

## PENGARUH VARIASI AIR SEBAGAI MEDIA PENDINGIN TERHADAP KEKERASAN HASIL PENGELASAN PADA BAJA ST- 37

Bagoes Handika Putra<sup>1</sup>, Hairian Rahmadi<sup>2</sup>, Dewi Nurmayasari<sup>3</sup>, Helanianto<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Prodi Pemeliharaan Mesin, Politeknik Negeri Ketapang

Email: hairian465@yahoo.com<sup>2</sup>, dewi.nurmayasari@politap.ac.id<sup>3</sup>, helanianto@yahoo.com<sup>4</sup>

### ABSTRACT

*This research will provide testing of low carbon steel, namely ST-37 Steel, through a welding process using cooling media with variations in water on the hardness of the steel resulting from welding. Welding is carried out using the shielded metal ac welding (SMAW) welding method. The research method that the researcher took was an experimental research method, namely research to determine the consequences of the treatment given to the thing being researched by carrying out Rockwell Hardness (HR) testing. From the tests, differences were found in each specimen using 4 different water samples. The 4 water samples used were sea water, salt water, water with a pH of 6.1, and water with a pH of 7.4. Variations in cooling media influence the test results, namely at 10 specimen points tested from 4 cooling media samples, it was found that the specimen with the highest level of hardness was the specimen using a water sample with a pH of 6.1, namely with an average value of 49.3 (HR), and the specimen with the lowest level of hardness was the specimen with the salt water sample, with an average value of 46.95 (HR).*

**Keywords:** ST-37 Steel, shielded metal ac welding (SMAW), sea water, tap water, hardness rockwell (HR)

### ABSTRAK

Dalam penelitian ini akan memberikan pengujian terhadap baja karbon rendah yaitu Baja ST-37 melalui proses pengelasan menggunakan media pendingin dengan variasi air terhadap kekerasan baja hasil pengelasan. Pengelasan dilakukan dengan metode las *shielded metal ac welding* (SMAW). Metode penelitian yang peneliti ambil adalah metode penelitian eksperimen yaitu penelitian untuk mengetahui akibat dari perlakuan yang diberikan terhadap suatu hal yang sedang diteliti dengan melakukan pengujian *Hardness Rockwell* (HR). Dari pengujian ditemukan perbedaan dari setiap spesimen yang menggunakan 4 sampel air yang berbeda. 4 sampel air yang digunakan adalah air laut, air garam, air dengan pH 6.1, dan air dengan pH 7.4. Variasi media pendingin berpengaruh pada hasil pengujian yaitu pada 10 titik spesimen yang di uji dari 4 sampel media pendingin, ditemukan spesimen dengan tingkat kekerasan tertinggi adalah spesimen yang menggunakan sampel air dengan pH 6.1 yaitu dengan rata-rata nilai 49,3 (HR), dan spesimen dengan tingkat kekerasan terendah adalah spesimen dengan sampel air garam yaitu dengan rata-rata nilai 46,95 (HR).

**Kata Kunci:** Baja ST-37, *shielded metal ac welding* (SMAW), air laut, air sumur, *hardness rockwell* (HR)

Diterima Redaksi: 20-08-2023 | Selesai Revisi: 01-09-2023 | Diterbitkan Online: 13-09-2023

### 1. Pendahuluan

Perkembangan yang cukup pesat dalam dunia ilmu pengetahuan dan teknologi, maka kualitas sumber daya manusia (SDM) juga harus mampu mengimbangi perkembangan agar bisa dimanfaatkan secara maksimal, salah satu perkembangan (IPTEK) yang ada pada saat ini adalah dibidang pengelasan yang dapat dimanfaatkan untuk menunjang kualitas sumber daya manusia (SDM). Pengelasan dalam dunia produksi dan perawatan banyak digunakan biasanya untuk konstruksi mesin

diberbagai bidang. Salah satu material yang banyak digunakan untuk konstruksi mesin adalah baja karbon rendah ST- 37 dengan kandungan karbon 0,05% - 0,30%[1].

Material benda kerja dengan kemampuan sifat las yang baik salah satunya yaitu baja karbon. Hal ini dikarenakan sifat dari material tersebut keras dan kuat. Pada umumnya, bangunan konstruksi mesin sering mengalami kerusakan saat menerima beban setelah melalui proses pengelasan, seperti melentur, patahan, kerusakan atau cacat yang tidak diinginkan pada

bagian sambungan las, terutama pada daerah *heat affected zone*[2].

Baja karbon adalah baja paduan dengan kandungan unsur besi dan karbon. besi merupakan kadungan unsur dasar dan karbon merupakan kandungan unsur paduan utamanya[3]. Dimana di dalam kandungan air laut terdapat kadar garam karena bumi terdiri dari batu-batuan dan tanah yang mengandung garam mineral. Contohnya kalium, natrium, kalsium dll. Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan dari sambungan las antara lain: bahan, *elektroda*, prosedur pengelasan, dan jenis kampuh yang digunakan[4]. Latar belakang diatas menjadi alasan peneliti melakukan penelitian untuk menentukan kadar air garam, air laut, air sumur, dan air mineral terbaik dari beberapa variasi kadar air diatas sebagai media pendingin dengan proses *hardening* menggunakan pengelasan untuk mengukur tingkat kekerasan pada baja karbon rendah.

### 1.1 Metode Pengujian

Kekerasan (*Hardness*) adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami pergesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asal artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuknya semula. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan).

Uji kekerasan adalah pengujian yang paling efektif untuk menguji kekerasan dari suatu material, karena dengan pengujian ini kita dapat dengan mudah mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material[5]. Meskipun pengukuran hanya dilakukan pada suatu titik, atau daerah tertentu saja, nilai kekerasan cukup valid untuk menyatakan kekuatan suatu material. Dengan melakukan uji keras, material dapat dengan mudah di golongan sebagai material ulet atau getas. Di dalam aplikasi

manufaktur, material dilakukan pengujian dengan dua pertimbangan yaitu untuk mengetahui karakteristik suatu material baru dan melihat mutu untuk memastikan suatu material memiliki spesifikasi kualitas tertentu[5].

Di dunia teknik, umumnya pengujian kekerasan menggunakan 4 macam metode pengujian kekerasan, yakni Brinell (HB / BHN) merupakan pengujian kekerasan yang bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (identor) yang ditekan pada permukaan material uji tersebut (spesimen). Idealnya, pengujian Brinell diperuntukan untuk material yang memiliki permukaan yang kasar dengan uji kekuatan berkisar 500-3000 kgf. Identor (Bola baja) biasanya telah dikeraskan dan diplating ataupun terbuat dari bahan Karbida Tungsten. Kedua yaitu pengujian kekerasan dengan metode Vickers yang bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam yaitu daya tahan material terhadap indentor intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramid seperti ditunjukkan pada gambar 3. Beban yang dikenakan juga jauh lebih kecil dibanding dengan pengujian rockwell dan brinell yaitu antara 1 sampai 1000 gram.

Selain itu ada *mikrohardness test* atau sering disebut dengan *knoop hardness testing*, merupakan pengujian yang cocok untuk pengujian material yang nilai kekerasannya rendah. Knoop biasanya digunakan untuk mengukur material yang getas seperti keramik. Setelah mengetahui macam-macam pengujian untuk uji kekerasan maka peneliti harus memikirkan apa yang harus peneliti ketahui untuk menentukan metode uji kekerasan yang digunakan, untuk itu peneliti harus memperhatikan permukaan material, jenis dan dimensi material, jenis data yang diinginkan dan ketersediaan alat uji.

Metode pengujian keempat adalah metode *Rockwell Hardness Test* yaitu Dalam uji kekerasan *Rockwell*, metode kedalaman lekukan yang dibuat oleh indentor, diukur. Semakin dalam indentor yang ditentukan menembus permukaan spesimen dengan beban uji tertentu, semakin lembut material yang diuji[2].

### 1.2 Metode Pengujian *Hardness Rockwell*

Metode pengujian yang peneliti ambil adalah metode *Rockwell Hardness Test* yaitu dalam uji kekerasan *Rockwell*, metode kedalaman yang dibuat oleh *indentor*, diukur. Sebaliknya, ukuran lekukan diukur. Semakin dalam *indentor* yang ditentukan menembus permukaan spesimen dengan beban uji tertentu, semakin lembut material yang diuji. Kekerasan *Rockwell Hardness* (HR) kemudian ditentukan dari kedalaman indentasi sisa, bersama dengan beberapa faktor lainnya[2]. Dalam pengujian kekerasan menurut *Rockwell*, gaya uji total diterapkan dalam dua langkah. Hal ini dimaksudkan untuk menghilangkan efek dari kekasaran permukaan spesimen (misalnya, alur pada spesimen) serta kesalahan pengukuran yang disebabkan oleh permainan pengukuran kedalaman lekukan. Pengujian kekerasan adalah kemampuan suatu bahan terhadap beban dalam perubahan yang tetap. Ketika suatu benda yang akan diuji diberikan gaya tertentu yang mendapat pengaruh pembebanan, benda uji akan mengalami deformasi. Dengan melakukan tekanan pada benda yang diuji maka dapat dianalisis seberapa besar tingkat kekerasan dari bahan tersebut melalui besarnya beban yang diberikan terhadap luas bidang yang menerima pembebanan.

Pada dasarnya, prinsip yang digunakan untuk pengujian ini yaitu memberikan gaya tekan pada permukaan material atau benda yang diuji menggunakan *indentor*. Pertama, material uji diberikan penetrasi beban minor, diteruskan dengan menambahkan beban utama atau mayor. Setelah itu, beban mayor diangkat dengan posisi beban minor masih ditahan di bagian permukaan material.

Pada kapasitas beban minor yang digunakan adalah 10 kgf, sedangkan kapasitas beban mayor adalah 40 kgf dan 50 kgf.. Beban minor memiliki fungsi untuk menahan tekanan dari *indentor* dan juga mempertahankan posisi material uji agar tidak goyang atau tidak menyimpang dari posisi awal sehingga dapat dilanjutkan dengan memberikan beban utama. Pengujian yang dilakukan pada spesimen ada dua tahap untuk satu titik pada spesimen yaitu tahap pertama menggunakan beban 10 kgf

dengan waktu 1 menit untuk satu tahap, tahap kedua beban akan ditambahkan 40 kgf dan 50 kgf dengan total beban seberat 100 kgf dengan waktu 1 menit.

Rumus yang dipakai untuk mendapatkan nilai kekerasan *rockwell* :

$$HR = E - e$$

Dengan E adalah nilai konstanta 130 pada *indentor* bola dan nilai 100 pada *indentor* intan, e adalah nilai kedalaman penekanan yang diberikan beban utama (F1)

Kelebihan Menggunakan Uji Kekerasan *Rockwell* adalah material tetap utuh sehingga bisa digunakan kembali untuk proses produksi. Metode ini cocok digunakan untuk menguji material dalam jumlah banyak. Selain itu nilai hasil pengukuran bisa langsung terlihat pada layar monitor atau jam ukur.

### 1.3 Baja Karbon ST-37

Dalam penelitian ini akan memberikan pengujian terhadap baja karbon rendah melalui proses pengelasan menggunakan media pendingin dengan variasi kadar garam terhadap kekerasan baja yaitu Baja karbon ST-37. Baja karbon ST-37 adalah Baja karbon rendah yang setara dengan AISI 1045, dengan komposisi kimia Karbon: 0.5%, Mangan: 0.8%, Silikon: 0.3%. dan ditambah unsure lainnya. Pelat baja ini memiliki kekerasan sebesar 170 HB (*Hardness Brinell*), dan kekuatan tarik sebesar 650-800 N/mm<sup>2</sup>. Pelat baja ST-37 adalah bahan bangunan yang sangat kuat dan liat dengan struktur butir yang halus, dan dapat dilakukan pengerjaan dalam keadaan panas maupun dingin. Arti dari ST itu sendiri adalah singkatan dari *Steel* (baja) sedangkan angka 37 menunjukkan batas minimum untuk kekuatan tarik yaitu 37 km/mm.

### 1.4 Pengelasan *shielded metal ac welding* (SMAW).

Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) yaitu penyambungan dua buah logam atau lebih menjadi satu dengan jalan pelelehan atau pencairan dengan busur nyala listrik[6]. Las busur nyala listrik adalah proses pengelasan yang dilakukan dengan jalan mengubah arus listrik menjadi panas untuk melelehkan atau mencairkan permukaan benda yang akan

disambung dengan membangkitkan busur nyala listrik melalui sebuah *elektroda*. Jenis *elektroda* yang dipergunakan akan menentukan hasil pengelasan sehingga sangat penting untuk mengetahui sifat dan jenis dari masing-masing *elektroda* sebagai dasar pemilihan *elektroda* yang tepat. *Elektroda* terbungkus terdiri dari bagian inti dan zat pelindung atau *fluks*. Selaput yang ada pada *elektroda* jika terbakar akan menghasilkan CO<sub>2</sub> yang berfungsi untuk melindungi cairan las, busur listrik dan sebagian benda kerja dari udara luar[6]. Tipe *elektroda* yang digunakan dalam penelitian ini adalah E6013.

### 1.5 Media pendingin pengelasan

Adapun media pendingin dan kandungan didalam media pendingin dalam larutan garam adalah senyawa magnesium klorida, magnesium sulfat, magnesium bromida, dan senyawa runtu lainnya. Garam adalah senyawa Ionik yang terdiri dari ion positif (Kation) dan Ion negatif (anion), sehingga membentuk senyawa netral (tanpa bermuatan)[7]. Larutan garam merupakan larutan dengan daya penghantar listrik yang tinggi, jika semakin tinggi daya hantar listrik yang diberikan oleh sebuah larutan maka semakin cepat proses pendinginan berlangsung dan semakin keras juga hasil pengelasan.

Air Mineral dengan kandungan pH 7,4 mengandung beragam mineral, salah satunya antara lain Magnesium (Mg) yang dapat membantu memperkuat kekerasan pada hasil pengelasan. Kandungan mineral dalam air menyebabkan air mineral dapat memiliki kemampuan untuk menghantarkan listrik karena mineral adalah sumber elektrolit yang mempunyai sifat penghantar listrik.

Sedangkan air sumur dengan kandungan pH 6.1 mengandung banyak mineral tinggi dalam bentuk mangan sehingga dapat memberikan pengaruh yang besar terhadap kekerasan hasil pengelasan.

Kualitas suatu air dapat dipengaruhi oleh rembesan air limbah rumah tangga, limbah kimia, limbah laundry dan rembesan dari air sungai terdekat[8]. Untuk air laut yang memiliki kandungan berbagai garam-garaman. Unsur Logam yang tergabung dalam

larutan air laut itu ialah Natrium (Na) 31%, kemudian Magnesium (Mg), Kalsium (Ca), Belerang (S), dan Kalium (K) yang dapat membantu kekerasan pada hasil pengelasan. Garam yang terkandung didalam air laut yaitu: NaCl (68,1%), HgCl<sub>2</sub> (14,4%), NaSO<sub>4</sub> (11,4%), KCl (3,9%), CaCl<sub>2</sub> (3,2%), NaHCO<sub>3</sub> (0,3%), KBr (0,3%), lain-lain (0,1%)[9].

## 2. Metode Penelitian

Dalam penelitian variasi kadar air sebagai media pendingin terhadap kekerasan baja ST-37, dimana metode yang digunakan untuk memecahkan masalah dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang merupakan penelitian untuk mengetahui akibat dari perlakuan yang diberikan terhadap suatu hal yang sedang diteliti yang merupakan metode yang terbaik dan tepat, agar mendapatkan hasil yang terbaik dan maksimal, maka diperlukan banyak referensi selain masukan dari dosen, sehingga hasil yang didapat semakin maksimal[10].

Proses Pengaruh variasi kadar air sebagai media pendingin terhadap kekerasan hasil pengelasan SMAW pelat baja ST-37 dilakukan dengan bahan yang dapat di beli dipasaran, kemudian difabrikasi di *Workshop* dengan menggunakan alat yang sesuai agar dapat menghasilkan bahan yang sesuai dengan kebutuhan penelitian. Bahan-bahan tersebut yaitu pelat besi karbon ST-37 dengan Panjang = 10 cm, Lebar = 5 cm, dan Tebal = 6 mm menggunakan tegangan mesin las sebesar 90 Ampere, dan menggunakan *elektroda* RB- 26.

Proses perlakuan panas (*Heat Treatment*) pada material dengan melakukan pengelasan pada bahan. Hidupkan las listrik, siapkan media plat yg akan dilas dan siapkan media air kadar air sebagai media pendingin air laut, air garam dapur, air sumur, dan air mineral. Setelah semua disiapkan, mulailah dengan pengelas plat yang sudah disiapkan.

Setelah pengelasan selesai selanjutnya adalah langkah perendaman pada plat hasil pengelasan menggunakan air sumur yang sudah disiapkan. Plat akan direndam selama 1 hari. Air Sumur yang peneliti gunakan memiliki tingkat keasaman yang berbeda dengan Air Mineral, sehingga kekerasan spesimen yang

menggunakan air mineral dan spesimen yang menggunakan air sumur mendapatkan nilai kekerasan yang berbeda. Hal ini dikarenakan pH atau tingkat keasaman air menjadi pengaruh berbedanya hasil kekerasan antara spesimen yang menggunakan air mineral dengan spesimen yang menggunakan air sumur[6].

Selanjutnya specimen dilakukan pengujian dengan pemberian beban awal 10 kgf pada *Raw Material* sebelum diberi beban utama 100 kgf. Pemberian beban awal pada material sebesar 10 kgf diikuti waktu tahan selama 5 detik yang di *setting*. Saat proses penekanan berlangsung pastikan benda uji ini benar – benar dalam posisi yang *center* dan tidak bergerak, karena jika tidak maka kondisi tersebut menyebabkan angka pengukuran berubah pada saat penekanan dengan mesin *universal hardness testing*[1]. Indikator yang terbaca pada mesin ditunjukkan pada angka yang berwarna merah oleh jarum pendek dengan satuan HRB seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



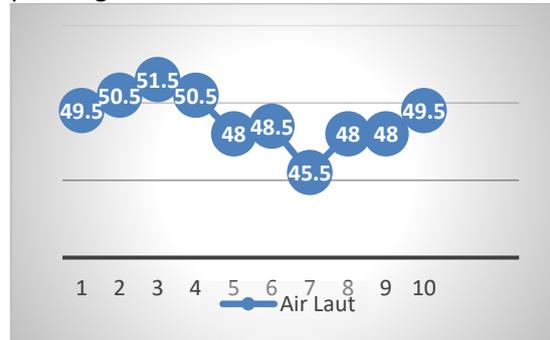
Gambar 1. Indikator Hardness

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pada pengujian yang sudah peneliti lakukan, maka didapatkan hasil media pendingin berpengaruh terhadap kekerasan hasil pengelasan *shielded metal ac welding (SMAW)*. Pengaruh media pendingin dengan kekerasan tertinggi adalah pelat yang direndam dengan air dengan pH 6.1 dengan nilai Rata-rata sebesar 49,3 *Hardness Rockwell (HR)*, dan pengaruh media pendingin dengan kekerasan terendah adalah pelat yang direndam dengan air garam dengan rata-rata nilai sebesar 46,95 *Hardness Rockwell (HR)*.

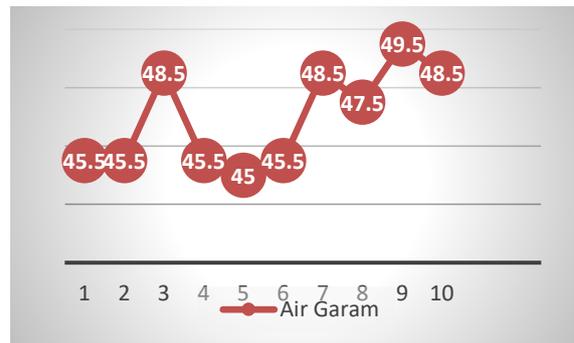
Berikut pada gambar 2 grafik hasil pengujian air laut yang berisikan Hasil dari 10 Titik pengujian spesimen baja hasil pengelasan yang menggunakan sampel air laut sebagai media

pendingin, dan menampilkan nilai Hasil pengujian *Hardness Rockwell* dari spesimen yang menggunakan air laut sebagai media pendingin.



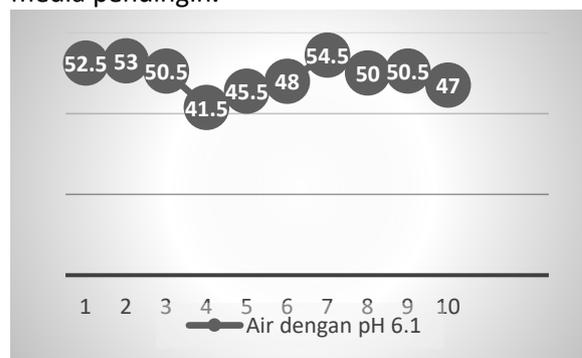
Gambar 2. Hasil pengujian air laut

Grafik pada gambar 3 merupakan hasil pengujian dari 10 titik pengujian spesimen baja hasil pengelasan yang menggunakan sampel air garam sebagai media pendingin, dan menampilkan nilai hasil pengujian *Hardness Rockwell* dari spesimen.



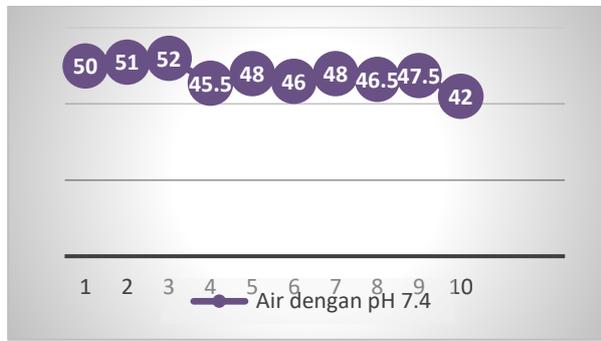
Gambar 3. Hasil pengujian air garam

Grafik pada gambar 4 menunjukkan hasil dari 10 titik pengujian *Hardness Rockwell* pada spesimen baja dari pengelasan yang menggunakan sampel air dengan pH 6.1 sebagai media pendingin.



Gambar 4. Hasil pengujian dengan air pH 6,1

Pada gambar 5 berisikan hasil pengujian Air dengan pH 7.4 dengan hasil pengujian *Hardness rockwell* dari 10 Titik pengujian spesimen baja hasil pengelasan yang menggunakan sampel air dengan pH 7.4 sebagai media pendingin.



**Gambar 5.** Hasil pengujian dengan air pH 7,4

Berikut adalah hasil pengujian yang terdapat pada tabel berisikan perbandingan dari setiap spesimen yang menggunakan 4 sampel air pendingin, dan menampilkan jumlah keseluruhan dan rata-rata nilai Hasil pengujian *Hardness Rockwell*.

Tabel 1 Hasil pengujian *Rockwell Hardness Test*

NO	Air laut	Air garam	Air dengan pH 6.1	Air dengan pH 7.4
1	49,5	45,5	52,5	50
2	50,5	45,5	53	51
3	51,5	48,5	50,5	52
4	50,5	45,5	41,5	45,5
5	48	45	45,5	48
6	48,5	45,5	48	46
7	45,5	48,5	54,5	48
8	48	47,5	50	46,5
9	48	49,5	50,5	47,5
10	49,5	48,5	47	42
<b>Jumlah</b>	489	469,5	493	476,5
<b>Rata-Rata</b>	48,9	46,95	49,3	47,65

Dari Tabel 1 dapat diketahui hasil pengujian yang peneliti lakukan adalah media pendingin menggunakan air laut memberikan pengaruh terhadap kekerasan hasil pengelasan *shielded metal ac welding (SMAW)*[5]. Hasil penelitian yang telah diuji sebanyak 10 titik pengujian *Hardness Rockwell* (HR), ditemukan bahwa

kekerasan yang paling tinggi sebesar 51,5 (HR), dan yang paling rendah sebesar 45,5 (HR), dengan 10 Titik pengujian, jumlah keseluruhan adalah 489 (HR), atau jika di Rata-Rata kan menjadi 48,9 (HR).

Sedangkan media pendingin menggunakan air garam memberikan pengaruh kepada kekerasan hasil pengelasan *shielded metal ac welding (SMAW)* yang telah diuji sebanyak 10 titik pengujian *Hardness Rockwell* (HR), ditemukan bahwa kekerasan yang paling tinggi sebesar 49,5 (HR), dan yang paling rendah sebesar 45 (HR), dengan 10 Titik pengujian, jumlah keseluruhan adalah 469,5 (HR), atau jika di Rata-Rata kan menjadi 46,95 (HR).

Untuk media pendingin menggunakan air dengan pH 6.1 memberikan pengaruh kepada kekerasan hasil pengelasan *shielded metal ac welding (SMAW)* yang telah diuji sebanyak 10 titik pengujian *Hardness Rockwell* (HR), ditemukan bahwa kekerasan yang paling tinggi sebesar 54,5 (HR), dan yang paling rendah sebesar 41,5 (HR), dengan 10 Titik pengujian, jumlah keseluruhan adalah 493 (HR), atau jika di Rata-Rata kan menjadi 49,3 (HR).

Media pendingin menggunakan Air dengan pH 7.4 memberikan pengaruh kepada kekerasan hasil pengelasan *shielded metal ac welding (SMAW)* yang telah diuji sebanyak 10 titik pengujian *Hardness Rockwell* (HR), ditemukan bahwa kekerasan yang paling tinggi sebesar 52 (HR), dan yang paling rendah sebesar 42 (HR), dengan 10 Titik pengujian, jumlah keseluruhan adalah 476,5 (HR), atau jika di Rata-Rata kan menjadi 47,65 (HR)

#### 4. Kesimpulan

Media pendingin berpengaruh kepada kekerasan hasil pengelasan, yang mana hasil dengan tingkat kekerasan tertinggi diperoleh dengan menggunakan media pendingin menggunakan Air sumur yaitu memiliki Rata-Rata nilai sebesar 49,3 *Hardness Rockwell* (HR), dan pengaruh kekerasan dengan tingkat kekerasan terendah diperoleh dengan menggunakan media pendingin Air Garam dapur dengan nilai kekerasan Rata-Rata nilai sebesar 46,95 *Hardness Rockwell* (HR).

### 5. Daftar Pustaka

- [1] Y. Maulana, "Analisis Kekuatan Tarik Baja St37 Pasca Pengelasan Dengan Variasi Media Pendingin Menggunakan Smaw," *Al Jazari : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Vol. 1, No. 2, Art. No. 2, Jan. 2017, Doi: 10.31602/Al-Jazari.V1i2.545.
- [2] T. H. Priyanto, "'Effects Of The Preheating Temperature On The Crystal Structure And Tex' By Tri Hardi Priyanto, Rifai Muslih Et Al.'" Accessed: May 28, 2024. [Online]. Available: <https://Scholarhub.Ui.Ac.Id/Mjt/Vol22/Iss2/4/>
- [3] A. L. Khakim, "Diajukan Sebagai Syarat Dalam Rangka Penyelesaian Studi Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Mesin".
- [4] D. Santoso, W. Munawar, And S. Sriyono, "Merancang Asesmen Kinerja Pada Pembelajaran Prakarya Teknik Las Berorientasi Produk Di Smk," *Jmee*, Vol. 3, No. 1, P. 33, Aug. 2016, Doi: 10.17509/Jmee.V3i1.3190.
- [5] G. R. Furqon, Muhammad Firman, And M. A. Sugeng .P, "Analisa Uji Kekerasan Pada Poros Baja St 60 Dengan Media Pendingin Yang Berbeda," *Al Jazari : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Vol. 1, No. 1, Art. No. 1, Sep. 2016, Doi: 10.31602/Al-Jazari.V1i1.463.
- [6] H. M. Munawar, I. N. Gusniar, And R. D. Anjani, "Analisis Pengaruh Variasi Media Pendingin Pengelasan Smaw Terhadap Kekuatan Tarik Baja St 37," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, Vol. 8, No. 22, Art. No. 22, Nov. 2022, Doi: 10.5281/Zenodo.7350361.
- [7] W. P. Hadi And M. Ahied, "Kajian Etnosains Madura Dalam Proses Produksi Garam Sebagai Media Pembelajaran Ipa Terpadu | Hadi | Rekayasa," Feb. 2018, Doi: <https://doi.org/10.21107/Rekayasa.V10i2.3608>.
- [8] M. D. O. Marpaung And B. D. Marsono, "Uji Kualitas Air Minum Isi Ulang Di Kecamatan Sukolilo Surabaya Ditinjau Dari Perilaku Dan Pemeliharaan Alat," *Jtits*, Vol. 2, No. 2, Pp. D166–D170, Aug. 2013, Doi: 10.12962/J23373539.V2i2.4286.
- [9] M. H. Herianto, "Pengaruh Jenis Air Rendaman Terhadap Kuat Tekan Beton," Other, Universitas Islam Riau, 2019. Accessed: May 28, 2024. [Online]. Available: <https://repository.uir.ac.id/9306/>
- [10] H. Saputra And A. Syarief, "Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Baja St37 Pasca Pengelasan Menggunakan Las Listrik," Jun. 2020, Accessed: May 28, 2024. [Online]. Available: <https://repository.uin-suka.ac.id/handle/123456789/8361>