

PENGARUH BENTUK KAMPUH TERHADAP KEKUATAN BENDING LAS SUDUT SMAW POSISI MENDATAR PADA BAJA KARBON RENDAH

Djoko Suprijanto
Jurusan Teknik Mesin STTNAS Yogyakarta
Jalan Babarsari, Depok, Sleman
email : djoko_supri@yahoo.com

ABSTRAK

Pengelasan sudut banyak dipakai pada konstruksi yang dirancang untuk menahan beban berat sehingga diperlukan kekuatan las yang maksimal. Karena konstruksinya maka penelitian tentang kekuatan tarik tidak dapat dilakukan pada konstruksi las sudut. Penelitian untuk mengetahui kekuatan las sudut adalah pengujian bending yang akan memberikan kemampuan las menahan beban lentur.

Pada penelitian ini dibuat las sudut 90° pada pelat tebal 8 mm, lebar 80 mm panjang 40 mm. Jenis las dipilih SMAW dengan tegangan 30 Volt, kuat arus 110 Ampere posisi mendatar, dengan variasi kampuh : I, V, U double V dan double U, masing-masing specimen sebanyak 3 buah konstruksi. Pengujian yang dilakukan meliputi : uji komposisi bahan dasar/raw material, uji stuktur mikro dan kekerasan pada daerah logam induk, daerah HAZ dan daerah las, serta uji bending/lentur terhadap konstruksi las

Dari uji komposisi logam induk terlihat bahwa bahan termasuk baja karbon rendah mendekati sedang dengan kadar Karbon 0,236 dengan sedikit penguatan terhadap sifat ulet dan anti korosi dengan adanya kandungan Si sebesar 1,82 % dan Cu : 1,08%. Pada pengujian struktur mikro raw material terlihat bahwa komposisi bahan terdiri dari ferit dan perlit yang terdistribusi secara merata. Pada daerah HAZ terlihat hampir pada semua jenis kampuh terjadi pengecilan bentuk ferit dengan distribusi seragam, Daerah Las, umumnya tersusun dari Grain Bondary Ferit, Accicular Ferit dan windmanstaten Ferit. Semakin tebal kampul las maka jumlah Acicular ferit semakin banyak seperti terlihat pada kampuh double V dan double U. Hasil uji kekerasan menunjukkan bahwa kekerasan daerah HAZ dan Logam las lebih tinggi dibanding dengan logam induk, untuk daerah Las kekerasan tertinggi terdapat pada kampuh U sebesar $191,07 \text{ N/mm}^2$ dan terendah pada kampuh I sebesar $159,03 \text{ N/mm}^2$. Dari hasil uji bending terlihat bahwa kampuh yang tipis mempunyai harga bending yang rendah, sementara kampuh yang tebal mempunyai harga bending yang tinggi (kampuh double U dan double V). Harga tertinggi pada kampuh Double V sebesar $281,743 \text{ N/mm}^2$, terendah pada kampuh I sebesar $114,27 \text{ N/mm}^2$. Dari beberapa hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa pada las mendatar, paling baik dipakai kampuh double V.

Kata kunci: Baja St 41, las sudut, kampuh, kekuatan lentur.

PENDAHULUAN

Teknik pengelasan pada saat ini semakin banyak dipergunakan secara luas dalam proses pembuatan konstruksi. Keunggulan konstruksi lasan yaitu: bangunan/konstruksi mesin yang dibuat menjadi lebih ringan, serta proses pembuatannya lebih sederhana sehingga keseluruhannya lebih murah.

Pengelasan merupakan proses penyambungan dua logam paduan atau lebih yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair sehingga setelah membeku akan terbentuk sambungan melalui ikatan kimia yang dihasilkan dari pemakaian energi panas. Karena proses ini maka logam di sekitar mengalami siklus termal yang menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan *metalurgi*, deformasi dan tegangan-tegangan termal. Karena perubahan struktur ini maka sifat-sifat mekanik yang dimiliki akan berubah juga. Perancangan konstruksi bangunan dan mesin dengan sambungan las harus di rencanakan pula tentang cara pengelasan, cara pemeriksaan, bahan las dan jenis las yang digunakan, jenis kampuh yang sesuai, berdasarkan fungsi dari bagian-bagian bangunan atau mesin yang dirancang.

Pentingnya kekuatan sambungan las ini karena konstruksi las biasanya diandalkan untuk menahan beban, baik arah tegak lurus maupun sejajar alur las. Pengelasan sudut dengan menggu-

nakan posisi mendatar sangatlah penting karena konstruksi tersebut banyak digunakan pada konstruksi yang diandalkan untuk mendukung pembebanan yang besar seperti : pembuatan tower, jembatan dan konstruksi bangunan yang tinggi.

Tujuan Penelitian

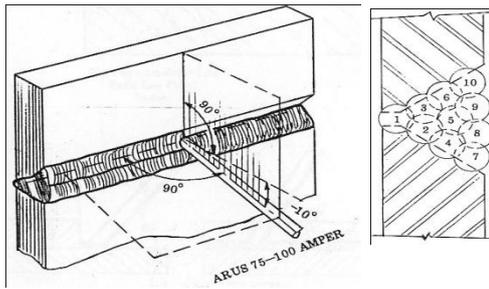
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis kampuh terhadap kekuatan *bending* pada sambungan sudut las SMAW posisi mendatar pada baja karbon rendah.

Landasan Teori

Las SMAW adalah las dengan menggunakan elektroda terselubung untuk melindungi busur las terhadap oksidasi dari udara. Beberapa metode pengelasan antara lain pengelasan mendatar atau horisontal banyak digunakan pada konstruksi.



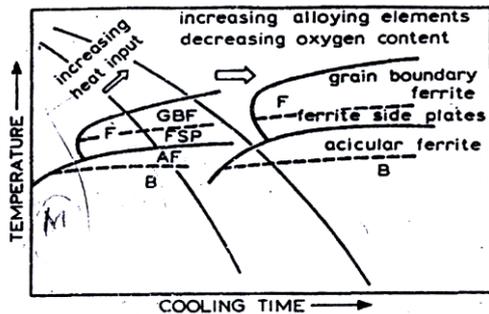
Gbr. 1. Las SMAW (Wiryo Sumarto, 1996)



Gbr.2. Posisi Pengelasan mendatar/horizontal (Wiryo Sumarto, 1996)

Struktur mikro Pengelasan Baja Karbon Rendah:

Pada pengelasan baja karbon rendah terjadi perbedaan struktur mikro yang menyolok pada logam las, sesuai dengan jenis kampuh, yang dalam ini akan menentukan laju pendinginan logam las.



Gb. 3. Laju pendinginan logam las baja Karbon Rendah (Diagram CCT)

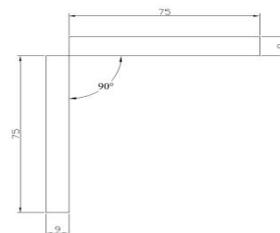
1. Kecepatan pendinginan rendah
 Pada suhu sedikit dibawah A3 ferit mulai terbentuk sepanjang batas butir austenit dan tumbuh kearah dalam butir austenit.ferit ini dinamakan ferit batas butir (*grain boundary ferrite*) dan terbentuk ferit ini berlangsung secara difusi karbon.
2. Kecepatan pendinginan sedang
 Pada kecepatan pendinginan sedang, austenit mungkin berubah menjadi *ferit widmanstatten* atau *ferit acicular*. *ferit widmanstatten* tumbuh dari batas butir *austenit* menuju ke butir-butir *austenit* dengan bentuk plat yang panjang sedangkan *feritte acicular* berbentuk jarum (*needle*) dan biasanya tumbuh pada inklusi didalam butir-butir *austenit*. *Ferit acicular* ini berfungsi sebagai interlock dalam suatu struktur.
3. Kecepatan pendinginan tinggi
 Jika pengelasan berlangsung dengan kecepatan tinggi, maka atom-atom karbon sulit untuk melakukan difusi ke *austenit*. Hal ini menyebabkan terjadinya struktur mikro berupa *bainit* yang merupakan agregat dari ferit dan karbida (*cementite*).

4. Kecepatan pendinginan sangat tinggi.
 Pada kecepatan pendinginan sangat tinggi, atom-atom karbon tidak bisa berdifusi dan membentuk struktur keras dan getas, yaitu martensit.

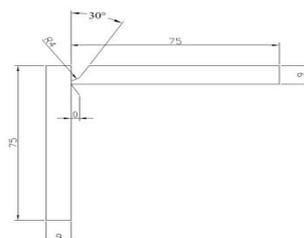
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan bahan baja karbon rendah, dengan proses pengelasan *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)*, dengan parameter pengelasan : tenaga potensial listrik (E) = 30 volt, arus pengelasan (I) =110 ampere. Variabel yang diteliti adalah pengaruh jenis kampuh pada pengelasan SMAW baja karbon rendah pada las sudut posisi mendatar dengan variasi kampuh I, kampuh V, kampuh U, kampuh *double V*, dan kampuh *double U*. Pada proses pengelasan ini sambungan yang digunakan adalah jenis sambungan sudut 90°. Ekektrode yang dipakai adalah elektroda terbungkus RD 3,2 mmBahan yang dilas adalah Baja karbon rendah dengan tebal pelat 8 mm, lebar pelat 80mm dan panjang pelat 40 mm. Pengujian yang dilakukan adalah uji komposisi, struktur mikro, kekerasan, lengkung (*bending*), dan uji struktur makro.

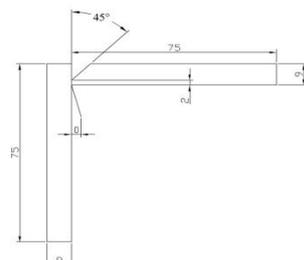
Sample uji las



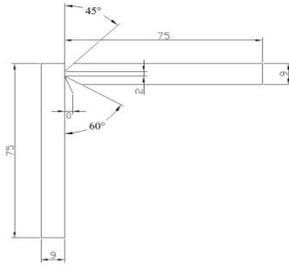
Gambar 4. Bentuk Kampuh I



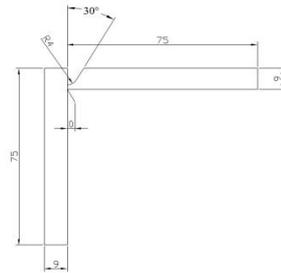
Gambar 5. Bentuk Kampuh U



Gambar 6. Bentuk kampuhV



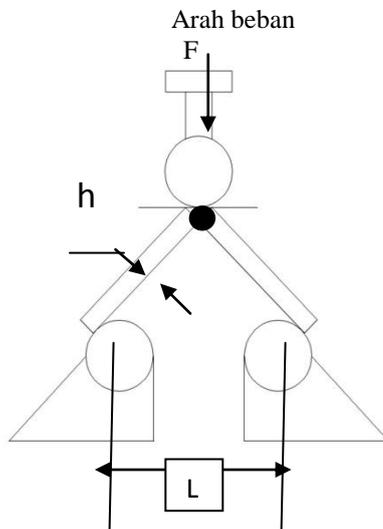
Gambar 7. Bentuk kampuh double V



Gambar 8. Bentuk Kampuh double U

3. 2. Pengujian lentur

Pengujian lentur dilakukan dengan cara memberikan gaya pada konstruksi las. Beban berangsur-angsur ditambah sampai konstruksi mengalami deformasi hingga berbentuk datar/horisontal. Pada kondisi tersebut dicatat besarnya beban lentur.



Gambar 9. Skema pengujian lentur

Tegangan bending maksimum adalah :

$$\sigma_{\text{bending}} = \frac{\text{momen bending}}{\text{momen tahan bending}}$$

$$\sigma_{\text{bending}} = \frac{M}{\frac{1}{12}bh^3 \left(\frac{h}{2}\right)}$$

dimana :

y = jarak kedua penumpu (mm)

I = momen inersia, (mm⁴)

b = lebar specimen, (mm)

h = tebal specimen, (mm)

M = momen lengkung/bending (Nmm)

L = panjang tumpuan (mm)

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan menunjukkan ketahanan bahan terhadap goresan atau tekanan injakan bahan standar/indentor. Dalam hal ini dipakai kekerasan Vickers

Kekerasan *Vickers*

Indentor alat pengujian berupa piramida intan dengan sudut bidang – duanya 136° sebagai penekan. Harga Kekerasan Vickers adalah beban dibagi luas permukaan bekas penekanan segitiga ke dalam struktur. Diagonal dari bekas injakan diukur dengan menggunakan mikroskop, untuk mengetahui angka kekerasan Vickers (Sconmetz, 1985) digunakan rumus :

$$Hv = 1,854 \frac{P}{D^2} \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

Hv = Kekerasan vickers (kg/mm²)

P = Beban Tekan (kg)

D = Diagonal rata-rata (mm)

Pengujian kekerasan menggunakan metode Vickers dapat mengukur kekerasan nilai dari yang sangat lunak sampai yang sangat.

Pengujian Struktur Mikro

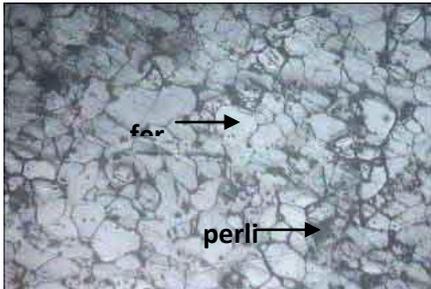
Pengujian ini untuk mengetahui susunan bahan dengan mengamati strukturnya di bawah mikroskop, Mikroskop yang digunakan adalah mikroskop cahaya. Logam yang telah dipolis, permukaan yang halus itu tertutup oleh selaput yang terdeformasi, untuk mengikis selaput tersebut maka dilakukan etsa sehingga permukaan menjadi buram, sebagian batas butir terkikis dan komponen-komponen tertentu akan nampak akibat kikisan selektif dari larutan etsa tadi. Etsa ini adalah campuran dari Etanol/alkohol 99% (C₂H₅OH) dan HNO₃ (asam nitrat) dengan penetral alkohol (alkohol 70%) pada perbandingan tertentu, contoh untuk baja adalah campuran dari 5 % asam nitrit dan 95 % etanol

DATA DAN PEMBAHASAN UJI KOMPOSISI

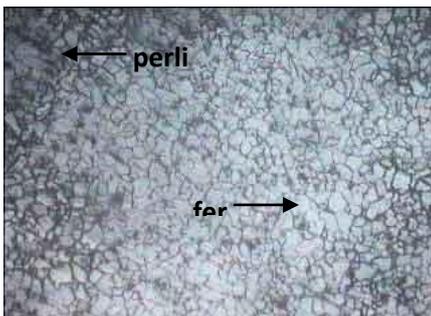
Uji komposisi kimia ini dilakukan untuk mengetahui berapa % unsur-unsur yang terkandung didalam plat baja karbon rendah yang dija-

dikan benda uji ini. Untuk mendapatkan harga dari komposisi kimia dapat kita lihat dimonitor alat uji, sehingga didapat data sebagai berikut : Fe= 94,26%; C= 0,236; Si = 1,282 %; Mn = 0,513 %; Ni = 0,251 %; Cr = 176%; Cu =1,085 % dan W =0,161 %, bahan merupakan baja karbon rendah mendekati sedang dengan unsur perbaikan tahan korosi,

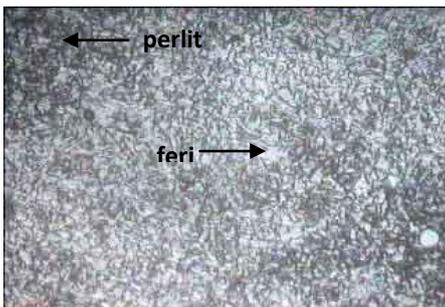
Hasil pengujian Struktur Mikro



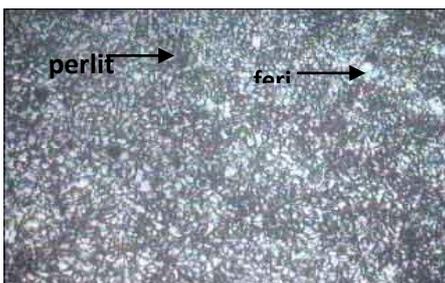
Gambar 10 Struktur mikro logam Induk



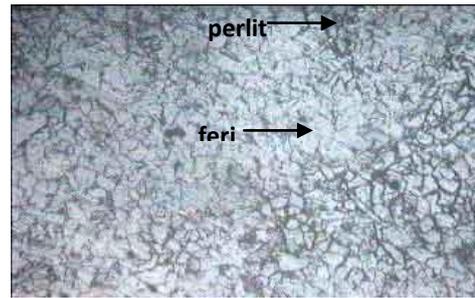
Gambar11 Struktur Mikro daerah HAZ kampuh I



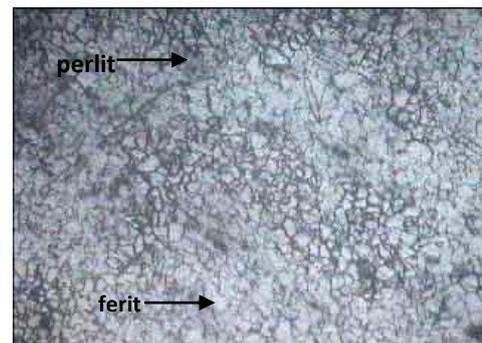
Gambar 12 Struktur mikro daerah HAZ kampuh V



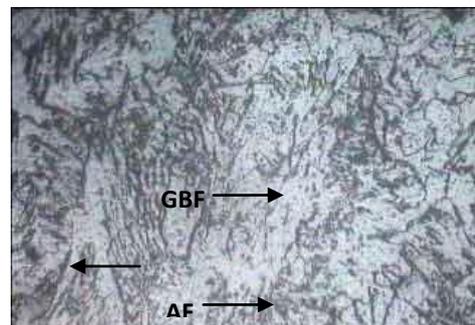
Gambar 13 Strutur mikro daerah HAZ kampuh U



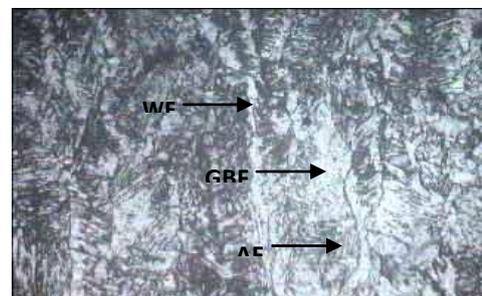
Gambar 14. Struktur mikro daerah HAZ kampuh doble v



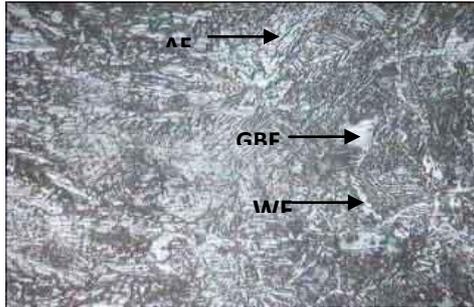
Gambar 15. Struktur mikro daerah HAZ kampuh doble u



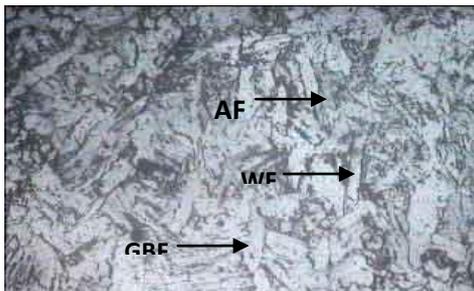
Gambar 16. Struktur mikro daerah LAS kampuh I



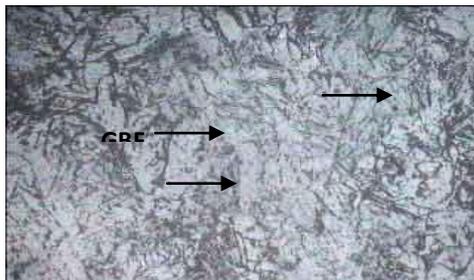
Gambar 17. Struktur mikro daerah LAS kampuh V



Gambar 18. Struktur mikro daerah LAS kampuh U



Gambar 19. Struktur mikro daerah LAS kampuh double V



Gambar 20. Struktur mikro daerah LAS kampuh double U

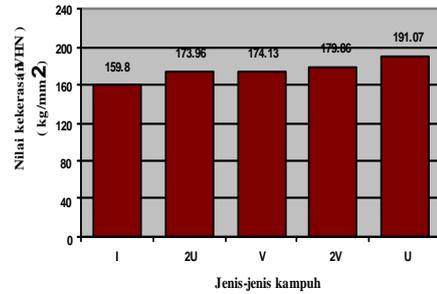
HASIL PEMBAHASAN STRUKTUR MIKRO

Struktur mikro yang terbentuk dari hasil pengelasan posisi mendatar vertikal las SMAW dapat dinyatakan sebagai berikut. Pada daerah logam induk, suhu di daerah ini rendah yaitu di bawah 650 °C , sehingga panas las tidak menyebabkan perubahan struktur mikro. Pada daerah logam induk , struktur mikro yang terlihat pada daerah ini adalah perlit dan ferlit yang hampir sama jumlahnya Pada daerah HAZ terjadi perubahan struktur ferit yang cenderung kecil dan kasar sehingga kekeranya meningkat. Semakin tipis logam las maka semakin kecil dan semakin kasar (kampuh V dan kampuU) sehingga kekerannya tertinggi. Untuk daerah Logam Las, stuktur mikro terdiri dari Grain Bondary Ferit, Widmanstaten Ferit dan Acicular ferit semakin tebal logam las maka jumlah acicular ferit semakin banyak

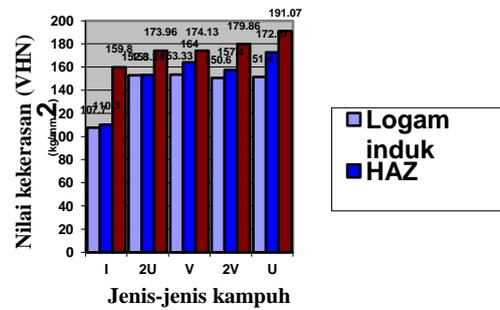
sehingga kekerasan menurun sedangkan keuletannya meningkat. (Gambar 21 dan 22, Kampuh double V dan double U).

HASIL UJI KEKERSAN BAHAN

Hasil uji kekerasan bahan dapat disajikan seperti gambar histogram dibawah :



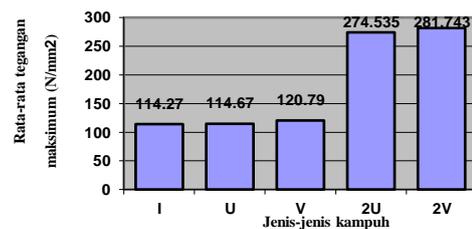
Gambar 21. Hasil uji kekerasan faerah las



Gambar 22. Hasil uji kekerasan logam induk, Haz dan Daerah Las

Dari hasil uji kekerasan terlihat bahwa hampir semua daerah HAZ meningkat kekerasannya karena adanya pengkasaran Ferit. Pada logam las tidak begitu menyolok perbedaannya tetapi harga kekerasannya lebih tinggi daripada logam induk dan daerah HAZ. Komposisi struktur mikro hampir sama dengan jumlah acicular ferit semakin banyak seiring tebalnya logam las. Kekerasan lebih tinggi pada bentuk kecil dan kasarnya ferit yang ada pada kampuh U (lihat Gambar 4.10)

HASIL UJI KEKUATAN BENDING



Gambar 23. Histogram hasil rata-rata tegangan bending maksimum pada berbagai jenis kampuh.

PEMBAHASAN UJI BENDING

Dari hasil uji bending terlihat ada perbedaan yang menyolok harga Kekuatan Bending antara kampuh ganda (kampuh double V: 281,74 kg/mm² dan double U : 274,535 kg/mm²) dengan kampuh tunggal (kampuh I, V dan U: 114,27 kg/mm²).

Pada kampuh ganda harga kekuatan bending besar, karena penembusan logam las dilakukan dari dua arah, sehingga lebih homogen dengan laju pendinginan yang relative lambat. Struktur yang terbentuk didominasi *acicular ferrit*, adanya *inter locking* pada struktur akan meningkatkan keuletannya. (Gb.19 dan 20). Terlihat kakuatan bending/ lentur kampuh U dan V jauh lebih tinggi dari kekuatan lentur kampuh I,V dan U.

KESIMPULAN .

1. Hasil uji komposisi kimia menunjukkan bahwa bahan baja karbon yang digunakan merupakan klasifikasi baja karbon rendah yang mempunyai kadar karbon 0,236% C.bahan ini termasuk Golongan baja Karbon rendah
2. Struktur mikro yang terbentuk didaerah las terbentuk *Grain boundary ferrite*, *widmanstatten ferrite*, dan *acicular ferrite*, didaerah las kampuh *double U* didominasi *acicular ferrite* terbesar merata di semua daerah las dan merupakan kampuh las tertinggi. Sehingga struktur *acicular ferrite* inilah yang diharapkan dari setiap proses pengelasan, karena mampu menghambat terjadinya retak.
3. Hasil uji kekerasan *Vickers* menunjukkan bahwa daerah lasan memiliki nilai kekerasan tertinggi dibanding dengan daerah HAZ maupun logam induknya dan kekerasan lasan tertinggi dimiliki oleh kampuh U sebesar 191,07 kg/mm² sedangkan kampuh V memiliki tingkat kekerasan daerah las sebesar 159,8 kg/mm².
4. Hasil pengujian *bending* menunjukkan bahwa kampuh double V memiliki tegangan *bending* maksimum tertinggi dengan nilai 281,745 N/mm² dan tegangan *bending* maksimum terendah ada pada bentuk kampuh I dengan nilai tegangan maksimum 114,27 N/mm². Terlihat perbedaan kekuatan bending yang ekstrim antara kampuh tunggal dan kampuh ganda Terlihat bahwa kampuh-kampuh tunggal tidak mampu menahan beban bending/lentur yang besar

SARAN

Sambungan untuk kekuatan bending yang baik dalam pengelasan sudut adalah memakai jenis kampuh double V, karena pada kampuh tersebut terjadi penembusan las yang merata, sehingga tidak terjadi retak sehingga mempunyai kekuatan

lentur yang besar, disamping pembuatan kampunya mudah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih sebesar-besarnya kami ucapkan kepada Staf Lab. Material Teknik STTNAS dan Lab. Material D3 UGM serta kawan-kawan di INLASTEK Solo, Juga pada Saudara Agung yang banyak membantu pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA.

- Avner,H, 1982, *Introduction to Physical Metallurgy*, Mc. Graw-Hill Book Company, Singapore.
- Amstead, 1988, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Erlangga , Jakarta
- JIS HANDBOOK, 1981 "Ferrous Materials", Japanese Standards Association.
- JIS-ASME-DIN, 1978 "Handbook Of Comparative", Toyo Engineering Corporatin.
- John Stefford, 1989, "Teknologi Kerja Logam". Cetakan ketiga, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Easterling, K, 1983, "Introduction to the Physical Metallurgy of Welding", Butterworth-Heinemann, Oxford, Uk.
- Keyon, W., 1985 "Dasar-dasar pengelasan" Erlangga, Jakarta.
- Sriwidharto, 2001, "Petunjuk Kerja Las", Penerbit PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suharno, 2008, "Prinsip – Prinsip Teknologi dan Metalurgi Pengelasan, Fak.Keguruan UNS, Surakarta.