

**Pengaruh Kuat Arus Listrik Pada Pengelasan SMAW Penyambungan Pipa Baja Karbon
ASTM 53 Grade B Terhadap *Tensile Stranght***

***The Effect OF Strong Electricity On SMAW Welding ASTM 53 Grade B Carbon Steel Pipe
Connection On Tensile Stanght***

Dwi Andika Saputra¹, Kosjoko^{2*}, Ardhi Fathoni Syam, P.N,³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: dwi.andika3108@gmail.com

² Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember* Koresponden Author
email: kosjoko@unmuhjember.ac.id

³Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: ardhi@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Pengelasan merupakan hal yang tidak bisa di pisahkan dalam dunia konstruksi, penelitian ini membahas tentang pengaruh kuat arus listrik pada pengelasan SMAW penyambungan pipa baja karbon ASTM 53 grade B terhadap tensile stranght, diameter pipa 26,7 mm dan ketebalan 2,87 mm, dengan variasi arus 80 A, 90 A, dan 100 A. Dengan elektroda E6013 serta kampuh V bersudut 600. Pengujian yang dilakukan adalah kekuatan tarik, uji bending, dan analisa struktur mikro. Hasil yang di dapatkan nilai kuat tarik terbaik pada saat menggunakan variasi arus 90 A dengan nilai Yp 31,18 Mpa, Max 34,93 Mpa, dan BREAK 27,88 Mpa serta material patah pada bagian base metal (BM). Analisa struktur mikro di dapat fasa perlite dan ferrite meningkat saat menggunakan arus pengelasan 90 A, hasil analisa struktur mikro pada variasi arus 90 A lebih cenderung pada fasa perlite itu menunjukkan bahwa semakin banyak perlite meningkatkan ketangguhan pada material.

Kata Kunci : SMAW, Pipa ASTM 53, Kuat tarik, Struktur mikro.

Abstract

Welding is something that cannot be separated in the world of construction, this study discusses the effect of the strong electric current on SMAW welding of ASTM 53 grade B carbon steel pipe joints on tensile strength, pipe diameter 26.7 mm and thickness 2.87 mm, with variations currents of 80 A, 90 A, and 100 A. With electrodes E6013 and V hem at an angle of 600. The tests carried out were tensile strength, bending test, and microstructure analysis. The results obtained the best tensile strength value when using a 90 A current variation with a value of Yp 31.18 Mpa, Max 34.93 Mpa, and BREAK 27.88 Mpa and fractured material on the base metal (BM). Microstructural analysis found that the perlite and ferrite phases increased when using a welding current of 90 A, the results of microstructure analysis at a current variation of 90 A were more likely to be in the perlite phase, indicating that the more perlite increased the toughness of the material.

Keywords: SMAW, ASTM 53 pipe, tensile strength, microstructure.

1. PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Perkembangan teknologi pada lingkup konstruksi terus semakin berkembang tidak akan bisa di pisahkan dengan pengelasan dan rancang bangun. Sambungan las banyak digunakan pada lingkup konstruksi yang begitu luas sambungan las antara lain meliputi transportasi, jembatan, rangka baja, rel kereta api, saluran pipa, dan lain - lainnya. (Huda et al., 2013).

Pengelasan adalah cara untuk meningkatkan sambungan logam, bukan tujuan utama pembangunan. Karena desain pengelasan, sangat penting untuk memperhatikan kualitas pengelasan, khususnya kekuatan sambungan atau sambungan yang akan dilas, sehingga hasil pengelasan sesuai dengan yang diinginkan. Pengelasan busur listrik, umumnya dikenal sebagai pengelasan SMAW, digunakan dalam penelitian ini karena manfaat berikut: kualitas, efisiensi tinggi, biaya rendah, penghematan energi, dan penghematan energi. (Bakhori, 2017).

Menurut (Sukaini, 2013) Shield Metal Arc Welding (SMAW) adalah teknik pengelasan yang menggunakan elektroda berselaput dan arus listrik untuk menghasilkan busur. Ketika elektroda dilapisi ke dalam cairan dalam proses pengelasan SMAW ini, Karena gas pelindung diproduksi, tidak diperlukan tekanan gas inert untuk mencegah pengaruh oksigen atau udara, yang dapat menyebabkan korosi dan kesalahan pada hasil pengelasan. Proses pengelasan terjadi sebagai akibat dari tahanan elektroda dan bahan las terhadap arus listrik, yang menyebabkan panas mencapai suhu 30000 C, melelehkan elektroda dan bahan yang dilas.

Arus yang digunakan berkisar antara 70 A sampai 110 A untuk elektroda tipe E6013. Berbagai jenis elektroda akan dikembangkan tergantung pada arus pengelasan yang dihasilkan. Mengatur ukuran arus pengelasan memiliki dampak besar pada pencapaian hasil pengelasan yang diinginkan. Hasil pengelasan yang memenuhi spesifikasi tidak hanya menunjukkan kemampuan las yang baik, tetapi juga kekuatan dan keuletan sambungan las yang baik.. (Santoso et al., 2015)

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan arus pengelasan yang optimal untuk pipa ASTM 53 grade B SCH 40 dengan diameter 26,7 mm dan tebal 2,87 mm., pengelasan menggunakan las SMAW dengan variasi arus pengelasan 80 A, 90 A, dan 100 A. Pada elektroda E6013 serta kampuh V dimana hasilnya bisa meningkatkan uji tarik, uji bending dan mengetahui mikro strukturnya.

b. Rumusan Masalah

1. Apa pengaruh perbedaan arus pengelasan 80 A, 90 A dan 100 A, terhadap pipa baja karbon ASTM 53 grade B SCH 40 pada hasil pengelasan menggunakan elektroda E0613 diameter 2,6 ?
2. Apa pengaruh hasil variasi arus pengelasan 80 A, 90 A, dan 100 A terhadap uji kuat tarik dan uji bending ?
3. Apa pengaruh hasil variasi arus pengelasan 80 A, 90 A dan 100 A terhadap struktur mikro ?

c. Batasan Masalah

1. Bahan penelitian yang di gunakan adalah pipa baja karbon astm 53 grade B sch 40 yang mempunyai dimensi : diameter 26,7 mm, dan ketebalan pipa 2,87 mm
2. Menggunakan variasi arus pengelasan 80 A, 90 A, dan 100 A
3. Menggunakan metode pengelasan Horizontal setra tipe kampuh yang di gunakan merupakan kampuh V
4. Menggunakan uji tarik, uji bending dan uji struktur mikro sebagai pengujian bahan spesimen
5. Menggunakan elektroda E6013 diameter elektroda 2,6
6. Menggunakan jarak kampuh pengelasan 1 mm
7. Menggunakan proses pendinginan normalizing
8. Menggunakan posisi Face Bend (Bending pada permukaan las) untuk pengujian spesimen bending
9. Analisah struktur mikro fokus pada bagian WM (Weld Metal) atau daerah sambungan las

d. Maksud Dan Tujuan

1. Mengetahui pengaruh perbedaan arus pengelasan 80 A, 90 A dan 100 A, pada pipa baja karbon ASTM 53 GRADE B terhadap hasil pengelasan menggunakan elektroda E0613 diameter 2,6
2. Mengetahui pengaruh hasil variasi arus pengelasan 80 A, 90 A, dan 100 A, pada pipa baja karbon ASTM 53 GRADE B SCH 40 terhadap uji kuat tarik dan uji bending
3. Mengetahui pengaruh hasil variasi arus pengelasan 80 A, 90 A dan 100 A, pada pipa baja karbon ASTM 53 GRADE B terhadap struktur mikro

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini menggunakan uji tarik, uji bending dan uji mikro struktur pada material pipa baja karbon rendah ASTM 53 grade B yang sudah dilakukan pengelasan SMAW.

a. Kuat Tarik

Kekuatan tarik (Tensile Stranght) merupakan sesuatu tata cara yang digunakan buat menguji kekuatan tarik pada sesuatu bahan ataupun material dengan metode membagikan beban yang seimbang. Karena informasi diperoleh dari kekuatan material, hasil pengujian tarik sangat berguna untuk prosedur rekayasa dan desain produk. Pengujian tarik adalah teknik untuk menentukan ketahanan dan kekuatan material terhadap gaya statis yang bergerak lambat.

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Dimana :

σ = Tegangan tarik (MPa)

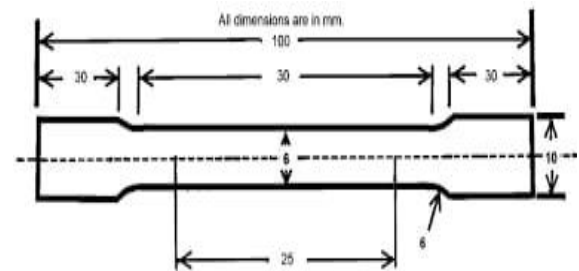
F = Beban (N)

A₀ = Luas penampang mula-mula (mm²)

- Bentuk dan Ukuran Spesimen uji tarik

Standar dan kriteria ASTM dan JIS harus dipenuhi oleh benda uji. Penampilan karya memungkinkan untuk mendeteksi retakan atau retakan di area pegangan atau di tempat lain. Tujuan dari standarisasi bentuk benda uji adalah untuk mencegah retak dan patah di zona

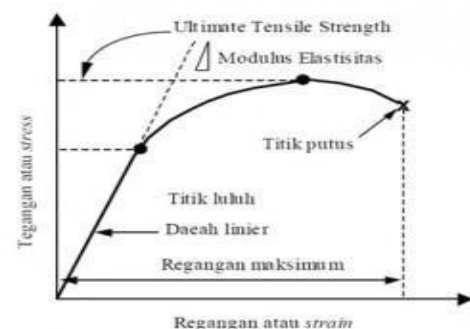
panjang pengukur. Ukuran dan dimensi barang yang diuji disesuaikan dengan standar yang akan digunakan bersumber dari ASTM E-8 yang ditunjukkan pada foto berikut:



Gambar 1 Bentuk Spesimen Uji Tarik

Sumber: Ramadani, H. M., & Mufarida, N. A. (2020).

Apabila bahan logam terus menerus diberikan gaya tarik sehingga patah atau putus, maka di dapatkan profil tarikan yang amat sangat lengkap berbentuk kurva semacam ditafsirkan pada foto dibawah, kurva ini menampilkan ikatan antara gaya tarik dengan perubahan panjang spesimen. Profil ini sangat dibutuhkan dalam desain yang mengenakan bahan tersebut serta bisa dilihat pada foto berikut:



Gambar 2 Kurva Tegangan-Regangan

Sumber: Nofri, M., Fardiansyah, A., & Industri, F. T. (2018).

$$\epsilon = \frac{L - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0}$$

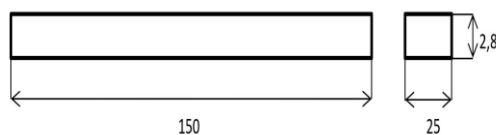
E = Regangan (%)

L₀ = Panjang spesimen mula-mula (mm)

L = Panjang spesimen setelah pengujian (mm)

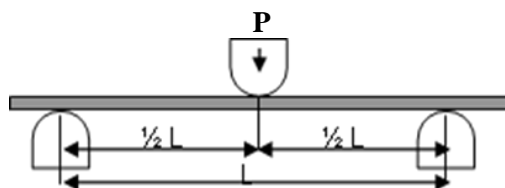
b. Uji Bending

Pengujian bending ialah salah satu wujud pengujian untuk memastikan kualitas sesuatu material dengan cara visual. Tidak hanya itu uji bending digunakan buat mengukur kekuatan suatu material pada saat di beri pembebanan serta kekenyalan/elastisitas hasil sambungan las baik di weld metal ataupun HAZ. Spesimen uji bending mengacu pada standar ASTM E23-02 yang terlihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 3. Spesimen Bending ASTM E23-02
 Sumber: Hasil Penggambaran Sendiri (Autocad)

Untuk proses bending test bagian atas spesimen di berikan proses penekanan serta bagian dasar di berikan proses gaya tarik hingga spesimen patah bagian dasar sebab spesimen tidak sanggup menahan tegangan tarik. (Sam & Nugraha, 2015)



Gambar 4. Metode Three-Point Bending
 Sumber: Sam & Nugraha, 2015

$$\sigma_f = \frac{3 PL}{2 b d^2}$$

Keterangan rumus:

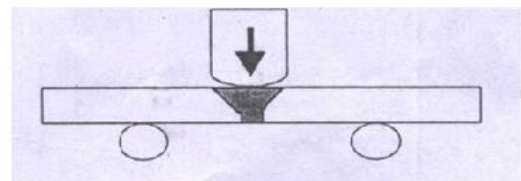
- σ_f = Tegangan lengkung (kgf/mm²)
- P = beban atau Gaya yang terjadi (kgf)
- L = Jarak point (mm)
- b = lebar benda uji (mm)
- d = Ketebalan benda uji (mm)

Pada dasarnya jika mengacu three-point bending posisi pengujian bending ini menggunakan transversal bending

transversal bending adalah Pembengkokan melintang jenis uji tekukan di mana benda uji dibengkokkan tegak lurus terhadap arah pengelasan. Uji lentur melintang dibagi menjadi tiga kategori berdasarkan beban/gaya dan posisi pengamatan:

- Face Bend (Bending pada permukaan las)

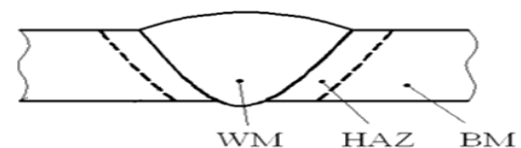
Face Bend adalah pembengkokan dilusahakan agar permukaan las menghadapi tegangan dan di bawah permukaan las permukaan tekan. mencoba pada permukaan las yang mengalami tegangan. Apakah menempel retak atau tidak. Jika menonjol, pegang pada posisinya, baik pada pengelasan logam, HAZ atau pada garis celah (garis tepi WM dan HAZ).



Gambar 5. Face Bend pada Transversal Bending.
 Sumber: Kenyon, 1985.

c. Struktur Mikro

Pengujian struktur ini bertujuan buat meneliti serta mempelajari ciri struktur mikro hasil pengelasan, meliputi wujud besarnya butiran, arah struktur mikro serta distribusi bermacam tahapan serta inklusi akan mempunyai dampak besar pada hasil pengelasan. Pada saat uji metallografi bisa mempelajari perlakuan mekanik serta termal yang terjalin pada hasil pengelasan, serta bisa terbuat buat memprediksi sikap serta keadaan pada hasil pengelasan. Penelitian struktur mikro pada hasil pengelasan di lakukan pada daerah weld metal (WM).

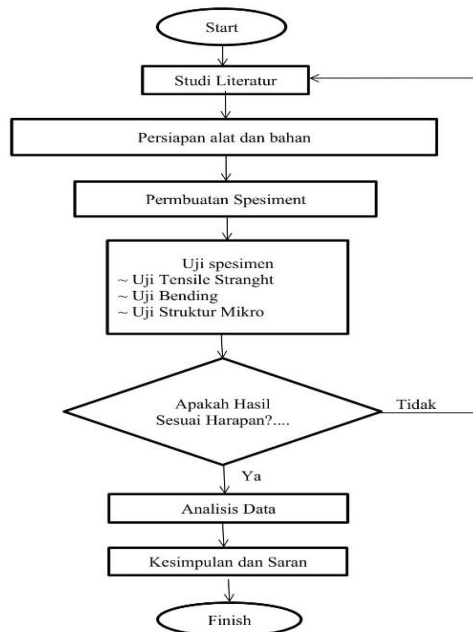


Gambar 6. Posisi Pengamatan Struktur Mikro.

Sumber: Wahyudi, R., Nurdin, N., & Saifuddin, S. (2020).

3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini metode yang di gunakan adalah eksperimen dengan dengan diagram alir sebagai berikut :



Gambar 7. Flowchart Diagram Alur
 Sumber: Hasil Penggambaran Sendiri melalui (Microsoft Word)

a. Studi Literatur

Pada tahap ini, penulis melakukan Analitik data yang dikoleksi serta diteliti dan akan dijadikan petunjuk dalam penelitian. Dari berbagai refrensi seperti jurnal penelitian sebagai pendukung penelitian ini, Dalam hal ini persiapan yang harus diperhatikan adalah material yang akan diuji, kuat arus yang dipakai, jenis elektroda dan diameter elektroda yang digunakan

b. Alat Dan Bahan

Pada Penelitian ini menggunakan alat dan bahan antara lain :

- Pipa baja karbon rendah astm 53 grade B sch 40
- Elektroda yang di gunakan adalah E6013 berdiameter 2,6

- Mesin las smaw 900 volt
- Mesin gerindra
- Alat bantu dan keamanan pengelasan.

c. Pengerjan Spesimen

Pada tahap ini penulis mengerjakan proses pembuatan spesimen di BLK (Balai Latihan Kerja) Jember.

1. Proses pembuatan spesimen

- Menggunakan bahan spesimen pipa baja karbon astm 53 dengan diameter 1,050 inch dan tebal 2,87 mm
- Pengukuran bahan spesiment dengan panjang 200 mm
- Jepit material menggunakan ragum gerinda, selanjutnya atur alat dengan panjang pemotongan yang sudah di tentukan, dan nyalakan mesin gerinda, potong material dengan ukuran yang sudah di tandai
- Membuat kampuh V dengan mesin gerinda tangan bersudut 60⁰
- Dilakukan perataan pada hasil pemotongan

2. Prosedur pengelasan spesimen

- Pengelasan di lakukan dengan posisi horisontal
- Menggunakan elektroda E6013 dengan diameter 2,6 mm
- Menggunakan variasi arus pengelasan 80 ampere, 90 ampere dan 100 ampere.
- Menggunakan Jarak kampuh pengelasan 1 mm
- Menggunakan proses pendinginan *normalizing*

d. Pengujian Spesimen

1. Tensile Stranght (kuat Tarik)

Pada tahap ini spesimen di uji kekuata tariknya untuk mengukur ketahanan spesimen terhadap gaya statis yang di berikan secara lambat, spesimen akan mengakami peregangan dan bertambah panjang hingga akhirnya patah. Pengujian tarik relatif sederhana dan sangat terstandarisasi di bandingkan pengujian spesimen lainnya.

2. Uji Bending

pembebanan dan kekenyalan hasil sambungan las baik di weld metal maupun HAZ. Dalam perlakuan uji bending ini bagian atas spesimen mengalami proses penekanan dan bagian bawah mengalami proses tarik sehingga spesimen mengalami patah bagian bawah karena tidak mampu menahan tegangan tarik. Berdasarkan posisi spesimen yang akan di uji bending menggunakan Transversal Bending (tegak lurus dengan arah pengelasan).

3. Struktur Mikro

Pengujian Struktur Mikro ini akan menggambarkan perubahan struktur akibat pengaruh proses pengelasan secara detail. Pemeriksaan struktur mikro pada hasil pengelasan dilakukan pada daerah *base metal* (BM), *heat affected zone* (HAZ), *weld metal* (WM).

e. Analisis Data

Analisis data dari proses uji spesimen, penulis akan mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh menggunakan berbagai teknik pengumpulan data seperti, wawancara, kuesioner, observasi dan dokumentasi seperti rekaman video/audio dengan cara mengorganisasikan data dan memilih mana yang penting dan dipelajari, serta membuat kesimpulan, sehingga mudah dipahami oleh diri sendiri maupun orang lain.

Teknik analisis data yang digunakan dalam analisis kualitatif memiliki empat tahap yaitu pengumpulan data, reduksi data, penyajian data dan langkah terakhir adalah penarikan kesimpulan dan Saran. Untuk lebih jelas dalam setiap langkahnya.

f. Kesimpulan Dan Saran

Penarikan kesimpulan dan verifikasi data merupakan tahap akhir dalam teknik analisis data kualitatif yang dilakukan melihat hasil reduksi data tetap mengacu pada tujuan analisis hendak dicapai. Tahap ini bertujuan untuk mencari makna data yang dikumpulkan dengan mencari hubungan, persamaan, atau perbedaan untuk ditarik kesimpulan sebagai jawaban dari permasalahan yang ada .

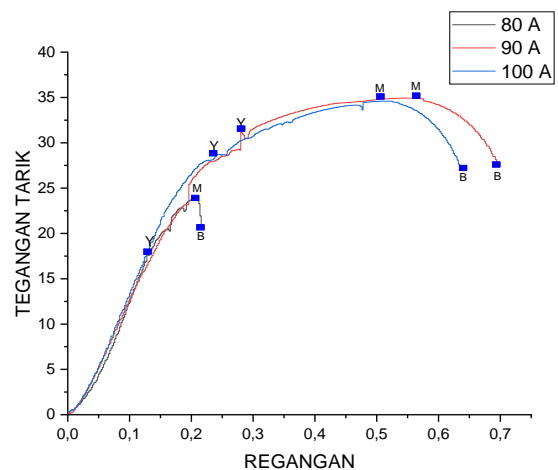
Pada tahap ini uji bending digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Spesimen dilakukan di Universitas Merdeka Malang, Pada tahap ini, Penulis melakukan beberapa pengujian pada spesimen antara lain :

a. Uji Kuat Tarik

Hasil pengelasan SMAW pada spesimen pipa baja karbon rendah ASTM 53 dengan menggunakan variasi arus 80 A, 90 A, dan 100 A di dapatkan hasil uji tarik sebagai berikut :



Gambar 7. Grafik Pengujian tarik Spesimen
Sumber: Hasil Penggambaran Grafik Sendiri Melalui (*Origin*)

Tabel 1. Rata-Rata Spesimen Uji Tarik

NO	VARIASI	UJI SPESIMEN		
		YP	MAX	BREAK
1	80 A	15,9631	21,7560	18,55467
		18,9467	23,2913	21,9084
		18,8704	23,7051	21,9302
	RATA RATA	17,91541	23,69422	20,66667
2	90 A	30,6823	34,9614	27,5414
		29,8954	33,8598	26,8547
		32,7865	35,9562	28,8326
	RATA RATA	31,18578	34,93156	27,78844
3	100A	28,9644	35,0949	27,3747
		28,3656	34,0931	27,0589
		27,6251	33,7447	27,048
	RATA-RATA	28,69948	34,594	27,20044

Sumber: Hasil Pehitungan Data Pada (*Exel*)

Dari tabel di atas, nilai kuat tarik terbaik pada pengelasan baja karbon rendah ASTM 53 saat menggunakan arus 90 A dengan Y_p 31,18 Mpa, Max 34,93 Mpa, dan $BREAK$ 27,88 Mpa, serta spesimen patah pada bagian *base metal* (*BM*). Sedangkan kekuatan tarik yang menunjukkan hasil buruk pada pengelasan baja karboon rendah ASTM 53 saat menggunakan arus 80 A dengan Y_p 17,91 MPa, Max 23,69 MPa, dan $Break$ 20,66 MPa, serta spesimen patah pada bagian *weld metal* (*WM*).

b. Uji Bending

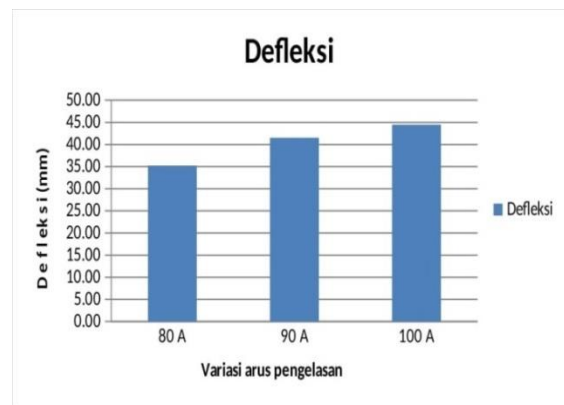
Besarnya gaya beban (P) dan tegangan lentur maksimum (max) ditentukan dari data uji lentur. Ada tiga sampel spesimen untuk setiap variabel uji. Dan hasil perhitungan lendutan dan tegangan lentur (*bending*) pada saat pengujian lentur. Berikut ini adalah bagaimana data diatur dan dibuat grafiknya:

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Bending

NO	VARIASI	N	L	b	d	Defleksi	MPa
1	80 A	919.24	150	20	2,8	48,53	1319.063
		950.60	150	20	2,8	49.18	1364.063
		660.52	150	20	2,8	7.91	947.8125
	Rata - Rata						35,2066
2	90 A	1975,68	150	20	2,8	48.31	2835
		1703.24	150	20	2,8	48.53	2444.063
		562.52	150	20	2,8	27.45	807.1875
	Rata - Rata						41.43
3	100 A	1524.88	150	20	2,8	44.79	2188.125
		1573.88	150	20	2,8	46.55	2258.438
		660.52	150	20	2,8	42.16	947.8125
	Rata - Rata						44,50

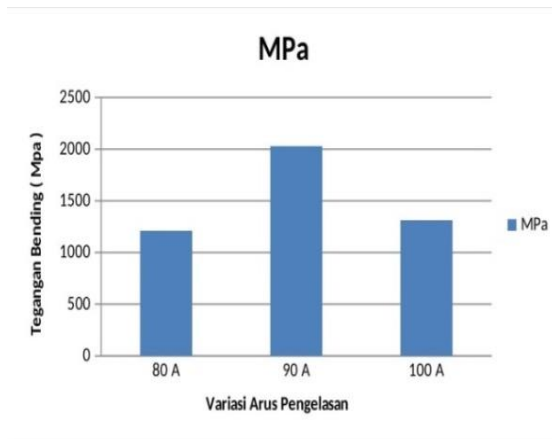
Sumber: Hasil Pehitungan Sendiri Pada (*Microsoft Exel*)

Dilihat pada Tabel 2. Maka akan didapatkan grafik defleksi dan grafik tegangan lentur sebagai berikut :



Gambar 8. Grafik Defleksi Uji Bending

Sumber: Hasil Penggambaran Grafik Data *Exel*



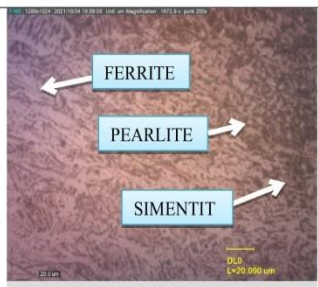
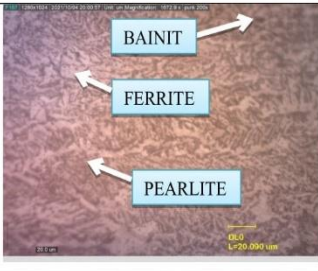
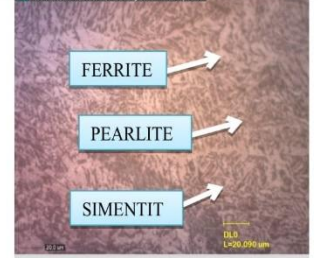
Gambar 9. Grafik Tegangan Bending (MPa)
 Sumber: Hasil Penggambaran Grafik Data *Excel*

Berdasarkan hasil uji bending spesimen arus pengelasan 80 A yang memiliki tegangan lentur lebih kecil dibandingkan spesimen arus pengelasan 90 A dan spesimen arus 100 A. Pada spesimen arus 80 A di temukan keretakan pada daerah weld metal lebih dari 2 mm, hasil tersebut menunjukkan bahwa spesimen arus 80 A tidak memenuhi standar. Sedangkan pada hasil uji bending spesimen arus pengelasan 90 A dan spesimen arus 100 A tidak mengalami keretakan pada spesimen, sehingga hasil tersebut menunjukkan bahwa arus pengelasan 90 A dan 100 A memenuhi standar.

c. Struktur mikro

Hasil pengujian struktur mikro terdapat 3 variasi spesimen yang terdiri dari variasi arus 80 A, variasi arus 90 A dan variasi arus 100 A. Pada pengambilan gambar struktur mikro di fokuskan pada satu titik yaitu di bagian weld metal (WM). Di dapatkan hasil uji struktur mikro sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Foto Mikro

ARUS	GAMBAR MIKRO PEMBESAR 200X
80 A	
90 A	
100 A	

Sumber: Hasil Analisa foto Mikro Sendiri Menggunakan Metode *Millimeter Block*

Keterangan :

- Area gelap menunjukkan fasa pearlite
- Area terang menunjuka fasa ferrite
- Gabungan antara pearlite dan ferrite yang rimbun di sebut simentit
- Hitam di kelilingi lingkaran putih di sebut bainit

Dari tabel di atas hasil pengujian struktur mikro pada daerah weld metal(WM) spesimen pengelasan baja karbon rendah ASTM 53 variasi arus 80 A, variasi arus 90 A, dan variasi arus 100 A terbentuk fasa pearlite dan ferrite. Pada variasi arus 90 A terlihat bawasanya fasa pearlite lebih banyak dari pada spesimen yang lainnya. Dimana semakin banyak fasa pearlite meningkatkan ketangguhan pada material sedangkan ferrite mengakibatkan karakteristik yang lunak dan ulet. Hal ini biasa didukung dengan persentase fasa yang dianalisa

menggunakan metode Point Count dengan alat bantu berupa millimeter block, dapat dilihat hasil pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. Persentase Analisah Struktur Mikro

ARUS	PEARLITE	FERRITE	SIMENTIT	BAINIT
80 A	28,8 %	71,2 %	0,09 %	0,03 %
90 A	31,9 %	68,1 %	0,02 %	0,08 %
100 A	29,2 %	70,8 %	0,06 %	0,05 %

Sumber: Hasil Pehitungan menggunakan Milimeter Block

5. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Setelah dilakukan proses pengelasan spesimen baja karbon rendah ASTM 53 dengan menggunakan pengelasan SMAW di BLK Jember dan di lakukan pengujian spesimen yang dilaksanakan di Laboratorium Universitas Merdeka Malang, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian spesimen uji tarik yang mendapatkan hasil terbaik pengelasan baja karbon rendah ASTM 53, pada arus 90 A dengan Yp 31,18 Mpa, Max 34,93 Mpa, dan BREAK 27,88 Mpa serta material patah pada bagian base metal (BM). Sedangkan kekuatan tarik yang menunjukkan hasil yang sangat buruk pengelasan spesimen baja karboon rendah ASTM 53, pada arus 80 A dengan Yp 17,91 MPa, Max 23,69 MPa, dan Break 20,66 MPa, serta material patah pada bagian weld metal (WM).
2. Berdasarkan hasil uji bending spesimen arus pengelasan 80 A yang memiliki tegangan lentur lebih kecil dibandingka spesimen arus pengelasan 90 A dan spesimen arus 100 A. Pada spesimen arus 80 A di temukan keretakan pada daerah weld metal lebih dari 2 mm, hasil tersebut menunjukkan bahwa arus 80 A tidak memenuhi standar. Sedangkan hasil uji bending pada spesimen arus pengelasan 90 A dan spesimen arus 100 A tidak mengalami keretakan pada

spesimen, sehingga hasil tersebut menunjukan bahwa arus pengelasan 90 A dan 100 A memenuhi standar.

3. Hasil pengujian struktur mikro dengan menggunakan metode point count didapatkan hasil persentase paling tinggi pada pengelasan spesimen arus 90 A dikarenakan pearlite dan bainit lebih banyak dari pada variasi arus yang lainnya

b. Saran

Selanjutnya, berdasarkan pembahasan penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa saran sebagai berikut:

1. Sangat penting untuk memperhatikan sertifikasi posisi pengelasan yang dimiliki oleh tukang las selama proses pengelasan material oleh tukang las untuk hasil yang lebih baik.
2. Pada penelitian selanjutnya direncanakan untuk membandingkan perbedaan kecepatan pengelasan pada material yang sama.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Arifin Syamsul, "Las Listrik dan Otogen", Edisi khusus, Bandung, Ghalia Indonesia, 1977.
- Bakhori, A. (2017). PERBAIKAN METODE PENGELASAN SMAW (SHIELD METAL ARC WELDING) PADA INDUSTRI KECIL DI KOTA MEDAN. 13(1).
- CV. JAVA MULTI MANDIRI (JVM). (2016). Metode Pengujian Brinnell & Vickers. 2, 13–25. <https://novotest.id/metode-pengujian-brinnell-vickers/>
- Fransiscus Josep Tulung. (2019). Modul Praktek Pengelasan SMAW Program Studi D-III Teknik Mesin. Politeknik Negeri Manado, 1–74. <http://mesin.polimdo.ac.id/wp-content/uploads/2019/02/Modul-Pengelasan-SMAW.pdf>
- Huda, S., Waluyo, J., & Fintoro, T. (2013). 193-200_Huda.Pdf. In Jurnal Teknilogi

(Vol. 6, Issue 2, pp. 193–200).

- Nofri, M., Fardiansyah, A., & Industri, F. T. (2018). Analisis Sifat Mekanik Pipa Carbon Steel Grade a a106 Dan Grade B a53 Untuk Proses Produksi Pada Kilang Lng. *Bina Teknik*, 14, 119–129.
- Ramadlani, H. M., & Mufarida, N. A. (2020). J-Proteksion : Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin THE EFFECT OF VOLTAGE ON GAS METAL ARC WELDING (GMAW) ON MICRO. 4(13), 26–29.
- Sam, A., & Nugraha, C. (2015). Kekuatan Tarik Dan Bending Sambungan Las Pada Material Baja Sm 490 Dengan Metode Pengelasan Smaw Dan Saw. *Jurnal Mekanikal Januari*, 6(2015), 550–555.
- Sukaini. (2013). Teknik Las SMAW 2. 232.
- Wahyudi, R., Nurdin, N., & Saifuddin, S. (2020). Analisa Pengaruh Jenis Elektroda Pada Pengelasan SMAW Penyambungan Baja Karbon Rendah Dengan Baja Karbon Sedang Terhadap TYensile Strenght. *Journal of Welding Technology*, 1(2), 43–47.