foto struktur mikro dan nilai *impact* pada material baja ASTM A36 menggunakan variasi kuat arus las dan sudut kampuh las.
- Variabel Kontrol
  - Jenis material yang dipakai yaitu baja ASTM A36.
  - Jenis elektroda yang dipakai yaitu elektroda E7018 berdiameter 2,6 mm.
  - Spesifikasi material (kandungan kimia, ukuran, temperatur).
  - Pengujian *impact* metode *charpy* dengan standar pengujian ASTM Vol 03-03 E 23.
  - Pengujian struktur mikro dengan uji metalografi perbesaran 200x.
  - Operator pengelasan.

**Flowchart Penelitian**

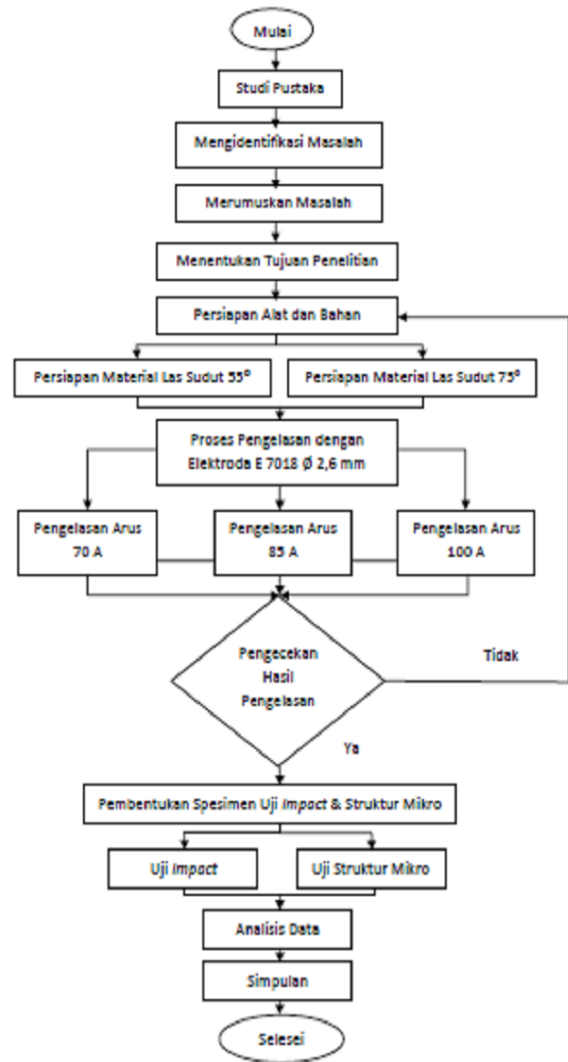


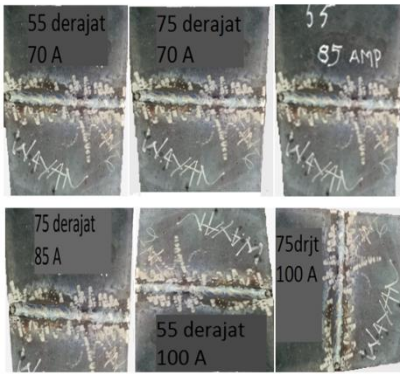
Diagram 1  
Flowchart Penelitian

**Teknik Analisis Data**

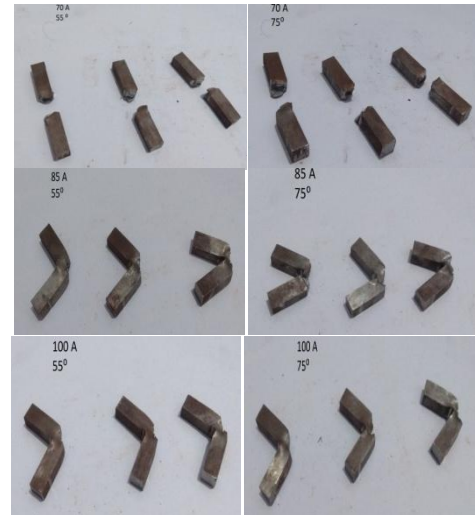
Teknik analisis data yang digunakan jenis eksperimen. Tujuan penelitian untuk mengetahui hubungan dua variabel atau lebih. Dimana nantinya akan terbangun sebuah teori yang memiliki fungsi untuk menjelaskan, meramalkan dan mengontrol suatu gejala (Sugiono, 2014:55). Data yang diperoleh, kemudian digambarkan dalam bentuk diagram batang maupun grafis, dihitung dan diterjemahkan dalam bentuk deskripsi kemudian ditafsirkan menggunakan metode statistik jenis *Anova (Analysis of Variance)* dan *t-test*.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

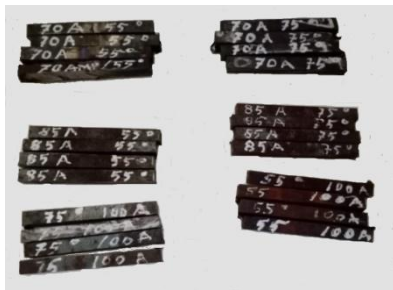
Dokumentasi penelitian



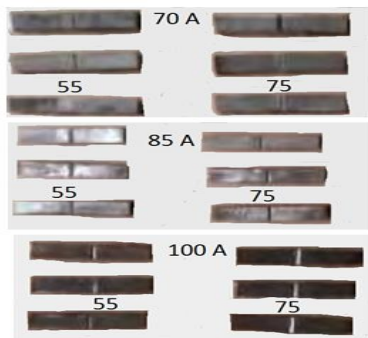
Gambar 1  
Material Setelah Dilas



Gambar 5  
Spesimen Setelah Pengujian Impact



Gambar 2  
Material Hasil Lasan Setelah Melalui Proses Pemotongan

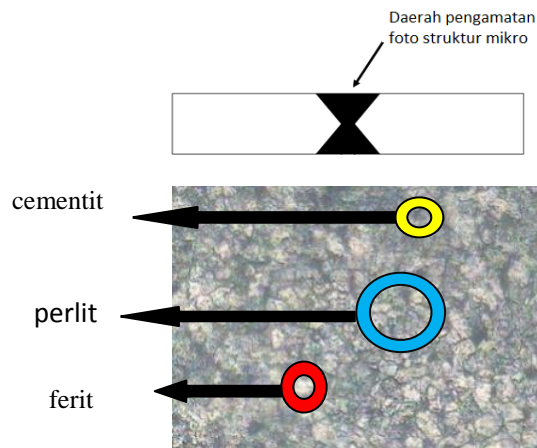


Gambar 3  
Spesimen Uji Impact



Gambar 4  
Spesimen Uji Foto Mikro

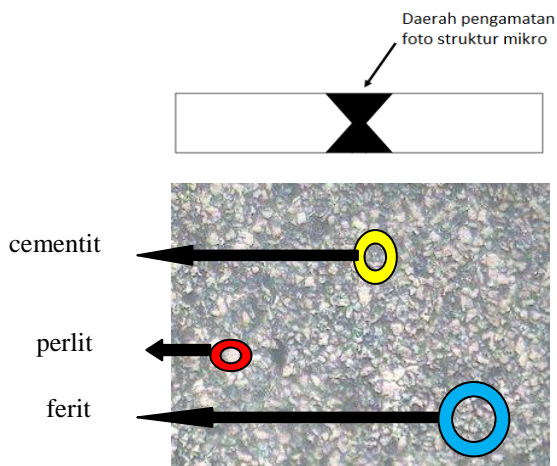
- Uji struktur mikro bertujuan mengetahui sifat dari suatu logam. Berikut adalah hasil foto struktur mikro :



Gambar 6  
Foto Struktur Mikro Kuat Arus 70 A dan Sudut Kampuh Las 55° Pada Daerah Las

Pada gambar diatas terlihat cementit lebih mendominasi daripada butiran ferit. Membentuk butiran perlit halus. Berdasarkan foto struktur mikro tersebut menunjukkan bahwa material bersifat lebih keras/ getas. Terlihat batas butir ferit tidak dapat memuai dengan baik.

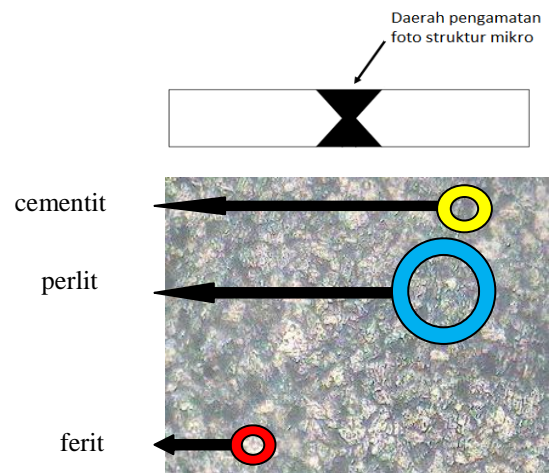
Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh Las *Double V* dan Kuat Arus Las Pada Pengelasan SMAW *Weld Joint* Plat Baja ASTM A36 Terhadap Kekuatan *Impact* dan Struktur Mikro



Gambar 7

Foto Struktur Mikro Kuat Arus 70 A dan Sudut Kampuh Las 75° Pada Daerah Las

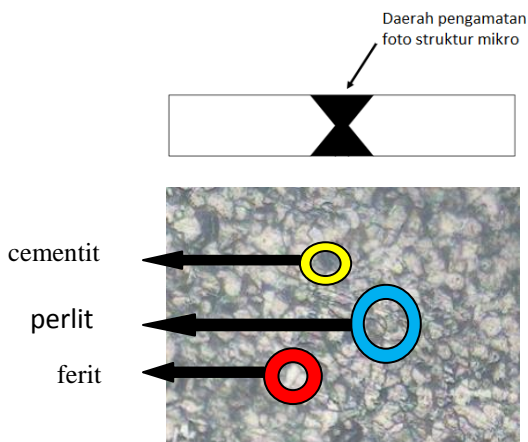
Pada gambar diatas terlihat Cementit lebih mendominasi daripada butiran ferit. Membentuk butiran perlit halus. Berdasarkan foto struktur mikro tersebut menunjukkan bahwa material bersifat lebih keras/ getas. Terlihat batas butir ferit tidak dapat memuai dengan baik.



Gambar 9

Foto Struktur Mikro Kuat Arus 85 A dan Sudut Kampuh Las 75° Pada Daerah Las

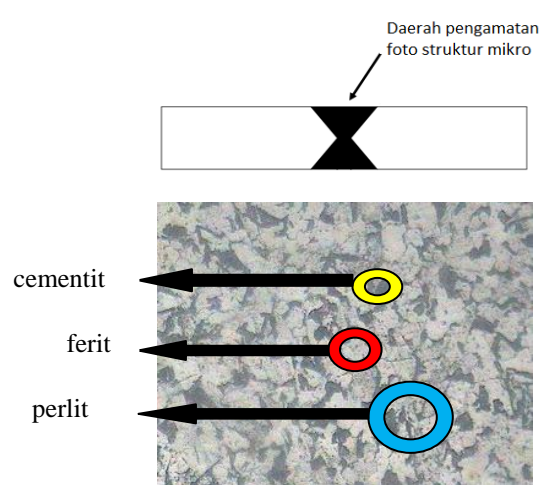
Pada gambar diatas terlihat Ferit lebih mendominasi daripada cementit. Membentuk butiran perlit kasar. Hal Berdasarkan foto struktur mikro tersebut menunjukkan bahwa material bersifat lunak dan lebih ulet. Terlihat batas butir ferit dapat memuai dengan baik.



Gambar 8

Foto Struktur Mikro Kuat Arus 85 A dan Sudut Kampuh Las 55° Pada Daerah Las

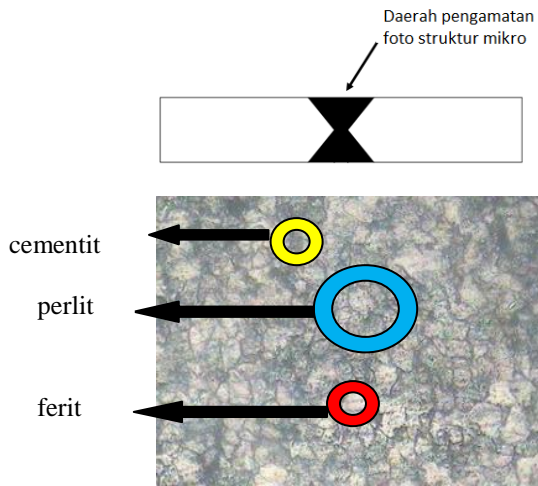
Pada gambar diatas terlihat Ferit lebih mendominasi daripada cementit. Membentuk butiran perlit kasar. Berdasarkan foto struktur mikro tersebut menunjukkan bahwa material bersifat lunak dan lebih ulet. Terlihat batas butir ferit dapat memuai dengan baik.



Gambar 10

Foto Struktur Mikro Kuat Arus 100 A dan Sudut Kampuh Las 55° Pada Daerah Las

Pada gambar diatas terlihat ferit lebih mendominasi daripada cementit. Membentuk butiran perlit kasar. Berdasarkan foto struktur mikro tersebut menunjukkan bahwa material bersifat lunak dan lebih ulet. Terlihat batas butir ferit dapat memuai dengan baik.



Gambar 11

Foto Struktur Mikro Kuat Arus 100 A dan Sudut Kampuh Las 75° Pada Daerah Las

Pada gambar diatas terlihat ferit lebih mendominasi daripada cementit. Membentuk butiran perlit kasar. Berdasarkan foto struktur mikro tersebut menunjukkan bahwa material bersifat lunak dan lebih ulet. Terlihat batas butir ferit dapat memuai dengan baik.

- Uji *impact* bertujuan mengetahui tingkat kegetasan/ keuletan suatu material yang diuji melalui pembebanan secara tiba-tiba terhadap spesimen uji. Berikut adalah hasil uji *impact* :

Tabel 1  
Hasil Uji *Impact*

Kuat Arus (A)	Sudut Kampuh Las (°)	Spesimen	Nilai <i>Impact</i> (Joule/mm <sup>2</sup> )	Rata-rata <i>Impact</i> (Joule/mm <sup>2</sup> )
70	55	1	0,80	1,13
		2	1,34	
		3	1,26	
	75	1	0,99	1,05
		2	1,31	
		3	0,86	
85	55	1	1,97	2,01
		2	2,03	
		3	2,04	
	75	1	1,91	1,96
		2	1,96	
		3	2,03	
100	55	1	2,04	2,05
		2	2,06	

100	75	3	2,05	2,05
		1	2,04	
		2	2,01	
	3	2,03	2,02	

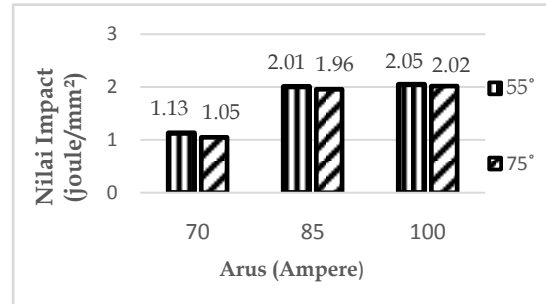


Diagram 2  
Hasil Uji *impact*

Pada data hasil uji *impact* diatas diketahui bahwa nilai rata-rata *impact* tertinggi dihasilkan pada variasi kuat arus 100 Ampere dan sudut kampuh *double V* sebesar 55° sebesar 2,05 Joule/mm<sup>2</sup>. Dan nilai rata-rata *impact* terendah dihasilkan pada variasi kuat arus 70 Ampere dan sudut kampuh *double V* sebesar 75° dengan nilai sebesar 1,05 Joule/mm<sup>2</sup>.

Pada hasil uji *impact* diatas didukung oleh Suherman (1987) yang menyatakan Semakin tinggi kuat arus las yang dipakai maka nilai ketangguhan yang didapat akan semakin tinggi, namun setelah mencapai titik ketangguhan maksimumnya maka nilai ketangguhan akan menurun kembali pada penerapan tingkat kuat arus selanjutnya karena adanya proses deformasi. Farid Anshori (2019) dimana pada penelitiannya terdapat pengaruh yang signifikan pada sudut kampuh terhadap nilai kekerasan hasil sambungan las baja SS400 dengan variasi sudut kampuh 50°, 60°, dan 70°. Sedangkan variasi sudut kampuh 70° memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi pada daerah lasan sebesar 276 VHN bila dibandingkan spesimen dengan sudut kampuh 50° senilai 248 VHN dan 60° senilai 255 VHN.

**PENUTUP**  
**Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian, Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh Las *Double V* dan Kuat Arus Las. Pada Pengelasan Smaw Weld Joint Plat Baja ASTM A36 Terhadap Kekuatan *Impact* Dan Struktur Mikro adalah sebagai berikut:

- Nilai *impact* tertinggi didapatkan pada spesimen dengan variasi sudut kampuh *double V* sebesar 55° dengan kuat arus pengelasan sebesar 100

## Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh Las *Double V* dan Kuat Arus Las Pada Pengelasan SMAW *Weld Joint* Plat Baja ASTM A36 Terhadap Kekuatan *Impact* dan Struktur Mikro

Ampere dengan nilai *impact* sebesar 2,05 Joule/mm<sup>2</sup>. Semakin tinggi kuat arus las yang dipakai maka nilai ketangguhan yang didapat akan semakin tinggi, namun setelah mencapai titik ketangguhan maksimumnya maka nilai ketangguhan akan menurun kembali pada penerapan tingkat kuat arus selanjutnya. Semakin besar sudut kampuh las yang dipakai akan menurunkan ketangguhan material.

- Pada hasil struktur mikro terlihat fasa ferit, cementit dan fasa perlit. Semakin tinggi kuat arus las memperlihatkan butiran perlit kasar, dengan didominasi oleh ferit yang menunjukkan material bersifat lunak/ulet. Semakin besar sudut kampuh las memperlihatkan butiran perlit yang lebih halus, dengan didominasi oleh cementit yang menunjukkan material bersifat keras/getas.

### SARAN

Saran untuk penelitian selanjutnya:

- Pada penelitian selanjutnya bisa ditambahkan proses *pre heating* dan *post heating*.
- Sebelum dilakukan pengelasan, sebaiknya perlu dilakukan pemanasan elektroda terlebih dahulu dengan tujuan menghilangkan hidrogen pada *flux* yang dapat menyebabkan hasil pengelasan menjadi kurang optimal.
- Ditambahkan foto struktur mikro setelah proses pengujian *impact*.
- Ditambahkan variasi *heat input*, variasi temperatur daerah lasan.

### DAFTAR PUSTAKA

Alip, M. 1989. "Teori dan Praktik Las". Penerbit Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

American Society for Testing and Materials. 2004. "Standard Specification of Carbon Structural Steel". ASTM Society: New York.

American Society for Testing and Materials. 2007. "Standard Test Methods for Impact Testing of Metallic Materials". ASTM Standards Vol.03.03E 23, ASTM Society: New York.

Anshori, Muhammad Farid. 2019. "Pengaruh Variasi Besar Sudut Kampuh V Tunggal Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan, dan Kekuatan Tarik Material Baja SS400 Dengan Metode Pengelasan SMAW". Solo: Universitas Sebelas Maret.

Azkar, Muhammad. 2018. "Analisis Pengelasan SMAW pada Baja ASTM A36 dengan Variasi Elektroda Terhadap Sifat Mekanik dan ketahanan Biokorosi di Lingkungan Laut".

Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Bintoro, G.A. 1999. "Dasar-Dasar Pekerjaan Las". Jilid 1. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

Davis, H.E. 1982. "The Testing of Engineering Materials" Mc Graw Hill, Inc. Auckland.

Groover, Mikell P. 1996. "Fundamentals of Modern Manufacturing". Leghigh University. New Jersey.

Khotasa, M. 2016. "Analisis Pengaruh Variasi Arus dan Bentuk Kampuh Pada Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Impact Sambungan Butt Joint pada Pelat Baja A36". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Nur, Robby, dkk. 2017. "Analisis Pengaruh Variasi Heat Input dan Bentuk Kampuh pada Pengelasan SMAW Weld Joint Pelat Baja A 36 Terhadap Sifat Mekanik". Jurnal Teknik ITS Vol 6. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Raharjo, Samsudi dan Rubijanto J.P. 2012. Variasi Arus Listrik Terhadap Sifat Mekanis Sambungan Las Shielding Metal Arc Welding (SMAW). Jurnal FT UMS, 1412-9612: Solo.

Rangga, Patrick. 2017. "Pengaruh Variasi Sudut Kampuh Dan Kuat Arus Terhadap Struktur Mikro Dan Kekuatan Bending Hasil Sambungan Las SMAW Baja Karbon Rendah". Semarang: Universitas Negeri Semarang.

Sack dan Raymond, J. 1997. "Welding: Principles and Practices". Mc Graw Hill. USA.

Santoso, Joko. 2006. "Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Las SMAW dengan Elektroda E7018". Semarang: Universitas Negeri Semarang.

Sonawan, H., Suratman, R, 2004. "Pengantar untuk Memahami Pengelasan Logam". Alfa Beta: Bandung.

Sugiyono. 2014. "Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D". Bandung: Alfabeta.

Suherman. 1987. "Ilmu Logam I". Institut Teknologi Sepuluh November: Surabaya.

Suratman, R. 1994. "Panduan Proses Perlakuan Panas". Penerbit Lembaga Penelitian ITB. Bandung.

Suharto, 1991. "Teknologi Pengelasan Logam". Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.

Syarippudin, dkk. 2014. "Pengaruh Jenis Kampuh Las Terhadap Kekuatan Tarik Baja Paduan Rendah (ASTM A36) Menggunakan Las Smaw". Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.

- Wafa, Ibnu. 2017. "Pengaruh Variasi Arus Listrik Terhadap Kekuatan Impact Dan Struktur Mikro Pada Sambungan Pengelasan Tig (Tungsten Inert Gas) Dengan Bahan Tembaga (Cu)". Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Wirjosumarto, H. 1991. "Teknik pengelasan logam". Pradnya Paramita. Jakarta.
- Wirjosumarto, H. 2004. "Teknologi Pengelasan Logam". PT. Pradya Paramita. Jakarta.
- Wirjosumarto, H dan Okumura, T. 1996. "Teknologi pengelasan Logam". Jakarta: Pradnya Paramita.
- Zamil, F.M. 1999. "Makalah Pengelasan Proses SMAW (Las Busur Listrik)". PT. Crossfiled Ind. Pasuruan.