

PENGARUH PENDINGINAN MEDIA AIR DAN OLI PADA HEATTREATMENT SAMBUNGAN LAS METODE SMAW TERHADAP KEKUATAN LOGAM YANG DIHASILKAN

Asep Ruchiyat¹, Helanianto²

¹Teknik Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Negeri Ketapang

²Teknik Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Negeri Ketapang

¹Email: as3p78@gmail.com

Abstrak

Pengelasan merupakan suatu metode penyambungan logam yang memanfaatkan penetrasi panas atau kalor yang dihasilkan. Panas dan kemudian mendinginnya sambungan logam merupakan suatu fenomena yang alamiah, dimana proses tersebut bekerja atas dasar perbedaan temperatur. Temperatur pendinginan yang begitu cepat menciptakan struktur yang beragam sehingga kemampuan mekanik suatu logam mengalami perubahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh *heattreatment* dengan media pendingin air dan oli terhadap hasil pengelasan SMAW, mengingat perubahan proses dalam logam sangat sensitif terhadap kemampuan mekanik. Pengujian kekerasan pada *raw material* yang telah dilakukan memberikan hasil sebesar 46,9 HRB dengan rata-rata kekerasan pada proses pengelasan normal sebesar 48 HRB atau meningkat 2,34%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa proses pengelasan akan berdampak pada meningkatnya kekerasan pada logam las. Selanjutnya proses *heattreatment* logam las pada 850°C dengan pendinginan normal udara bebas menurunkan kekerasan logam las sebesar 43,5 HRB atau sebesar 7,24 % dibawah *raw material*. Sedangkan proses *quenching* yang dilakukan dengan pendingin air dan oli berdampak meningkatkan kekerasan diatas *heattreatment* pendinginan normal yakni sebesar 4,36% dan lebih rendah 3,19% terhadap *raw material*. Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa *quench* mempercepat laju pendinginan dan meningkatkan kekerasan sebesar 4,36%.

Kata kunci: pengelasan SMAW, *heattreatment*, pendinginan air dan oli, kekerasan logam.

Abstract

Welding is a method of metal extension that utilize the Penetration of heat produced. Heat and the freeze of a metal extension is a natural phenomenon, where that process works based on the difference of temperature. The cooling temperature that work so fast creating diverse structure as the result that the mechanical ability of a metal changes. This research purpose is to find out to what extent heat treatment with water and oil cooling media gives effect to the result of SMAW weld, considering processes changes in metal are very sensitive towards mechanical ability. Hardness testing in raw material that has been done gives result of 46.9 with an average hardness in the normal welding process of 48 HRB or increased by 2.34%. This value indicates that the welding process will have an impact on the increase in hardness of the weld metal. Then the weld metal heat treatment process at 850°C with normal cooling of free air decreases the weld metal hardness by 43.5 HRB or 7.24% under raw material. While the quenching process carried out with water and oil cooler has an impact on increasing the hardness above heat treatment, normal cooling is 4.36% and 3.19% lower to the raw material. From this description it can be concluded that quench accelerates the rate of cooling and increase hardness by 4.36%.

Key words: welding SMAW, *heattreatment*, cooling water and oil, hardness metal

1. PENDAHULUAN

Sebagai perangkat dalam pembangunan konstruksi, pengelasan menjadi salah satu solusi yang digunakan dalam penyambungan logam pada saat ini. Konstruksi-konstruksi yang terkait seperti bangunan gedung, perumahan, jembatan, mesin dan perkapalan.

Berkaitan dengan proses pasca pengelasan seperti yang sudah diutarakan, *heattreatment* yang dilakukan bertujuan untuk normalisasi bebas tegangan, dan atau peningkatan kekerasan. Dengan membedakan temperatur *heattreatment* dan juga media pendinginan,

diharapkan akan diperoleh formula yang baik untuk model pendinginan guna menghasilkan kemampuan mekanik yang diinginkan.

Menggunakan metode teknik *Neutron Diffraction* (ND) diperoleh hasil penelitian bahwa *heat input* yang sangat tinggi akan memperlambat laju pendinginan[3]. Dengan menggunakan metode Eksperimen Faktorial diperoleh hasil penelitian[1]: besar arus dan kecepatan volume aliran gas pelindung pada las GMAW memberikan pengaruh terhadap ketangguhan HAZ. Metode pengamatan secara mikro (SEM) dan makro pada mekanisme pendinginan paksa hasil pengelasan TIG baja

tahan karat 304 diperoleh[4]: semakin tinggi arus yang diberikan maka prosentase karbida khrom menurun, semakin jauh jarak penyemprotan media pendingin maka prosentase karbida semakin bertambah[4]. Untuk lebar HAZ yang terbentuk diperoleh fenomena: semakin dekat jarak penyemprotan media pendingin maka lebar HAZ semakin berkurang dan semakin jauh jarak penyemprotan media pendingin maka lebar HAZ yang terbentuk semakin bertambah.

Berkenaan dengan beberapa penelitian diatas, salah satu kasus yang akan diangkat pada penelitian ini adalah metode pendinginan sambungan las pada proses *heattreatment* dengan media air dan oli. Dan sebagai respon terhadap permasalahan tersebut maka diambil sebuah judul penelitian “Pengaruh Pendinginan Media Air Dan Oli Pada *Heattreatment* Sambungan Las Metode Smaw Terhadap Kekuatan Logam Yang Dihasilkan”.

2. METODE

2.1 Pengelasan Logam

Pengelasan merupakan proses penyambungan antara dua logam atau lebih dengan menggunakan energi panas, dimana proses ini sangat erat hubungannya dengan ketangguhan, cacat las, retak yang pada umumnya mempunyai pengaruh fatal terhadap keamanan dari konstruksi yang dilas.

Sementara itu dalam kaitannya dengan penggunaan material baja dalam pengelasan, baja dapat digolongkan sebagai; baja karbon, baja campuran (paduan), baja tahan karat. Baja karbon dibedakan berdasarkan kadar karbon yang terkandung di dalamnya, yaitu baja karbon rendah dengan kadar karbon di bawah 0.30%, baja karbon sedang dengan kadar karbon 0.30% sampai 0.45%, dan baja karbon tinggi dengan kadar karbon 0.45% sampai 1.70% [6].

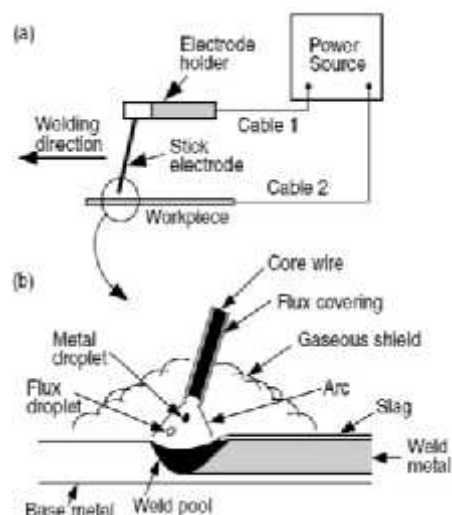
2.2 Masukan Panas (Heat Input)

Masukan panas adalah besarnya energi panas tiap satuan panjang las ketika sumber panas yang berupa nyala api, busur listrik, plasma atau cahaya energi tinggi bergerak[5]. Pada kenyataannya, perpindahan panas dari sumber panas ke benda kerja berjalan tak sempurna ditandai dengan adanya panas yang hilang ke lingkungan. Besarnya panas yang hilang ini turut menentukan efisiensi perpindahan panas pada jenis pengelasan yang digunakan.

2.3 Pengelasan SMAW

SMAW atau yang dikenal dengan Las listrik adalah salah satu metode penyambungan logam dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas. Panas yang digunakan diperoleh dari busur api listrik antara elektroda las dan benda kerja. Elektroda sebagai bahan pengisi, mencair bersama-sama dengan benda kerja dan setelah dingin menjadi satu kesatuan.

Keunggulan mesin las DC adalah mantapnya busur yang ditimbulkan, sehingga sangat sesuai untuk plat yang sangat tipis, selain itu generator arus searah juga dapat digerakkan dengan mudah oleh motor-motor bakar.

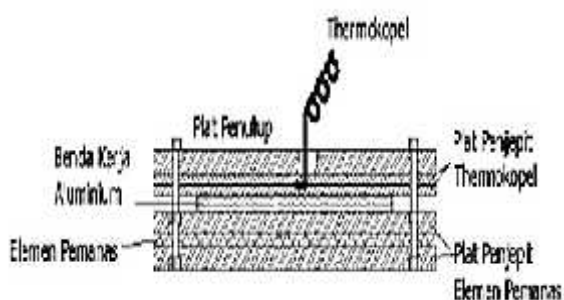


Gambar 1. Pengelasan Metode SMAW

2.4 Laju Pendinginan (Cooling Rate)

Struktur metalurgi akhir daerah *zonefussi* dan HAZ bisa diperkirakan dengan laju pendinginan dari *peak temperature* selama siklus pengelasan[2]. Laju pendinginan ini mempengaruhi pengkasaran ataupun penghalusan struktur padat dan homogenitas struktur yang dihasilkan. Ketika transformasi termal terjadi pada baja, laju pendinginan mengindikasikan transformasi mana yang akan terjadi dan *phase* atau kandungan unsur mana yang akan dihasilkan. Hal ini mengarah pada *properties* pengelasan yang dihasilkan.

Kajian eksperimental siklus termal proses pengelasan diperoleh dengan menempatkan *thermokopel* pada titik-titik tertentu. Pada titik-titik tersebut suhu sebagai fungsi waktu dicatat untuk mendapatkan siklus termal pada titik uji. Berdasarkan hasil yang diperoleh, laju pendinginan yang lebih lambat pada gilirannya diharapkan akan memperbaiki kualitas dan sifat mekanis sambungan las.



Gambar 2. Elemen Pemanas Cara Memperlambat Laju Pendinginan
Sumber: Djarot. *Penelitian hibah pekerti*. 2005

Kecepatan pendinginan untuk pelat tipis yang kurang dari 4 *layer* adalah sebagai berikut[2]:

Laju pendinginan atau *cooling rate* (*R*)

$$R = 2f \cdot k \dots Cs \cdot \left(\frac{h}{H_{nett}} \right)^2 (T_c - T_o)^3 \quad (1)$$

Dimana:

- R : Laju pendinginan (°C/dt)
- Ks : Konduktivitas termal material (Js/mm°C)
- Tc : Temperatur *cooling rate* yang akan dihitung (°C)
- To : Temperatur minimum atau

temperatur sebelum las logam induk (°C)

.Cs : Panas spesifik volumetrik, untuk baja sebesar 0,044 J.mm-3.°C-1

h : Tebal plat (mm)

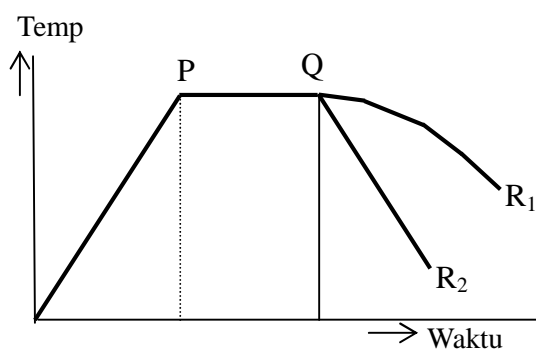
2.5 Heattreatment

Heattreatment adalah proses pemanasan dan pendinginan logam, yang dilakukan secara terkontrol dengan maksud untuk merubah sifat fisik/mekanik dari logam.

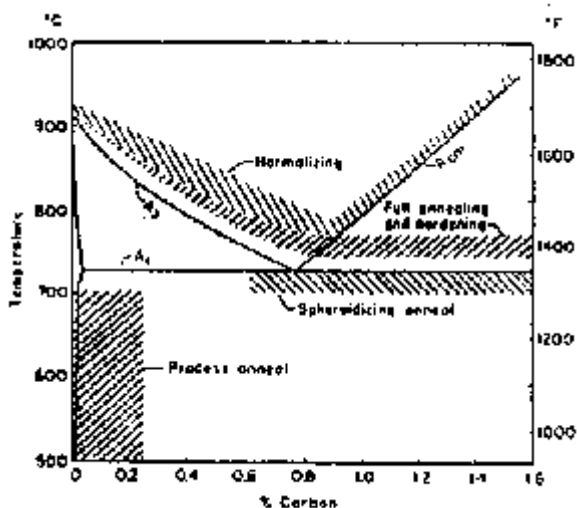
Tahapan proses perlakuan panas secara umum adalah :

- 1) Pemanasan sampai suhu kerja dengan kecepatan yang terkontrol (O – P).
- 2) Mempertahankan suhu kerja dalam waktu yang tertentu, agar didapat pemanasan dengan temperatur yang merata pada seluruh bagian benda kerja (P – Q).
- 3) Pendinginan, dengan menggunakan media pendingin berupa udara, oli atau air, sesuai dengan tujuan yang diinginkan (Q – R).

Tahapan proses di atas dapat digambarkan dengan diagram Temperatur - Waktu di bawah ini.



Gambar 3. Diagram Temperatur - Waktu untuk Proses Perlakuan Panas



Gambar 4. Diagram Suhu Perlakuan Panas Untuk Baja Karbon

Perlakuan panas diklasifikasikan dalam beberapa proses sebagai berikut : *Annealing*, *Normalizing*, *Hardening* dan *Tempering*.

1. *Annealing*

Annealing adalah proses perlakuan panas yang digunakan untuk :

- mengurangi kekerasan
- menghilangkan tegangan sisa
- memperbaiki kekuatan
- memperbaiki *ductility*
- menghaluskan butiran.

2. *Normalizing*

Proses ini bertujuan untuk mendapatkan struktur butiran yang halus dan seragam, juga untuk menghilangkan tegangan dalam, terutama digunakan untuk baja-baja konstruksi, baja rol serta bahan-bahan yang mengalami proses tempa.

Prosesnya :

Benda kerja dipanaskan sampai sedikit di atas suhu kritis (sekitar 60°C di atas A_1), kemudian ditahan sampai suhunya merata, setelah itu didinginkan di udara.

3. *Hardening*

Proses ini bertujuan untuk merubah struktur baja sedemikian rupa sehingga diperoleh struktur martensit yang keras. Hasilnya: kekerasan benda kerja meningkat, sebaliknya *ductility* menurun.

Prosesnya:

Dipanaskan sampai suhu: $700 - 830^{\circ}\text{C}$, kemudian ditahan dalam beberapa waktu, lalu didinginkan secara kejut dengan mencelupkan benda kerja ke dalam media pendingin cair (air, oli). Dengan pendinginan yang mendadak, maka struktur *austenite* akan berubah menjadi *martensite* (besi karbid).

4. *Tempering*

Proses *Tempering* biasa dilakukan untuk baja yang telah dikeraskan pada proses *hardening* atau pada proses pengerasan permukaan, yang dimaksudkan untuk menghilangkan tegangan dalam dan mengurangi kekerasan yang berlebihan.

Prosesnya:

Baja dipanaskan kembali sampai temperatur berkisar $150-650^{\circ}\text{C}$ dan ditahan selama beberapa waktu sampai temperaturnya merata, kemudian didinginkan secara perlahan-lahan.

2.6 Pengujian Kekerasan Logam

Pengujian kekerasan pada bahan logam bertujuan untuk mengetahui angka kekerasan logam. Dimana tingkat kekerasan logam diuji berdasarkan pada standar satuan yang berlaku.

Pengujian kekerasan dengan metoda *rockwell* dilakukan dengan menggunakan dua beban pada benda uji, dan diukur berdasarkan perbedaan kedalaman penekanan dari dua beban tersebut. Beban awal dipakai untuk menghilangkan kesalahan yang diakibatkan oleh ketidakrataan permukaan benda uji, sedangkan beban utama digunakan sebagai beban yang menghasilkan angka kekerasan *rockwell*. Untuk beban utama 60, 100 dan 150 kgf digunakan beban awal 10 kgf. Pada pengujian *superficial* untuk beban utama 15, 30, 45 kgf digunakan beban awal 3 kgf.

2.7 Kerangka Pemikiran

Perubahan metode pendinginan pada proses *heattreatment* pasca pengelasan yang dilakukan dengan menerapkan pendingin media air dan oli akan memberikan efek yang berbeda, terlebih air dan oli yang mempunyai

sifat kekentalan yang membantu kecepatan.

Tabel 1. Jadwal Ekperimen

No	Kegiatan	Bulan						Keterangan
		6	7	8	9	10	11	
1	Persiapan							Berkas & Dok
2	Bahan & Alat							Preparasi Bahan & Alat
3	Eksperimen							Trial and error
4	Olah Data							Rekap Data
5	Pelaporan							Upload

Aliran panas spesimen kemedia pendingin dan udara bebas. Perubahan proses tersebut akan mempengaruhi pola laju pendinginan (*cooling rate*) spesimen, yang akan berdampak pada struktur mikro logam las dan HAZ yang lebih halus ataupun kasar. Perubahan struktur mikro tersebut akan menentukan kemampuan mekanik sambungan logam las pasca *heattreatment*, yang dalam hal ini diwakili oleh kekerasan bahan.

2.8 Tempat dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di workshop dan laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ketapang pada bulan Juni-Agustus 2018, berikut garis besar kegiatan :

2.9 Alat dan Bahan

a. Alat

Untuk membantu pelaksanaan eksperimen dibutuhkan beberapa alat penelitian diantaranya :

- Alat potong logam
- Elektroda
- *Hardness Tester*
- Tanur
- Uji Tarik
- Mesin Las
- Penggores
- Kamera
- recorder
- Stopwatch

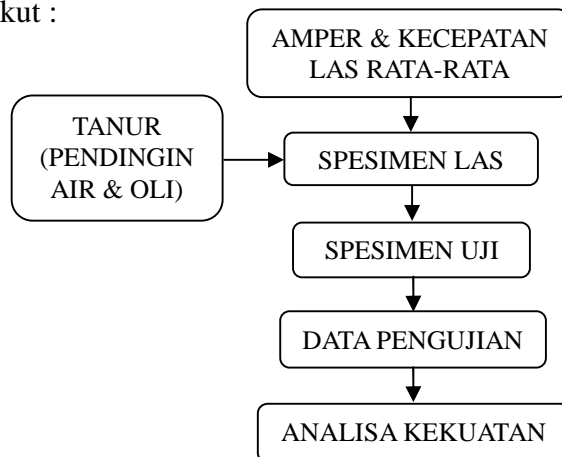
3. Bahan

- Plat Baja Karbon (ST-37) 3 mm

- Media pendingin (Air dan oli)

2.10 Rancangan Penelitian

Penelitian ini direncanakan akan mengetengahkan skema alur penelitian sebagai berikut :



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

2.11 Metode Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dengan metoda eksperimental menggunakan las SMAW, Tanur dan media Air/oli.

a) Preparasi *Speciment*

Bahan yang akan dibuat sebagai *speciment* dalam eksperimen ini adalah jenis Baja karbon rendah ST-37 *flat* dengan ketebalan plat 3 mm.

b) Proses Pengelasan Logam

Pengelasan logam dilakukan dengan perlakuan yang sama pada dimensi dan ruang yang distandardkan.

c) Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan pengamatan terhadap hasil berupa grafik kekerasan logam sambungan. Hasil juga akan dikorelasikan dengan pakta empiris berdasarkan pengetahuan dan penelitian yang dirilis oleh para penulis terdahulu, berupa jurnal dan buku teks.

Tabel 2. Prosedur Pengolahan Data

NO	HARDNESS/UJI TARIK			ANALISA DATA
	1	2	3	
1	x_1	x_2	x_3	Pengelasan
2	....	....	..	Tanur/media pendingin
3	....	....	....	Hardness
4	....	....	..	Kesimpulan
5	dst	dst	dst	
Rerata	....	....	....

speciment dengan prosedur standart yang dilakukan pada setiap *sample*.



Gambar. 7. Proses pengelasan *sample*

Proses Tanur *Hardening*:

Sample hasil proses pengelasan SMAW kemudian dipersiapkan untuk *heattreatment*, dimana sebelum *heattreatment sample* didinginkan secara natural hingga temperatur ruangan. *Heattreatment* dilaksanakan mengacu pada *hardening* yang dipergunakan untuk baja konstruksi dengan target menghilangkan/mengurangi tegangan dalam dan sekaligus meningkatkan kekerasan permukaan.



Gambar8. Persiapan Tanur Untuk Proses *Normalizing*

Pada proses *normalizing* ini dipergunakan temperatur 850°C dengan waktu 30 menit dan ditambah waktu tahan 30 menit, total proses selama 1 jam. Proses tersebut dapat dilihat pada gambar 9.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian terkait pengaruh *heattreatment* dan media pendingin pada proses *quenching* logam las hasil pengelasan metode SMAW dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang merupakan alur penelitian untuk mendapatkan perbandingan nilai kekerasan pada *speciment* uji. Proses yang dilalui sebelum tahap pengujian antara lain;

Persiapan Bahan:

Pada bagian ini bahan yang dipersiapkan adalah plat baja karbon setara ST37 dengan ketebalan 3 mm. Sejumlah *sample* dipersiapkan dengan ukuran panjang 10 cm dan lebar 2 cm. *Sample* secara berpasangan dipersiapkan untuk dilaksanakan pengelasan metode SMAW type *butt Joint*. Berikut dokumentasi persiapan *sample butt joint* pada gambar 6.



Gambar 6. Proses Persiapan *Sample*

Proses pengelasan:

Pengelasan *speciment* pada amper 75 dan *voltase* 220 watt, dimana kecepatan rata-rata untuk pengelasan 2 mm per *second*. Pada gambar 7 terlihat proses pengelasan



Gambar9. Proses Tanur *Normalizing* 850°C yang dilanjutkan *Quenching* Media Air dan Oli

Proses Persiapan *Speciment* Uji:

Hasil yang didapat setelah proses *heattreatment* yang diikuti proses *quenching* kemudian dilanjutkan pembuatan *speciment* uji bahan, yang dalam hal ini dipersiapkan untuk pengujian *hardness test* dengan menggunakan mesin uji *rockwell*. Bahan dipersiapkan dengan meratakan permukaan sehingga bisa dipastikan datar, persiapan *speciment* ini dikerjakan dengan bantuan mesin *frais* berpendingin *drumus*. Pendingin *drumus* dimaksudkan untuk menjaga kondisi *speciment* pada proses perlakuan atau *heattreatment* yang sebelumnya sudah dilaksanakan dengan harapan pengerjaan permukaan tidak mempengaruhi variabel yang diteliti. Pelaksanaan dapat dilihat pada gambar 10 dibawah ini.



Gambar 10. Proses *Frais* Permukaan *Speciment* Uji Bahan Dengan Pendingin *Drumus*

Proses pengujian:

Hasil proses *frais* yang diinginkan berupa permukaan uji yang rata dan dibuat dengan dimensi yang sama, dimana *speciment* dipilih dari bagian yang dianggap memenuhi kriteria (permukaan baik dan rata) dari semua bagian yang telah dibuat atau diproses. Bagian yang dipilih kemudian dilakukan pengujian *hardness* atau kekerasan bahan dengan metode *rockwell* pada mesin *type HRD-150*. Berikut foto yang menunjukan *sample* bahan uji dan contoh pengujian pada gambar 11 dan 12.



Gambar 11. *Sample* Uji Bahan *Hardness Test*



Gambar 12. Pelaksanaan Pengujian

Data pengujian:

Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali atau 10 titik pada masing-masing *speciment*. Pada *specimentraw material* logam induk diperoleh angka rerata 46,9 HRB pada kekerasan *rockwell*. *Speciment* pengelasan tanpa proses *quench* media diperoleh angka rerata 48 HRB pada angka *rockwell*. *Speciment* pengelasan dengan *heattreatment* 850°C dan tanpa pendinginan (pendinginan udara bebas) sebesar 43,5 HRB. *Speciment* pengelasan dengan *heattreatment* 850°C pada *tanur* yang dilanjutkan proses *quench* media air dan oli diperoleh angka rerata yang sama yakni 45,4 HRB pada angka *rockwell*. Berikut tabel yang menunjukkan hasil pengujian secara menyeluruh pada masing-masing sampel yang diperlihatkan oleh tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3 Data Penelitian

Sp ec	Hardness Point (HRB)										Total	Rerat a (HRB)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1*	47	46	45	45	47	49	49	47	47	47	469	46,9
2*	51	47	46	47	50	49	46	47	47	50	480	48
3*	43	45	45	46	42	42	43	44	42	43	435	43,5
4*	53	47	45	46	44	43	46	43	44	43	454	45,4
5*	46	45	44	47	48	45	45	45	45	44	454	45,4

Keterangan

- 1* : Logam Induk *Raw Material*
- 2* : Logam Las Tanpa Perlakuan
- 3* : Logam Las *Heatreatment* 850 pendingin Udara
- 4* : Logam Las *Heatreatment* 850 pendingin Air
- 5* : Logam Las *Heatreatment* 850 pendingin Oli

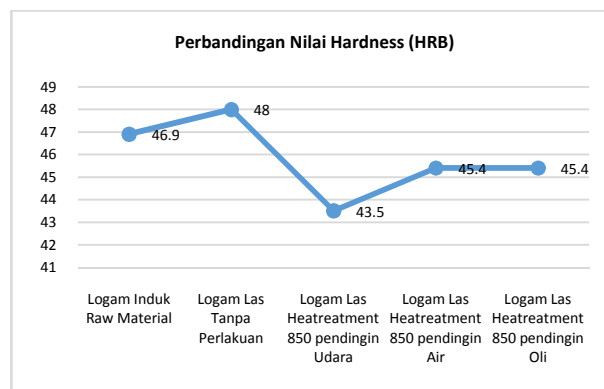
4.2 PEMBAHASAN

Pada sub bab diatas telah disampaikan data kuantitatif hasil pengujian yang telah dilaksanakan pada *sample* penelitian. Hasil memperlihatkan fluktuasi angka pada masing percobaan, dimana kondisi standart pada pengelasan SMAW memperlihatkan grafik peningkatan harga kekerasan pada logam las dari *raw* 46,9 HRB ke hasil pengelasan sebesar 48 HRB. Ada peningkatan kekerasan sebesar 2,34% dari harga normal *raw material*. Peningkatan kekerasan pada logam las diperkirakan efek dari pendinginan cepat pada proses pengelasan yakni berupa pelepasan temperatur ke udara bebas.

Sedangkan proses *heattreatment* 850°C logam las pada *tanur* dengan metoda pendinginan normal atau pendinginan udara bebas 43,5 HRB terjadi penurunan kekerasan logam las sebesar 7,24% dibawah kekerasan *raw material* 46,9 HRB. Pada kondisi *heatreatment* untuk logam las yang diberikan temperatur 850°C dalam *tanur*, selanjutnya dilakukan proses *quenching* dengan media pendingin air dan oli. Pada kasus *quenching* yang dilakukan secara *significant* mempengaruhi kondisi kekerasan logam las, logam las mempunyai harga menurun rata-rata 45,4 HRB dengan selisih 3,19% lebih rendah dari logam induk 46,9 HRB dan sedikit lebih keras dibanding logam las dengan perlakuan 850°C pendinginan udara bebas, yakni selisih sebesar 4,36%.

Proses *heattreatment* telah menurunkan kekerasan logam las, namun efek pendinginan cepat atau *quenching* dengan media sedikit menaikkan harga kekerasan dibandingkan

heattreatment tanpa perlakuan (pendinginan udara bebas) dan ini mendekati harga kekerasan logam las ke kekerasan logam induk, dengan kata lain pengaruh *heattreatment* dan pendinginan cepat telah memperbaiki tingkat kekerasan logam las mendekati logam induk, sehingga resiko retak las dapat diminimalisir. Perbandingan harga tersebut dapat dilihat pada gambar 13 dibawah ini.



Gambar 13. Perbandingan Nilai *Hardness* logam las

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

Pengujian kekerasan pada *raw material* yang telah dilakukan memberikan hasil sebesar 46,9 HRB dengan rata-rata kekerasan pada proses pengelasan normal sebesar 48 HRB atau meningkat 2,34%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa proses pengelasan akan berdampak pada meningkatnya kekerasan pada logam las. Selanjutnya proses *heattreatment* logam las pada 850°C dengan pendinginan normal udara bebas menurunkan kekerasan logam las sebesar 43,5 HRB atau sebesar 7,24 % dibawah *raw material*. Sedangkan proses *quenching* yang dilakukan dengan pendingin air dan oli berdampak meningkatkan kekerasan diatas *heattreatment* pendinginan normal yakni sebesar 4,36% dan lebih rendah 3,19% terhadap *raw material*.

Proses *quenching* mempercepat laju pendinginan dan meningkatkan kekerasan

sebesar 4,36%, dengan kata lain pengaruh *heattreatment* dan pendinginan cepat telah memperbaiki tingkat kekerasan logam las mendekati logam induk, sehingga resiko retak las dapat diminimalisir

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ketapang yang telah memberi ijin pemakaian alat lab. dan DRPM Ditjen Penguatan Risbang yang telah mendukung dan membiayai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budiarsa, I.N. 2008. Pengaruh besar arus pengelasan dan kecepatan volume alir gas pada proses las GMAW terhadap ketangguhan aluminium 5083. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM vol.2 No.2.* 112 – 116. Dikunjungi 7 November 2009.
- [2] Messler, R.W, Jr. 1999. *Principles Of Welding.* New York: John Wiley & Sons Inc.
- [3] Paradowska, A.M; Price, J.W.H; Ibrahim, R; Finlayson, T.R. 2006. The effect of heat input on residual stress distribution of steel welds measured by neutron diffraction. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering.* 385. Dikunjungi 14 Oktober 2009.
- [4] Picarima; Geraldtoxiandrew. 2009. Pengaruh arus, kecepatan pengelasan dan jarak penyemprotan media pendingin terhadap pembentukan presipitasi karbida khrom pada SS 304 dengan pengelasan GTAW. Abstrak Pengelasan GTAW posted by aguss 10/12/2009.
- [5] Suharno. 2008. Prinsip-prinsip Teknologi dan Metalurgi Pengelasan Logam. LPP UNS dan UNS press. Surakarta.
- [6] Wiryosumarto, H; Okumura, T. 2008. *Teknologi Pengelasan Logam.* Pradnya Paramita. Jakarta.