

Studi Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Sifat Fisis Dan Sifat Mekanis Sambungan SMAW Pada Baja Karbon Rendah

Muhamad Setiawan¹, Wartono^{2,*}, Dandung R Hartana³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
JL. Babarsari Catur Tunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta, 55281

Corresponding author: wartono@itny.ac.id

Abstract

This study aims to study the effect of SMAW welded butt joint welding current on microstructure, tensile strength and hardness of vickers. This study used a 300 mm × 100 mm × 6 mm low carbon steel plate strip with a "V" effect with a 70° angle using RD E6013 electrodes and welded at the butt joint using Shielded Metal Arc Welding (SMAW) welding, using 2 layers with an electrode diameter of 2.6 mm with a current of 90 A on the first layer and 3.2 mm with a current variation of 90 A, 100 A, and 110 A on the second layer. Tests are carried out composition tests, microstructure tests, vickers hardness and tensile strength tests. The results of testing the microstructure of the structure formed are GBF (Grain Boundary Ferrite), WF (Widmanstatten Ferrite), and AF (Acicular Ferrite). The highest hardness test results occurred at a welding current of 110 A with a hardness value of 187.3 kg / mm², while the lowest hardness occurred at a current of 100 A with a hardness value of 180.6 kg / mm². The highest tensile strength value is at welding current 110 A with a tensile strength value of 527.14 MPa, and the lowest tensile strength is at welding current 100 A with a tensile strength value of 514.41 MPa

Keywords: Welding current, SMAW, low carbon steel, Hardness test of vickers, Test tensile strength.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh Arus pengelasan sambungan *butt joint* las SMAW terhadap struktur mikro, kekuatan tarik dan kekerasan *vickers*. Penelitian ini menggunakan strip plat baja karbon rendah berukuran 300 mm × 100 mm × 6 mm yang diberi kampuh "V" dengan sudut 70° menggunakan elektroda RD E6013 dan dilas menggunakan pengelasan *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)*, dengan diameter elektroda 2,6 mm dengan arus 90 A pada layer pertama dan 3,2 mm dengan variasi arus 90 A, 100 A, dan 110 A pada layer kedua. Pengujian yang dilakukan uji komposisi, uji struktur mikro, uji Kekerasan vickers dan kekuatan tarik. Hasil pengujian struktur mikro struktur yang terbentuk adalah *GBF (Grain Boundary Ferrite)*, *WF (Widmanstatten Ferrite)*, dan *AF (Acicular Ferrite)*. Hasil pengujian kekerasan tertinggi terjadi pada arus pengelasan 110 A dengan nilai kekerasannya 187,3 kg/mm², untuk kekerasan terendah terjadi pada arus 100 A dengan nilai kekerasan 180,6 kg/mm². Nilai kekuatan tarik tertinggi yaitu pada arus pengelasan 110 A dengan nilai kekuatan tarik 527,14 MPa, dan kekuatan tarik terendah yaitu pada arus pengelasan 100 A dengan nilai kekuatan tarik 514,41 MPa.

Kata Kunci : Arus pengelasan, SMAW, baja karbon rendah, uji Kekerasan vickers, Uji tarik.

PENDAHULUAN

Perkembangan dalam ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah dicapai sampai saat ini

berpengaruh juga pada industri logam yang semakin berkembang. Begitu pula dengan teknologi penyambungan logam yang semakin modern dan bervariasi macam dan caranya. Pengelasan merupakan salah satu teknik penyambungan yang paling tepat pada konstruksi bangunan dan mesin yang berbahan baku logam seperti aluminium, besi cor, baja karbon, dan sebagainya. Las elektroda terbungkus adalah cara pengelasan yang banyak digunakan pada masa ini. Dalam cara pengelasan ini digunakan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan fluks. Pada proses pengelasan jenis ini, logam induk akan mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Selama proses pengelasan, elektroda mengalami pencairan bersamaan dengan logam induk dan akan mengisi kampuh. Menghasilkan sambungan yang baik dan kuat adalah tujuan mengapa pengelasan dipilih sebagai metode penyambungan logam sampai saat ini (Wirjosumarto, 200). Tidak mudah untuk menghasilkan sambungan yang baik dari proses pengelasan, dikarenakan sambungan yang terlihat baik secara visual belum tentu baik secara struktural. Oleh karena itu, untuk mengetahui hasil sambungan pengelasan yang baik secara struktural harus melalui berbagai macam pengujian seperti uji komposisi, uji struktur mikro, uji kekuatan tarik, uji kekerasan, dan lain sebagainya.

Berdasarkan hasil pengujian tentang “Pengaruh variasi arus pengelasan terhadap kekuatan Tarik dan kekerasan *plate carbon stile ASTM36*”. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan nilai rata-rata yang didapat pada sampel uji tarik *ampere* 90,100 sebesar 369,69 MPa dan sebesar 397,59 MPa. Sedangkan pada sampel uji tarik amper 110 dan 120 memenuhi kriteria standar yang telah di tetapkan yaitu rata – rata amper 110, 120 sebesar 467,78 MPa dan sebesar 415,09 MPa. Namun jika di dibandingkan dengan nilai rata- rata sampel pada Amper 110 dengan amper 120, nilai rata-rata amper 110 lebih besar yaitu 467,78 MPa, sedangkan nilai rata – rata pada sampel amper 120 hanya sebesar 415,09 Mpa . Pada pengujian kekerasan amper 90 nilai rata-rata hasil uji kekerasan (*Vickers hardness test*) tidak memenuhi kriteria standar minimal yang telah di tetapkan. Rata-rata hasil uji kekerasan amper 100, nilai rata-rata kekerasan pada daerah *HAZ* juga tidak memenuhi kriteria standar minimal, namun pada daerah *Weld Metal* nilai rata-rata hasil uji kekerasannya memenuhi kriteria standar minimal. Meskipun pada daerah *Weld Metal* nilai rata- rata hasil uji kekerasannya memenuhi nilai kriteria standar hasil uji kekerasan pada amper 100 tetap dikatakan tidak memenuhi standar. Selanjutnya pada nilai rata-rata hasil uji kekerasan *Ampere* 110, dapat di lihat baik pada nilai rata- rata kekerasan daerah *HAZ* mau pun daerah *Weld Metal*, keduanya memenuhi persyaratan standar minimal nilai kekerasan. Pada *Ampere* 120, nilai rata-rata hasil uji kekerasan pada daerah *Welding Metal* melebihi nilai kriteria standar maksimal yaitu sebesar 228 HV yang seharusnya tidak lebih dari 220 HV, meskipun nilai rata-rata hasil uji kekerasan pada daerah *HAZ* memenuhi kriteria standar minimalmaksimal, tetapi hasil uji kekerasan pada *Ampere* 120 tidak memenuhi standar yang telah di tetapkan. Dari penjelasan diatas, dapat diperoleh informasi bahwa pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* dengan arus listrik 110 *Ampere* pada plate carbon steel ASTM A36 akan di dapatkan nilai kekerasaan optimal (Adi dkk., 2018)

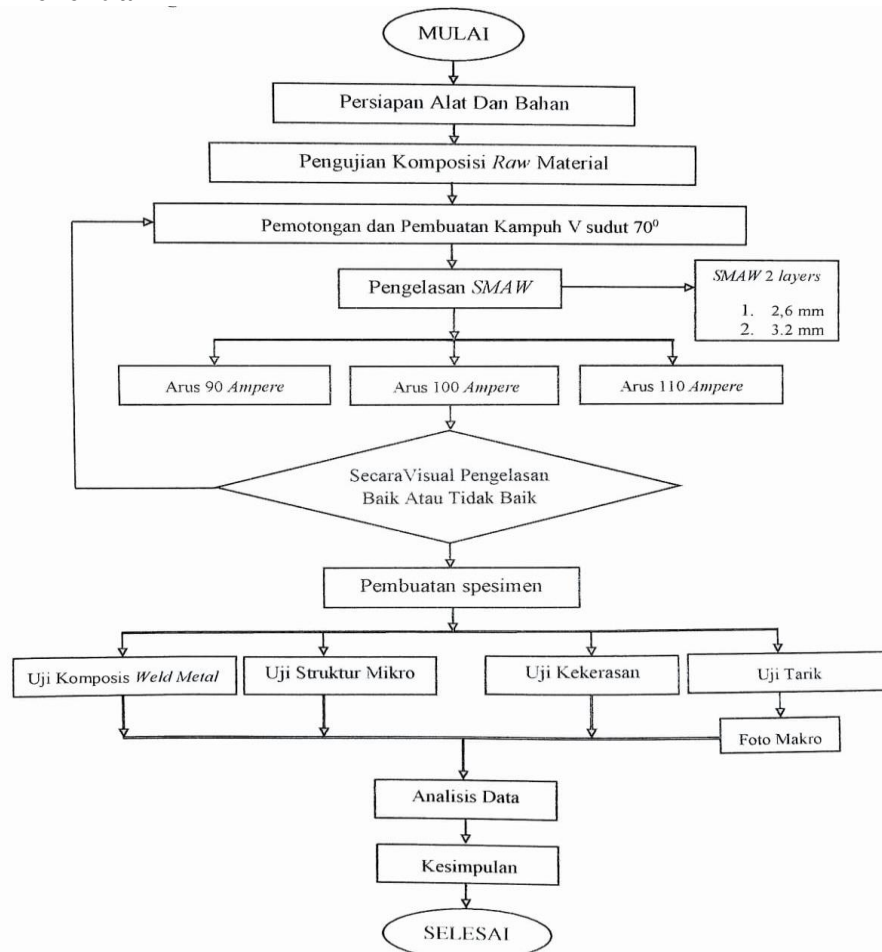
Berdasarkan hasil penelitian tentang “Analisa terhadap kuat arus terhadap struktur mikro, kekerasan, kekuatan Tarik pada baja karbon rendah dengan las *SMAW* menggunakan jenis elektroda E7016” Dari hasil penelitian yang di lakukan dapat disimpulkan bahwa Hasil struktur mikro adalah pada logam induk tanpa pengelasan struktur mikronya *ferrite* dan *pearlit* sama mendominasi, struktur mikro pada daerah las arus 100 A hasilnya *ferrite widmanstatten* dan *ferrite* batas butir, arus las 120 A hasilnya *pearlit*, *ferrite acicular* dan *ferrite widmanstatten*, sedangkan pada arus las 140 A hasilnya sama dengan arus las 120 A yaitu *pearlit*, *ferrite acicular*, *ferrite widmanstatten*. Struktur mikro daerah *HAZ* adalah arus las 100 A hasilnya ferrit dan pearlit mendominasi, arus las 120 A hasilnya *ferrite* halus dan *ferrite* kasar serta pearlit, arus las 140 A hasilnya *ferrite* dan *pearlit*. Hasil nilai kekerasan *Rockwell* logam induk 72,66 *HRC*, daerah *HAZ* adalah arus 100 A hasilnya 77 *HRC*, arus 120 A hasilnya 77,3 *HRC*,

arus 140 A hasilnya 78,3 *HRC*, sedangkan Jurnal Ilmiah Cendekia Eksakta 35 pada daerah las adalah arus 100 A hasilnya 95 *HRC*, arus 120 A hasilnya 96,6 *HRC*, arus 140 A hasilnya 101,6 *HRC*. Hasil pengelasan pengujian ini diketahui bahwa lokasi putus sewaktu pengujian tarik dilakukan terhadap hasil pengelasan adalah terjadi pada daerah *HAZ*. Hal ini dikarenakan *HAZ* adalah daerah yang mengalami perubahan akibat siklus termal pengelasan, oleh sebab itu putus akibat tarikan terjadi pada daerah ini karena memiliki kekuatan yang lebih rendah dari daerah pengelasan. Kekuatan tarik hasil lasan dengan arus 100 A adalah 34,697 kgf, arus las 120 A adalah 25,127 kgf dan arus las 140 A adalah 34,291 kgf (Anjis dkk., 2016).

Berdasarkan Analisa yang dilakukan pada pengaruh arus pengelasan terhadap kekerasan, kekuatan tarik, dan struktur mikro hasil las *SMAW* dari hasil analisa yang dilakukan bahwa baja karbon rendah setelah mengalami pengelasan mempunyai nilai kekerasan tertinggi pada arus 120 A dengan nilai 77,00 kg/mm² dan jika dibandingkan dengan normal nilai kekerasannya lebih rendah dengan nilai 74,00 kg/mm². Baja karbon rendah setelah mengalami pengelasan mempunyai nilai kekuatan tarik tertinggi pada arus 120 A dengan nilai 715,384 N/mm² dan jika di bandingkan dengan baja karbon rendah yang tidak mengalami pengelasan untuk kekuatan tariknya lebih rendah yaitu 673,076 N/mm² di bandingkan dengan mengalami pengelasan. Sedangkan untuk struktur mikro pada specimen tidak ada perubahan molekul-molekul *ferrite* lebih banyak di bandingkan dengan *perlite* sedangkan pada 80 *Ampere*, 100 *Ampere*, 120 *Ampere*, memberikan penjelasan bahwa butir-butir yang terkandung dalam baja dapat mengalami perubahan setelah perlakuan pengelasan (Nitha, 2019).

METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



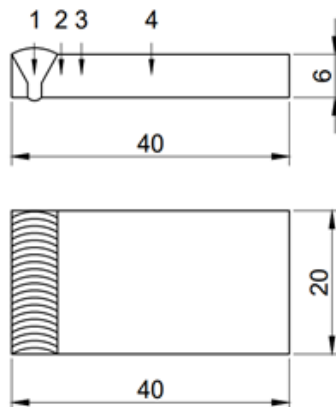
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Bahan

Bahan penelitian ini berupa plat baja (*strip plate*) dengan kandungan karbon 0,19 % termasuk dalam kategori baja karbon rendah. Bahan ini diperoleh dari Toko Besi Sekawan Jl. Magelang dengan ukuran 6000 mm x 100 mm x 6 mm. Kemudian bahan dipotong dengan ukuran 300 mm x 100 mm x 6 mm.

Pengujian Struktur Mikro

Pengujian mikro adalah suatu pengujian mengenai struktur bahan melalui pembesaran dengan menggunakan mikroskop khusus yaitu mikroskop logam. Dengan pengujian mikro struktur, dapat diamati bentuk dan ukuran kristal logam, kerusakan logam akibat proses deformasi, proses perlakuan panas, dan perbedaan komposisi. Pengujian struktur mikro dilakukan pada bagian *Weld Metal*, *HAZ kasar*, *HAZ halus*, dan *RAW Material*.



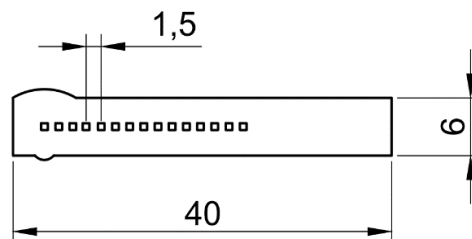
Gambar 2. Spesimen Pengujian Mikro

Keterangan:

1. *Weld Metal*
2. *HAZ kasar*
3. *HAZ halus*
4. *Raw Material*

Pengujian Kekerasan Vickers

Kekerasan *Vickers* (Schonmetz, 1977) ditunjukkan oleh bekas injakkan penetrator yang terbuat dari piramida intan. Besarnya diagonal bekas (permukaan) diukur dengan mikroskopis. Sudut antara dua bidang sisi dari piramida 136°.



Gambar 3. Spesimen Uji Kekerasan *Vickers*

$$VHN = 1,8544 \frac{P}{D^2} \quad (1)$$

$$D = \frac{(d_1 + d_2)}{2} \quad (2)$$

Keterangan:

VHN = Angka Kekerasan *Vickers* (kgf/mm²)

P = Beban yang ditetapkan (kgf)

D = Panjang diagonal rata-rata (mm)

d_1 = Panjang diagonal injakan sata (mm)

d_2 = Panjang diagonal injakan dua (mm)

Pengujian Kekuatan Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik pada logam sebagai acuan untuk mengklasifikasikan logam tersebut tergolong jenis yang dikehendaki sesuai standar *ASTM*. Pengujian tarik biasanya dilakukan pada spesimen berbentuk batangan silinder atau plat. Pengujian terhadap spesimen dilakukan dengan memberikan beban secara perlahan-lahan sehingga spesimen akan mengalami deformasi berupa pergerakan penampang dan pertambahan panjang pada spesimen uji.

Tegangan

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (3)$$

Dimana:

P : Gaya Maksimal (kg)

A_0 : Luas Penampang Semula (mm^2)

σ : Tegangan Yang Dihitung/ Tegangan Nominal (kg/mm^2)

Regangan

$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\% \text{ atau } \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana

ε : Regangan

L : Panjang Akhir (mm)

L_0 : Panjang Awal (mm)

ΔL : Pertambahan Panjang (mm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Tabel 1. Komposisi Kimia

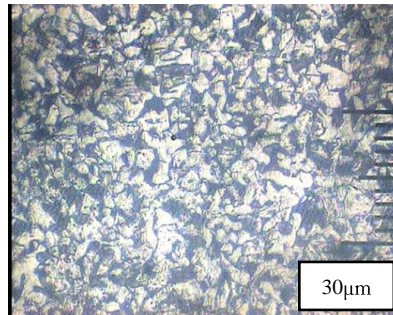
Unsur	Kadar		Kandungan Elektroda E6013(%)
	Raw Material	Weld Metal	
Fe	98,3401	98,3853	
C	0,2886	0,2851	0,10
Si	0,2542	0,2627	0,50
Cr	0,2077	0,2058	0,20
Mn	0,6314	0,6161	0,035

Pengujian komposisi kimia dilakukan bertujuan untuk mengetahui prosentase unsur-unsur yang terkandung dalam *raw material* maupun *weld metal*, sehingga dapat diketahui perbandingan kadar kandungan unsur – unsur kimia dari kedua spesimen tersebut. Berdasarkan hasil pengujian komposisi kimia pada tabel 1. pada *raw material* mengandung kadar *ferro* (Fe) sebesar 98,3401 %, *carbon* (C) sebesar 0.2886 %, *silicon* (Si) sebesar 0.2542 %, *mangan* (Mn) sebesar 0.6314 %. Terkandungnya kadar *carbon* (C) sebesar 0.2886 % pada *raw material* menunjukkan bahwa *raw material* digolongkan kedalam baja karbon rendah dalam kelas baja lunak dengan kadar karbon 0,12 – 0,20 %. Sedangkan berdasarkan hasil

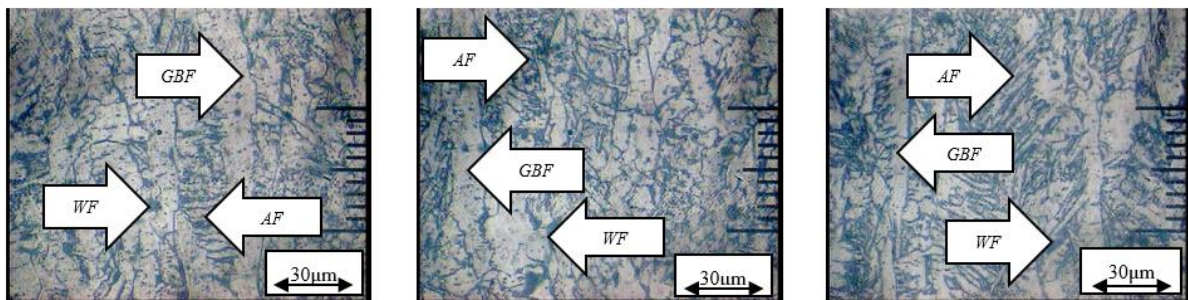
pengujian komposisi kimia pada tabel 1. pada *weld metal* mengandung kadar *ferro* (Fe) sebesar 98,3853 %, *carbon* (C) sebesar 0.2851 %, *silicon* (Si) sebesar 0.2627 %, *mangan* (Mn) sebesar 0,6161 %.

Analisis Hasil Pengujian Struktur Mikro

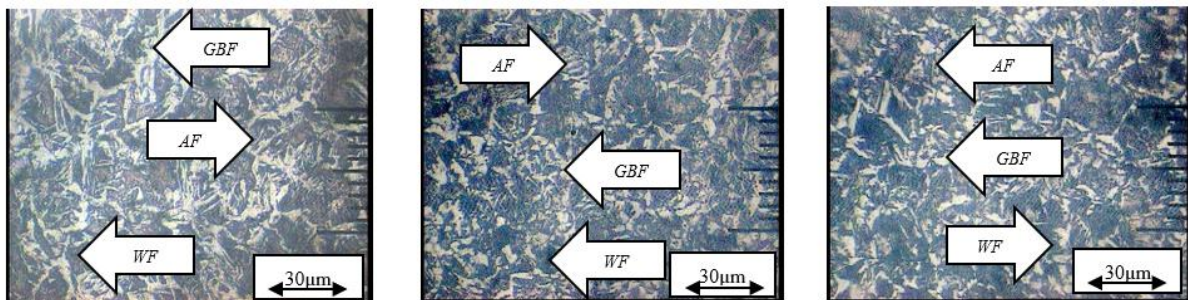
Pengujian struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop optik. Foto struktur mikro dengan perbesaran 100x. Spesimen berjumlah 13 buah yang terdiri dari *raw material*, *base metal*, *HAZ* halus, *HAZ* kasar dan *weld metal*, Dengan variasi arus pengelasan 90 Ampere, 100 Ampere, dan 110 Ampere.



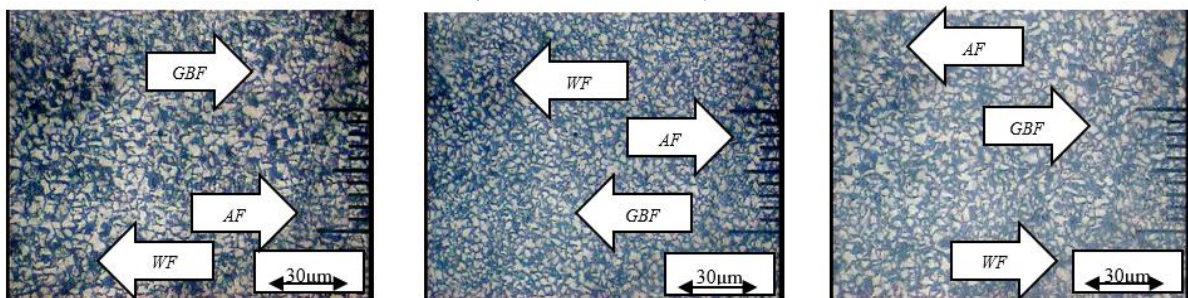
Gambar 4. Struktur Mikro *Raw Material* (Perbesaran 100X)



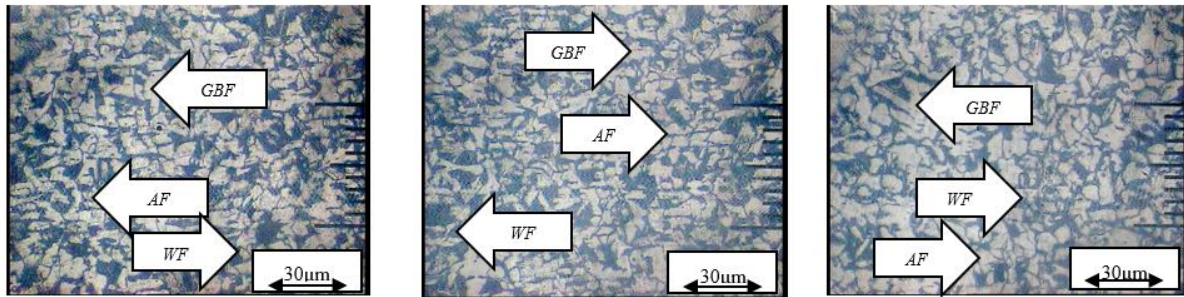
Gambar 5. Struktur Mikro *Weld Metal* Arus 90 Ampere, 100 Ampere, dan 110 Ampere. (Perbesaran 100X).



Gambar 6. Struktur mikro *HAZ Kasar* Arus 90 Ampere, 100 Ampere, dan 110 Ampere (Perbesaran 100X).



Gambar 7. Struktur Mikro *HAZ halus* Arus 90 Ampere, 100 Ampere dan 110 Ampere (Perbesaran 100X).



Gambar 8. Struktur Mikro *Besd Metal* Arus 90 Ampere, 100 Ampere, dan 110 Ampere (Perbesaran 100X).

Pada hasil uji struktur mikro *raw material* tidak terdapat struktur yang terlihat karena spesimen belum mendapatkan perlakuan, berbeda dengan hasil foto struktur mikro daerah *weld metal* arus 90 Ampere struktur yang terlihat adalah *grain boundary ferrite (GBF)* berwarna putih, *acicular ferrite (AF)* berwarna hitam dengan bentuk garis-garis pendek saling menyilang, dan *widmanstatten ferrite (WF)* berbentuk plat sejajar Untuk struktur mikro *weld metal* arus 90 Ampere menunjukkan struktur (*GBF*) lebih dominan dengan ukuran butir lebih besar, selanjutnya arus 90 Ampere pada *HAZ* kasar menunjukkan struktur *widmanstatten ferrite (WF)* lebih dominan yang menyebabkan kekuatan dan ketangguhan spesimen menurun.

Kemudian arus 90 Ampere pada *HAZ* halus didominasi dengan struktur *acicular ferrite (AF)* sehingga keuletan dan ketangguhan akan meningkat, selajutnya pada Gambar 8 struktur mikro yang terbentuk pada logam induk didominasi oleh struktur (*GBF*) *Grain Boundary Ferrite* dan (*AF*) *Acicular Ferrite*. Dari hasil pengujian struktur mikro variasi arus pengelasan dapat kita lihat pada gambar struktur mikro yang terbentuk pada *weld metal* arus 100 Ampere adalah *Grain Boundary Ferrite (GBF)* dan *Acicular ferrite (AF)*, kemudian dari hasil pengujian struktur mikro pada *HAZ* kasar arus 100 Ampere struktur yang terbentuk *Widmanstatten ferrite (WF)* Struktur (*WF*) lebih mendominasi dibandingkan dengan dua struktur lainnya. Selanjutnya hasil pengujian struktur mikro daerah *HAZ* halus dengan arus pengelasan 100 Ampere terbentuk struktur *Acicular ferrite (AF)* dan *Grain Boundary Ferrite (GBF)*.

Pengujian struktur pada bagian logam induk, butiran struktur yang terbentuk seimbang antara *GBF (Grain Boundary Ferrite)*, *WF (Widmanstatten Ferrite)*, dan *AF (Acicular Ferrite)*. Dari hasil struktur mikro pengelasan arus 110 Ampere pada *weld metal* terbentuk unsur *Grain Boundary Ferrite (GBF)* dapat dilihat pada gambar 4.15 bentuk struktur *Grain Boundary Ferrite* lebih dominan ini menyebabkan kekuatan pada spesimen pengelasan arus 110 Ampere lebih kuat dan keras. Selanjutnya hasil pengujian struktur mikro pada bagian *HAZ* kasar struktur yang terbentuk lebih dominan ke struktur *Widmanstatten ferrite (WF)*, struktur *Widmanstatten ferrite* yang berbentuk plat sejajar dan hasil pengujian struktur mikro pada *HAZ* halus adalah struktur *Acicular ferrite (AF)* dimana struktur ini berbentuk jarum pendek yang saling menyilang. hasil pengujian struktur mikro arus 110 Ampere pada logam induk struktur struktur yang terbentuk *Grain Boundary Ferrite (GBF)* dan *Acicular Ferrite (AF)*.

Analisa Hasil Pengujian Kekerasan Vickers

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode uji kekerasan *Vickers*. Harga kekerasan yang diperoleh dengan cara menghitung beban yang diberikan dibagi dengan nilai rata-rata diagonal bekas pijakan piramida intan pada posisi yang diuji.

Tabel 2. Hasil Kekerasan *Vickers* Raw Material

Variasi Spesimen	Jarak dari	Diagonal		Kekerasan
	Pusat las (mm)	D1	D2	(VHN)
Raw	Acak	00.56	00.57	174.02.00
	Acak	00.57	00.56	174.02.00
	Acak	00.57	00.57	171.02.00

Tabel 3. Hasil Kekerasan *Vickers* Arus 90 Ampere

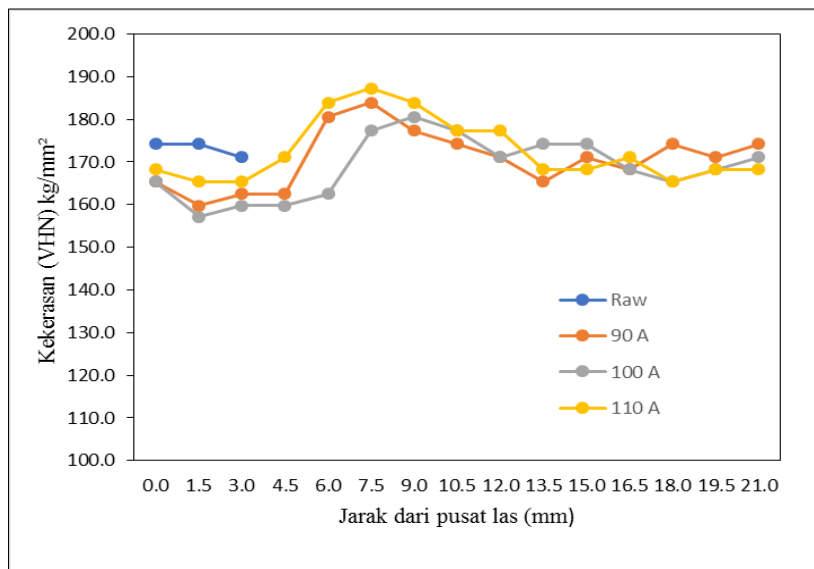
Variasi Spesimen	Jarak dari	Diagonal		Kekerasan
	Pusat las (mm)	D1	D2	(VHN)
90 A	00.00	00.58	00.58	165.03.00
	01.05	0,041667	00.58	159.08.00
	03.00	00.59	00.58	162.05.00
	04.05	00.59	00.58	162.05.00
	06.00	00.55	00.56	180.06.00
	07.05	00.56	00.54	183.09.00
	09.00	00.57	00.55	177.04.00
	10.05	00.57	00.56	174.02.00
	12.00	00.58	00.56	171.02.00
	13.05	00.59	00.57	165.03.00
	15.00	00.57	00.57	171.02.00
	16.05	00.59	00.56	168.02.00
	18.00	00.58	00.55	174.02.00
	19.05	00.59	00.55	171.02.00
21.00	00.58	00.55	174.02.00	

Tabel 4. Hasil Uji Kekerasan *Vickers* Arus 100 Ampere

Variasi Spesimen	Jarak dari	Diagonal		Kekerasan
	Pusat las (mm)	D1	D2	(VHN)
100 A	00.00	00.59	00.57	165.03.00
	01.05	0,041667	00.59	157.01.00
	03.00	0,041667	00.58	159.08.00
	04.05	00.59	00.59	159.08.00
	06.00	0,041667	00.57	162.05.00
	07.05	00.56	00.56	177.04.00
	09.00	00.56	00.55	180.06.00
	10.05	00.57	00.55	177.04.00
	12.00	00.58	00.56	171.02.00
	13.05	00.57	00.56	174.02.00
	15.00	00.57	00.56	174.02.00
	16.05	00.59	00.56	168.02.00
	18.00	00.58	00.58	165.03.00
	19.05	00.59	00.56	168.02.00
21.00	00.58	00.56	171.02.00	

Tabel 5. Hasil Uji Kekerasan *Vickers* Arus 110 *Ampere*

Variasi Spesimen	Jarak dari	Diagonal		Kekerasan
	Pusat las (mm)	D1	D2	(VHN)
110 A	00.00	00.58	00.57	168.02.00
	01.05	00.59	00.57	165.03.00
	03.00	00.59	00.57	165.03.00
	04.05	00.58	00.56	171.02.00
	06.00	00.56	00.54	183.09.00
	07.05	00.55	00.54	187.03.00
	09.00	00.56	00.54	183.09.00
	10.05	00.56	00.56	177.04.00
	12.00	00.57	00.55	177.04.00
	13.05	00.59	00.56	168.02.00
	15.00	00.59	00.56	168.02.00
	16.05	00.57	00.57	171.02.00
	18.00	00.59	00.57	165.03.00
	19.05	00.59	00.56	168.02.00
21.00	00.58	00.57	168.02.00	



Gambar. 9 Grafik Gabungan Uji Kekerasan *Vickers*

Dari hasil uji kekerasan *Vickers* pada raw material, didapat nilai rata-rata sebesar 173,2 VHN dengan tiga titik yang berbeda. Hasil pengujian kekerasan pada arus 90 *Ampere* didapatkan nilai kekerasan yang bervariasi disetiap titiknya. Pada daerah *weld metal* nilai kekerasan dari titik 1 - 3 memiliki nilai kekerasan yang berbeda beda. Kemudian terjadi peningkatan kekerasan dari titik ke 4 sampai titik ke 7. pada titik ke 8 sampai titik ke 15 nilai kekerasan mulai stabil, pada titik ke 4 sampai titik ke 7 merupakan daerah yang terpengaruh panas (*HAZ*) dimana nilai kekerasannya mencapai 183,9 VHN.

Untuk hasil pengujian kekerasan pada Arus 100 *Ampere* nilai kekerasan pada titik 1-3 mengalami penurunan dibandingkan pada arus 90 *Ampere*, nilai kekerasan pada titik ke 4-6 mendapat nilai yang stabil dan titik ke 7 sampai titik ke 15 nilai kekerasan mengalami penurunan, dimana nilai tertinggi didapatkan pada titik ke 4-6 pada bagian *HAZ* dengan nilai

kekerasan 180,6 VHN. Hasil pengujian kekerasan pada arus 110 *Ampere* didapatkan hasil nilai kekerasan yang bervariasi disetiap titiknya. Pada daerah *weld metal* nilai kekerasan tertinggi pada titik 1 karena memiliki nilai kekerasan yaitu sebesar 168,2 VHN. Terjadi ketidakstabilan nilai kekerasan dari titik ke 4-7 dan titik ke 8 sampai titik ke 15 nilai kekerasan mulai stabil. Nilai tidak stabil ditunjukkan pada titik ke 4 sampai titik ke 7 merupakan daerah yang terpengaruh panas (*HAZ*).

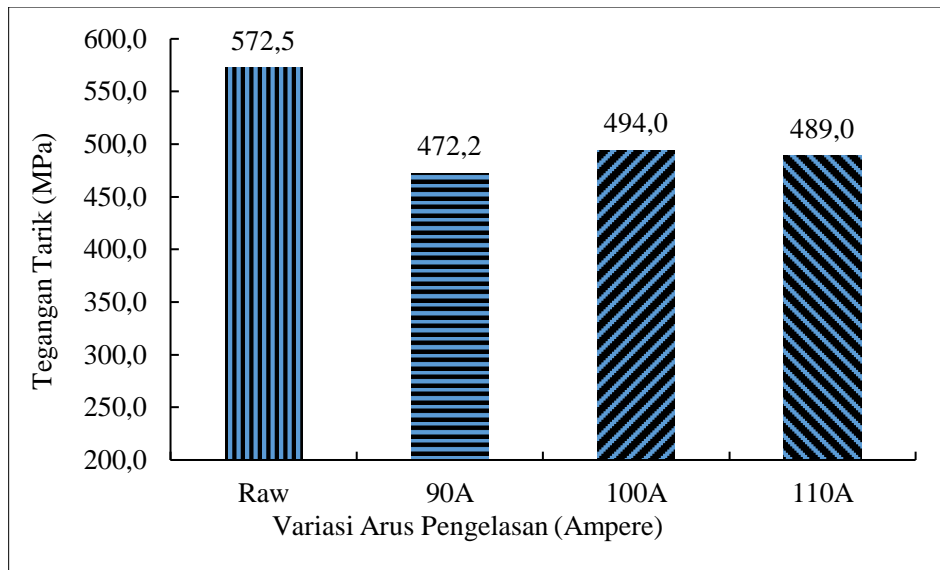
Analisis Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik P_{max} , Tegangan, dan Regangan pada logam. Spesimen uji tarik mengacu pada standar *ASTM E8*.

Tabel 6. hasil pengujian tarik

No.	Variasi Spesimen	Lebar	Tebal	P_{max}	ΔL	Tegangan	Regangan
		(mm)	(mm)	(KN)	(mm)	(MPa)	(%)
1	Raw	12.58	05.50	39.61	12.38	572.48.00	24.76
2	90 A_1	12.48	06.58	38.19.00	06.15	465.06.00	12.30
3	90 A_2	0,520833	05.52	34.49.00	06.10	525.06.00	12.20
4	90 A_3	12.38	0,297222	35.27.00	06.08	426.49.00	12.16
5	100 A_1	12.58	06.28	40.64	09.38	514.41.00	0,802778
6	100 A_2	12.58	06.22	39.86	08.40	509.41.00	0,722222
7	100 A_3	0,541667	0,3125	39.84	0,347222	458.25.00	0,666667
8	110 A_1	0,55	06.40	39.80	11.18	488.90	22.36
9	110 A_2	0,543056	0,270833	39.25.00	0,416667	527.14.00	19.20
10	110 A_3	12.58	0,318056	39.60	09.56	450.98	19.12

Hasil pengujian tarik pada spesimen *raw material* menunjukkan nilai tegangan tarik sebesar 572,48 MPa dan nilai regangan sebesar 24,76%. Selanjutnya pada pengelasan arus 90 *Ampere* menunjukkan nilai 465,06 MPa dengan nilai regangan 12,30%, yang mana mengalami penurunan pada nilai tegangan dan regangan. pada spesimen *raw material*. dari hasil pengujian tarik pada variasi arus pengelasan kekuatan regangan dan tegangan spesimen mengalami peningkatan seperti pada Tabel 6, arus 90 *Ampere* tegangan menunjukkan nilai 465,06 MPa dengan nilai regangan 12,30%, pada arus 100 *Ampere* nilai tegangan mengalami kenaikan 514,41 MPa dengan nilai regangan 18,76%, kemudian pada pengelasan arus 110 *Ampere* nilai tegangan 576,14 MPa dengan nilai regangan 19,20%, dimana arus 110 *Ampere* nilai tegangan dan regangan lebih tinggi dibandingkan dengan nilai tegangan dan regangan pada arus 90 *Ampere* dan arus 100 *Ampere*.



Gambar 10. Grafik Uji Kekuatan Tarik

Dari grafik uji kekerasan Tarik dapat kita lihat bahwa nilai tegangan dan regangan tertinggi didapatkan pada spesimen raw material dengan nilai tegangan 572,5 MPa dan nilai regangan 24,76 % . kemudian disusul dengan arus 100 A dengan nilai rata-rata tegangan 494,0 MPa dan nilai regangan 17,05%. Selanjutnya pada arus 110 A dengan nilai tegangan rata-rata 489,0 MPa dengan nilai regangan 20,22%. Nilai tegangan dan regangan terendah yaitu pada arus 90 A dengan nilai tegangan rata-rata 472,2 MPa dan nilai regangan 12,22%.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil uji komposisi kimia menunjukkan bahwa bahan *raw material* baja karbon yang digunakan merupakan klasifikasi baja karbon rendah yang mempunyai kadar karbon (C) 0,2886 % C, mangan (Mn) sebesar 0,6314%, silikon (Si) sebesar 0,2542 %, dan Besi (Fe) sebesar 98,3401 %
2. Struktur mikro yang terbentuk *GBF* (*Grain Boundary Ferrite*), *WF* (*Widmanstatten Ferrite*), dan *AF*(*Acicular Ferrite*). Variasi arus pengelasan 90 A, 100 A, dan 110 A akan mempengaruhi bentuk dan besar butir struktur mikro pada daerah *weld metal*, *HAZ*, dan *bese metal*. Semakin tinggi arus pengelasan maka akan semakin memperhalus ukuran butir pada material.
3. Hasil Uji Kekerasan *Vickers* tertinggi dari variasi arus pengelasan didapat pada arus 110 *Ampere* dengan nilai kekerasan 168,2 VHN pada bagian *weld metal*. Sedangkan pada arus 90 *Ampere* dan 100 *Ampere* memiliki nilai kekerasan yang sama dengan nilai kekerasan 165,3 VHN.
4. Hasil tertinggi dari pengujian tarik didapat pada arus 110 *Ampere* dengan nilai tegangan sebesar 527,14 MPa, sedangkan pada arus 90Ampere dan 100 *Ampere* nilai teganganya lebih rendah yaitu 525,06 MPa untuk nilai tegangan 90 *Ampere* dan nilai tegangan 100 *Ampere* adalah 514,41 MPa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini. Peneliti banyak menerima bimbingan, petunjuk dan nasehat agar terus semangat terutama Institut Teknologi Nasional Yogyakarta yang telah mendukung dalam penelitian saya.

REFERENSI

- Wirjosumarto, Harsono, and Toshie Okumura. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta.
- Adi Nugroho, Eko Setiawan, 2018, *Pengaruh variasi arus pengelasan terhadap kekuatan Tarik dan kekerasan plate carbon stile ASTM36*, Program Studi Teknik Industri Universitas Putera Batam.
- Anjis Ahmat Soleh, Helmy Porwanto, Imam Syafa'at, 2016, *Analisa terhadap kuat arus terhadap struktur mikro, kekerasan, kekuatan Tarik pada baja karbon rendah dengan las SMAW menggunakan jenis elektroda E7016*, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim.
- Nitha., (2019) *Pengaruh arus pengelasan terhadap kekerasan, kekuatan tarik, dan struktur mikro hasil las SMAW*, Teknik Mesin, Universitas Kristen Indonesia Toraja, Sulawesi Selatan.