



**"ANALISA PENGARUH VARIASI ARUS DAN HEAT TREATMENT  
TERHADAP SIFAT MEKANIS HASIL LAS "**

**Gregorius Jadur (1421900119), Bayu Septiadi Pratama (1421900110)**

**Ir.Moh.Mufti,M.T. (20420180793)**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email: [mohmesin@untag-sby.ac.id](mailto:mohmesin@untag-sby.ac.id)

**ABSTRAK**

Untuk penelitian ini digunakan baja ST 41 yang tergolong baja karbon rendah dengan kandungan karbon di bawah 0,30%. Teknik pengelasan yang digunakan adalah Gas Metal Arc Welding (GMAW), suatu proses yang melibatkan peleburan logam sejenis melalui penggabungan bahan tambahan dalam bentuk kawat pemintalan dan gas pengaman. Penyelidikan berpusat pada beberapa arus pengelasan, yaitu 85 A, 105 A, dan 125 A, untuk meneliti dampak cairan pendingin dan arus pengelasan terhadap kekerasan dan kekuatan tarik maksimal setelah perlakuan panas. Percobaan tarik dilakukan dengan menggunakan arus 85 A, 105 A, dan 125 A, dengan tetap menjaga kecepatan pengelasan yang seragam pada berbagai variasi media pendingin yaitu Udara, Air, dan Oli. Kekuatan tarik puncak terbesar yang dicapai melalui proses pendinginan udara diamati pada 105 A, khususnya dengan spesimen yang diidentifikasi sebagai D2, menunjukkan kekuatan maksimum sebesar 36,71 kg/mm<sup>2</sup>. Pada media pendingin air, puncak kekuatan terlihat pada 85 A bila menggunakan spesimen kode B1, sehingga menghasilkan kuat tarik maksimum sebesar 38,11 kg/mm<sup>2</sup>. Mengenai pendinginan oli, tingkat efektivitas tertinggi terlihat pada 125 A dengan menggunakan kode spesimen I2 yang menunjukkan kuat tarik maksimum sebesar 37,50 kg/mm<sup>2</sup>. Pengujian pengaruh perbedaan arus dan media pendingin pada material baja ST 41 menunjukkan adanya peningkatan tingkat kekerasan pada area WELD METAL, memuncak pada suhu 125 A dengan kode spesimen I pada saat direndam dalam media pendingin oli, berukuran 75,3 HRB. Sedangkan pada zona METAL HAZ, tingkat kekerasan maksimum terlihat pada 105 A dengan menggunakan kode spesimen F pada media pendingin oli, sehingga menghasilkan pembacaan sebesar 76,16 HRB. Pada domain BASE METAL, nilai maksimum yang tercatat adalah 105 A dengan kode spesimen F dalam media pendingin oli, sehingga menghasilkan pengukuran kekerasan sebesar 73,3 HRB. Nilai numerik yang meningkat menunjukkan bahwa media pendingin oli menghasilkan kekerasan yang lebih besar dibandingkan media pendingin udara dan air. Hasilnya, media pendingin oli pada 105 A menunjukkan tingkat kekerasan tertinggi di semua perlakuan pendinginan, serta kekuatan arus terbesar. Hal ini menghasilkan angka kekerasan sebesar 76,16 HRB pada wilayah METAL HAZ.

## **ABSTRACT**

For this research, ST 41 steel is used, which is classified as low carbon steel with a carbon content below 0.30%. The welding technique used is Gas Metal Arc Welding (GMAW), a process that involves melting similar metals through the incorporation of additional materials in the form of spinning wire and safety gas. The investigation centered on several welding currents, namely 85 A, 105 A, and 125 A, to examine the impact of coolant and welding current on hardness and maximum tensile strength after heat treatment. Tensile experiments were carried out using currents of 85 A, 105 A and 125 A, while maintaining a uniform welding speed in various cooling media, namely air, water and oil. The greatest peak tensile strength achieved through the air cooling process was observed at 105 A, specifically with the specimen identified as D2, showing a maximum strength of 36.71 kg/mm<sup>2</sup>. In water cooling media, the peak strength is seen at 85 A when using specimen code B1, resulting in a maximum tensile strength of 38.11 kg/mm<sup>2</sup>. Regarding oil cooling, the highest level of effectiveness is seen at 125 A using specimen code I2 which shows a maximum tensile strength of 37.50 kg/mm<sup>2</sup>. Testing the effect of different currents and cooling media on ST 41 steel material shows an increase in the level of hardness in the WELD METAL area, peaking at a temperature of 125 A with specimen code I when immersed in oil cooling media, measuring 75.3 HRB. Meanwhile, in the METAL HAZ zone, the maximum hardness level was seen at 105 A using the specimen code F on the oil cooling medium, resulting in a reading of 76.16 HRB. In the BASE METAL domain, the maximum value recorded was 105 A with specimen code F in an oil cooling medium, resulting in a hardness measurement of 73.3 HRB. An increasing numerical value indicates that the oil cooling media produces greater hardness than air and water cooling media. As a result, the oil cooling medium at 105 A showed the highest level of hardness in all cooling treatments, as well as the largest current strength. This results in a violence rate of 76.16 HRB in the METAL HAZ area.

## **PENDAHULUAN**

Di zaman modern ini, terjadi kemajuan pesat dan signifikan dalam teknologi industri bangunan, khususnya di bidang perencanaan dan desain produk. Konstruksi baja merupakan hal yang menonjol dalam bidang bangunan, seringkali membutuhkan teknik peleburan logam yang disebut pengelasan. Teknik pengelasan ini mempunyai peran penting dalam bidang teknik, restorasi logam, dan beragam aplikasi konstruksi. Kecenderungan umum dalam kemajuan bangunan logam sebagian besar berkisar pada penggunaan komponen pengelasan, sehingga memerlukan tukang las dengan kemahiran luar biasa untuk mencapai tingkat kualitas sambungan

yang unggul. Oleh karena itu, penelitian berkelanjutan dan peningkatan teknologi pengelasan berupaya mencapai kondisi sambungan yang ideal. Pemanfaatan pengelasan secara pragmatis dalam lingkungan tertentu sering kali memerlukan penggunaannya sebagai bahan kerangka struktural di berbagai industri.

Pengelasan adalah prosedur yang melibatkan peleburan zat logam dengan mencairkan bagian logam primer dan logam tambahan, dengan atau tanpa logam tambahan, untuk membentuk kerangka logam yang kohesif. Dalam bidang Gas Metal Arc Welding (GMAW), kawat las mempunyai peran ganda, yaitu sebagai elektroda dan bahan pengisi. Gas mulia

dan gas karbon dioksida melindungi busur dan logam cair dari gaya sekitar selama pengelasan busur logam gas. Arus pengelasan mempunyai pengaruh yang besar terhadap kualitas lasan, karena modifikasi struktural yang terjadi selama proses pendinginan mempunyai pengaruh terhadap kekuatan material.

Penggunaan sambungan V didorong oleh ketebalan pelat, yang menentukan jumlah lapisan untuk pengelasan. Sambungan las terdiri dari lapisan dasar, lapisan tengah, dan lapisan permukaan, dengan sudut pinggul/kemiringan 60 derajat. Bantuan digunakan selama proses pengelasan lapisan akar untuk menjamin penetrasi akar tanpa hambatan. Sangat penting untuk membersihkan terak las menggunakan sikat kawat yang mengikuti setiap alur las. Memastikan lapisan yang seragam sangat penting, karena lapisan yang ditinggikan memudahkan terperangkapnya terak. Lapisan luar diaplikasikan dengan gerakan seperti pendulum untuk mendapatkan jahitan yang lebih menarik secara visual.

Baja, yang banyak digunakan dalam operasi industri, menunjukkan karakteristik mekanis seperti kekerasan. Karakteristik mekanis dapat ditingkatkan melalui manipulasi termal. Penentuan kekerasan baja dilakukan dengan memanfaatkan teknik pengujian seperti Brinell, Rockwell, dan Vickers. Kandungan karbon memberikan pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik baja. Perlakuan panas mengubah karakteristik baja dengan menyesuaikan laju pemanasan dan pendinginan, sehingga meningkatkan kekerasan, ketahanan gores, dan ketahanan suhu.

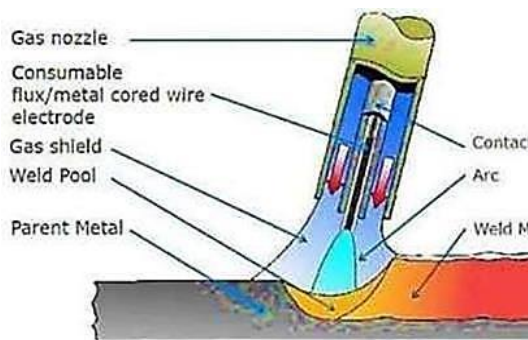
Pengujian kekerasan Rockwell merupakan metode yang umum digunakan untuk mengevaluasi kekerasan material dengan menggunakan indenter yang dikenakan beban tertentu. Indenter tersebut dapat memiliki berbagai bentuk dan besaran, yang memberikan fleksibilitas dalam mengukur kekerasan pada berbagai jenis material.

Proses pengujian ini melibatkan penerapan beban awal, kemudian penambahan beban uji, dan pengukuran kedalaman lekukan setelah beban tersebut dihilangkan. Kedalaman lekukan ini kemudian digunakan sebagai indikator kekerasan material. Metode ini memungkinkan evaluasi yang cepat dan dapat diandalkan terhadap sifat kekerasan suatu material.

Karakteristik mekanis yang diukur melalui pengujian kekerasan Rockwell memberikan informasi berharga tentang respons suatu zat terhadap beban mekanis. Pemahaman terhadap perilaku material dalam keadaan statis maupun dinamis dapat diperoleh melalui analisis hasil pengujian ini. Kekuatan material, ketangguhan, dan sifat-sifat mekanis lainnya dapat dievaluasi, membantu dalam pemilihan material yang sesuai untuk aplikasi tertentu.

Proses pengelasan mencakup banyak teknik, salah satu pendekatannya adalah Gas Metal Arc Welding (GMAW). Pengelasan Busur Logam Gas (GMAW) adalah metode yang digunakan untuk menyatukan beberapa komponen logam dengan meleburkannya secara selektif di lokasi tertentu. Proses ini melibatkan penggunaan elektroda, yaitu logam pengisi batang kawat yang sesuai dengan komposisi logam dasar, dan penerapan gas pelindung. Elektroda,

biasanya berbentuk kawat heliks (rol), mengalami gerakan otomatis yang dikendalikan oleh motor listrik di dalam peralatan las. Pengelasan GMAW menggunakan gas pelindung seperti argon, helium, karbon dioksida, dan nitrogen. Diantaranya, argon dan helium lebih disukai karena kemampuannya menghasilkan busur yang stabil dengan percikan api yang lebih sedikit, sehingga menghasilkan hasil yang lebih baik. Di sisi lain, pemanfaatan karbon dioksida dan nitrogen dapat meningkatkan dampak penyalaan dan mengakibatkan berkurangnya kelancaran perpindahan logam. Fungsi utama gas pelindung adalah memberikan perlindungan terhadap proses oksidasi, sehingga mencegah dampak buruk dari udara luar yang berpotensi merusak kualitas lasan. Prosedur pengelasan ini sering dilakukan secara otomatis atau semi-otomatis.



## Baja

Baja adalah zat logam yang terdiri dari perpaduan unsur dasar, besi, yang digabungkan dengan unsur penguat, karbon. Konstituen besi yang digunakan dalam pembuatan baja biasanya terdiri dari 97%, sedangkan konsentrasi karbon bervariasi antara 0,2% dan 2,1%. Selain itu, baja dapat mengandung unsur lain seperti silikon,

tembaga, mangan, nikel, fosfor, kromium, dan vanadium. Tingkat karbon dalam baja mempunyai pengaruh besar terhadap kekuatan, kelenturan, dan kekerasannya. Namun, penggabungan karbon mengakibatkan penurunan kelenturan dan berpotensi membuat baja lebih rapuh. Konstituen yang ditemukan dalam baja meliputi

### 1. Unsur Karbon

Karbon, ditunjukkan dengan simbol "C", sangat penting dalam meningkatkan kekakuan dan ketahanan baja, menjadikannya unsur penting dalam pembuatan baja. Untuk menghasilkan baja dengan karakteristik unik dan kemampuan beradaptasi terhadap prosedur suhu tinggi, diperlukan perpaduan elemen.

### 2. Unsur Mangan

Mangan ditunjukkan sebagai "Mn," mangan merupakan komponen yang sangat diperlukan dalam prosedur produksi baja. Meskipun komposisinya kira-kira 0,6%, pengaruhnya terhadap konstruksi baja akan terbatas jika terdapat dalam jumlah yang lebih kecil. Penggabungan mangan ke dalam baja dapat meningkatkan kekuatannya sekaligus mempertahankan dampak yang dapat diabaikan atau tidak ada sama sekali terhadap keuletannya.

### 3. Unsur Silikon

Silikon ditunjukkan sebagai "Si", penambahan silikon dalam baja melebihi 0,4% menambah tegangan tarik.

### 4. Unsur Nikel

Sebanding dengan mangan, nikel menambah potensi, kelenturan, dan ketahanan termal baja. Paduan baja yang mengandung sekitar 25% nikel

- memiliki tingkat ketahanan korosi yang tinggi. Representasi unsur kimia nikel adalah "Ni".
5. Unsur Kromium  
Kromium digunakan untuk mengurangi pendinginan pada baja, elemen kromium umumnya ditemukan pada konsentrasi 1,5% untuk meningkatkan kekerasan selama proses pengolahan minyak. Kromium meningkatkan kehalusan struktur baja dan meningkatkan karakteristiknya selama proses pengerasan. Hal ini dilambangkan dengan karakter alfabet "Cr."
  6. Unsur Kobalt  
Untuk meningkatkan kekerasan, ketahanan aus, dan ketahanan panas, baja memerlukan penggabungan paduan kobalt. Magnet baja yang mengandung kobalt juga dapat menerima regulasi yang canggih. Diwakili dengan singkatan "Co."
  7. Unsur Molibdenum  
Diwakili oleh simbol kimia "Mo", molibdenum meningkatkan kekuatan tarik, rentang kekuatan keseluruhan, tahan panas, dan mengurangi kerapuhan ketika membentuk ikatan dengan kobalt, nikel, dan vanadium dalam baja.
  8. Unsur Vanadium  
Vanadium, dilambangkan dengan simbol "V", mengurangi kerentanan terhadap guncangan termal di luar batas perlakuan panas. Ia menawarkan kekokohan, kelenturan, ketahanan terhadap kelelahan, dan ketahanan termal, mirip dengan molibdenum (Mo).
  9. Titanium Unsur  
Memiliki toleransi yang tinggi terhadap suhu yang mencapai 400 derajat Celcius, baja yang mengandung titanium, dilambangkan dengan simbol "Ti", biasanya digunakan dalam kawat las karena ketahanannya yang luar biasa. Penggabungan baja karbon dengan titanium meningkatkan tingkat kekerasan.
  10. Aluminium Unsur  
Diwakili oleh simbol kimia "Al", aluminium ditemukan dalam jumlah kecil di dalam baja. Dampak dari bahan ini mirip dengan silikon (Si), yang meningkatkan ketahanan terhadap korosi, keuletan, dan kemampuan perkakas.  
Berdasarkan klasifikasi kandungan karbon yang digunakan, baja mempunyai berbagai macam jenis, antara lain:
    1. Baja karbon  
Faktor sekunder utama yang berpengaruh adalah karbon, meskipun pengaruh komponen lain berfluktuasi tergantung pada jumlah relatifnya. Baja karbon mencakup berbagai klasifikasi, yang meliputi:
      - a. Baja karbon tinggi  
Baja ini mengandung karbon dalam kisaran 0,6% hingga 1,4% dari total berat. Baja karbon tinggi dikenal luas karena kekerasannya dan kekuatannya yang luar biasa, namun keuletannya kecil. Ini digunakan dalam produksi alat pemotong dan cetakan baja, mengintegrasikan komponen krom, vanadium, tungsten, dan molibdenum untuk meningkatkan kekerasan, kekuatan, dan ketahanan terhadap gesekan. Baja karbon tinggi digunakan dalam peralatan yang memerlukan ketahanan luar biasa terhadap

gesekan dan pisau potong, setelah menjalani prosedur pengerasan dan temper.

b. Baja Karbon Sedang

Dengan persentase karbon berkisar antara 0,30% hingga 0,60%, baja karbon sedang mengungguli baja karbon rendah dalam hal kekuatan. Kandungan karbon pada bahan ini memungkinkan pengerasan, pengerjaan mesin, dan memberikan daya tahan yang luar biasa dengan mudah.

c. Baja Karbon Rendah

Sering disebut dengan baja perkakas atau baja ringan, baja karbon rendah memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3%. Klasifikasi ini sering kali mencakup varian dengan kandungan karbon berkisar antara 0,08% hingga 0,30%, yang biasa terlihat pada jenis baja karbon rendah canai dingin. Baja karbon rendah sering digunakan dalam pembuatan sasis mobil atau mobil.

2. Baja Khusus

Baja khusus, atau yang sering disebut baja paduan, merujuk pada jenis baja yang mengandung unsur-unsur logam tambahan selain besi dan karbon dalam jumlah yang signifikan. Unsur-unsur ini ditambahkan dengan tujuan untuk meningkatkan sifat-sifat khusus baja, seperti kekuatan, ketahanan terhadap korosi, dan kemampuan untuk mempertahankan sifat mekanis pada suhu tinggi. Baja khusus dapat dibagi menjadi beberapa kategori berdasarkan unsur-unsur tambahan yang ada,

seperti baja nikel, baja krom, dan baja mangan. Setiap jenis baja khusus memiliki kegunaan dan aplikasi yang spesifik tergantung pada sifat-sifat yang ditingkatkan oleh unsur-unsur tertentu. Pengembangan dan penggunaan baja khusus terus menjadi fokus penelitian dan industri, karena material ini memberikan solusi teknik untuk berbagai tantangan dalam berbagai sektor, termasuk otomotif, penerbangan, dan konstruksi.

### **Holding Time**

Holding Time sangat penting dalam mencapai kekakuan maksimum suatu zat selama proses pematangan. Hal ini memerlukan pemeliharaan bahan pada suhu temper selama jangka waktu tertentu untuk menjamin pemanasan menyeluruh dan konsisten. Tahap ini penting untuk mencapai komposisi austenit yang seragam atau asimilasi karbida menjadi austenit, selain dispersi karbon dan komponen paduan. Durasi periode kepemilikan mempunyai dampak penting pada proses transformasi; periode penyimpanan yang tidak tepat atau sangat cepat dapat mengakibatkan transformasi parsial dan tidak homogen

Selain itu, Holding Time yang terlalu pendek akan menyebabkan kekakuan yang tidak mencukupi karena jumlah karbida yang terlarut dalam larutan tidak mencukupi. Sebaliknya, durasi penahanan yang terlalu lama dapat mengakibatkan metamorfosis yang diikuti dengan pembesaran butiran, yang berpotensi menurunkan ketangguhan (Thelning, 1984). Sangat penting untuk mematuhi peraturan untuk menentukan durasi penahanan

yang sesuai untuk berbagai jenis baja, seperti yang dijelaskan dalam tabel terlampir.

Jenis Baja	Waktu Tahan (Menit)
Baja Karbon dan baja paduan rendah	5-15
Baja paduan menengah	15-25
Low alloy steel	10-30
High alloy chrome steel	10-60
Hot-work tool steel	15-30

### Normalizing

Prosesnya memerlukan peningkatan suhu baja hingga ambang austenit dan kemudian mengarahkannya ke udara sekitar untuk pendinginan. Proses normalisasi melibatkan peningkatan suhu baja ke tingkat 850°C lebih tinggi dari kisaran kritis, diikuti dengan pendinginan selanjutnya memanfaatkan atmosfer sekitar.

### Quenching

Proses pendinginan memerlukan pendinginan logam secara cepat untuk mencegah konsekuensi buruk yang mungkin timbul dengan pendinginan bertahap, seperti pembesaran butiran. Penelitian ini memanfaatkan air dan oli sebagai bahan pendingin pada prosedur quenching.

### Uji Rockwell

Uji Rockwell, serupa dengan Uji Brinell, menghasilkan nilai kekerasan yang ditentukan oleh derajat lekukan. Pilihan beban dan indenter bergantung pada kondisi pengujian tertentu. Berbeda dengan uji Brinell, uji Rockwell menggunakan indenter dan beban kecil, sehingga menghasilkan lekukan yang lebih padat dan halus. Pendekatan ini diterapkan secara luas di lapangan karena prosedurnya yang cepat (Davis, Troxell, dan Wiskocil, 1955).

Dalam proses pengujian kekerasan Rockwell, nilai numerik yang mewakili kekerasan dipastikan berdasarkan luasnya lekukan yang disebabkan oleh penerapan beban statis pada spesimen. Dua jenis indenter dapat digunakan dalam pengujian Rockwell: indenter bulat yang terdiri dari baja dan baja keras dengan diameter berbeda, dan indenter berbentuk kerucut berlian. Beban yang dikenakan selama indentasi dikalibrasi sesuai dengan dimensi indenter yang dipilih.

### Uji Tarik

Uji tarik memerlukan penerapan gaya tarik atau tekanan pada suatu zat untuk mengevaluasi ketahanannya. Pengujian dilakukan dengan memberikan suatu regangan tarik yang terus-menerus pada suatu bahan, sehingga terjadi peningkatan bertahap dalam perpanjangannya hingga akhirnya putus, sehingga kekuatan tariknya dapat diukur. Untuk memastikan secara tepat kekuatan tarik dalam kondisi pembebanan seperti itu, vektor gaya harus sejajar dengan sumbu material, sehingga menjamin beban tarik linier. Ketika gaya tarik

sudut sejajar, hal ini menimbulkan gaya tekuk.

## PROSEDUR EKSPERIMEN

Pada bab ini menjelaskan bagaimana hasil data dari proses Normalizing dan quenching pada material baja ST-41 dengan variasi arus pengelasan pada uji kekerasan, dan uji tarik.

### Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penyelidikan empiris, yang dirancang khusus untuk mengumpulkan informasi langsung dalam lingkungan terkendali, dengan menggunakan intervensi. Penelitian eksperimental dapat didefinisikan sebagai metodologi penelitian yang digunakan untuk menguji dampak intervensi tertentu terhadap variabel lain dalam lingkungan yang terkendali (Sugiyono, 2010: 107). Dalam penyelidikan ini, suatu kohort menjadi sasaran intervensi yang berbeda, yang kemudian mengarah pada evaluasi yang bertujuan untuk menentukan sifat kekakuan dan tarikan bahan percobaan.

### Variabel Penelitian

1. Variable Bebas  
Holding time 15 menit
2. Variabel Tetap
  - Proses hardening
  - Material Baja ST 41
  - Temperatur 800°C
  - Media pendingin Oli SAE 40
  - Media pendingin Air
  - Media pendingin Udara (Normalizing)
3. Variabel Terikat  
Perubahan kekerasan

### Tempat Dan Waktu Pelaksanaan

Perlakuan heat treatment, uji kekerasan dan uji tarik dilaksanakan di Laboratorium Politeknik Negeri Malang.

Waktu pelaksanaan heat treatment, uji kekerasan dan uji tarik dilaksanakan tanggal 30 oktober 2023 – 1 november 2023.

### Quenching

Proses pendinginan memerlukan pendinginan logam secara cepat untuk mencegah konsekuensi buruk yang mungkin timbul dengan pendinginan bertahap, seperti pembesaran butiran. Penelitian ini memanfaatkan air dan oli sebagai bahan pendingin pada prosedur quenching.

### Normalizing

Prosesnya tahap ini memerlukan peningkatan suhu baja hingga ambang austenit dan nantinya proses kemudian mengarahkannya ke udara sekitar untuk pendinginan. Proses normalisasi melibatkan peningkatan suhu baja ke tingkat 850°C lebih tinggi dari kisaran kritis, diikuti dengan pendinginan selanjutnya memanfaatkan atmosfer sekitar.

### Pengujian Hardness

Penilaian kekerasan dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang menggunakan baja ST 41 dengan pengukuran ketebalan 10mm, lebar 20mm, dan panjang 200mm. Pemeriksaan ini menggunakan instrumen pengujian kekerasan Rockwell, yang dilengkapi indentor bola baja dengan pengukuran tekanan 1,558mm (1/16"). Dengan beban awal yaitu 10 dan beban utama 90, sehingga jumlah beban yaitu 100. Memiliki skala kekerasan dengan angka 130. Dan mempunyai angka warna merah.



Pengambilan data yaitu dengan mengambil 3 titik tiap spesimen pada daerah Weld Metal, HAZ, dan Base Metal.

### Pengujian Tarik

Adapun material yang digunakan yaitu baja ST 41 dengan ketebalan 10mm, lebar 20mm, dan Panjang 200mm. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pertambahan Panjang pada spesimen dan mengetahui kekuatan tarik pada spesimen tersebut.

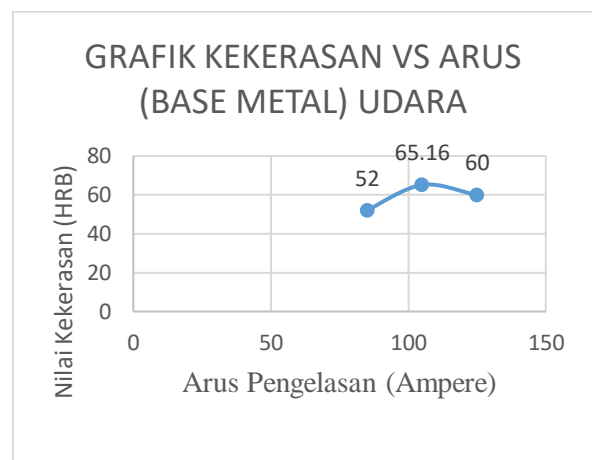
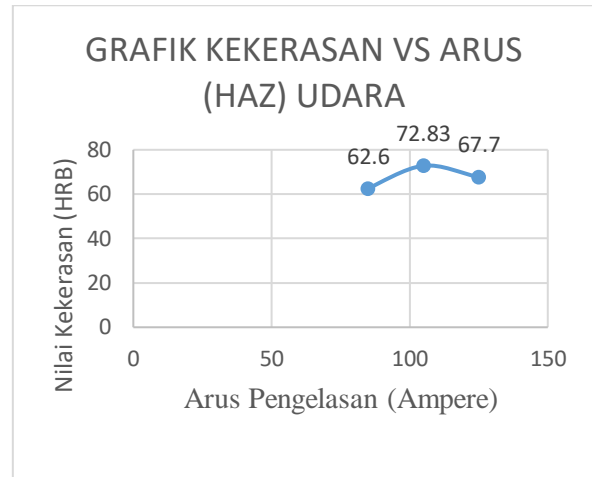
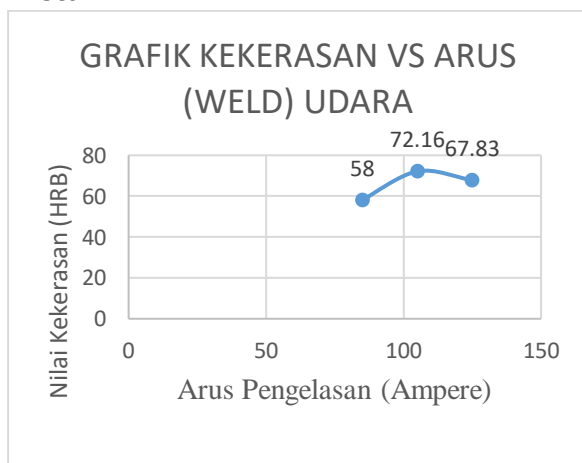
Data diameter lekukan digunakan untuk mencari data selanjutnya yaitu data hasil uji kekerasan. Berikut contoh perhitungan uji kekerasan pada baja ST 41 dengan kode spesimen A1 pada 3 titik daerah weld metal, HAZ, dan base metal dengan pendingin udara :

$$HRB \text{ rata - rata} = \frac{HRB A1+HRB A2+HRB A3}{3}$$

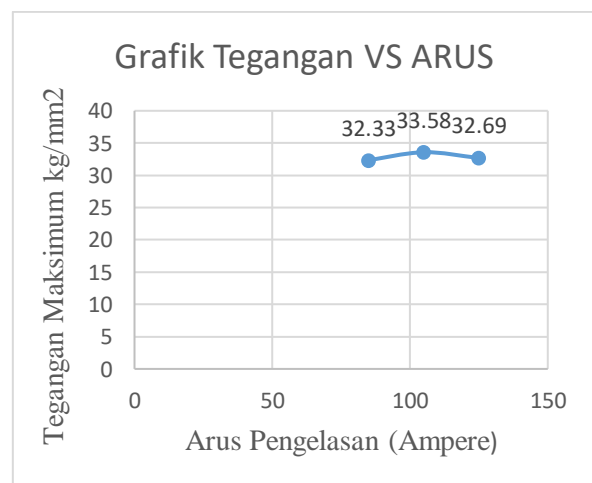
$$HRB \text{ rata - rata} = \frac{52+60+62}{3}$$

$$HRB \text{ rata - rata} = 58 \text{ HRB}$$

Berikut grafik pengujian kekerasan pada daerah weld metal, HAZ, dan base metal.



Grafik Uji Tarik untuk mendapatkan tegangan tarik maksimum



Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa tegangan maksimum uji tarik pada material baja ST 41 dengan media pendingin udara pada arus 85 A sebesar 32,33 (kg/mm<sup>2</sup>). Pada arus 105 A didapatkan tegangan maksimum mengalami peningkatan menjadi 33,58 (kg/mm<sup>2</sup>). Pada arus 125 A didapatkan tegangan maksimum mengalami penurunan menjadi 32,69 (kg/mm<sup>2</sup>).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh perbedaan arus dan media pendingin pada material baja ST 41 menunjukkan bahwa tingkat kekerasan maksimum terjadi pada area WELD METAL dengan menggunakan arus sebesar 125 A dengan kode spesimen I sehingga menghasilkan pengukuran kekerasan sebesar 75,3 HRB dengan oli. sebagai media pendingin. Begitu pula pada daerah METAL HAZ, tingkat kekerasan tertinggi dicapai dengan menggunakan arus sebesar 105 A dan menggunakan kode spesimen F, sehingga menghasilkan nilai kekerasan sebesar 76,16 HRB dengan oli sebagai bahan pendingin. Dalam domain BASE METAL, besaran maksimum didokumentasikan pada arus 105 A dengan kode spesimen F, menghasilkan nilai kekerasan 73,3 HRB ketika oli digunakan sebagai bahan pendingin. Data yang meningkat

secara signifikan menunjukkan bahwa oli, sebagai bahan pendingin, memiliki tingkat kekerasan tertinggi dibandingkan dengan bahan pendingin udara dan air. Akibatnya, tingkat kekerasan tertinggi yang disebabkan oleh perubahan arus dan cairan pendingin terjadi di wilayah METAL HAZ, terutama ketika kuat arus 105 A dan oli digunakan sebagai bahan pendingin, yaitu sebesar 76,16 HRB.

2. Hasil pengujian tarik dengan variasi arus 85 A, 105 A, dan 125 A dengan kecepatan las yang sama pada variasi pendingin Udara, Air dan Oli. Kekuatan maksimum terbesar pada media pendingin udara pada arus 105 A dengan kode spesimen D2 kekuatan tarik maksimum sebesar 36,71 kg/mm<sup>2</sup>. Kekuatan maksimum terbesar pada media pendingin air berada pada arus 85 A dengan kode spesimen B1 dengan kekuatan tarik maksimum sebesar 38,11 kg/mm<sup>2</sup>. Dan Kekuatan maksimum terbesar pada media pendingin oli pada arus 125 A dengan kode spesimen I2 kekuatan tarik maksimum sebesar 37,50 kg/mm<sup>2</sup>.

### Saran

Berdasarkan temuan tersebut, terdapat beberapa rekomendasi sebagai berikut:

1. Manipulasi termal yang dilakukan dalam penyelidikan ini dilakukan pada suhu yang tepat;

oleh karena itu, disarankan untuk melakukan penelitian serupa dengan konfigurasi suhu yang beragam.

2. Mengenai variasi yang ada saat ini, disarankan untuk memanfaatkan jarak yang lebih jauh untuk meningkatkan kejelasan dan visibilitas disparitas yang ditemukan.

### REFERENSI

- L. P. Ketaren, U. Budiarto, and A. W. B. Santosa, "Analisa Pengaruh Variasi Kampuh Las dan Arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Sambungan Las GMAW (Gas Metal ARC Welding) Pada Aluminium 6061," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 4, 2019.
- T. B. Santoso, S. Solichin, and P. Trihutomo, "Pengaruh kuat arus listrik pengelasan terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro las SMAW dengan elektroda E7016," *J. Tek. Mesin*, vol. 23, no. 1, 2016.
- A. Syahrani, N. Naharuddin, and M. Nur, "ANALISIS KEKUATAN TARIK, KEKERASAN, DAN STRUKTUR MIKRO PADA PENGELASAN SMAW STAINLESS STEEL 312 DENGAN VARIASI ARUS LISTRIK," *J. Mek.*, vol. 9, no. 1, 2018.
- R. Setiaji, "Pengujian Tarik," *Laboratorium Metalurgi Fisik FTUI*, 2009.
- V. Bhaskara, S. Jokosisworo, and H. Yudo, "Pengaruh Normalizing dengan Variasi Penahanan Panas (Holding Time) Baja ST 46 Terhadap Uji Kekerasan, Uji Tarik, dan Uji Mikrografi Vicky," vol.19,no 4,pp. 226-230, 2017.
- AusAid, *Dasae LAS MIG-MAG/ GMAW*. Batam, 2001.
- Wirjosumarto, H. dan Okumura, T. "Teknologi Pengelasan Logam," PT. Pradya Paramita, Jakarta, 2000.
- Wirjosumarto, H., 2000, *Teknologi Pengelasan Logam*, Erlangga, Jakarta. Basuki
- W. 2009. Analisis Perlakuan Panas Normalising pada Pengelasan Argon terhadap sifat mekanik hasil lasan Baja karbon rendah. *Jurnal Teknologi Technoscientia*. Vol.2 No.1 Agustus. Teknik ITN Malang.
- T. N. B. Santoso, "Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Las Smaw dengan Elektroda E7016," *Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Malang*, vol. 23, no. 1, 2015.
- S .Gusti Rusydi Furqon, "Analisa Uji Kekerasan Pada Poros Baja ST 60 Dengan Media Pendingin Yang Berbeda," *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 1 No. 2, 2016.