

**PENGARUH VARIASI BESAR SUDUT KAMPUH V TUNGGAL
TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KEKERASAN, DAN KEKUATAN TARIK
MATERIAL BAJA SS400 DENGAN
METODE PENGELASAN SMAW**

Muhammad Farid Anshori¹⁾, Suharno²⁾, Yuyun Estriyanto³⁾
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Sebelas Maret Surakarta
E-mail : muhfaridanshori@gmail.com

ABSTRACT

The aim of this research is to determine the effect of the groove angle to the microstructure, hardness, and tensile strength on SS400 steel alloys before (raw material) and after welding using the Shielded Metal Arc Welding (SMAW) method. This research used experimental method with descriptive comparative data analysis. The tool used for microstructure test is Olympus Metallurgical Microscope, using Vickers Hardness Tester for hardness test, and using the Universal Testing Machine for tensile test. Based on the data, it could be concluded that the results of the microstructure test showed an increase in pearlite structure after welding. In raw material, ferrite structures are seen evenly but on welding, results using the SMAW method with a 50°, 60°, and 70° weld groove angles indicated that ferrite is reduced in each specimen, so the pearlite structure is very dominating. The number of hardness and tensile strength on the welding results indicate a difference in the level of hardness and tensile strength. Specimens with a 70° groove angle have a higher hardness level of 276 VHN when compared to 50° groove angle specimens of 248 VHN and 60° of 255 VHN. Specimens with a 70° groove angle have a higher tensile strength which is 432.51 MPa when compared to the 50° groove angle specimens of 407.56 MPa and 60° at 425.69 MPa. The tensile strength test results in raw material amounted to 401.94 MPa. This study shows that welding with variations of groove angle changes the microstructure and affects the hardness and tensile strength of SS400 steel alloys.

Keywords: Shielded Metal Arc Welding (SMAW), SS400, microstructure, hardness, tensile strength.

PENDAHULUAN

Penyambungan logam dengan metode pengelasan semakin banyak digunakan, baik pada konstruksi bangunan maupun mesin, karena banyak keuntungannya. Pengelasan merupakan salah satu jenis penyambungan diantara penyambungan yang lain seperti baut dan keeling. Berbeda antara keduanya bahwa pengelasan membutuhkan perhatian yang khusus diantaranya adalah jenis pengelasan dan karakteristiknya (Suharno, 2008). Menurut Cary (1998), luasnya penggunaan proses penyambungan dengan pengelasan disebabkan oleh biaya murah, pelaksanaan relatif lebih cepat, lebih ringan, dan bentuk konstruksi lebih variatif. 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, serta adanya retak akibat dari proses pengelasan (Jamarsi, 1999).

Proses pengelasan terdapat berbagai macam sambungan las. 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 diantara yang berpengaruh dalam pengelasan yaitu kampuh las. Kampuh las ini berguna untuk menampung bahan pengisi agar lebih banyak yang melekat ke benda

kerja. Dengan demikian kekuatan las akan lebih bagus.

Paduan baja karbon rendah banyak digunakan untuk konstruksi umum karena mempunyai sifat mampu las dan kepekaan terhadap retak las. Kepekaan retak yang rendah cocok terhadap proses las, dan dapat digunakan untuk pengelasan pelat tipis dan pelat tebal. Kualitas daerah las hasil pengelasan lebih baik dari logam induk. Baja SS 400 dijelaskan secara umum merupakan baja karbon rendah, disebut juga baja lunak, banyak sekali digunakan untuk pembuatan baja batangan, tangki, perkapalan, jembatan, menara, pesawat angkat dan dalam pemesinan. Dalam perancangan konstruksinya banyak melibatkan unsur pengelasan dengan sambungan las sebagai alternatif untuk menyambung bagian-bagian tertentu. Pembuatan sambungan las secara teknis memerlukan keterampilan yang tinggi bagi pengelasnya agar diperoleh sambungan dengan kualitas baik. Salah satu sambungan las cacat lambat laun akan menimbulkan rusaknya sambungan yang lain dan akhirnya konstruksi dapat runtuh yang menyebabkan kerugian materi yang tidak sedikit bahkan juga korban jiwa.

Kualitas pengelasan yang baik tentunya diperlukan suatu metode pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) (Subandi 2009).

Pemilihan kampuh las juga harus memperhatikan tebal pelat, jenis pelat, kekuatan

yang diinginkan dan posisi pengelasan. Kampuh V tunggal 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. Kampuh V ganda (X) lebih kuat daripada kampuh V tunggal (V), namun penggunaan kampuh ini diutamakan untuk tebal pelat di atas 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. Kampuh tirus tunggal dipergunakan untuk beban tekan yang besar. Kampuh tirus tunggal lebih baik daripada kampuh persegi tapi tidak lebih baik dari kampuh V, letaknya disarankan terbuka dan dipakai pada ketebalan pelat 6-20mm.

Berdasarkan hasil dari penelitian tentang variasi sudut kampuh V dan kuat arus dengan las *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) pada baja A36 terhadap sifat mekanis dapat disimpulkan untuk kuat arus 110 Ampere dengan sudut kampuh 90° memiliki kekerasan tertinggi di daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) sebesar 234,5 HV dan *Weld Metal* sebesar 230,5 HV. Sementara itu untuk kuat arus 70 Ampere dipadukan dengan sudut kampuh 50° memiliki nilai kekerasan terendah pada daerah *Base Metal* sebesar 168,5 HV. Hasil dari analisis besaran sudut kampuh dengan dipadukan dengan kuat arus ditengah antara 70 ampere sampai 110 ampere, mempunyai kekuatan tarik terbesar yang menggunakan sudut 70° nilai kekuatan tariknya sebesar 495,84 MPa dan untuk besaran sudut 90° nilai kekuatan tariknya terendah yaitu sebesar 482.71 Mpa. Sedangkan untuk sudut 50° nilai kekuatan tariknya 494,2 Mpa (Huda dan Setiawan, 2016).

Untuk mengetahui pengaruh variasi besar sudut kampuh V tunggal terhadap struktur mikro, kekerasan, dan kekuatan tarik baja SS400 maka dirancang specimen berbentuk plat dengan kampuh V tunggal dan arus 120 A hasil pengelasan *Shield Metal Arc Welding* (SMAW). Besar sudut kampuh yang digunakan dalam pengelasan ini adalah 50°, 60°, dan 70°. Berdasarkan latar belakang diatas, maka akan dilakukan penelitian mengenai pengaruh variasi besar sudut kampuh V tunggal terhadap struktur mikro, kekerasan, dan kekuatan tarik pada material baja SS400.

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 pengelasan. Bahan yang digunakan adalah

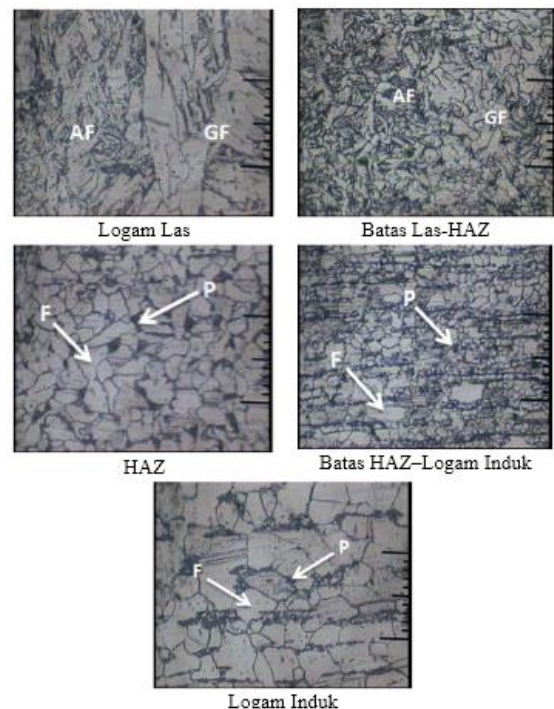
Paduan Baja SS400. Bahan tersebut akan di las dengan variasi besar sudut kampuh 50°, 60°, dan 70° menggunakan metode pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW).

Proses pengelasan benda uji dilakukan di Laboratorium Las INLASTEK dan untuk pengujian struktur mikro, kekerasan, dan kekuatan tarik specimen uji dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Program Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Pengujian yang dilakukan meliputi uji metalografi (struktur mikro), uji kekerasan, dan uji kekuatan tarik. Alat uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin *Olympus Metallurgical Microscope*, mesin *Micro Hardness Tester Vickers*, dan *Universal Testing Machine*. Pada uji kekerasan hasil pengelasan dengan besar sudut kampuh tertentu, daerah yang diuji adalah daerah lasan, daerah HAZ, daerah *base material*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Foto struktur mikro diambil pada daerah *raw material*, daerah las, daerah HAZ dan daerah induk dengan perbesaran 200x. Foto dengan perbesaran 100X diambil didaerah batas las dengan HAZ dan daerah batas HAZ dengan induk.



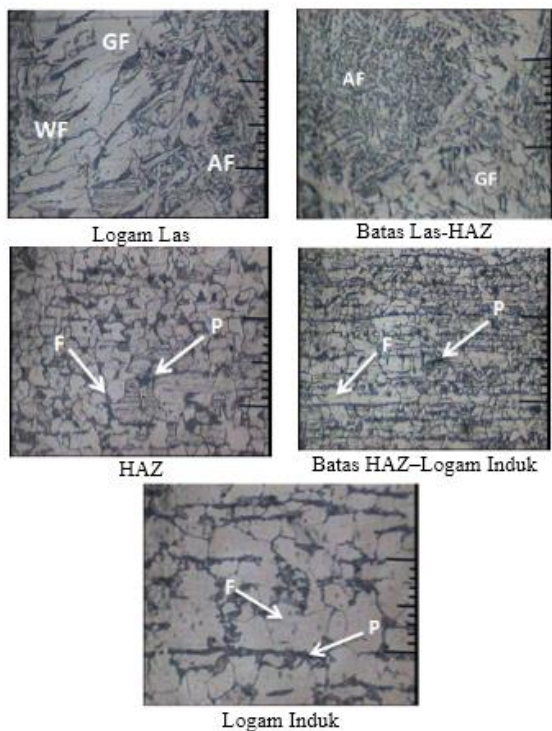
Gambar 1. Struktur mikro specimen sudut kampuh 50°

Pada gambar 1 diatas menunjukkan hasil uji struktur mikro pada logam las, batas logam las dengan HAZ, daerah HAZ, batas HAZ dengan logam induk dan logam induk dengan besar sudut kampuh 50°. Pada logam las menunjukkan struktur mikro *acicular ferrite* (AF) dan ferit batas butir atau *grain boundary ferrite* (GF). Pada gambar

tersebut foto struktur mikro untuk ferit batas butir terlihat besar dan struktur untuk *acicular ferrite* berbutir lembut dan mendominasi area.

Daerah batas logam las dengan HAZ menunjukkan struktur mikro *acicular ferrite* (AF) dan ferit batas butir atau *grain boundary ferrite* (GF). Pada gambar tersebut foto struktur mikro untuk *acicular ferrite* terlihat kecil dan struktur untuk ferit batas butir terlihat besar.

Pada daerah HAZ, batas HAZ dengan logam las, dan logam induk menunjukkan struktur mikro ferit dan perlit. Pada gambar tersebut foto struktur mikro untuk perlit cukup mendominasi area dan struktur untuk ferit terlihat kecil.



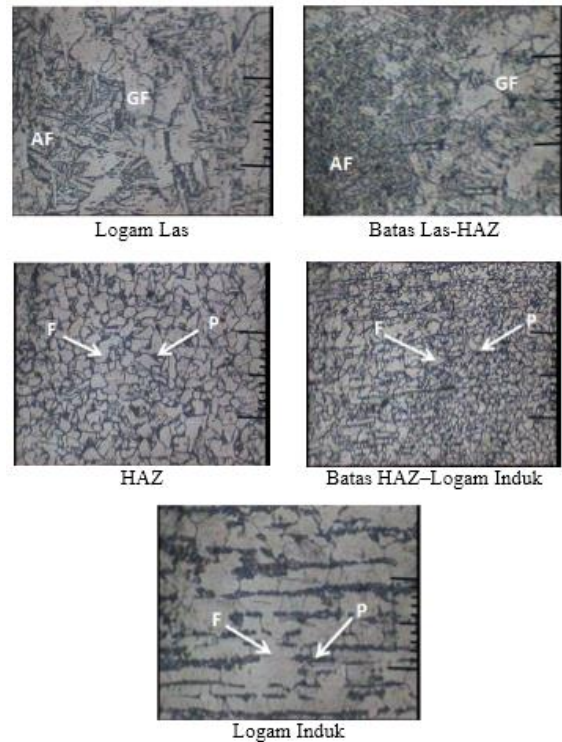
Gambar 2. Struktur mikro spesimen sudut kampuh 60°

Pada gambar 2 diatas menunjukkan hasil uji struktur mikro pada logam las, batas logam las dengan HAZ, daerah HAZ, batas HAZ dengan logam induk dan logam induk dengan besar sudut kampuh 60°. Pada logam las menunjukkan struktur mikro *acicular ferrite* (AF), ferit batas butir atau *grain boundary ferrite* (GF) dan *Widmanstatten ferrite* (WF). Pada gambar tersebut foto struktur mikro untuk ferit batas butir terlihat lebih kecil jika dibandingkan dengan besar sudut kampuh 50° dan struktur untuk *acicular ferrite* berbutir lembut masih mendominasi area. Jumlah *widmanstatten ferrite* pada gambar tersebut cukup banyak dan terdapat pada sepanjang garis batas butir.

Daerah batas logam las dengan HAZ menunjukkan struktur mikro *acicular ferrite* (AF) dan ferit batas butir atau *grain boundary ferrite* (GF). Pada gambar tersebut foto struktur mikro untuk *acicular ferrite* terlihat lebih halus

dibandingkan dengan besar sudut kampuh 50° dan struktur untuk ferit batas butir masih mendominasi area.

Pada daerah HAZ, batas HAZ dengan logam induk, dan logam induk menunjukkan struktur mikro ferit dan perlit. Pada gambar tersebut foto struktur mikro untuk ferit lebih sedikit dibandingkan pada besar sudut kampuh 50° dan struktur untuk perlit terlihat mendominasi area.



Gambar 3. Struktur mikro spesimen sudut kampuh 70°

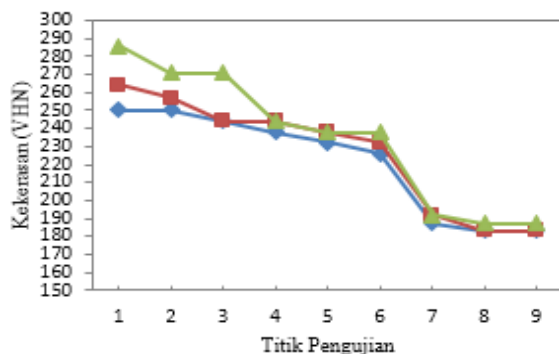
Pada gambar 3 diatas menunjukkan hasil uji struktur mikro pada logam las, batas logam las dengan HAZ, daerah HAZ, batas HAZ dengan logam induk dan logam induk dengan Besar Sudut Kampuh 70°. Pada logam las menunjukkan struktur mikro *acicular ferrite* (AF) dan ferit batas butir atau *grain boundary ferrite* (GF). Pada gambar tersebut foto struktur mikro untuk ferit batas butir terlihat kecil dan struktur untuk acicular ferrite berbutir lembut lebih mendominasi area jika dibandingkan dengan besar sudut kampuh 50° dan 60°.

Daerah batas logam las dengan HAZ menunjukkan struktur mikro *acicular ferrite* dan ferit batas butir atau *grain boundary ferrite* (GF). Pada gambar ini foto struktur mikro untuk ferit batas butir terlihat kecil dan struktur untuk acicular ferrite berbutir lembut lebih mendominasi area jika dibandingkan dengan besar sudut kampuh 50° dan 60°.

Pada gambar daerah HAZ, batas HAZ dengan logam induk, dan logam induk menunjukkan struktur mikro ferit dan perlit. Pada gambar

tersebut foto struktur untuk ferit terlihat lebih kecil dan struktur mikro perlit lebih mendominasi area dibandingkan pada besar sudut kampuh 50° dan 60°.

Uji kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat uji kekerasan Vickers. Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui perbedaan kekerasan dari material paduan baja SS400 sesudah dilas menggunakan variasi besar sudut kampuh (50°, 60°, dan 70°). Pengujian kekerasan dilakukan pada spesimen hasil pengelasan yang meliputi daerah las, HAZ (*Heat Affection Zone*) dan logam induk. Diagonal hasil injakan indentor kerucut intan diukur dengan bantuan lensa pembesar (Linen Tester Lope).



Gambar 4. Nilai Kekerasan Sudut Kampuh 50°, 60°, dan 70°

Gambar 4 menunjukkan nilai kekerasan hasil pengelasan dengan variasi besar sudut kampuh 50°, 60°, dan 70°. Besar sudut kampuh 70° mempunyai nilai kekerasan rata-rata paling tinggi dibandingkan dengan besar sudut kampuh 50° dan 60° yaitu sebesar 231,055 VHN.

Nilai rata-rata kekerasan tertinggi pada daerah logam las dengan besar sudut kampuh 70° yaitu sebesar 272 VHN. Pada daerah las dengan besar sudut kampuh 60° sebesar 256 VHN dan pada sudut kampuh 50° sebesar 248,333 VHN. Kekerasan di daerah las lebih tinggi dibandingkan kekerasan di daerah HAZ, hal ini diakibatkan oleh logam las yang bercampur dengan logam induk mempunyai kekerasan yang tinggi, sedangkan pada HAZ kekerasannya lebih rendah karena mengalami perubahan struktur.

Daerah las pada ketiga spesimen cenderung lebih keras jika dibandingkan dengan HAZ dan logam induk. Nilai kekerasan yang semakin kecil dari pusat lasan ini juga sesuai dengan pernyataan Easterling (1983) yang menyatakan 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.

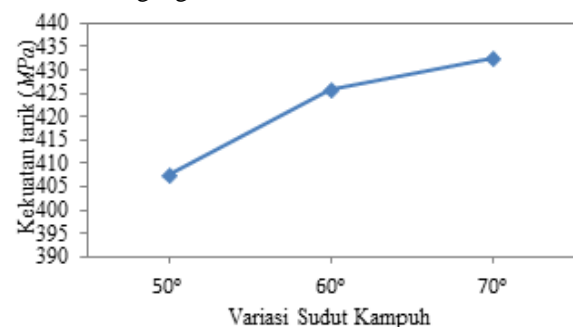
Berdasarkan pengamatan terhadap struktur mikronya, daerah las pada sudut kampuh 70° cenderung memiliki *acicular ferrite* yang lebih

banyak dan berupa bilah-bilah menyilang yang lebih optimal dibandingkan dengan daerah las pada sudut kampuh 50°, dan 60°. Struktur mikro *acicular ferrite* ini saling berkaitan satu sama lain membentuk *interlocking structure*. Struktur tersebut merupakan struktur yang paling efektif dalam menahan beban dan menahan rambatan retak yang terjadi sehingga daerah ini menjadi lebih keras. Ini berbanding lurus dengan pernyataan Lancaster (1996), bahwa semakin lembut *acicular ferrite* mempunyai kekerasan yang semakin tinggi.

Pada daerah HAZ terlihat tingkat kekerasannya menurun dibandingkan dengan daerah las. Semakin halus ukuran butir suatu bahan, maka bahan akan memiliki kekerasan yang besar, sedangkan pada daerah HAZ terjadi perambatan panas yang lambat sehingga menyebabkan butir membesar.

Berdasarkan hasil uji kekerasan hasil pengelasan menunjukkan bahwa diameter injakan indentor intan pada spesimen hasil pengelasan dengan variasi besar sudut kampuh 50°, 60°, dan 70° memiliki perbedaan nilai kekerasan. Perbedaan nilai kekerasan ini terletak pada persebaran tiap titik di daerah las, HAZ dan logam induk. Pada setiap spesimen besar sudut kampuh 70° memiliki tingkat kekerasan yang paling tinggi dibandingkan besar sudut kampuh 50° dan 60°.

Uji kekuatan tarik dilakukan dengan menggunakan mesin *universal testing machine*. Uji tarik dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik dari masing-masing spesimen material paduan baja SS400 sesudah dilas menggunakan variasi besar sudut kampuh (50°, 60°, dan 70°). pelaksanaan uji tarik dilakukan dengan cara menjepit bagian ujung-ujung dari masing-masing spesimen kemudian ditarik hingga patah. Spesimen uji tarik sebelumnya telah dilakukan pengelasan SMAW dengan variasi besar sudut kampuh dan dibentuk sesuai standar ASTM E8. Dari hasil pengujian tarik didapat data berupa nilai kekuatan tarik dan regangan.



Gambar 5. Nilai Rata-Rata Kekuatan Tarik

Dari gambar 5 di atas, nilai rata-rata kekuatan tarik dari baja SS400 untuk besar sudut kampuh 50° adalah 407,56 MPa, sedangkan untuk nilai rata-rata regangannya adalah 14,64%. Dari tabel 4.8 nilai rata-rata kekuatan tarik dari baja SS400 untuk besar sudut kampuh 60° adalah 425,69 MPa, sedangkan untuk nilai rata-rata regangannya adalah

15,80%. Dari tabel 4.9 nilai rata-rata kekuatan tarik dari baja SS400 untuk besar sudut kampuh 70° adalah 432,51 MPa, sedangkan nilai rata-rata regangannya adalah 18,11% 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 besar sudut kampuh. Nilai tegangan dan regangan tertinggi didapat pada variasi besar sudut kampuh 70° dengan nilai rata-rata kekuatan tarik 432,51 MPa dan nilai rata-rata regangan 18,11%. Sedangkan untuk nilai kekuatan tarik dan regangan terendah didapat pada variasi besar sudut kampuh 50° dengan nilai rata-rata kekuatan tarik 407,56 MPa, sedangkan untuk nilai rata-rata regangan 14,64%. Hal ini sesuai dengan hipotesis kedua dimana terdapat perbedaan nilai kekuatan tarik pada variasi besar sudut kampuh yang digunakan saat pengelasan.

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 (Zuliardi, 2004). Hal ini disebabkan pengaruh *welder* yang berpengalaman serta arus yang digunakan tepat (Santoso, 2006). 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 SS400 maupun elektroda.

Berdasarkan hasil uji kekuatan tarik menunjukkan bahwa spesimen hasil pengelasan dengan variasi besar sudut kampuh 50°, 60°, dan 70° memiliki perbedaan nilai kekuatan tarik. Dari tiga spesimen memiliki kekuatan tarik yang berbeda-beda dikarenakan besar sudut kampuh pengelasan yang berbeda-beda, sehingga masukan atau penyebaran panas yang dihasilkan pada setiap variasi besar sudut kampuh juga berbeda. Hal ini sesuai dengan hipotesis kedua dimana terdapat perbedaan kekuatan tarik pada variasi besar sudut kampuh yang digunakan saat pengelasan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh besar sudut kampuh pada pengelasan paduan baja SS400 dengan metode pengelasan SMAW, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Terdapat pengaruh besar sudut kampuh terhadap struktur mikro hasil pengelasan paduan baja SS400 dengan besar sudut kampuh 50°, 60°, dan 70°.
2. Terdapat pengaruh besar sudut kampuh terhadap tingkat kekerasan hasil pengelasan paduan baja SS400 dengan besar sudut kampuh 50°, 60°, dan 70°. Spesimen dengan besar sudut kampuh 70° mempunyai tingkat rata – rata

kekerasan yang lebih tinggi pada daerah logam las yaitu 276 VHN jika dibandingkan dengan spesimen besar sudut kampuh 50° sebesar 248 VHN dan 60° sebesar 255 VHN. Hasil uji kekerasan spesimen tanpa las (*raw material*) sebesar 182,333 VHN.

3. Terdapat pengaruh besar sudut kampuh terhadap nilai kekuatan tarik hasil pengelasan paduan baja SS400 dengan besar sudut kampuh 50°, 60°, dan 70°. Spesimen dengan besar sudut kampuh 70° mempunyai tingkat rata – rata kekuatan tarik yang lebih tinggi yaitu 432,51 MPa jika dibandingkan dengan spesimen besar sudut kampuh 50° sebesar 407,56 MPa dan 60° sebesar 425,69 MPa. Hasil uji kekuatan tarik spesimen tanpa las (*raw material*) sebesar 401,94 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Soleh, Anjis. (2016). *Analisa Pengaruh Kuat Arus terhadap Struktur Mikro, Kekerasan, Kekuatan Tarik pada Baja Karbon Rendah dengan Las Smaw Menggunakan Jenis Elektroda E7016*. Skripsi Dipublikasikan. Universitas Wahid Hasyim, Semarang.
- Arifin, S. (1997). *Las Listrik dan Otogen*. Jakarta : Ghalia Indonesia.
- Cary, H.B. (1998). *Modern Welding Technology*. New Jersey, USA : Prentice Hall.
- Easterling, Kenneth. (1983). *Introduction to the Physical Metallurgy of Welding*. London : Butterworths and Co Ltd.
- Jamasri & Subarmono. (1999). *Pengaruh Pemanasan Lokal terhadap Ketangguhan dan Laju Perambatan Retak Plat Baja*. Yogyakarta : Media Teknik UGM.
- Rananggono, D. (2010). Studi Kekuatan Mekanik dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan SMAW dengan Variasi Preheat dan Postheat Menggunakan Metode Pendinginan Cepat dan Pendinginan Lambat. *Jurnal Ilmiah Teknik Kelautan Umsida*. Diperoleh pada 17 maret 2017, dari digilib.its.ac.id/ITS-Undergraduate.
- Santoso, Joko. (2006). *Pengaruh Arus Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Las SMAW dengan Elektroda E7018*. Skripsi Tidak Dipublikasikan. Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Soetardjo. (1997). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Subardi. (2009). *Pengaruh dari suhu area pemanasan terhadap kekerasan dan mikrostruktur pada pengelasan baja ST 37*. Yogyakarta : STTNAS

Suharno (2008). *Prinsip-Prinsip Teknologi dan Metalurgi Pengelasan Logam*. Surakarta : UNS Press.

Wiryosumarto, H. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Erlangga.