

**PENGARUH VARIASI BENTUK KAMPUH TERHADAP STRUKTUR MIKRO,
KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK PADA PROSES PENGELASAN BAJA
SS400 DENGAN METODE SMAW**

Anjas Nurcahyo Kurniawan¹⁾, Suharno²⁾, Indah Widiastuti³⁾

Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Universitas Sebelas Maret Surakarta

E-mail : anjas1910.kurniawan@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this research is to investigate the influence of groove weld type on the welding joint to the physical and mechanical characteristic using the Shielded Metal Arc Welding (SMAW) method. The welding process causes the around metal has thermal cycles and then resulting metallurgical changes, deformations and thermal stresses. Because of these structural changes, the mechanical characteristic will change as well.

This research use experimental method that is researcher doing butt joint welding with X, V and ½ V groove weld type by using low carbon steel SS400 with carbon content 0,1% then testing micro structure, hardness and tensile strength.

Based on the results of the study, it can be concluded that the results of microstructure test showed improvement of acicular structure of ferrite and pearlite after welding. In raw material, the grain boundary structure of ferrite is evenly distributed. Hardness values on welding results indicate a different level of violence. The specimen with V type has the highest hardness of 248,6 VHN, then the specimen with ½ V form is 233,7 VHN and the specimen with the X type is 228,6 VHN while the raw material has hardness value 200,58 VHN. The value of tensile strength on the welding results indicates a difference. The specimen with the V type have the highest tensile strength level of 430,97 MPa and strain 18,11% then the ½ V type is 419,93 MPa and strain 15,52% followed by the X type with the average of tensile strength 414,88 MPa and strain 14,92% and on raw material has a tensile strength value 401,94 MPa and strain 13,26%. This study shows that welding using variations of groove weld type changes the microstructure and affects the hardness and tensile strength of SS400 Steel.

Keywords: *Shielded Metal Arc Welding (SMAW), SS400 Steel, Groove Weld, Micro Structure, Hardness, Tensile Strength*

PENDAHULUAN

Penyambungan logam dengan metode pengelasan semakin banyak digunakan, baik pada konstruksi bangunan maupun mesin, karena banyak keuntungannya. Namun, harus diakui bahwa sambungan las juga memiliki

kelemahan, antara lain: timbulnya lonjakan tegangan yang besar akibat perubahan struktur mikro di daerah sekitar las yang menyebabkan turunnya kekuatan bahan dan akibat tegangan sisa, serta adanya

retak akibat dari proses pengelasan (Jamasri, 1999).

Suatu logam mempunyai sifat mekanik yang tidak hanya tergantung pada komposisi kimia suatu paduan, tetapi juga tergantung pada struktur mikronya. Suatu paduan dengan komposisi kimia yang sama dapat memiliki struktur mikro yang berbeda, dan sifat mekaniknya pun akan berbeda, ini tergantung pada proses laku-panas yang diterima selama proses pengerjaan.

Sambungan tumpul adalah jenis sambungan yang paling efisien (Wiryosumarto dan Okumura, 1985). Untuk menghasilkan hasil pengelasan yang mempunyai kualitas yang baik, sudah seharusnya teknisi memperhatikan beberapa hal yang terkait dengan pengelasan diantaranya yang berpengaruh dalam pengelasan yaitu kampuh las, karena faktor yang mempengaruhi las adalah prosedur pengelasan yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang diperlukan seperti pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh (Wiryosumarto, 2000).

Menurut Sonawan (2003), pemilihan kampuh las juga harus

memperhatikan tebal pelat, jenis pelat, kekuatan yang diinginkan dan posisi pengelasan. Kampuh V tunggal (V) dapat dipakai untuk menerima gaya tekan yang besar, serta lebih tahan terhadap kondisi beban statis, namun kampuh ini kurang cocok untuk tebal pelat dibawah 5mm karena kampuh ini digunakan pada pelat dengan tebal 5-20mm agar perembesan (*penetrasi*) dapat dapat dicapai 100 persen (Handra, 2011). Kampuh V ganda (X) diutamakan untuk tebal pelat diatas 10mm. Penggunaan bahan pengisi akan lebih sedikit bila dibandingkan dengan penggunaan kampuh V tunggal dengan ketebalan yang sama. Distorsi akan lebih mudah dikontrol karena pengelasan dilakukan pada kedua sisi (Handra, 2011). Kampuh tirus tunggal ($\frac{1}{2}$ V) dipergunakan untuk beban tekan yang besar. Kampuh tirus tunggal letaknya disarankan terbuka dan dipakai pada ketebalan pelat 6-20mm (Nukman, 2009).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi bentuk kampuh terhadap struktur mikro, kekerasan dan kekuatan tarik baja SS400 dengan metode pengelasan SMAW.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Penelitian eksperimen yang dilaksanakan

di laboratorium dengan kondisi dan peralatan yang diselesaikan guna memperoleh data untuk dikaji karakteristik fisik dan mekanik hasil hasil pengelasan baja SS400 menggunakan variasi bentuk kampuh dengan metode las SMAW. Bahan yang dipakai pada penelitian ini adalah plat baja SS400. *Filler rod* yang dipakai menggunakan E7016.

Pengujian yang dilakukan meliputi uji metalografi (struktur mikro), uji kekerasan dan uji kekuatan tarik. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin gerinda tangan, jangka sorong, mesin *Olympus Metallurgical Microscope*, mesin *Micro Hardnes Tester Vickers* dan mesin *Universal Testing Machine*.

Spesimen yang digunakan pada penelitian ini untuk pengujian struktur mikro dan kekerasan berjumlah 3 buah untuk spesimen pengelasan dan 1 buah untuk spesimen tanpa las dengan ukuran 50 mm X 30 mm X 12 mm.

Spesimen untuk pengujian kekuatan tarik berjumlah 10 spesimen (1 spesimen tanpa pengelasan, 3 spesimen kampuh X, 3 spesimen kampuh V dan 3 spesimen kampuh $\frac{1}{2}$ V) dengan ukuran sesuai standar ASTM E8.

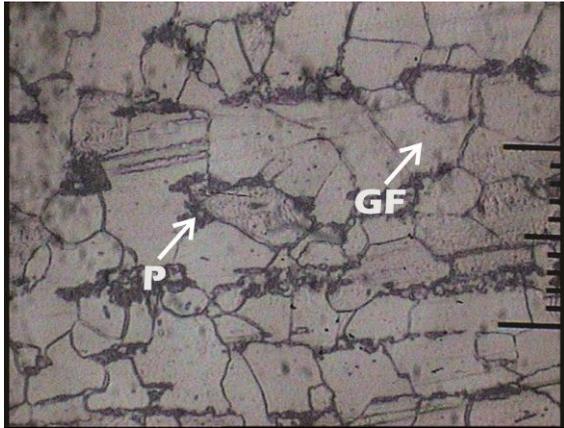
Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis dengan metode deskriptif. Data

yang diperoleh dalam penelitian ini berupa data komposisi kimia, kekerasan, dan struktur mikro serta dari observasi kemudian dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

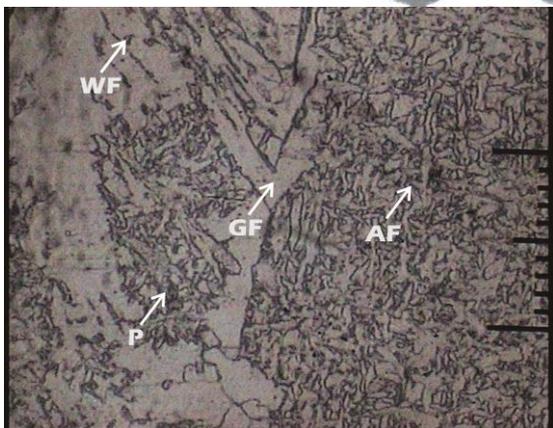
Baja karbon rendah SS400 tergolong dalam baja karbon rendah karena hanya mengandung karbon 0,1 % Pengelasan dilakukan terhadap tiga spesimen dengan variasi bentuk kampuh yaitu kampuh X, kampuh V dan Kampuh $\frac{1}{2}$ V dengan metode pengelasan SMAW. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui nilai kekuatan tarik, nilai kekerasan dan struktur mikro pada masing – masing bentuk kampuh.

Pengujian struktur mikro pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur mikro dari baja karbon rendah SS400 setelah dilakukan pengelasan SMAW. Struktur mikro material tersebut dilihat melalui foto mikro dengan perbesaran 100X dan 200X menggunakan alat *Metallurgical Microscope with Inverted* (Olympus PME).

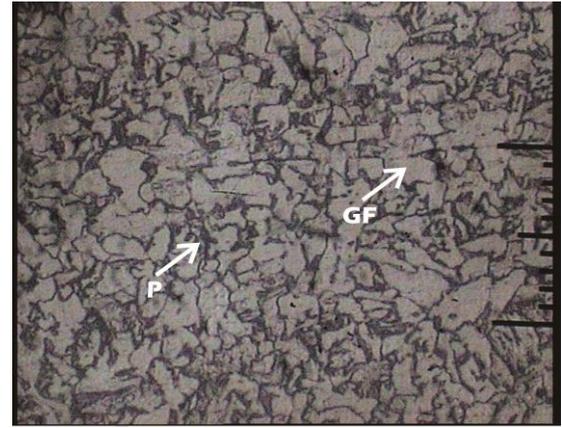


Gambar 1. struktur mikro spesimen tanpa las.

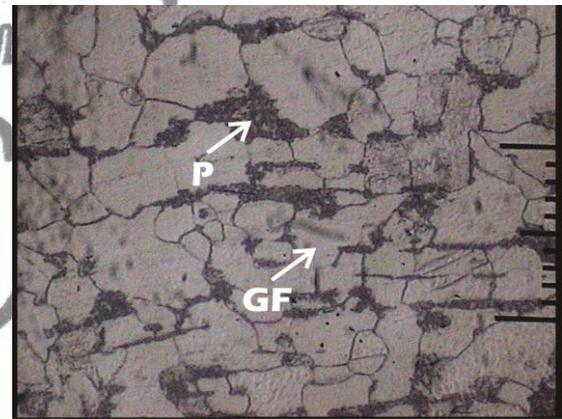
Pada gambar 1 menunjukkan hasil uji struktur mikro *raw material* (tanpa las). Pada *raw material* butiran *ferrite* mendominasi atau *ferrite* sangat merata dibandingkan dengan *perlite* (P), yang jumlahnya tidak dominan. *Ferrite* yang terbentuk dalam raw material adalah ferit batas butir GF (*grain boundary ferrite*).



Gambar 2. struktur mikro daerah las spesimen kampuh X



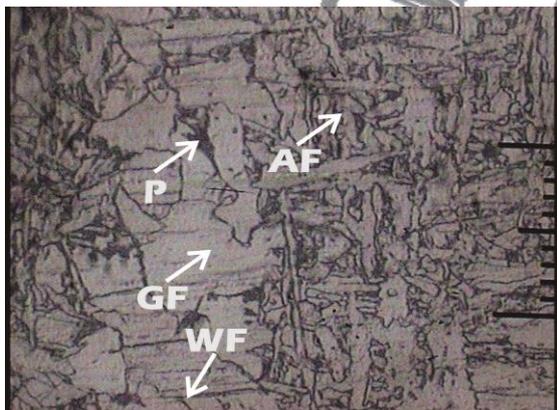
Gambar 3. Struktur mikro daerah HAZ spesimen kampuh X



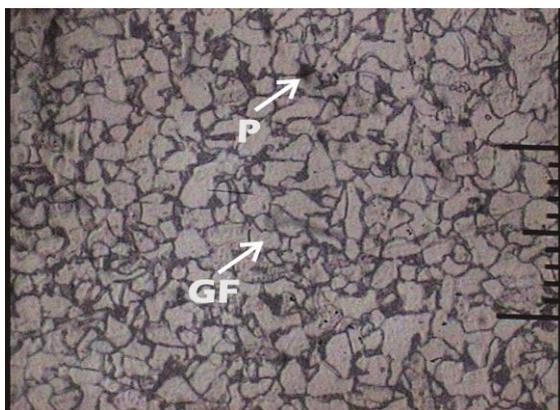
Gambar 4. Struktur mikro daerah induk spesimen kampuh X.

Pada gambar 2 dapat dilihat bahwa struktur mikro yang terbentuk pada daerah lasan ini adalah *perlite* (P), *grain boundary ferrite* (GF), *widmanstatten ferrite* (WF) dan *acicular ferrite* (AF), dan terlihat bahwa *acicular ferrite* (AF) mempunyai jumlah yang sangat dominan dibanding dengan yang lainnya di daerah lasan ini. Struktur *acicular ferrite* (AF) inilah yang diharapkan dari setiap pengelasan, karena struktur ini sebagai *interlocking structure* yang mampu menghambat laju perambatan retak (Suharno, 2008).

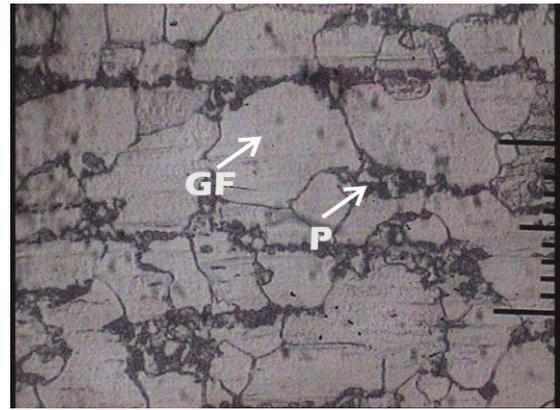
Pada daerah HAZ (gambar 3) dan daerah induk (gambar 4) terlihat struktur *perlite* (*P*) dan *grain boundary ferrite* (*GF*) yang mendominasi, namun struktur *grain boundary ferrite* (*GF*) jumlahnya sangat dominan pada daerah ini, namun pada daerah induk jumlahnya lebih dominan dibanding dan terlihat sangat jelas dibanding HAZ, *grain boundary ferrite* (*GF*) terbentuk karena laju pendinginan yang rendah dan proses terbentuknya *ferrite* ini berlangsung secara difusi karbon.



Gambar 5. Struktur mikro daerah las spesimen kampuh V.



Gambar 6. Struktur mikro daerah HAZ spesimen kampuh V.

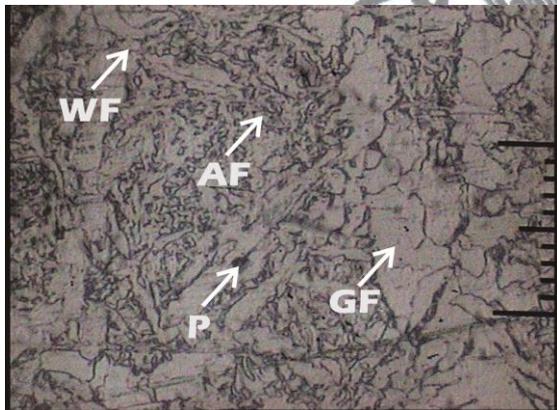


Gambar 7. Struktur mikro daerah induk spesimen kampuh V.

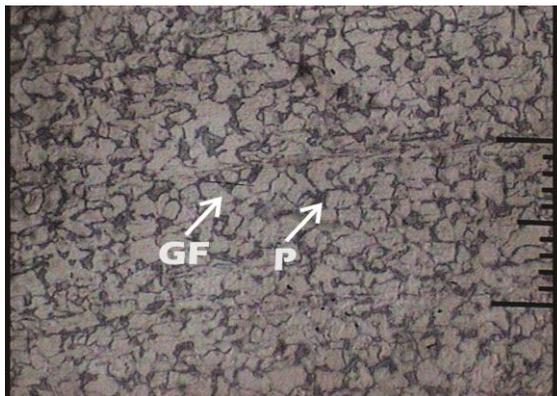
Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa struktur mikro yang terbentuk pada daerah lasan ini adalah *perlite* (*P*), *grain boundary ferrite* (*GF*), *widmanstatten ferrite* (*WF*) dan *acicular ferrite* (*AF*), dan terlihat bahwa *acicular ferrite* (*AF*) mempunyai jumlah yang sangat dominan dibanding dengan yang lainnya didaerah lasan ini. Ini karena laju pendinginan didaerah lasan ini kecepatannya sedang dan juga dipengaruhi oleh inklusi.

Dalam proses pembentukan struktur mikro terutama *acicular ferrite*, sangat dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya inklusi. Inklusi adalah partikel halus sebagai akibat dari reaksi oksidasi atau reduksi selama proses pengelasan dan tidak ikut larut dalam logam las cair. Sedangkan terbentuknya inklusi dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain komposisi logam induk, elektoda las, gas, udara, atau fluks yang digunakan (Suharno, 2008)

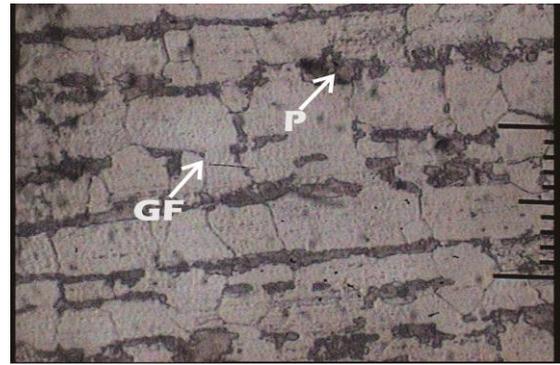
Pada daerah HAZ gambar 6 struktur yang terlihat *perlite* (*P*) dan *grain boundary ferrite* (*GF*), *acicular ferrite* (*AF*) sudah tidak terlihat dan pada daerah induk 7 terlihat struktur *perlite* (*P*) dan *grain boundary ferrite* (*GF*), namun struktur *grain boundary ferrite* (*GF*) jumlahnya sangat dominan, hal ini disebabkan oleh besarnya masukan panas dan waktu pendinginan yang relatif lebih lambat.



Gambar 8. Struktur mikro daerah las spesimen kampuh $\frac{1}{2}$ V.



Gambar 9. Struktur mikro daerah HAZ spesimen kampuh $\frac{1}{2}$ V.



Gambar 10. Struktur mikro daerah induk spesimen kampuh $\frac{1}{2}$ V.

Pada gambar 8 dapat dilihat bahwa struktur mikro yang terbentuk pada daerah lasan ini adalah *perlite* (*P*), *grain boundary ferrite* (*GF*), dan *acicular ferrite* (*AF*), dan terlihat bahwa *acicular ferrite* mempunyai jumlah yang sangat dominan dibanding dengan yang lainnya di daerah lasan ini. Pada daerah HAZ (gambar 9) struktur yang terlihat *perlite* (*P*) dan *grain boundary ferrite* (*GF*) yang jumlahnya semakin meningkat dan *acicular ferrite* (*AF*) sudah tidak terlihat dan pada daerah induk (gambar 10) terlihat struktur *perlite* (*P*) dan *grain boundary ferrite* (*GF*), struktur *grain boundary ferrite* (*GF*) jumlahnya sangat dominan, hal ini disebabkan oleh besarnya masukan panas dan waktu pendinginan yang relatif lebih lambat.

Dari setiap variasi bentuk kampuh pengelasan memiliki foto struktur mikro yang berbeda – beda dengan variasi bentuk kampuh lain, dikarenakan bentuk kampuh pengelasan yang berbeda – beda, sehingga

masukannya atau penyebaran panas yang dihasilkan pada setiap variasi bentuk kampuh juga berbeda.

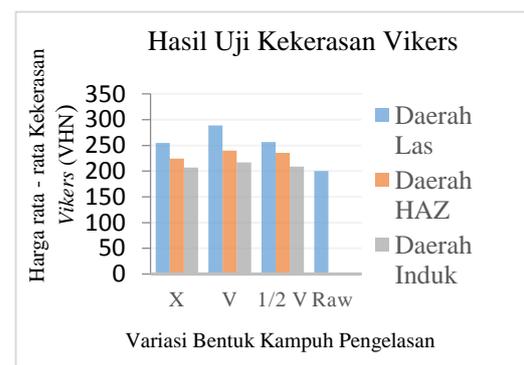
Hasil dari foto struktur mikro baja SS400 dengan variasi bentuk kampuh X (kampuh V ganda), V (kampuh V tunggal) dan $\frac{1}{2}$ V (Kampuh setengah V) menunjukkan daerah-daerah *ferrite* yang terpisah. Hal ini sesuai dengan teori Vlack (1985:386) bahwa baja dengan struktur mikro yang mengandung daerah-daerah *ferrite* yang terpisah disebut baja *hipoeutektoid* (baja dengan kadar karbon rendah).

Pengujian kekerasan dilakukan pada spesimen tanpa las dan juga hasil pengelasan yang meliputi daerah las, HAZ (*Heat Affection Zone*) dan pada *base material*. Diagonal hasil injakan indenter kerucut intan diukur dengan bantuan lensa pembesar (*Linen Tester Lope*).

Berdasarkan hasil pengamatan dari pengujian kekerasan *Vickers* maka nilai kekerasan tertinggi terdapat pada Spesimen dengan kampuh V mempunyai nilai rata – rata kekerasan 248,6 VHN, kemudian spesimen dengan bentuk kampuh $\frac{1}{2}$ V yaitu 233,7 VHN dan spesimen dengan bentuk kampuh X yaitu 228,6 VHN sedangkan pada raw material mempunyai nilai kekerasan 200,58 VHN.

Daerah las pada ketiga spesimen cenderung lebih keras jika dibandingkan

dengan HAZ dan induk. Jika diamati pada struktur mikronya, daerah las cenderung memiliki struktur mikro *acicular ferrite* luas, namun pada daerah HAZ dan Induk *acicular ferrite* sudah tidak terlihat dan *grain boundary ferrite* yang mendominasi daerah tersebut. Nilai kekerasan yang semakin kecil dari pusat lasan ini juga sesuai dengan pernyataan Easterling (1983) bahwa nilai kekerasan cenderung menurun mulai dari batas lebur sampai logam dasar tergantung pada ukuran butir (struktur mikro). Hal ini disebabkan semakin jauh dari pusat lasan, maka pengaruh panas akan semakin berkurang. Keuletan dan ketangguhan logam las juga akan meningkat jika struktur mikro yang terbentuk berupa *acicular ferrite*, sebaliknya penurunan keuletan dan ketangguhan terjadi jika pada logam las struktur mikro yang terbentuk berupa *grain boundary ferrite* (Suharno, 2008).



Gambar 11. Grafik Nilai Rata-rata Uji Kekerasan Vickers

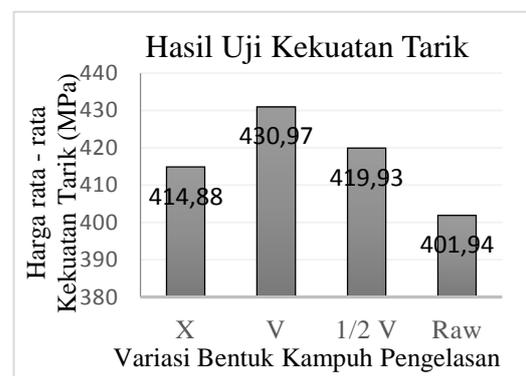
Dari hasil pengujian tarik didapat data berupa nilai tegangan dan regangan.

Dari tabel 4.6 nilai rata – rata kekuatan tarik dari baja SS400 untuk bentuk kampuh X (kampuh V ganda)

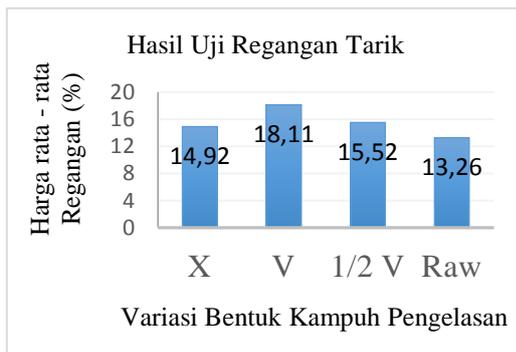
adalah 414,88 *MPa*, sedangkan untuk nilai rata – rata regangannya adalah 14,92%. Dari tabel 4.7. nilai rata – rata kekuatan tarik dari baja SS400 untuk bentuk kampuh V (kampuh V tunggal) adalah 430,97 *MPa*, sedangkan untuk nilai rata – rata regangannya adalah 18,11 %. Dari tabel 4.8. nilai rata – rata kekuatan tarik dari baja SS400 untuk bentuk kampuh ½ V (kampuh setengah V) adalah 419,93 *MPa*, sedangkan untuk nilai rata – rata regangannya adalah 15,52% dan pada raw material mempunyai nilai kekuatan tarik 401,94 *MPa* dengan regangan 13,26 %.

Hasil pengujian kekuatan tarik terdapat perbedaan nilai tegangan dan regangan antara masing – masing variasi bentuk kampuh. Nilai tegangan dan regangan tertinggi didapat pada variasi bentuk kampuh V (kampuh V tunggal) dengan nilai rata – rata kekuatan tarik 430,97 *MPa* dan nilai rata – rata regangan 18,11 %. Sedangkan untuk nilai kekuatan tarik dan regangan terendah didapat pada variasi bentuk kampuh X (V ganda) dengan nilai rata – rata kekuatan tarik 414,88 *MPa*, sedangkan untuk nilai rata – rata regangan 14,92 %.

Jika dilihat dari gambar 4.6, hasil uji tarik ini berbanding lurus dengan uji kekerasan. Semakin keras suatu material semakin kuat juga tegangan tariknya. Hal ini sesuai dengan hubungan kekerasan dengan kekuatan tarik, dimana diketahui bahwa kekerasan dan kekuatan material mempunyai hubungan garis lurus (Zuliardie, 2004). Hal ini disebabkan pengaruh *welder* yang berpengalaman serta arus yang digunakan tepat (Santoso, 2006). Dalam penelitian yang dilakukan (Santoso, 2006) penggunaan arus yang tepat berpengaruh pada hasil patahan kekuatan tarik. Hal ini dibuktikan dalam penelitian ini daerah patahan tidak terjadi pada daerah *HAZ* maupun daerah lasan. Selain itu kekuatan tarik juga dipengaruhi oleh jenis patahan. Dalam penelitian ini patah yang terjadi adalah patah ulet hal ini dipengaruhi unsur karbon (C) dalam baja SS 400 maupun elektroda.



Gambar 12. Grafik Nilai Rata-rata Uji Kekuatan Tarik



Gambar 13. Grafik Nilai Rata-rata Uji Regangan Tarik

Tegangan juga berbanding lurus dengan regangan, semakin tinggi nilai tegangan semakin tinggi juga regangannya (seperti gambar 4.7 dan gambar 4.8). Untuk hampir semua logam, pada tahap sangat awal dari uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linier atau linear zone. Di daerah ini, kurva pertambahan panjang vs beban mengikuti aturan Hooke.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Terdapat perbedaan struktur mikro pada setiap variasi bentuk kampuh. Pada raw material struktur *grain boundary ferrite* terlihat merata, pada daerah las kampuh X, V dan $\frac{1}{2}$ V struktur *acicular ferrite* terlihat merata diikuti *widmanstatten ferrite*, *grain boundary ferrite* dan *perlite*, pada daerah batas las dengan

HAZ struktur *accicular ferrite* menurun dan *grain boundary ferrite* sedikit bertambah dan didaerah HAZ, batas HAZ dengan induk, induk *accicular ferrite* sudah tidak terlihat, *grain boundary ferrite* sangat dominan dan ada sedikit *perlite*.

2. Terdapat perbedaan nilai kekerasan pada setiap variasi bentuk kampuh. Spesimen dengan kampuh V mempunyai nilai rata – rata kekerasan 248,6 VHN, kemudian spesimen dengan bentuk kampuh $\frac{1}{2}$ V yaitu 233,7 VHN dan spesimen dengan bentuk kampuh X yaitu 228,6 VHN sedangkan pada raw material mempunyai nilai kekerasan 200,58 VHN.
3. Terdapat perbedaan nilai tegangan dan regangan pada setiap variasi bentuk kampuh. Spesimen dengan bentuk kampuh V mempunyai tingkat kekuatan tarik tertinggi yaitu 430,97 MPa dan regangan 18,11 % kemudian bentuk kampuh $\frac{1}{2}$ V adalah 419,93 MPa dan regangannya adalah 15,52 % diikuti bentuk kampuh X dengan nilai rata – rata kekuatan tarik 414,88 MPa dan regangan 14,92 % dan pada raw material mempunyai nilai kekuatan tarik 401,94 MPa dan regangan 13,26 %.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook. 1992. Volume 9: Metallography and Microstructure. Untited State Of America.
- Easterling Kenneth. (1983), *Introduction to the Physical Metallurgy of Welding*, Butterworths and Co. Ltd., London.
- Handra, N & Yudi, P.I. (2011). Studi Kekuatan Hasil Las Oxy – Acetylene pada Variasi Kampuh. *Jurnal Teknik Mesin*. 1 (1), 1-8.
- Jamasri dan Subarmono, (1999). *Pengaruh Pemanasan Lokal terhadap Ketangguhan dan Laju Perarnbatan Retak Plat Baja "Grade B"*. Yogyakarta: Media Teknik.,UGM.
- Nukman. (2009). Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah Akibat Variasi Bentuk Kampuh Las dan Mendapatkan Perlakuan Panas Annealing dan Normalizing. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 9 (2), 37-43.
- Sonawan H. (2003). *Pengelasan Logam*. Bandung: Alfabeta.
- Suharno. (2008). *Prinsip – Prinsip Teknologi dan Metalurgi Pengelasan Logam*. Surakarta: LPP UNS dan UNS Press.
- Suharno. (2008). Struktur Mikro Las Baja C-Mn Hasil Pengelasan Busur Terendam dengan Variasi Masukan Panas. *Jurnal Teknik Mesin*. 10 (1), 40-45.
- Van Vlack, Lawrence H. (1985). *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Terjemahan Sriati Djaprie.1981. Jakarta: Erlangga.
- Wirjosumarto, H Dan Okumura, T. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam*. Cetakan Ke 8. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Zuliardie, R. (2004). Hubungan Antara Besar Butir dengan Kekuatan dan Kekerasan pada Logam Aluminium. *Jurnal R & B*. 4 (1).