

ARJKA

Media Ilmuan dan Praktisi Teknik Industri

Vol. 07, Nomor 2

Agustus 2013

**DESAIN KEMASAN IKAN ASAR
BAGI INDUSTRI KECIL DI DESA GALALA DAN HATIVE KECIL**

*Robert Hutagalung
Victor O. Lawalata
Darius Tumanan
Imelda K. E. Savitri*

**DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA) SEBAGAI METODE ALTERNATIF
PENILAIAN EFISIENSI PENGELOLAAN PROGRAM STUDI**

Johan Marcus Tupan

**ANALISA SINYAL SUARA JANTUNG BERDASARKAN TRANSFORMASI
FOURIER**

Hamdani Kubangun

KAJIAN LUASAN MANGROVE AKIBAT PENCEMARAN LAUT

Sonja T. A. Lekatompessy

**ACTIVITY BASED COSTING (ABC) SEBAGAI MODEL ALTERNATIF
PENENTUAN BIAYA PRAKTIKUM MAHASISWA**

Johan Marcus Tupan

**TINJAUAN PENGARUH PENDINGINAN SPESIMEN UJI LAS
TERHADAP KUALITAS HASIL PENGELOLAAN**

Sonja T. A. Lekatompessy

**PENGARUH PEMILIHAN MATERIAL TERHADAP TINGKAT KESULITAN
PROSES PERAKITAN KOMPONEN OTOMOTIF**

Nelce D. Muskita

**ANALISA LANJUT HASIL UJI KEKUATAN TARIK BESI BETON
UNTUK STRUKTUR BETON JEMBATAN WAIHATTU MELALUI
PERBANDINGAN PERHITUNGAN MANUAL DENGAN PROGRAM
MINITAB VERSI 13**

*Steanly R.R Pattiselanno
Nanse H Pattiasina
Nevada M J Nanulaitta*

**PERANCANGAN PROTOTIPE SOFTWARE TOOLS UNTUK
PENGEMBANGAN SITUS KULIAH SECARA ELEKTRONIK**

Nasir Suruali

TINJAUAN PENGARUH PENDINGINAN SPESIMEN UJI LAS TERHADAP KUALITAS HASIL PENGELASAN

Sonja T. A. Lekatompessy

Dosen Program Studi Teknik Perkapalan Unpatti.

ABSTRAK

Penelitian ini menyajikan tentang pengujian eksperimen dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh pendinginan spesimen uji las terhadap kualitas hasil pengelasan. Pengelasan menggunakan Baja ST-37, kampuh I, arus sebesar 80 Ampere dan Elektroda E6013. Proses pengelasan menggunakan mesin las SMAW DC (arus searah) polaritas terbalik. Penelitian ini menggunakan tiga pengujian: Uji tarik, Uji Visual, dan Uji Mikroskopik. Dari eksperimen ini diperoleh hasil nilai kekuatan tarik untuk kelompok spesimen uji dengan pendinginan udara terbuka mengalami peningkatan kekuatan tarik dibandingkan dengan spesimen pendinginan di dalam air. Hasil pengujian visual, kelompok spesimen uji dengan pendingin udara terbuka mempunyai porositas lebih sedikit dibandingkan kelompok pendinginan di dalam air : hasil pengujian mikroskopik, struktur daerah logam las pada pendinginan udara terbuka lebih banyak di dominasi oleh ferit dibandingkan dengan spesimen yang didinginkan di dalam air.

Kata kunci : uji tarik, uji visual, uji mikroskopik, ferit

ABSTRACT

This research presents the experimental testing in order to determine the effect of cooling the weld test specimen on the quality of the welding . Welding using steel ST - 37 , seam I, a current of 80 amperes and E6013 electrodes . The process of welding using SMAW welding machine DC (direct current) reversed polarity . This study uses three tests : tensile test , Visual Test , and Test microscopy . The experimental results obtained from the tensile strength values for a group of test specimens with open air cooling has increased tensile strength compared to specimens in the water cooling . The results of visual testing , test specimens group with open air conditioner has less porosity than the group in the water cooling : microscopic test results , the structure of the weld metal region in the open air cooling more dominated by the ferrite compared with the specimens cooled in water .

Keywords : tensile test , visual test , microscopic test , ferrite

PENDAHULUAN

Pengelasan merupakan bagian tak terpisahkan dari pertumbuhan peningkatan industri karena memegang peranan utama dalam rekayasa dan reparasi produksi logam. Hampir tidak mungkin pembangunan suatu konstruksi tanpa melibatkan unsur pengelasan. Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam bidang konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, pipa saluran dan lain-lain sebagainya. Prosedur pengelasan akan memberikan hasil yang baik bila sebelumnya dibuat rencana tentang jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat-alat yang diperlukan, bahan-bahan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan, perlakuan setelah pengelasan, pengaturan pekerjaan dan lain-lainnya (Wirjosumarto,2002).

Hasil pengelasan pada umumnya sangat bergantung pada keterampilan juru las. Kerusakan hasil las baik di permukaan maupun di bagian dalam sulit dideteksi dengan metode pengujian sederhana. Selain itu karena struktur yang dilas merupakan bagian integral dari seluruh badan material las maka retakan yang timbul akan menyebar luas dengan cepat bahkan mungkin bisa menyebabkan kecelakaan yang serius. Untuk mencegah kecelakaan tersebut pengujian dan pemeriksaan daerah-daerah las sangatlah penting. Tujuan dilakukannya pengujian adalah untuk menentukan kualitas produk-produk atau spesimen-spesimen tertentu, sedangkan tujuan pemeriksaan adalah untuk menentukan apakah hasil pengujian itu relatif dapat diterima menurut standar-standar kualitas tertentu atau tidak dengan kata lain tujuan

pengujian dan pemeriksaan adalah untuk menjamin kualitas dan memberikan kepercayaan terhadap konstruksi yang dilas. (syah nanda hidayatullah, 2010)

Mutu dari hasil pengelasan tergantung dari pengerjaan lasnya sendiri dan juga sangat tergantung dari persiapan sebelum pelaksanaan pengelasan, dan hasil akhir dari pendinginan hasil uji las, karena pengelasan adalah proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Hal ini sangat erat hubungannya dengan arus listrik, ketangguhan, cacat las, retak serta pendinginan yang dilakukan yang pada umumnya mempunyai pengaruh yang fatal terhadap keamanan dari konstruksi yang dilas. Oleh karena itu untuk mendapatkan hasil pengelasan yang baik dan berkualitas maka perlu diperhatikan cara pendinginan hasil pengelasan. Untuk dapat mengetahui pengaruh hasil pengelasan las dan pendinginan pada pelat baja dilakukan uji fotomikroskopik, uji Visual, dan uji tarik.

LANDASAN TEORI

Pengelasan (welding) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinu. Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, pipa saluran dan sebagainya. Di samping untuk pembuatan, proses las dapat juga dipergunakan untuk reparasi misalnya untuk mengisi lubang-lubang pada coran, membuat lapisan las pada perkakas, mempertebal bagian-bagian yang sudah aus dan macam-macam reparasi lainnya. Pengelasan bukan tujuan utama dari konstruksi, tetapi hanya merupakan sarana untuk mencapai ekonomi pembuatan yang lebih baik.

Dalam Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) digunakan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan fluks (dalam Gbr. 2.1 dapat dilihat dengan jelas bahwa busur listrik terbentuk diantara logam induk dan ujung elektroda) karena panas dari busur ini maka logam induk dan ujung elektroda tersebut mencair kemudian membeku bersama. Pola pemindahan logam cair sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Logam mempunyai sifat mampu las yang tinggi bila pemindahan terjadi dengan butiran yang halus. Pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan fluks yang digunakan. Bahan fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda selama pengelasan mencair dan membentuk terak yang menutupi logam cair yang terkumpul di tempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi.

Pada Struktur mikro daerah lasan, daerah logam las adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. Komposisi logam las terdiri dari komponen logam induk dan bahan tambah dari elektroda. Karena logam las dalam proses pengelasan ini mencair kemudian membeku, maka kemungkinan besar terjadi pemisahan komponen yang menyebabkan terjadinya struktur yang tidak homogen, ketidakhomogennya struktur akan menimbulkan struktur ferit kasar dan bainit atas yang menurunkan ketangguhan logam las. Pada daerah ini struktur mikro yang terjadi adalah struktur cor. Struktur mikro di logam las dicirikan dengan adanya struktur berbutir panjang (*columnar grains*). Struktur ini berawal dari logam induk dan tumbuh ke arah tengah daerah logam las (Sonawan, 2004).

Uji tarik adalah cara pengujian bahan yang paling mendasar. Pengujian ini sangat sederhana, tidak mahal dan sudah mengalami standarisasi di seluruh dunia, misalnya di Amerika dengan ASTM E8 dan Jepang dengan JIS 2241. Dengan menarik suatu bahan, maka akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (*grip*) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (*highly stiff*). Brand terkenal untuk alat uji tarik antara lain adalah antara lain adalah Shimadzu, Instron dan Dartec. Banyak hal yang dapat dipelajari dari hasil uji tarik. Bila terus menarik suatu bahan (dalam hal ini suatu logam) sampai putus, maka akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap yang berupa kurva seperti digambarkan pada Gbr.2.16. Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang. Profil ini sangat diperlukan dalam desain yang memakai bahan tersebut (Azhari Sastranegara).

Elektroda adalah bagian ujung (yang berhubungan dengan benda kerja) rangkaian penghantar arus listrik sebagai sumber panas (Alip, 1989). Berdasarkan jenis elektroda dan diameter kawat inti elektroda dapat ditentukan arus dalam ampere dari mesin las. Elektroda dengan kode E6013 untuk setiap huruf dan setiap angka mempunyai arti masing-masing yaitu (Soetardjo, 1997):

E = Elektroda untuk las busur listrik.

60 = Menyatakan nilai tegangan tarik minimum hasil pengelasan dikalikan dengan 1000 Psi (60.000 lb/in²) atau 42 kg/mm².

- 1 = Menyatakan posisi pengelasan, 1 berarti dapat digunakan untuk pengelasan semua posisi.
 3 = Jenis selaput elektroda Rutil-Kalium dan pengelasan dengan arus AC atau DC.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu suatu cara untuk mencari hubungan sebab akibat antara dua faktor yang berpengaruh.

Eksperimen dilaksanakan di laboratorium dengan peralatan yang ada untuk memperoleh data tentang pengaruh pendinginan spesimen uji las terhadap kualitas hasil pengelasan.

Spesifikasi Benda Uji

Spesifikasi benda uji yang digunakan dalam eksperimen ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan adalah pelat strip ST-37
2. Ketebalan plat 3 mm
3. Elektroda yang digunakan adalah jenis E6013 dengan diameter 2,6 mm
4. Posisi pengelasan yang digunakan adalah dibawah tangan
5. Arus pengelasan yang digunakan adalah 80 Ampere
6. Kampuh yang digunakan adalah kampuh

Sampel

Sampel dalam penelitian ini adalah hasil pengelasan yang telah di dinginkan menggunakan air dan udara. Jumlah sampel secara keseluruhan dari masing-masing kelompok hasil uji adalah 18 buah, yang terdiri:

1. 6 buah untuk pendinginan dalam air pada proses pengujian Mikroskopik.
2. 6 buah untuk pendinginan dalam air pada proses pengujian Visual.
3. 6 buah untuk pendinginan dalam air pada proses pengujian Tarik

Pelaksanaan

1. Persiapan

a. Persiapan bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelat strip dengan panjang 120 cm, 20 mm, tebal 3 mm. Elektroda jenis E6013 dengan diameter 2,6 mm dan air tawar.

b. Persiapan alat-alat

- Mesin uji tarik
- Gergaji tangan
- Peralatan Pengelasan
- Mesin las SMAW DC
- Penggaris
- Mesin uji Mikroskopik
- Mesin grinding double disk
- Camera Gigital untuk Visual

2. Proses pengelasan benda

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengelasan sebagai berikut:

- a. Mempersiapkan mesin las SMAW DC sesuai dengan pemasangan polaritas terbalik.
- b. Mempersiapkan bahan yang akan dilas pada meja las.
- c. Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi mendatar atau bawah tangan.
- d. Kampuh yang digunakan jenis kampuh I
- e. Mempersiapkan elektroda sesuai dengan arus dan ketebalan plat yang sudah ada.
- f. Menyetel ampere meter yang digunakan untuk mengukur arus pada posisi jarum nol, kemudian salah satu penjepitnya dijepitkan pada kabel yang digunakan untuk menjepit elektroda. Mesin las dihidupkan dan elektroda digoreskan sampai menyala. Ampere meter diatur pada angka yang cocok untuk pengelasan ini.

3. Proses pendinginan

Hasil pengelasan akan mengalami dua proses pendinginan, yaitu pendinginan pada udara terbuka dan pendinginan dicelupkan ke dalam air biasa tanpa larutan apapun. Pendinginan dengan air adalah pendinginan secara langsung, yaitu benda hasil las langsung dicelupkan ke dalam air, sedangkan pendinginan udara terbuka adalah hasil pendinginan secara perlahan-lahan, yaitu benda hasil las dibiarkan atau dibiarkan sampai dingin.

4. Pengujian Mekanik (Uji tarik)

Prosedur dan pembacaan hasil pada pengujian tarik adalah sebagai berikut. Uji tarik untuk menentukan kekuatan tarik (kekuatan lentur), spesimen bentuk material tertentu dan ukuran tertentu yang

sudah ada. Spesimen tersebut ujung-ujungnya dipegang dengan jepitan alat penguji dan ditarik dengan menggunakan beban tarik berat beban itu ditingkatkan sedikit demi sedikit sampai spesimen itu patah. Langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

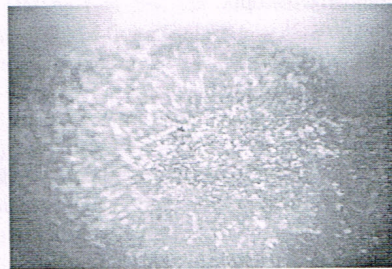
- a. Menghidupkan PC pada mesin uji tarik serta menyiapkan spesimen uji
- b. Benda uji dijepit pada ragum mesin uji tarik, dimana sebelumnya diketahui penampangnya, panjang awal dan ketebalannya.
- c. Menyetel mesin uji universal pada system auto, dan mengisi parameter-parameter yang ada pada PC
- d. Mendownload data parameter yang telah diisi pada PC ke mesin uji
- e. Start atau memulai pengujian tarik uji tarik
- f. Data uji akan tercatat secara auto pada PC, termasuk hasil gambar grafik tegangan regangan
- g. Hasil terakhir yaitu menghitung kekuatan tarik, regangan dan reduksi penampang secara manual dengan persamaan yang ada sehingga diperoleh data yang lebih lengkap

HASIL DAN PEMBAHASAN

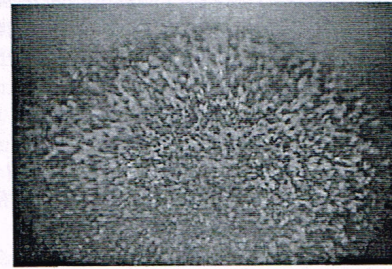
Hasil Pengamatan Metalografi

- a. Struktur mikro logam las pendinginan dalam air.

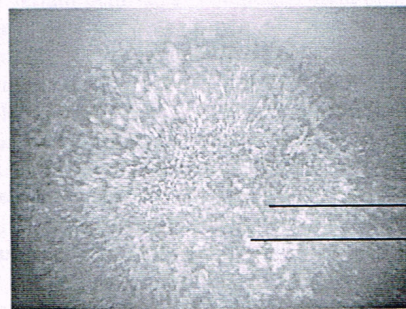
Struktur mikro pada gambar 1, 2, dan 3 di bawah didominasi butir-butir perlit yang berwarna gelap. sedangkan fasa ferit lebih sedikit (berwarna putih terang). Butir perlit cenderung lebih kasar sedangkan butir ferit lebih halus. Butir ferit cenderung lunak, sedangkan butir perlit cenderung kasar. karena mengandung karbon



(1)



(2)



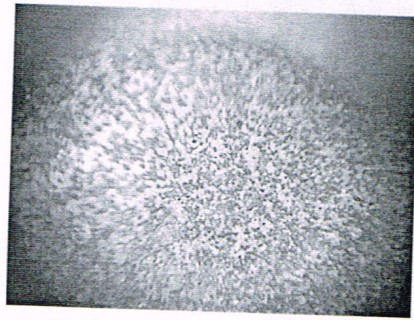
(3)

(1), (2), (3), Perlit mendominasi area (Perbesaran 20x)

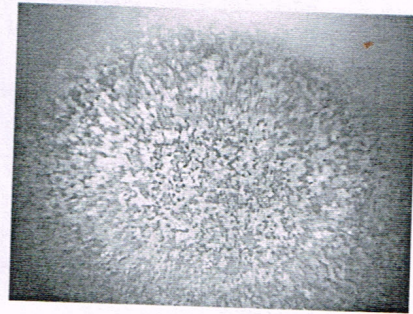
- b. Struktur mikro logam las Pendinginan udara

Struktur mikro pada gambar 4,5, dan 6 di bawah didominasi butir-butir ferit yang berwarna putih (terang), sedangkan fasa perlit lebih sedikit (berwarna gelap). Butir ferit cenderung lebih halus sedangkan butir perlit lebih kasar. Butir perlit cenderung keras karena mengandung karbon, sedangkan butir ferit cenderung lunak.

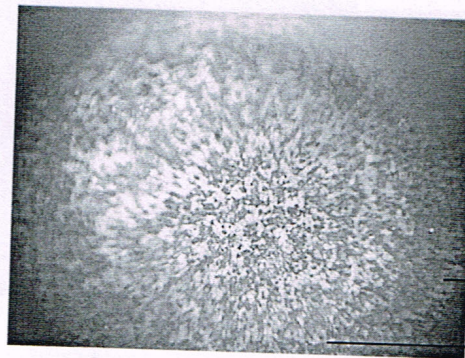
Hasil pendinginan udara terbuka.



(4)



(5)

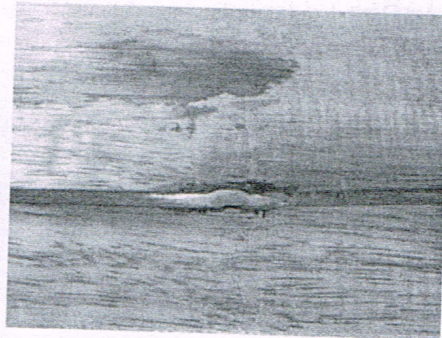


(6)

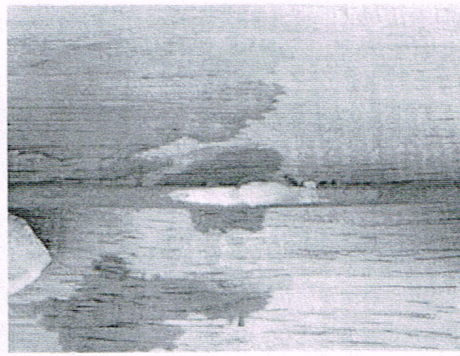
(4), (5), (6), *Ferit* mendominasi area (Perbesaran 20x)

Hasil Pengamatan uji Visual.

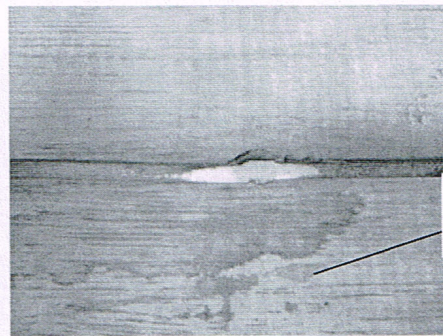
- Hasil Foto Camera Digital pada pendinginan di Udara bebas atau terbuka.



(7)



(8)



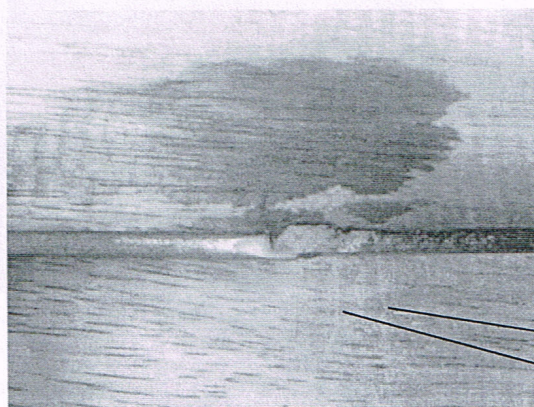
porositas yang
nat kecil

(9).

(7), (8), (9). Porositas yang kecil dan sedikit (Camera Digital)

Dari hasil pengamatan dengan menggunakan Foto Camera Digital terlihat porositas pada gambar 7, 8, 9 hanya sedikit dan kecil pada hasil pendinginan Udara terbuka.

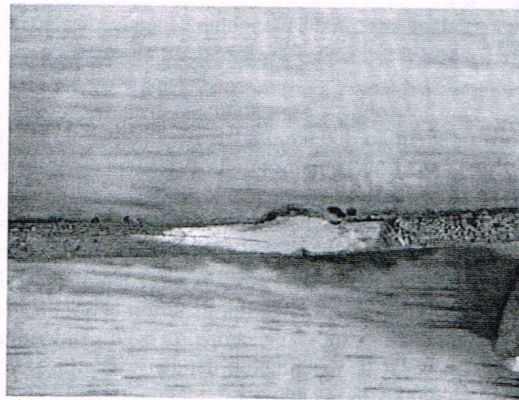
➤ Hasil Foto Camera Digital pada pendinginan dalam Air.



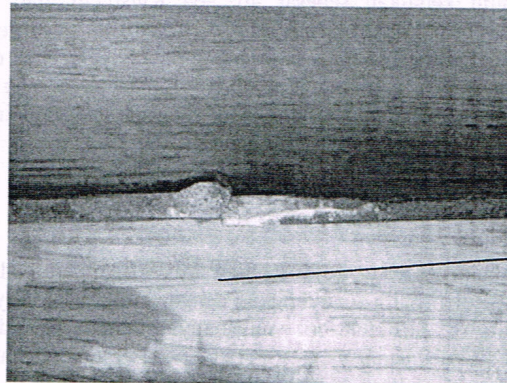
ik-titik

Titik

(10)



(11)



(12)

(10), (11), (12), titik-titik Porositas yang banyak

Dari hasil pengamatan dengan menggunakan Foto Camera Digital, pada hasil pendinginan dalam air, terlihat porositas pada Gambar 10, 11, 12 relatif lebih banyak dan besar dibandingkan dengan porositas pada gambar 7, 8, dan 9 dengan proses pendinginan di udara terbuka yang kecil dan ada yang tidak mempunyai porositas.

1. Hasil Uji Kekuatan Tarik

Data-data hasil pengujian tarik pada kelompok Pendinginan dalam air dan kelompok pendinginan udara bebas yang sudah diperoleh kemudian dimasukkan kedalam persamaan yang ada. Data-data tersebut selanjutnya dapat dilihat dari Tabel 1.

Hasil pengujian Tarik Untuk Kualitas Kekuatan Tarik.

Parameter	Spesimen		
	Raw Material	Pendinginan Dalam air	Pendinginan udara bebas
σ_y (Kg/sq.cm)	6041.667	2339.506	2719.136
	-	2009.259	2087.963
	-	1157.407	2087.963
Rata-Rata	6041.667	1835.3907	2298.354

Nilai kekuatan tarik untuk *raw material* adalah 6041.667 Kg/sq.cm, nilai kekuatan tarik untuk kelompok pendinginan air adalah 1835.390 Kg/sq.cm ini berarti penurunan 4206.277 Kg/sq.cm dari *raw material*.

Nilai kekuatan tarik untuk kelompok pendinginan udara adalah 2298.354 Kg/sq.cm. hal ini berarti mengalami penurunan dari raw material sebesar 3743.313 Kg/sq.cm, sedangkan di bandingkan dengan

kelompok pendinginan dalam air yang mengalami penurunan juga sebesar 462.964 Kg/sq.cm dari pendinginan udara.

Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian diketahui ada perbedaan struktur mikro, porositas, dan kekuatan tarik dari spesimen bahan uji yang didinginkan melalui proses pendinginan dalam air proses pendinginan di udara bebas.

Struktur mikro yang ada pada spesimen hasil pendinginan udara dan air adalah *ferit* dan *perlit* yang mempunyai butiran yang berbeda banyak. Struktur ferit mempunyai kekuatan dan keuletan yang cukup. Akan tetapi mempunyai kekerasan yang kecil sedangkan struktur perlit mempunyai sifat yang keras dan kurang ulet. Pada Gambar. 1, 2, 3, struktur ferit mendominasi area.

Sedangkan untuk hasil Uji visual pada sampel dengan pendinginan dalam air mempunyai titik-titik porositas yang banyak dan besar di bandingkan dengan titik-titik porositas yang di miliki sampel hasil pendinginan udara yang cukup kecil dan ada yang tidak mempunyai porositas.

Untuk pengujian tarik, kelompok pendinginan udara yang terlihat dari diagram kualitas tarik baja, di atas mengalami kenaikan sebesar 462.964 Kg/sq.cm. dari kelompok pendinginan air, dan mengalami penurunan sebesar 3743.313 Kg/sq.cm dari *Raw Material*. Sedangkan pada kelompok pendinginan air mengalami penurunan sebesar 4206.277 Kg/sq.cm. dari *Raw Material* dan 462.964 Kg/sq.cm. dari kelompok pendinginan udara, ini berarti specimen yang tidak mengalami perlakuan panas dan pendinginan mempunyai kekuatan tarik baja yang besar di bandingkan dengan specimen-specimen yang mengalami perlakuan panas dan pendinginan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Struktur daerah logam las yang di las dengan arus 80 Ampere pada pendinginan udara bebas paling banyak di dominasi oleh Ferit dibandingkan dengan struktur perlit yang terdapat pada logam las hasil pendinginan dalam air. Struktur ferit yang banyak dari perlit adalah hasil yang baik karena ferit mempunyai konduktivitas panas yang tinggi dan bersifat lunak dan ulet.
2. Hasil pengujian visual pada spesimen uji dengan pendinginan di udara, pada sampel terlihat titik porositas atau *porosity* lebih sedikit dan hampir tidak ada di bandingkan dengan sampel hasil pendinginan dalam air yang mempunyai titik-titik *porosity* yang banyak dan besar.
3. Nilai kekuatan tarik baja pada kelompok pendinginan udara lebih tinggi dari kelompok pendinginan air nilainya mengalami kenaikan sebesar 462.964 Kg/sq.cm. Hal ini disebabkan karena dimana semakin cepat waktu pendinginan yang terjadi maka butir yang terbentuk akan menjadi lebih besar, sedangkan butir yang lebih besar akan membuat kekuatan tarik baja menjadi lebih rendah.

Saran

1. Dalam proses pendinginan bahan hasil pengelasan atau material, sebaiknya jangan disiram atau dicelupkan ke dalam air, karena akan merubah sifat-sifat pada material dan keuletan pada material hasil las tersebut. Dan pendinginan pada udara bebas sangat baik karena dengan pendinginan yang lambat akan terbentuk struktur ferit yang mempunyai kekerasan dan ketangguhan material yang tinggi. Ini seperti pada proses Normalizing atau pengerasan.
2. Perlu penelitian lebih lanjut dengan menambah variasi beberapa jenis material yang berbeda. Dan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambah variasi pengujian, yaitu pengujian impact, pengujian kekerasan serta pengamatan struktur mikro dengan pembesaran foto yang lebih besar dari 20 kali.

DAFTAR PUSTAKA

Alip, M., 1989, *Teoridan Praktik Las*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

ASM, 1989, *Metallurgy and Microstructures*, ASM Handbook Committe, MetalPark, Ohio.

Azhari Sastranegara, *Mengenal Uji Tarik dan Sifat-sifat Mekanik Logam*.

Fajar Riyadi dan Dony Setyawan, *Analisa Mechanical Dan Metallurgical*

Joko Santoso, 2006, *Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketangguhan Las Smaw Dengan Elektroda E7018*, (ITS), Semarang

Malau, V., 2003, *Diktat Kuliah Teknologi Pengelasan Logam*, Yogyakarta.

Rubijanto, 2006, *pengaruh proses pendinginan paska perlakuan panas*, Semarang.

Suharsini, A., 2002, *Prosedur Penelitian*, Bina Aksara, Jakarta.

Syah Nanda Hidayatullah, 2010, *pengujian-dan-pemeriksaan-hasil-las.html*

Wirjosumarto, H., 2000, *Teknologi Pengelasan Logam*, Erlangga, Jakarta.

