



---

## **ANALISA VARIASI KUAT ARUS LAS GTAW TERHADAP STRUKTUR KRISTAL, KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK PADA MATERIAL SS 316 L**

<sup>1</sup>Rizky Mahaendra Putra <sup>2</sup>, Melya Dynasari Sebayang <sup>3</sup>, Perwita Kurniawan

<sup>1</sup>Universitas Kristen Indonesia <sup>2</sup>Politeknik ATMI Surakarta

Diterima: 23 Maret 2024 Disetujui: 16 Mei 2024 Diterbitkan: 25 Juni 2024

\*Penulis yang sesuai: [rizky.mahaendra.rm@gmail.com](mailto:rizky.mahaendra.rm@gmail.com)

---

### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tentang variasi kuat arus pengelasan GTAW terhadap kekerasan dan kekuatan tarik dari material Stainless Steel 316 L, karena material tersebut umum digunakan sebagai bagian shell tank pada basic tank yang pembuatannya memerlukan proses pengelasan. Perlakuan panas terhadap material yang mempengaruhi nilai kekerasan, dan nilai kekuatan tarik material. Material uji dibedakan menjadi 3 variasi kuat arus dan 3 posisi titik pengujian yaitu kuat arus 60 A, 70 A, dan 80 A dengan waktu 3 menit yang konstan dan posisi titik pengujian Body, HAZ, dan Pusat Las. Material dipotong menggunakan gerinda tangan lalu dilakukan proses pengelasan. Hasil pengelasan tersebut dilakukan pengujian, yaitu pengujian kekerasan metode brinell dengan hardness tester, pengujian kekuatan tarik dengan alat yang sama yaitu hardness tester dikonversikan nilainya. Dari hasil penelitian menunjukkan kondisi material setelah proses pengelasan dengan variasi kuat arus nilai kekerasan dan kekuatan tarik terbesar terletak pada kuat arus 70 A dengan nilai kekerasan 147 HB, sedangkan nilai terbesar kekuatan tarik 496 N/mm<sup>2</sup> pada titik pusat las.

Kata Kunci: Brinell ; GTAW ; Hardness ; SS 316L ; X-Ray Diffraction

### **1. Pendahuluan**

Pada industri, salah satu teknologi konstruksi yang memiliki andil dalam berbagai kebutuhan sarana dan prasarana manusia. Perkembangannya semakin pesat serta tidak bisa dipisahkan dari teknik pengelasan dalam membuat suatu produk. Proses pengelasan sangat berpengaruh terhadap hasil las. Pengelasan adalah proses penyambungan beberapa material dengan memanaskan hingga meleleh, dengan bahan tambah atau tidak. Material yang disambung dalam penelitian ini adalah Stainless Steel 316L.

Parameter pengelasan yang salah pada material akan menghasilkan sifat mekanik yang kurang baik faktor dari hasil pengelasan, sehingga bentuk dari material tersebut akan berubah terutama pada daerah HAZ. Baja tahan karat tipe 316 L memiliki ciri kuat las yang baik, karena proses pengelasan merupakan metode yang sangat penting dalam proses manufaktur. [3]

(1) Analisa Kekuatan Sambungan Las Argon pada Stainless Steel 304 Menggunakan Variasi Kuat Arus (Imam Syafa'at, Helmy Purwanto, Muhammad Ilhamudin dan Rita Dwi Ratnani, 2018) dengan hasil HAZ, 80 A : 744,162 Mpa. (2) Analisis Pengaruh Parameter Pengelasan GTAW pada Stainless Steel AISI 304 terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro (Tumpal Ojahan, Yusup Hendronursito dan Daniel Anggi, 2017) dengan hasil HAZ, 70 A : 648 Mpa. (3) Pengaruh Variasi Arus Proses GTAW terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Baja Tahan Karat Austenitic AISI 316L (Harlian Kadir, Riswanda, Sugianto, Sinatrya Azali A, 2017) dengan hasil HAZ, 70 A : 664,4 Mpa.

Berdasarkan beberapa referensi dilakukan penelitian bertujuan untuk pengembangan penelitian dengan judul Analisa Variasi Kuat Arus Las GTAW terhadap Struktur Kristal, Kekerasan dan Kekuatan Tarik pada Material SS 316 L dengan hasil HAZ, 80 A : 741,7 Mpa, Body, 70 A : 612 Mpa, Pusat Las, 70 A : 495 Mpa. Setelah mengetahui hasil penelitian tersebut bias disimpulkan bahwa pengelasan GTAW yang menghasilkan hasil yang optimal yaitu menggunakan kuat arus 70 A.

## 2. Metode

Material SS 316 L dipotong menjadi enam potongan dengan ukuran yang sama, lalu keenam potongan tersebut dilas berpasangan menjadi tiga jenis spesimen dengan perbedaan variasi kuat arus 60 A, 70 A, 80 A pada pengelasannya. Ketiga spesimen lalu dilakukan 3 pengujian yaitu uji kekerasan material, uji tarik material. Variasi kuat arus pengelasan yang berbeda akan nilai kekerasan, dan kekuatan tarik.

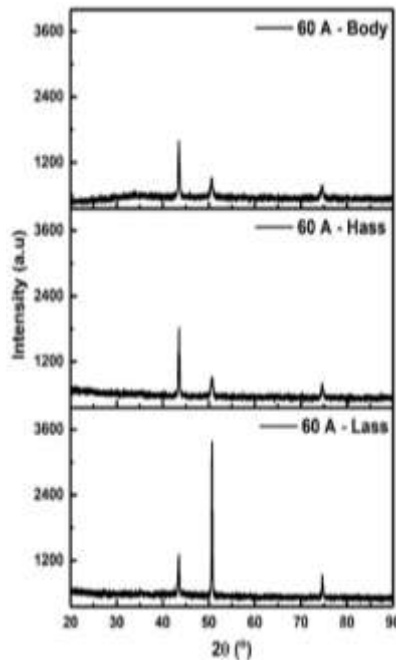
## 3. Hasil dan Pembahasan

Data dan hasil pengujian struktur kristal, kekerasan dan kekuatan tarik dilakukan dengan menggunakan alat uji masing-masing. Hasil dari pengujian akan diketahui nilainya dan pengaruh dari variasi kuat arus terhadap kualitas material.

### 3.1 Pengujian Struktur Kristal

Pengujian struktur kristal dilakukan dengan menggunakan uji X-Ray Diffraction (X-RD). Dari pengujian X-RD terhadap spesimen material yang telah disiapkan sebelumnya ini dapat ditentukan apakah struktur kristal berpengaruh terhadap kekuatan material pelat yang telah dilas untuk bagian shell pada basic tank.

Hasil X-RD Spesimen 60 A



**Gambar 1.** Grafik Intensitas Hasil X-RD Spesimen 60 A

**Tabel 1.** Table hasil X-RD Spesimen Body 60 A

Body Kuat Arus 60 A					
No.	Pos. [ $^{\circ}2\theta$ .]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ .] - Bbeta	Ukuran Kristal [D] - Å	Density dislokasi [ $\rho$ ] - 1/mm <sup>3</sup>	Regangan Mikro [ $\epsilon$ ] - %
1	43,467	0,27	6,0197	0,0276	0,1693
2	50,5	0,35	4,7694	0,0440	0,1855
3	74,505	0,4	4,7419	0,0445	0,1315

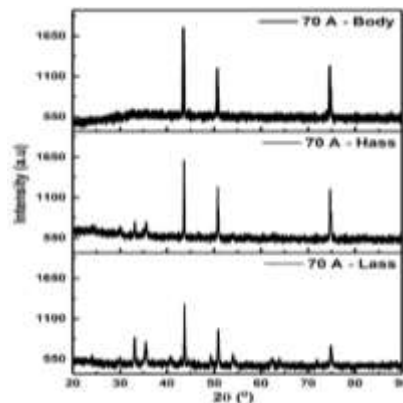
**Tabel 2.** Table hasil X-RD Spesimen HAZ 60 A

HAZ Kuat Arus 60 A					
No.	Pos. [ $^{\circ}2\theta$ .]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ .] - Bbeta	Ukuran Kristal [D] - Å	Density dislokasi [ $\rho$ ] - 1/mm <sup>3</sup>	Regangan Mikro [ $\epsilon$ ] - %
1	43,467	0,27	6,0197	0,0276	0,1693
2	50,5	0,35	4,7694	0,0440	0,1855
3	74,505	0,4	4,7419	0,0445	0,1315

**Tabel 3.** Table hasil X-RD Spesimen Pusat Las 60 A

Pusat Las Kuat Arus 60 A					
No.	Pos. [ $^{\circ}2\theta$ .]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ .] - Bbeta	Ukuran Kristal [D] - Å	Density dislokasi [ $\rho$ ] - 1/mm <sup>3</sup>	Regangan Mikro [ $\epsilon$ ] - %
1	43,444	0,23	7,0661	0,0200	0,1443
2	50,6517	0,112	14,9136	0,0045	0,0592
3	74,587	0,145	13,0883	0,0058	0,0476

**Hasil X-RD Spesimen 70 A**



**Gambar 2.** Grafik Intensitas Hasil X-RD Spesimen 70 A

**Tabel 4.** Table hasil X-RD Spesimen Body 70 A

<b>Body Kuat Arus 70 A</b>					
No.	Pos. [ $^{\circ}$ 2Th.]	FWHM Left [ $^{\circ}$ 2Th.] - Bbeta	Ukuran Kristal [D] - Å	Density dislokasi [ $\rho$ ] - 1/mm <sup>3</sup>	Regangan Mikro [ $\epsilon$ ] - %
1	43,479	0,15	10,8359	0,0085	0,0940
2	50,663	0,18	9,2800	0,0116	0,0951
3	74,567	0,16	11,8597	0,0071	0,0525

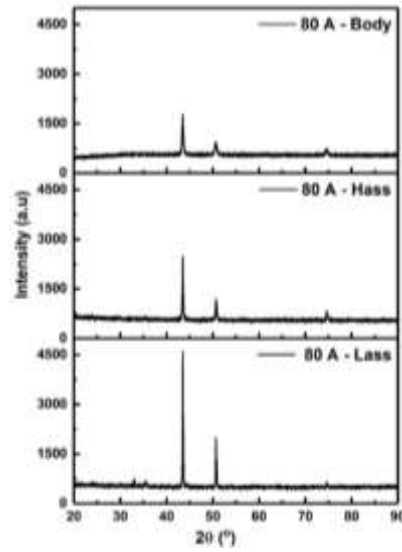
<b>HAZ Kuat Arus 70 A</b>					
No.	Pos. [ $^{\circ}$ 2Th.]	FWHM Left [ $^{\circ}$ 2Th.] - Bbeta	Ukuran Kristal [D] - Å	Density dislokasi [ $\rho$ ] - 1/mm <sup>3</sup>	Regangan Mikro [ $\epsilon$ ] - %
1	43,593	0,130	12,5080	0,0064	0,0813
2	50,779	0,138	12,1102	0,0068	0,0727
3	74,659	0,138	13,7588	0,0053	0,0452

**Tabel 5.** Table hasil X-RD Spesimen HAZ 70 A

<b>Pusat Las Kuat Arus 70 A</b>					
No.	Pos. [ $^{\circ}$ 2Th.]	FWHM Left [ $^{\circ}$ 2Th.] - Bbeta	Ukuran Kristal [D] - Å	Density dislokasi [ $\rho$ ] - 1/mm <sup>3</sup>	Regangan Mikro [ $\epsilon$ ] - %
1	43,711	0,145	11,2187	0,0079	0,0904
2	50,864	0,23	7,2687	0,0189	0,1209
3	74,813	0,26	7,3103	0,0187	0,0850

**Tabel 6.** Table hasil X-RD Spesimen Pusat Las 70 A

### Hasil X-RD Spesimen 80 A



**Gambar 3.** Grafik Intensitas Hasil X-RD Spesimen 80 A

**Tabel 7.** Table hasil X-RD Spesimen Body 80 A

<b>Body Kuat Arus 80 A</b>					
No.	Pos. [ $^{\circ}2\theta$ .]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ .] - Bbeta	Ukuran Kristal [D] - Å	Density dislokasi [ $\rho$ ] - 1/mm <sup>3</sup>	Regangan Mikro [ $\epsilon$ ] - %
1	43,483	0,161	10,0957	0,0098	0,1009
2	50,638	0,27	6,1860	0,0261	0,1427
3	74,56	0,40	4,7437	0,0444	0,1314

**Tabel 8.** Table hasil X-RD Spesimen HAZ 80 A

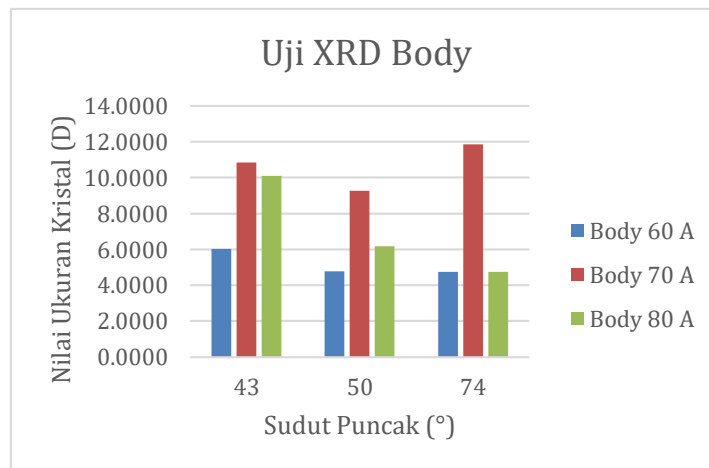
<b>HAZ Kuat Arus 80 A</b>					
No.	Pos. [ $^{\circ}2\theta$ .]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ .] - Bbeta	Ukuran Kristal [D] - Å	Density dislokasi [ $\rho$ ] - 1/mm <sup>3</sup>	Regangan Mikro [ $\epsilon$ ] - %
1	43,5019	0,132	12,3145	0,0066	0,0827
2	50,699	0,20	8,3532	0,0143	0,1055
3	74,58	0,17	11,1631	0,0080	0,0558

**Tabel 9.** Table hasil X-RD Spesimen Pusat Las 80 A

Pusat Las Kuat Arus 80 A					
No.	Pos. [ $^{\circ}2\text{Th.}$ ]	FWHM Left [ $^{\circ}2\text{Th.}$ ] - Bbeta	Ukuran Kristal [D] - Å	Density dislokasi [ $\rho$ ] - 1/mm <sup>3</sup>	Regangan Mikro [ $\epsilon$ ] - %
1	43,514	0,0924	17,5929	0,0032	0,0579
2	50,6941	0,1902	8,7835	0,0130	0,1004
3	74,5819	0,1945	9,7570	0,0105	0,0639

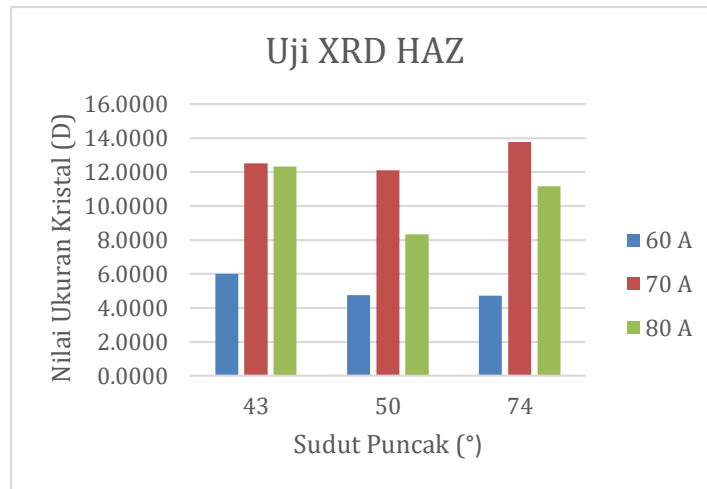
Pengujian struktur kristal menghasilkan 3 hasil yang dapat dihitung melalui grafik intensitas dari hasil uji X-RD. Dari grafik tersebut didapatkan 3 puncak yang berbeda, yang nantinya nilai dari puncak tersebut dapat dihitung, nilai yang didapat yaitu : Ukuran Kristal (D Sampel), Density Dislokasi (Rho Sampel), Regangan Mikro (Regangan Sampel) Maka dihasilkan juga grafik dari 3 spesimen yang diuji struktur kristalnya.

1. Ukuran Kristal (D Sampel)



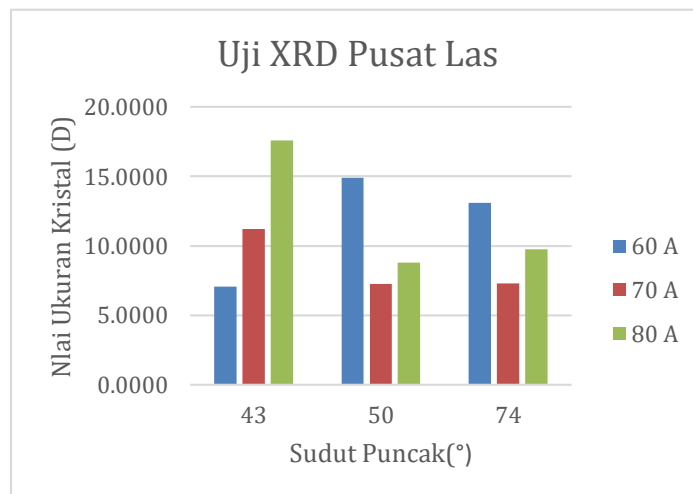
**Gambar 4.** Grafik Nilai Ukuran Kristal Body

Dari pengujian ini, nilai kristal bisa dilihat dari sudut puncak yang tertinggi memiliki ukuran kristal paling besar dengan kuat arus sedang dan semakin rendah sudut puncak dan kuat arus maka nilai ukuran kristal semakin kecil.



**Gambar 5.** Grafik Nilai Ukuran Kristal HAZ

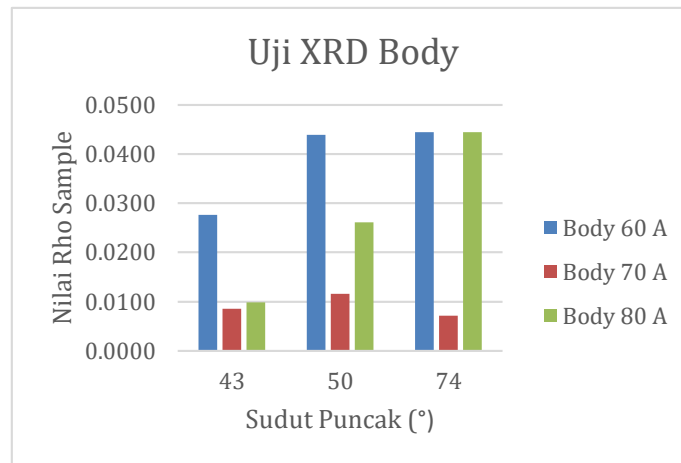
Dari pengujian ini, nilai kristal bisa dilihat dari sudut puncak yang tertinggi memiliki ukuran kristal paling besar dengan kuat arus sedang dan semakin rendah sudut puncak dengan kuat arus tinggi bukan hasil terkecil melainkan hasil terkecil berada pada sudut puncak 50° dengan kuat arus rendah.



**Gambar 6.** Grafik Nilai Ukuran Kristal Pusat Las

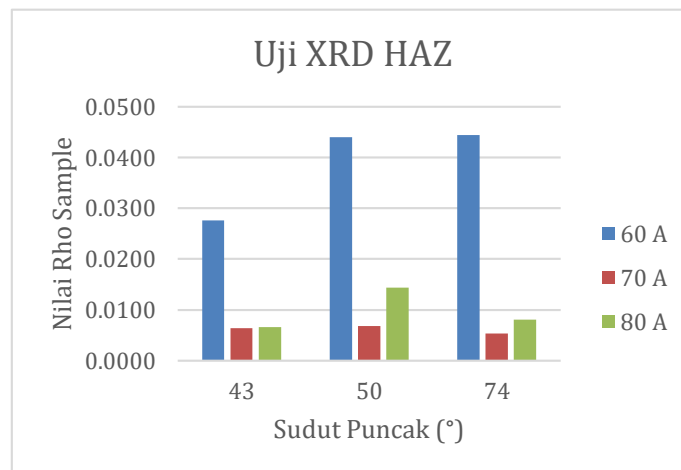
Dari pengujian ini, nilai kristal bisa dilihat dari sudut puncak terendah memiliki ukuran kristal paling besar dengan kuat arus tertinggi dan semakin rendah kuat arus dengan sudut puncak rendah maka nilai kristal semakin rendah juga.

2. Density Dislokasi (Rho Sampel)



**Gambar 7.** Grafik Nilai Ukuran Density Dislokasi (Rho) Body

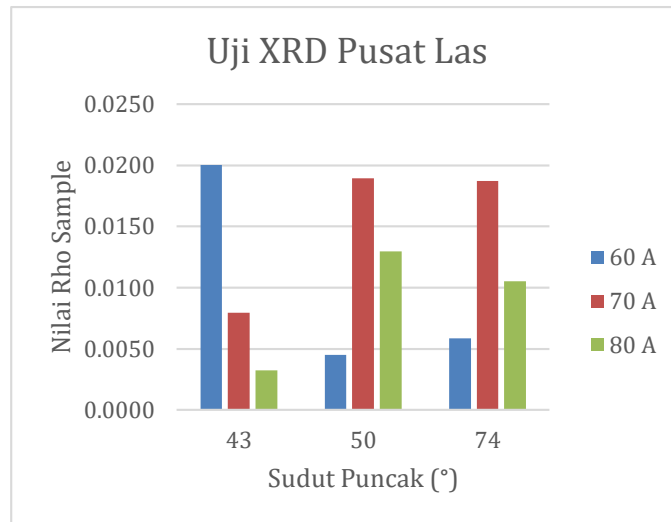
Dari grafik ini, nilai rho bisa dilihat dari sudut puncak terendah memiliki nilai rho yang rendah dengan kuat arus sedang dan semakin besar sudut puncak dengan kuat arus rendah akan semakin tinggi nilai rhonya.



**Gambar 8.** Grafik Nilai Ukuran Density Dislokasi (Rho) HAZ

Dari pangujian ini, nilai rho bisa dilihat sudut puncak tertinggi memiliki nilai rho paling besar dengan kuat arus terendah dan semakin rendah sudut puncak dengan kuat arus semakin tinggi maka nilai rho semakin rendah.

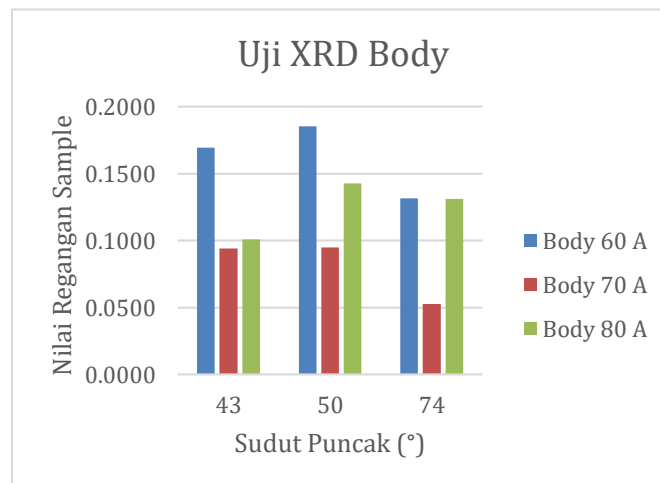




**Gambar 9.** Grafik Nilai Ukuran Density Dislokasi (Rho) Pusat Las

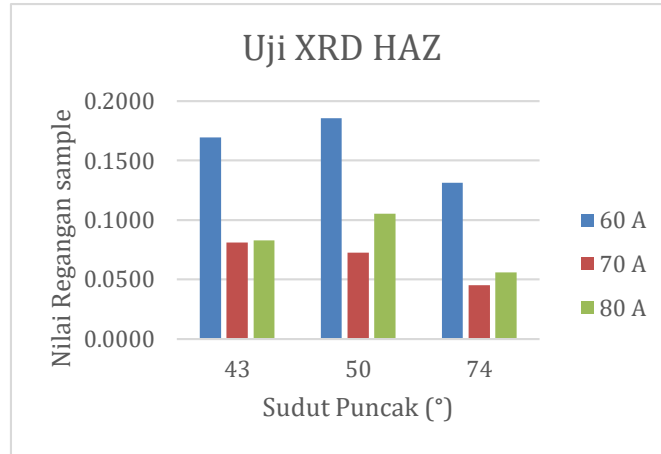
Dari pengujian ini, nilai rho bisa dilihat sudut puncak yang terendah dengan kuat arus tinggi memiliki nilai rho terkecil dan semakin tinggi kuat arus dengan sudut puncak rendah maka nilai rho semakin rendah juga.

### 3. Regangan Mikro (Regangan Sampel)



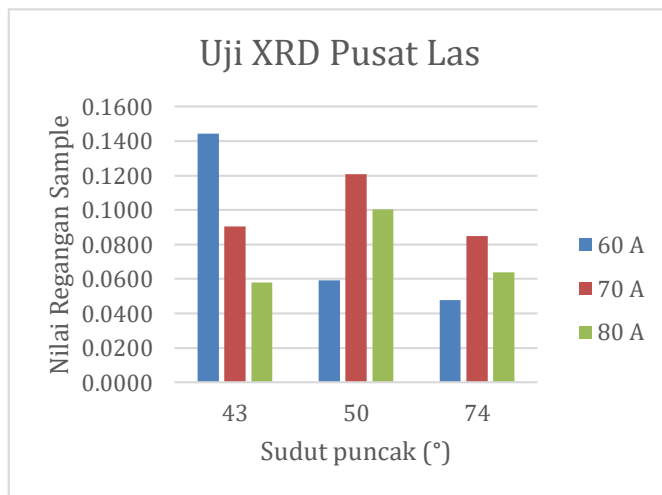
**Gambar 10.** Grafik Nilai Regangan Sampel Body

Dari hasil grafik regangan sampel bisa dilihat sudut puncak tertinggi mendapatkan nilai regangan yang paling rendah dengan kuat arus sedang sedangkan nilai regangan terendah bukan dari sudut puncak terendah dengan kuat arus tinggi melainkan dari sudut puncak 50 ° dengan kuat arus rendah.



**Gambar 11.** Grafik Nilai Regangan Sampel HAZ

Dari hasil regangan sampel bisa dilihat sudut puncak tertinggi mendapatkan nilai regangan paling rendah dengan kuat arus sedang sedangkan nilai regangan terendah bukan dari sudut puncak terendah dengan kuat arus tinggi melainkan dari sudut 50° dengan kuat arus rendah.



**Gambar 12.** Grafik Nilai Regangan Sampel HAZ

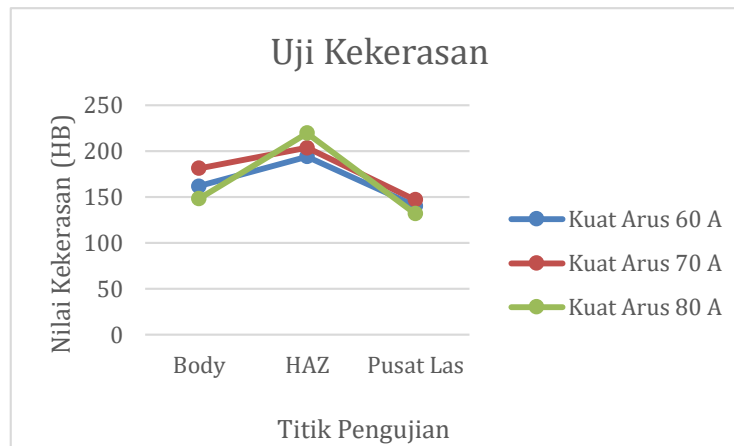
Dari pengujian ini, nilai regangan sampel bisa dilihat sudut puncak yang terendah dengan kuat arus terkecil mendapatkan nilai regangan terbesar dan sudut puncak tertinggi dengan kuat arus terkecil mendapatkan nilai terkecil.

### 3.2 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan telah dilakukan 3 spesimen yang dilas dengan kuat arus yang berbeda dari material yang sama. Nilai kekerasan yang didapat adalah sebagai berikut :

**Tabel 10.** Table Hasil Uji Nilai Kekerasan

Uji Kekerasan				
NO	Spesimen uji	Titik Pengujian		
		Body	HAZ	Pusat Las
1	Kuat Arus 60 A	161,7 HB	194 HB	140,3 HB
2	Kuat Arus 70 A	181,3 HB	203,7 HB	147 HB
3	Kuat Arus 80 A	148 HB	219,7 HB	131,7 HB



**Gambar 13.** Grafik Nilai Kekerasan

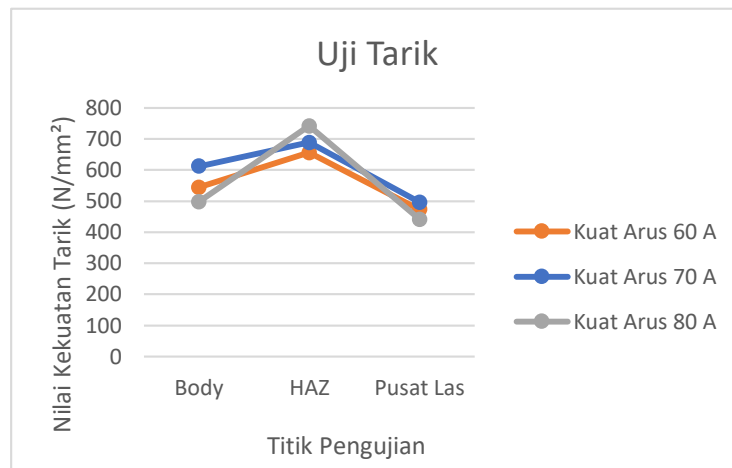
Pengujian kekerasan dengan menggunakan hardness tester pada material stainless steel 316 L dengan proses pengelasan 3 variasi kuat arus yang berbeda menghasilkan beberapa variabel yang berbeda. Kekuatan tertinggi terletak pada titik pengujian HAZ dengan kuat arus tertinggi. Perubahan nilai disebabkan karena material mengalami perubahan struktur mikro yang mengakibatkan perubahan karakteristik bahan dan juga penurunan nilai kekerasan. Karena pengelasan menyebabkan deformasi pada material, maka variasi kuat arus yang menyebabkan perbedaan nilai pada kekerasan material.

### 3.2 Pengujian Kekuatan Tarik

Pengujian kekuatan Tarik telah dilakukan 3 spesimen yang dilas dengan kuat arus yang berbeda dari material yang sama. Nilai kekerasan yang didapat adalah sebagai berikut :

**Tabel 11.** Table Hasil Uji Nilai Kekuatan Tarik

Uji Tarik				
NO	Spesimen uji	Titik Pengujian		
		Body	HAZ	Pusat Las
1	Kuat Arus 60 A	544,3 N/mm <sup>2</sup>	656 N/mm <sup>2</sup>	473 N/mm <sup>2</sup>
2	Kuat Arus 70 A	612 N/mm <sup>2</sup>	688,3 N/mm <sup>2</sup>	496 N/mm <sup>2</sup>
3	Kuat Arus 80 A	497,7 N/mm <sup>2</sup>	741,7 N/mm <sup>2</sup>	441,7 N/mm <sup>2</sup>



Gambar 13. Grafik Nilai Kekuatan Tarik

Pengujian kekuatan tarik dengan menggunakan hardness tester yang nilainya dikonversikan dari skala brinell ke kuat tarik pada material stainless steel 316 L dengan proses pengelasan 3 variasi kuat arus yang berbeda menghasilkan beberapa variabel yang berbeda. Kekuatan tertinggi terletak pada titik pengujian HAZ dengan kuat arus tertinggi. Perubahan nilai disebabkan karena material mengalami perubahan struktur mikro yang mengakibatkan perubahan karakteristik bahan dan juga penurunan nilai kuat tarik. Karena pengelasan menyebabkan deformasi pada material, maka variasi kuat arus yang menyebabkan perbedaan nilai pada kekerasan material.

#### 4. Kesimpulan

Dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa, Pengaruh variasi kuat arus pada pengelasan pelat terhadap struktur kristal yaitu menyebabkan ukuran kristal yang berbeda, dislokasi densitas yang berbeda, regangan mikro yang berbeda, tetapi nilai perbedaannya nilai ukuran kristal antara 2 – 5 Ångstrom, perbedaan nilai rho sampel antara 0,002 – 0,003 garis/mm<sup>2</sup>, dan perbedaan nilai regangan antara 0,0004 – 0,0007.

Pengaruh variasi kuat arus pada pengelasan terhadap kekerasan material dalam skala brinell yaitu nilai kekerasan mengalami perubahan setelah material dilakukan proses pengelasan, material mengalami perubahan struktur mikro yang mengakibatkan perubahan karakteristik bahan dan juga perubahan nilai kekerasan. Dari tiga spesimen yang diuji pada posisi pusat las memiliki kekerasan tertinggi dengan kuat arus 70 A yaitu 417 HB. Pengaruh variasi kuat arus pada pengelasan terhadap kekuatan tarik material dari tiga spesimen yang diuji pada posisi pusat las memiliki kekuatan tarik tertinggi dengan kuat arus 70 A yaitu 496 N/mm<sup>2</sup>.

Maka dari kekerasan dan kekuatan tarik material, kuat arus 70 A adalah kuat arus yang terbaik untuk proses pengelasan tanki dengan material SS 316 L dengan tebal pelat 3 mm. Dari hasil analisa posisi HAZ lebih keras dibandingkan dengan posisi pusat las, karena pada posisi HAZ pendinginan lebih cepat dikarenakan langsung terkontaminasi dengan udara sekitar, sedangkan pada posisi pusat las pendinginan lebih lambat karena pada saat proses pengelasan pusat las terlindung oleh gas argon.

#### Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prodi Alih Program Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia atas fasilitas yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian sampai penulisan tugas akhir ini dari awal hingga selesai. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak yang membantu, dosen pembimbing, tempat penelitian, dan juga seluruh orang yang membantu proses berjalannya penelitian ini.

## Daftar Pustaka

- [1] Yunus dan Nofri, (2013). Variasi Arus Listrik Terhadap Sifat Mekanik Mikro Sambungan Las Baja Tahan Karat AISI 304. Volume 1, Nomor 1, E-journal Widya Eksakta.
- [2] Muhammad Hibbatullah Al Fajri dan Muhammad Anis, Pengaruh Masukan Panas Pengelasan GTAW Terhadap Bentuk Hasil Lasan dan Struktur Mikro SS 316L, Jurnal Fakultas Teknik UI, 2013.
- [3] Karat Austenitik AISI 316L Terhadap Sifat Mekanik, Bandung, Indonesia, 2016.
- [4] Raharjo, R. Tingkat Kekerasan Permukaan Stainless Steel 316L Akibat Tekanan Steelballpeening. Proceening Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV, 2015.
- [5] eduNitas website, <https://wiki.edunitas.com/ind/.html>, diakses tanggal 2 November 2022.
- [6] Weman, K. Welding processes handbook. Elsevier, 2011.
- [7] Nanda Fransiska Anak Teknik Indonesia 9 Maret 2022.
- [8] <https://www.mixers.com/resources/mixing-technology-reports/benefits-and-techniques-of-vacuum-mixing/>
- [9] <https://reimixers.co.id/product/machine/mixing-tank/>
- [10] academia website, [https://www.academia.edu/5178164/23412605\\_ Pengujian\\_Bahan\\_Material](https://www.academia.edu/5178164/23412605_Pengujian_Bahan_Material), diakses tanggal 2 November 2022.
- [11] Muzakir, A. Karakterisasi Material, 2012.
- [12] Budiarto, Ir, M.Sc., Susilo, S.Kom, MT, Sanjaya, Ir. Ulung, “Sintesis Paduan Alumunium (6061) Dengan Metalurgi Serbuk dan Proses T6 Untuk Bahan Fin Rocket”, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia, September 2019.
- [13] Subagia, I Dewa Gede Ary, ST., MT., Ph.D., Modul Praktikum “Metalurgi”, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bali, September 2015.
- [14] <https://taufiqurrokhman.wordpress.com/2018/07/15/kekerasan/>
- [15] MD Sebayang, AG Gultom – 2017, Studi Analisa Material Dan Desain Produk Perkakas Tangan.