



JTM

JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING



p-ISSN 2089-7235

e-ISSN: 2549-2888

<http://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/jtm>

Table of Contents

Articles

<u>PERANCANGAN DAN ANALISA ALAT PENGERING IKAN DENGAN MEMANFAATKAN ENERGI BRIKET BATUBARA</u> Aneka Firdaus	PDF 128-136
<u>PENGARUH VARIASI TEMPERATUR ANNEALING TERHADAP KEKERASAN SAMBUNGAN BAJA ST 37</u> Hesti Istiqialiyah, Fatkur Rhohman	PDF 137-142
<u>PENGUKURAN KEEFEKTIFAN KESELURUHAN PERALATAN (OEE) SEBAGAI UPAYA MENINGKATKAN NILAI EFEKTIVITAS MESIN BLOWING</u> Yudhi Chandra Dwiaji	PDF 143-145
<u>DESAIN SISTEM KENDALI MESIN PENGUJI KEBOCORAN UDARA MENGGUNAKAN SISTEM KENDALI PLC OMRON CJ2M DI HVAC (HEATING, VENTILATING, AND AIR CONDITIONING)</u> Syahril Ardi, Setyowati Setyowati	PDF 146-151
<u>SISTEM KOREKSI OTOMATIS PADA MESIN PACKAGING DENGAN PENGENDALI PLC</u> Andrial Saputra, Alwin Wahyu Fadhlir Rahman	PDF 152-154
<u>PEMODELAN SISTEM AUDIO SECARA WIRELESS TRANSMITTER MENGGUNAKAN LASER POINTER</u> Eko Supriyatno, Siswanto Siswanto	PDF 155-158
<u>MANAJEMEN RESIKO DI TENGAH PERUBAHAN MODEL BISNIS TELEKOMUNIKASI</u> Firman Fauzi	PDF 159-163
<u>PENURUNAN SUSUT NON TEKNIS PADA JARINGAN DISTRIBUSI MENGGUNAKAN SISTEM AUTOMATIC METER READING DI PT. PLN (PERSERO)</u> Ellisa Agustina, Alvina Fitri Amalia	PDF 164-166
<u>ANALISIS PENGARUH MASA OPERASIONAL TERHADAP PENURUNAN KAPASITAS TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI PT. PLN (PERSERO)</u> Sulistiyono Sulistiyono, Haris Nur Azis	PDF 167-174
<u>PROTOTYPE SISTEM MONITORING TEMPERATUR MENGGUNAKAN ARDUINO UNO R3 DENGAN KOMUNIKASI WIRELESS</u> Ritha Sandra Veronika Simbar, Alfi Syahrin	PDF 175-180

Chief Editor

- Dr. -Ing. Darwin Sebayang, Universitas Mercu Buana, Indonesia

Editorial Board

- Prof. Dr. Ir. Chandrasa Soekardi, Universitas Mercu Buana, Indonesia
- Dr. Kontan Tarigan, Universitas Mercu Buana, Indonesia
- Dr. Nurdin Ali, Universitas Syiah Kuala, Indonesia
- Dr. Poempida Hidayatulloh, Universitas Mercu Buana, Indonesia
- Prof. Dr. Bambang Suharno, Universitas Indonesia, Indonesia
- Dr.-Ing. Pudji Untoro, Universitas Surya, Indonesia
- Dr.-Ing. Ir. Kusnanto Kusnanto, Universitas Gadjah Mada, Indonesia
- Dr. Sagir Alva, Universitas Mercu Buana, Indonesia
- Dr. Abdul Hamid, Universitas Mercu Buana

Managing Editor

- Ir. Haris Wahyudi, M.Sc, Universitas Mercu Buana, Indonesia
- Nur Indah, S. ST. MT, Universitas Mercu Buana, Indonesia

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR ANNEALING TERHADAP KEKERASAN SAMBUNGAN BAJA ST 37

Hesti Istiqlaliyah¹, Fatkur Rhozman²

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri
E-mail: arypermata@gmail.com

ABSTRAK -- Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur annealing pada sambungan las terhadap kekerasan baja ST 37. Penelitian ini menggunakan baja ST 37 yang mengandung komposisi 0,118% C, 99,310% Fe, 0,375 Mn dan beberapa unsur paduan yang lainnya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode penelitian eksperimen. Pengelasan menggunakan las busur listrik. Kemudian dilakukan perlakuan panas annealing pada suhu 450°C, 550°C dan 650°C dan waktu penahanan (holding time) 30 menit, 60 menit dan 90 menit. Kemudian didinginkan menggunakan media pendingin udara ruangan selama 3 jam. Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan kenaikan temperatur annealing dan waktu penahanan (holding time) mempengaruhi tingkat kekerasan pada titik – titik pengujian terutama pada sambungan las (logam las). Semakin tinggi temperatur annealing dan waktu penahanan (holding time) akan menurunkan tingkat kekerasan sehingga sambungan las akan memiliki tingkat kekerasan yang menurun daripada daerah lainnya. Pada pengujian di titik 3 menunjukkan pada temperatur annealing 650°C dengan waktu penahanan (holding time) 90 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 73,6 HRB sedangkan pada temperatur annealing 450°C dengan waktu penahanan (holding time) 30 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 86,87 HRB.

Kata kunci: Temperatur Annealing, Sambungan Las, Kekerasan, Baja ST 37

ABSTRACT -- This paper presented the influence of annealing temperature on the hardness of ST 37 steel at the welding joint. The experiment used ST 37 steel which have the following composition: 0.118% C, 99.310% Fe, 0.375 Mn and others alloying elements. The welding process is done using arc welding. Annealing process was conducted at the temperature of 450°C, 550°C and 650°C with different holding time: 30 minutes, 60 minutes and 90 minutes. The specimen was then air cooled for about 3 hours. The result shows that increasing the annealing temperature and holding time influence the hardness of the material mainly at the welding area. The increased the annealing temperature and holding time will reduce the hardness of material at the area of welding zone. The hardness was measured three points and shows that if the annealing temperature is 650°C and holding time 90 minutes the hardness is 73.6 HRB and if the annealing temperature is 450°C and holding time 30 minutes the hardness value is 86.87 HRB.

Keywords: Annealing temperature, welding joint, hardness, Steel ST37

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi dibidang konstruksi, pengelasan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari pertumbuhan dan peningkatan industri, karena hampir pada setiap pembangunan suatu konstruksi dengan logam melibatkan pekerjaan pengelasan. Oleh karena itu, rancangan las dan cara pengelasan harus memperhatikan kesesuaian antara sifat fisis dan mekanis dari logam las dengan kegunaan konstruksi serta keadaan di sekitarnya.

Dalam proses pengelasan, bagian yang dilas menerima panas pengelasan setempat. Hal yang perlu diperhatikan pada hasil pengelasan adalah tegangan sisa, karena pada pengelasan terjadi tegangan termal akibat perbedaan suhu antara logam induk dan daerah las. Tegangan sisa pada hasil pengelasan terjadi karena selama siklus

termal las berlangsung di sekitar sambungan las dengan logam induk yang suhunya relatif berubah sehingga distribusi suhu tidak merata[15]. Melalui perlakuan panas sifat-sifat yang kurang menguntungkan pada logam dapat diperbaiki. Tujuan pengerjaan panas (Heat Treatment) adalah untuk memberi sifat yang diinginkan.

Oleh karena itu, hal ini sangat menarik untuk diteliti dan dipelajari sehingga kita akan mengetahui pengaruh temperatur annealing yaitu 450°C, 550°C, 650°C pada sambungan las SMAW dengan waktu penahanan 30 menit, 60 menit dan 90 menit dengan laju pendinginan tertentu terhadap kekerasan bahan pada baja ST 37. Untuk memperluas penggunaan baja karbon rendah, diperlukan peningkatan sifat mekaniknya (*kekerasan bahan*) tetapi harganya masih relatif murah dibandingkan dengan jenis baja karbon lainnya.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Pengelasan

Secara sederhana dapat diartikan bahwa pengelasan merupakan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam baik menggunakan bahan tambah maupun tidak dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas.

Pengertian pengelasan menurut Widharto [14] adalah salah satu cara untuk menyambung benda padat dengan jalan mencairkannya melalui pemanasan. Berdasarkan definisi dari *Deutche Industrie Normen* (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Wiryosumarto, Harsono dan Okumura [15] menyebutkan bahwa pengelasan adalah penyambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas.

Penyambungan dua buah logam menjadi satu dilakukan dengan jalan pemanasan atau pelumeran, dimana kedua ujung logam yang akan disambung di buat lumer atau dilelehkan dengan busur nyala atau panas yang didapat dari busur nyala listrik (gas pembakar) sehingga kedua ujung atau bidang logam merupakan bidang masa yang kuat dan tidak mudah dipisahkan [1]. Paling tidak saat ini terdapat sekitar 40 jenis pengelasan. Dari seluruh jenis pengelasan tersebut hanya dua jenis yang paling populer di Indonesia yaitu pengelasan dengan menggunakan busur nyala listrik (*Shielded metal arc welding/ SMAW*) dan las karbit (*Oxy acetylene welding/OAW*).

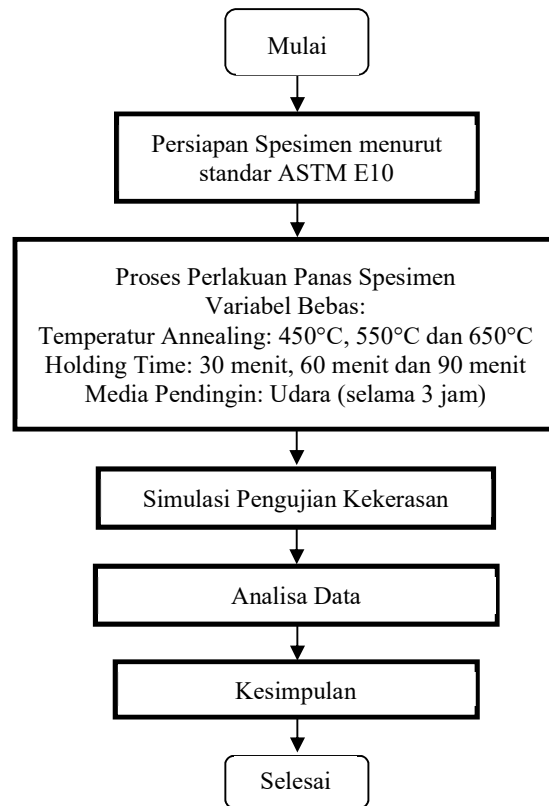
2.2. Pengelasan Baja Karbon

Baja adalah merupakan suatu campuran dari besi (Fe) dan karbon (C), dimana unsur karbon (C) menjadi dasar. Disamping unsur Fe Dan C, baja juga mengandung unsur campuran lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), dan mangan (Mn) yang jumlahnya dibatasi.

Baja karbon sedang dan baja karbon tinggi mengandung banyak karbon dan unsur lain dapat memperkeras baja, karena itu daerah pengaruh panas atau *HAZ* pada baja ini mudah menjadi keras bila dibandingkan baja karbon rendah. Sifatnya yang mudah menjadi keras ditambah dengan adanya hydrogen difusi menyebabkan baja ini sangat peka terhadap retak las. Disamping itu pengelasan dengan menggunakan elektroda yang sama kuat dengan logam lasnya dengan pemanasan mula dan suhu pemanasan tergantung dari kadar karbon.

Baja karbon adalah baja yang mengandung karbon antara 0,1% - 1,7%. Berdasarkan tingkatan banyaknya kadar karbon, baja digolongkan menjadi tiga tingkatan: Baja karbon rendah, Baja karbon sedang, Baja karbon tinggi.

Dan baja ST 37 termasuk kedalam golongan baja karbon rendah karena kandungan karbonnya kurang dari 0,30%.



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian

2.3. Annealing

Menurut Amanto dan Daryanto [3] *annealing* dapat didefinisikan sebagai pemanasan pada suhu yang sesuai, diikuti dengan pendinginan pada kecepatan yang sesuai. Hal ini bertujuan untuk menginduksi kelunakan, memperbaiki sifat-sifat pengerjaan dingin dan membebaskan tegangan-tegangan pada baja sehingga diperoleh struktur yang dikehendaki.

Proses *annealing* dibagi menjadi tiga macam, yaitu *annealing* penuh, *annealing isothermal*, *annealing* pada suhu kritis terendah. Dalam proses *annealing* pada suhu kritis terendah, pemanasan dipertahankan pada beberapa suhu di bawah batas transformasi (perubahan). Suhu itu cukup tinggi untuk membuat pengkristalan kembali dan struktur yang seragam. Apabila proses ini digunakan untuk baja karbon tinggi akan menyebabkan baja itu mudah dibentuk dan dikerjakan mesin perkakas. Pada waktu baja dikerjakan dengan proses *annealing* dengan cara dipanaskan pada suhu tinggi dalam periode yang cukup lama, berlangsung proses oksidasi. Hal tersebut menyebabkan terjadinya pengelupasan pada bagian luar.

2.4 Pengujian Kekerasan

Proses pengujian kekerasan dapat diartikan sebagai kemampuan suatu bahan terhadap pembebanan dalam perubahan yang tetap. Dengan kata lain, ketika gaya tertentu diberikan pada suatu benda uji yang mendapat pengaruh pembebanan, benda uji akan mengalami deformasi. Kita dapat menganalisis seberapa besar tingkat kekerasan dari bahan tersebut melalui besarnya beban yang diberikan terhadap luas bidang yang menerima pembebanan tersebut.

2.5 Metode Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dalam beberapa tahap seperti terlihat pada Gambar 1.

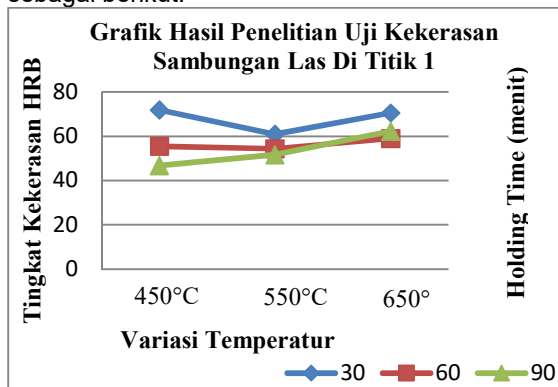
3. HASIL PENELITIAN

Sebelum dilakukan perlakuan panas annealing diperoleh data penelitian uji kekerasan sambungan las sebagai berikut:

Tabel 1. Data Hasil Penelitian Uji Kekerasan Sebelum Perlakuan Panas Annealing (satuan HRB)

T0/W0	Letak Titik Pengujian				
Spesimen	1	2	3	4	5
1	70,6	80,4	82,7	74,3	64,8
2	52,1	82,8	76,8	63	41,9
3	61,7	65,9	97,5	69,4	44,9
Jumlah	184,4	229,1	257	206,7	151,6
Nilai rata - rata	61,467	76,367	85,67	68,9	50,53

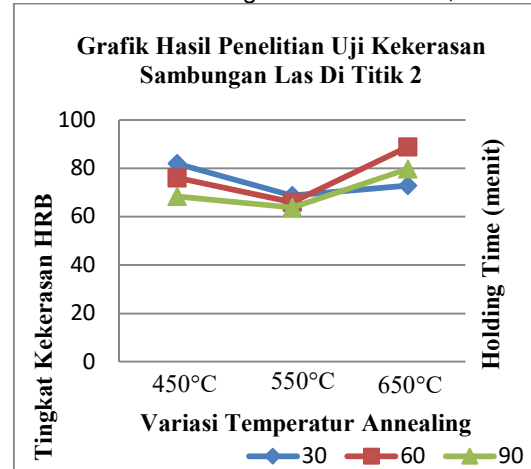
Setelah dilakukan perlakuan panas dengan variasi temperatur annealing dan waktu penahanan (holding time) pengujian kekerasan, didapatkan hasil penelitian (dalam satuan HRB) sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik Hasil Penelitian Uji Kekerasan Sambungan Las Di Titik 1.

Pada Gambar 2 menunjukkan spesimen temperatur annealing 450°C dengan lama penahanan (holding time) 30 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 71,87 HRB. Nilai kekerasan pada temperatur annealing 550°C dengan lama penahanan (holding time) 30 menit didapat nilai kekerasan 60,93 HRB. Dan nilai kekerasan pada spesimen temperatur annealing 650°C dengan lama penahanan (holding time) 30 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 70,57 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 450°C dengan waktu penahanan (holding time) 60 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 55,5 HRB.

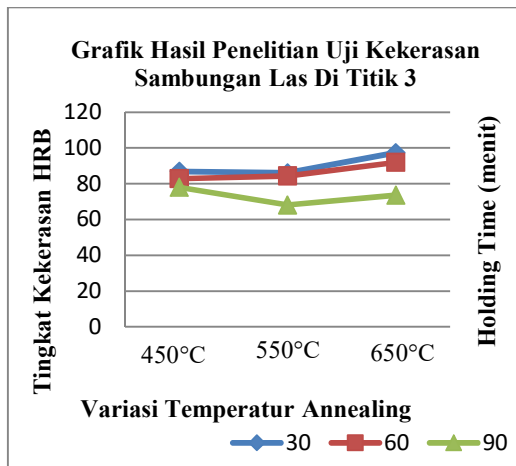
Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 550°C dengan waktu penahanan (holding time) 60 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 54,4 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen dengan temperatur annealing 650°C dengan waktu penahanan (holding time) 60 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 59 HRB. Sedangkan nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 450°C dengan waktu penahanan (holding time) 90 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 46,77 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen 550°C dengan waktu penahanan (holding time) 90 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 51,7 HRB. Nilai tingkat kekerasan spesimen temperatur annealing 650°C dengan waktu penahanan (holding time) 90 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 62,33 HRB.



Gambar 3. Grafik Hasil Penelitian Uji Kekerasan Sambungan Las Di Titik 2

Gambar 3 menunjukkan spesimen temperatur annealing 450°C dengan waktu penahanan (holding time) 30 menit mempunyai nilai tingkat kekerasan 81,9 HRB. Nilai tingkat kekerasan spesimen temperatur annealing 550°C dengan waktu penahanan (holding time) 30 menit mempunyai nilai tingkat kekerasan 68,7 HRB. Nilai tingkat kekerasan spesimen temperatur annealing 650°C dengan waktu penahanan (holding time) 30 menit mempunyai nilai tingkat

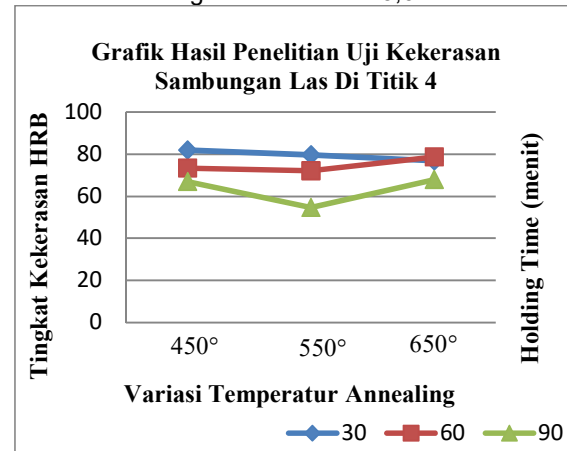
kekerasan 72,83 HRB. Pada spesimen temperatur annealing 450°C dengan waktu penahanan (holding time) 60 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 76 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 550°C dengan waktu penahanan (holding time) 60 menit mempunyai nilai tingkat kekerasan 65,93 HRB. Nilai tingkat kekerasan spesimen temperatur annealing 650°C dengan waktu penahanan (holding time) 60 menit mempunyai nilai tingkat kekerasan 88,87 HRB. Sedangkan pada spesimen temperatur annealing 450°C dengan waktu penahanan (holding time) 90 menit mempunyai nilai tingkat kekerasan 68,33 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 550°C dengan waktu penahanan (holding time) 90 menit mempunyai nilai tingkat kekerasan 63,73 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 650°C dengan waktu penahanan (holding time) 90 menit mempunyai nilai tingkat kekerasan 79,7 HRB.



Gambar 4. Grafik Hasil Penelitian Uji Kekerasan Sambungan Las Di Titik 3

Gambar 4 menunjukkan pada spesimen temperatur annealing 450°C dengan waktu penahanan (holding time) 30 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 86,87 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 550°C dengan waktu penahanan (holding time) 30 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 86,13 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 650°C dengan waktu penahanan (holding time) 30 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 97,4 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 450°C dengan waktu penahanan (holding time) 60 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 82,8 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 550°C dengan waktu penahanan (holding time) 60 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 84,3 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 650°C dengan waktu penahanan (holding time) 60 menit memiliki nilai tingkat

kekerasan 91,93 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 450°C dengan waktu penahanan (holding time) 90 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 78 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 550°C dengan waktu penahanan (holding time) 90 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 68,13 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 650°C dengan waktu penahanan (holding time) 90 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 73,6 HRB.

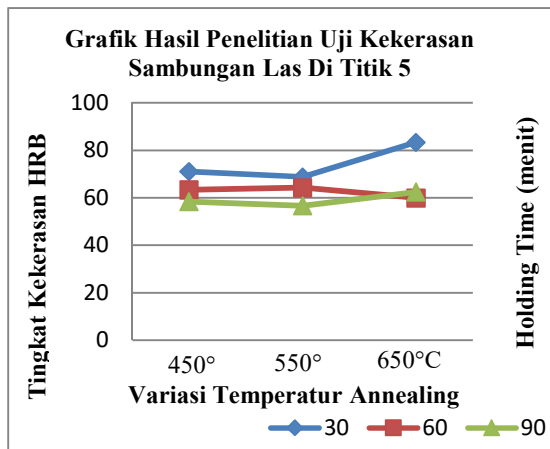


Gambar 5. Grafik Hasil Penelitian Uji Kekerasan Sambungan Las Di Titik 4

Untuk Gambar 5 menunjukkan nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 450°C dengan waktu penahanan (holding time) 30 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 81,9 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 550°C dengan waktu penahanan (holding time) 30 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 79,67 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 650°C dengan waktu penahanan (holding time) 30 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 76,83 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 450°C dengan waktu penahanan (holding time) 60 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 73,33 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 550°C dengan waktu penahanan (holding time) 60 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 72,13 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 650°C dengan waktu penahanan (holding time) 60 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 78,63 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 450°C dengan waktu penahanan (holding time) 90 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 66,9 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 550°C dengan waktu penahanan (holding time) 90 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 54,7 HRB. Dan pada spesimen temperatur annealing 650°C dengan waktu

penahanan (holding time) 90 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 67,93 HRB.

Pada gambar 5 menunjukkan bahwa spesimen temperatur annealing 450°C dengan waktu penahanan (holding time) 30 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 71,1 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 550°C dengan waktu penahanan (holding time) 30 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 68,83 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 650°C dengan waktu penahanan (holding time) 30 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 83,33 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 450°C dengan waktu penahanan (holding time) 60 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 63,27 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 550°C dengan waktu penahanan (holding time) 60 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 64,27 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 650°C dengan waktu penahanan (holding time) 60 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 59,97 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 450°C dengan waktu penahanan (holding time) 90 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 58,4 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 550°C dengan waktu penahanan (holding time) 90 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 56,6 HRB. Nilai tingkat kekerasan pada spesimen temperatur annealing 650°C dengan waktu penahanan (holding time) 90 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 62,43 HRB.



Gambar 6. Grafik Hasil Penelitian Uji Kekerasan Sambungan Las Di Titik 5

Dari hasil penelitian uji kekerasan pada titik – titik pengujian tersebut nilai tingkat kekerasan di pengujian titik 3 mempunyai nilai paling tinggi yang merupakan titik yang tepat di sambungan las atau logam las. Dan nilai tingkat kekerasan di pengujian titik 2 dan 4 memiliki nilai tingkat kekerasan yang hampir sama yang merupakan

daerah tepi sambungan las atau logam las. Sedangkan pengujian di titik 1 dan 5 memiliki nilai kekerasan yang rendah karena merupakan daerah HAZ (daerah pengaruh panas).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan uji kekerasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan kenaikan temperatur annealing dan waktu penahanan (holding time) mempengaruhi tingkat kekerasan pada titik – titik pengujian terutama pada sambungan las (logam las). Semakin tinggi temperatur annealing dan waktu penahanan (holding time) akan menurunkan tingkat kekerasan sehingga sambungan las akan memiliki tingkat kekerasan yang menurun daripada daerah lainnya. Pada pengujian di titik 3 menunjukkan pada temperatur annealing 650°C dengan waktu penahanan (holding time) 90 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 73,6 HRB sedangkan pada temperatur annealing 450°C dengan waktu penahanan (holding time) 30 menit memiliki nilai tingkat kekerasan 86,87 HRB. Hasil penelitian pada uji kekerasan titik 2 dan 4 memiliki perbedaan namun peningkatan yang dihasilkan hampir sama. Di titik pengujian 1 dan 5 memiliki tingkat kekerasan yang begitu rendah signifikan karena merupakan daerah HAZ yang mungkin hanya struktur di dalamnya yang berubah agak kasar bilamana di uji mikrostruktur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Arifin, S. 1997. *Las Listrik dan Otogen*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- [2]. ASTM. 1996. *Annual Book of ASTM Standards*. West Conshohocken: American Society For Testing Material.
- [3]. Amanto, Hary dan Daryanto. 2003. *Ilmu Bahan*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- [4]. Dieter, George E. 1986. *Metalurgi Mekanik*. Jakarta: Erlangga.
- [5]. Imbaroko. 2010. *Studi Pengaruh Perlakuan Panas Pada Hasil Pengelasan Baja ST 37 Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Bahan*. Tugas Akhir. Universitas Sumatra Utara.
- [6]. Prabowo, Riski Yustiar, Rusianto dan Widi Widayat. *Pengaruh Temperatur Annealing Sambungan Las SMAW Terhadap Sifat Mekanis dan Fisis Baja K-945 EMS-45*. Jurnal Teknik. Universitas Negeri Semarang.
- [7]. Purwaningrum, Yustiasih. 2006. *Karakterisasi Sifat Fisis dan Mekanis Sambungan Las SMAW Baja A-287 Sebelum dan Sesudah PWHT*. Jurnal TEKNOIN. Volume 11, Nomor 3. Hlm. 233-242. Yogyakarta.
- [8]. Smallman, R. E. dan R. J. Bishop. 2000. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Jakarta: Erlangga.

- [9]. Sonawan, H., Suratman, R.. 2004. *Pengantar Untuk Memahami Pengelasan Logam*. Bandung: Alfa Beta
- [10]. Suharsimi, A.. 2002. *Prosedur Penelitian*. Jakarta: Bina Aksara
- [11]. Suharto. 1991. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Rineka Cipta
- [12]. Surdia, Tata dan Saito Shinroku. 2000. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [13]. Vlack, Lawrence H. Van. 2004. *Elemen-Elemen Ilmu dan Rekayasa Material*. Jakarta: Erlangga.
- [14]. Widharto, Sri. 2001. *Petunjuk Kerja Las*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [15]. Wiryosumarto, Harsono dan Toshie Okumura. 2004. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT. Pradya Paramita.