

PENGARUH SUDUT PENGELASAN TERHADAP KEKUATAN TARIK ALUMINIUM DAN TEMBAGA MURNI SAMBUNGAN TUMPUL FRICTION STIR WELDING

Yusoef Alfajrie Baraqbah, Djarot B. Darmadi, Bayu Satriya Wardhana.
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan Mayjend. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail: yusoefbaraqbah@gmail.com

Abstrak

Secara umum pengelasan dapat dibagi menjadi dua jenis yakni : fusion welding dan solid state welding. Friction Stir Welding (FSW) merupakan salah satu teknik terbaru dalam metode solid state welding. Pengelasan dengan metode Friction Stir Welding, merupakan pengelasan tanpa bahan tambah dan suhu kerjanya tidak melewati titik lebur benda kerja. Berbagai macam parameter yang dapat mempengaruhi kekuatan pengelasan pada friction stir welding, diantaranya ,kecepatan putaran spindle, kecepatan translasi tool, geometri pin, sudut pengelasan, dwell time, dan jenis material tool. Penelitian ini melakukan proses pengelasan FSW dengan menggunakan sambungan tumpul yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi sudut pengelasan terhadap kekuatan uji tarik dengan menggunakan aluminium dan tembaga sebagai materialnya. Pengelasan metode FSW dengan menggunakan sambungan tumpul serta mengontrol kecepatan spindle dan kecepatan pengelasan. Setelah itu memvariasi sudut pengelasan, sudut pengelasan yang digunakan adalah, -2° , 0° , 2° , 4° sehingga dapat dihasilkan data berupa kekuatan uji tarik. Kekuatan uji tarik terendah diperoleh pada variasi sudut pengelasan sebesar -2° nilai rata-rata sebesar 0.28 MPa , sedangkan kekuatan uji tarik tertinggi diperoleh pada variasi dengan sudut pengelasan sebesar 2° nilai rata-rata 0.76 MPa.

Kata kunci: Friction Stir Welding, Dissimilar metal, Kekuatan Tarik, Sudut Pengelasan.

PENDAHULUAN

Pengelasan sejauh ini tidak dapat dipisahkan pada dunia industri, Fusion Welding memiliki beberapa contoh adalah (SMAW) Shielded Metal Arc Welding, (RW) Resistance Welding, dan (GTAW) Gas Tungsten Arc Welding. Sedangkan solid state welding sambungan dengan cara tetap pada memanaskan material tetapi dibawah titik lebur suatu material tersebut. Solid state welding memiliki beberapa contoh forge welding, friction welding, explosion welding, dan friction stir welding.

Penyambungan dua buah material atau lebih yang berbeda menjadi semakin penting dalam dunia engineering untuk mengurangi berat dan meningkatkan performa dari suatu struktur perusahaan honda telah menggunakan metode FSW untuk menyambungkan dua buah material berbeda pada subframe mobil honda accord keluaran tahun 2013. Hasilnya dapat mengurangi berat produk sebesar 25% .

Friction Stir Welding (FSW) merupakan salah satu teknik terbaru dalam metode solid state welding. Mula – mula FSW ditemukan oleh The Welding Institute Inggris pada tahun 1991. [1]

TINJAUAN PUSTAKA

Aluminium merupakan logam ringan yang tahan korosi dan memiliki nilai hantaran listrik yang baik. Pada dunia modern, aluminium diberi logam tambahan seperti Cu, Mg, Si, Mn, Zn, dan Ni untuk meningkatkan kekuatan mekanik dan memberikan tambahan sifat baik lainnya. [2]

Tembaga dalam dunia industri pada umumnya digunakan sebagai bahan penghantar listrik dan penukar panas. Dalam tembaga murni untuk keperluan industri biasanya terdapat unsur-unsur gas yang memberikan pengaruh terhadap berbagai sifat. Oksigen adalah unsur penting yang berhubungan dengan kadar hidrogen dan belerang. Berikut adalah mechanical properties dan thermal properties pada tembaga murni:[2]

Prinsip Friction Stir Welding gesekan dua benda yang terus-menerus akan menghasilkan panas, ini merupakan suatu prinsip dasar terciptanya proses pengelasan gesek. Pada proses friction stir welding, sebuah tool yang berputar di tekankan pada material yang akan di satukan.

Pengelasan FSW secara umum dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu sambungan temu (Butt joint) dan sambungan tumpang tindih (Lap joint). Namun seiring perkembangannya, pengelasan dengan metode

ini dapat dilakukan dengan beberapa variasi diantaranya : sambungan temu dengan ketebalan benda (Dissimilar Thickness Butt), sambungan tegak lurus (Tee), sambungan sudut (Corner), sambungan pengisian tumpang tindih (Lap Fillet), dan sambungan temu ganda (Double Sided Butt).

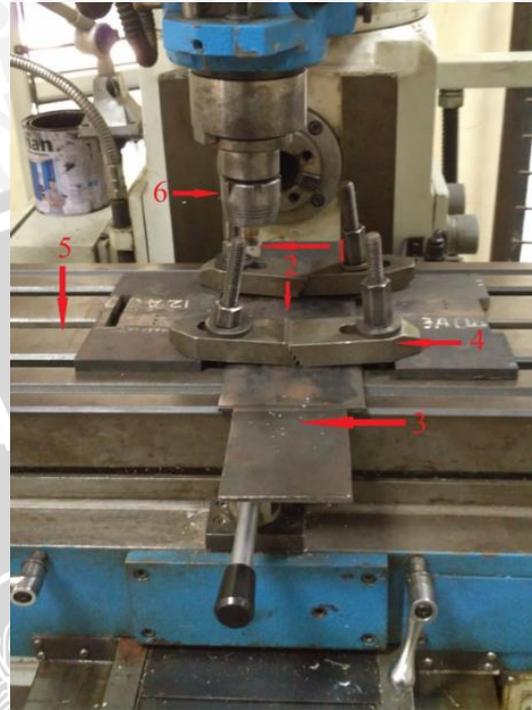
Parameter pengelasan dari FSW meliputi: Kecepatan putar (rotational speed) dan kecepatan tempuh (travel speed). Dengan variasi rotational speed dan travel speed akan didapatkan axis load. Bentuk shoulder dan pin gaya normal (normal force), kemiringan tool, kedalaman shoulder (shoulder plunge).

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental (*experimental research*) yakni dilakukan pengamatan secara langsung pada objek yang diteliti. Pada pengamatan akan dilakukan variasi sudut pengelasan agar mengetahui hasil las yang memiliki kekuatan tarik terbaik. Data yang diperoleh nantinya akan diolah kemudian dibandingkan dengan hipotesa yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

Variabel Penelitian

Variabel terikat akan mangacu terhadap hasil pengelasan yang dipengaruhi oleh variasi pada variabel bebas. Adapun variable terikat pada penelitian ini adalah kekuatan tarik hasil suatu pengelasan tersebut. Variabel bebas merupakan sebuah variabel yang sengaja divariasikan dan ditentukan memiliki fungsi untuk mengetahui pengaruh suatu parameter terhadap hasil pengelasan atau variabel terikat. Pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah sudut pengelasan sebesar : -2° , 0° , 2° , dan 4° . Variabel terkontrol merupakan variabel yang nilainya dijaga atau tetap agar tidak ada lagi yang bakal mempengaruhi selain variabel bebas yang telah ditentukan. Variabel terkontrol pada penelitian ini yaitu Kecepatan putaran spindel 1096 rpm dan kecepatan pengelasan 74 mm/menit.



Gambar 1. Instalasi Penelitian

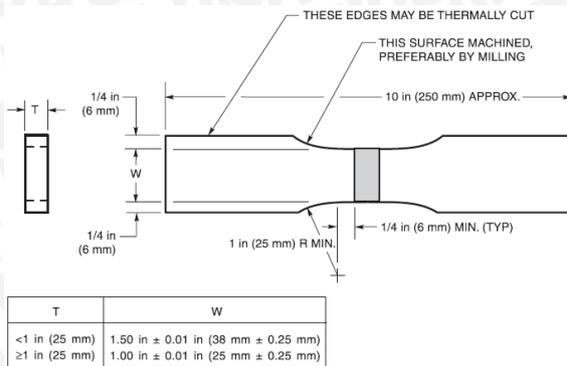
Keterangan:

1. Tool Pengelasan
2. Lokasi PeneMPatan Kerja
3. Landasan Benda Kerja
4. Pencekam Benda Kerja
5. Meja Mesin
6. Pencekam Tool Pengelasan



Gambar 2. Tool Pengelasan

Logam induk dari bahan plat aluminium murni dan tembaga murni. Dimensi benda kerja memiliki lebar 80mm x panjang 125mm x tebal 3mm yang disambung dengan sambungan tumpul pada lebarnya.



Gambar 3. Dimensi Benda Kerja Uji Tarik

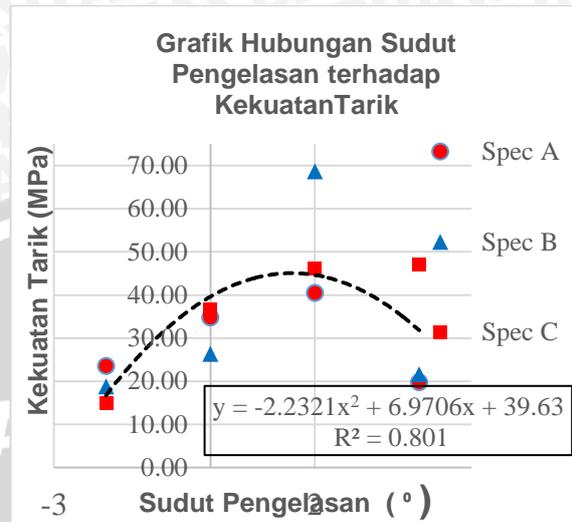
Setelah proses pengelasan dilakukan, spesimen dibentuk menjadi standar spesimen uji tarik mengikuti standar AWS B4.0;2007 sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3. Selanjutnya setiap spesimen dilakukan proses pengujian kekuatan tarik untuk mencari kekuatan tarik ultimatnya kemudian diolah datanya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada metode penelitian data uji tarik adalah kekuatan tarik maksimum atau ultimate pada tiap – tiap pada masing – masing specimen. Pada table ditunjukkan data kekuatan tarik spesimen yang divariasikan dan kekuatan tarik yang berguna sebagai perbandingan. Dari hasil hasil uji tarik patahan terjadi pada bagian sambungan pengelasan, dikarenakan kekuatan tarik pada pengelasan menggunakan metode FSW kekuatan tarik logam induk lebih kuat dibandingkan sambungan. Data yang telah di konversikan ke MPa tersebut dapat dilihat pada table

Tabel 1. Data kekuatan tarik spesimen uji

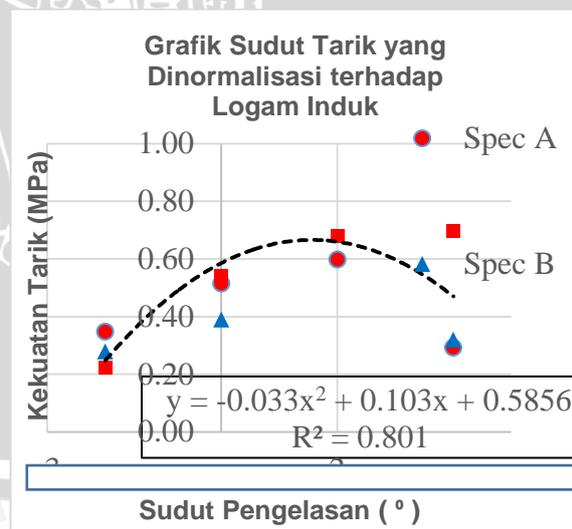
Kecepatan Pengelasan (mm/menit)	Kekuatan Tarik (MPa)			Rata-Rata (MPa)
	A	B	C	
-2	23.50	18.80	15.04	19.11
0	34.77	26.32	36.65	32.58
2	40.41	68.61	46.05	51.69
4	19.74	21.62	46.99	29.45
Logam Induk	67,67			



Gambar 4. Hubungan Sudut Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik

Tabel 2. Data kekuatan tarik spesimen uji yang dinormalisasi terhadap aluminium

Kecepatan Pengelasan (mm/menit)	Kekuatan Tarik (MPa)			Rata-Rata
	A	B	C	
-2	0.35	0.28	0.22	0.28
0	0.51	0.39	0.54	0.48
2	0.60	1.01	0.68	0.76
4	0.29	0.32	0.69	0.44



Gambar 5. Hubungan Sudut Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik yang dinormalisasi terhadap Logam Induk Aluminium

Pada grafik sumbu "X" menjelaskan bahwa besarnya sudut pengelasan ($^{\circ}$). Semakin mengarah kanan titiknya maka jumlah kemiringan semakin besar;. Sedangkan sumbu "Y" menjelaskan besarnya kekuatan tarik suatu spesimen (Mpa). Semakin naik titik yang ditunjukkan, maka besarnya kekuatan tarik material tersebut menunjukkan semakin tinggi. Pada grafik tersebut terlihat titik dengan tiga simbol atau bentuk yaitu : Lingkaran, Segitiga dan Persegi. Ketiga simbol yang beda tersebut menunjukkan perbedaan pada variasi sudut arah pengelasannya.

Pada grafik hubungan sudut pengelasan *desimilar* metal FSW terhadap hasil uji tarik sambungan las pada aluminium dan Tembaga diatas dapat dilihat bahwa, kecendrungan terjadi peningkatan nilai kekuatan tarik pada sudut pengelasan 0° sampai sudut pengelasan 2° , kemudian terjadi penurunan kembali pada sudut pengelasan 4° . Besarnya nilai sudut pengelasan pada proses pengelasan *friction stir welding* berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik sambungan aluminium dan tembaga.

Kemiringan sudut berpengaruh pada menjauhnya permukaan sambungan (*face and toe*) dari permukaan benda kerja. Kemiringan Pun menambah kedalaman dari (P) shoulder plunge yang bakal mempengaruhi dari *heat input*,

Shoulder plunge didefinisikan sebagai jarak shoulder terendah *tool* diukur dari permukaan benda kerja. sehingga ketika pada pengelasan terjadinya variasi yang digunakan diatas atau dibawah sudut 0 akan semakin banyak bagian *shoulder* yang terkena benda kerja , sehingga nantinya kemiringan *tool* berpengaruh dengan Q yaitu *Heat Input*.

Dimulai pada variasi sudut arah pengelasan -2° , nilai kekuatan tarik yang didapat adalah sebesar 0.28 MPa, kemudian terjadi peningkatan pertama kekuatan tarik pada sudut pengelasan 0° , dengan nilai 0.48 MPa, lalu terjadi peningkatan nilai kekuatan tarik pada sudut pengelasan 2° dengan nilai 0.76 MPa, setelah itu terjadinya penurunan kembali kekuatan tarik pada sudut pengelasan 4° dengan nilai 0.44 MPa .

Penambahan variasi sudut menyebabkan permukaan *tool* yang terkena benda kerja semakin banyak sehingga panas yang dihasilkan pada saat pengelasan juga semakin

banyak. Setelah *tool* dengan panas yang tinggi semakin bertambah sudut maka semakin menekaan hasil pengelasan sehingga berdampak pada naik kekuatan tariknya.

Pada gambar 4.2 juga dapat dilihat bahwa sudut pengelasan yang terlalu besar pada sudut pengelasan 4° terjadinya penurunan diakibatkan gaya yang menekan pada daerah pengelasan terlalu berlebihan sehingga banyaknya rongga dan banyak material yang keluar dari sambungan yang terjadi sehingga kekuatan tariknya menurun

Tujuan dari dilakukannya foto makro pada hasil sambungan *friction stir welding* adalah untuk melihat pola patahan serta homogenitas pengelasan pada setiap varian. Berikut adalah hasil foto makro pada setiap varian kecepatan pengelasan :

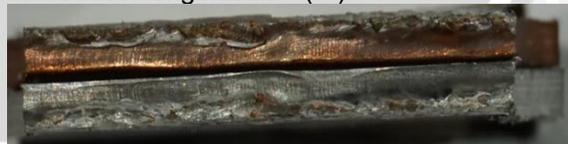
a. Sudut Pengelasan $-2 (^{\circ})$



Gambar 6 Foto Makro Spesimen Setelah Uji Tarik Sudut Pengelas -2°

Pada gambar 6 menunjukkan bahwa pada Sudut Pengelasan -2° terjadi ikatan mekanik pada sambungan las tetapi terlihat kurang baik karena permukaan patahan yang rata dan tidak terlihat pencampuran dua buah material yang berbeda menunjukkan kemuluran yang kecil pada sambungan las sehingga kekuatan tariknya kurang optimal dikarenakan pada saat pengelasan bagian depan *tool* pada solder berentuhan dengan benda kerja sehingga tekanan tidak ada yang menekan bagian sambungan.

b. Sudut Pengelasan $0 (^{\circ})$



Gambar 7 Foto Makro Spesimen Setelah Uji Tarik Sudut Pengelasan 0° .

Gambar 7 memperlihatkan permukaan spesimen pada Sudut Pengelasan 0° . Permukaan spesimen terlihat ada dua bagian berbeda yakni bagian yang bercampur antara

dua material tembaga dan aluminium yang terlihat mulur dan bagian tidak tercampur atau rata sehingga kekuatan tarik mulai meningkat. Dikarenakan hanya bagian pin dan permukaan *sholder* yang terkena benda kerja sehingga panas hanya terdapat dibagian permukaan benda kerja atau panas tidak merata hingga permukaan benda kerja. Ketika ada bagian yang terjadi kemuluran menandakan bahwa daerah tercampur yang membuat gaya ketika uji tarik bertambah dikarenakan bagian pada saat pengelasan bagian depan *tool* dan belakang *tool* seimbang sehingga panas yang dihasilkan dan penekan pada sambungan hanya sebagian.

c. Sudut Pengelasan 2 (°)



Gambar 8 Foto Makro Spesimen Setelah Uji Tarik Sudut Pengelasan 2°

Pada gambar 8 menunjukkan bahwa pada Sudut Pengelasan 2° pada material terjadi persebaran merata aluminium yang merata pada kedua bagian sisi material karena patahan terjadi mengarah pada bagian aluminium dan terjadi kasar permukaan yang dikarenakan kemuluran yang merata pada sambungan ini, hal tersebut dapat dilihat pada permukaan patahan mulai tercipta banyak warna aluminium pada kedua sisinya. Panas yang merata dan hasil uji tarik yang tinggi disebabkan lebih banyak bagian *sholder* yang mengenai material sehingga semua bagian mendapatkan perlakuan yang sama serta penekanan yang diakibatkan kemiringan *tool* sebanyak 2°. Hasil terlihat padat dengan kondisi material saling mengikat pada bagian keseluruhan yang merata. Sehingga nantinya kemiringan *tool* berpengaruh dengan *Q* yaitu *Heat Input* yang besar. Ketika bagian *shoulder* masuk kedalam benda kerja maka panas yang dihasilkan semakin besar, dikarenakan semakin banyak bagian yang bergesekan dengan benda kerja.

d. Sudut pengelasan 4 (°)



Gambar 9 Foto Makro Spesimen Setelah Uji Tarik Sudut pengelasan 4°

Pada gambar 9 menunjukkan pada Sudut pengelasan 4° terjadi persebaran merata yang ditandai oleh percampuran warna dari tembaga dan aluminium yang ada pada bagian keseluruhannya. Sehingga sambungan kekuatan tarik menurun dikarenakan saambungan tidak homogen. Ikatan pada disimilar metal pada metode FSW ini adalah ikatan mekanik sehingga tembaga dan aluminium murni tidak dapat melebur menjadi satu sehingga diantaranya ada sela-sela sambungan tidak terjadi sambungan yang padat sehingga kekuatannya menurun. Permukaanpun terlihat banyak rongga yang diakibatkan pengaruh solder yang terkena benda kerja yang terlalu besar serta penekan pada saat pengelasan terlalu besar karena sudut yang digunakan 4° dimana permukaan belakang *sholder* yang terlalu banyak masuk kebenda kerja. Akibatnya adalah material aluminium dan tembaga murni banyak berada dipermukaan sedangkan pada dalam sambungan diisi oleh udara yang sehingga sambungan berongga atau disebut *void* yang ditandai dengan lingkaran berwarna merah pada gambar, yang mengakibatkan kekuatan tarik menurun kembali pada sudut pengelasan 4°.

KESIMPULAN

Menurut hasil analisis data dan pengamatan yang dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variasi sudut pengelasan, berpengaruh terhadap kekuatan uji tarik sambungan FSW (friction stir welding) pada material Aluminium dan tembaga.
2. Semakin besar variasi sudut pengelasan yang diberikan tetapi tidak mendapatkan panas dan tekanan pada sambungan maka kekuatan tarik yang dihasilkan juga



kecil. Serta semakin besar sudut pengelasan dan tekanan yang besar sehingga panas yang terlalu tinggi kekuatan tarik yang dihasilkan kecil.

3. Jika variasi sudut pengelasan yang besar, beriringan dengan panas dan tekanan yang sesuai akan didapatkan kekuatan tarik besar disambungan material yang homogen. Karena material tidak keluar dari sambungan pada saat pengelasan, jika terdapat material keluar dari sambungan akan menghasilkan rongga (void) berisikan udara yang bisa mengakibatkan kekuatan tarik menurun.
4. Kecenderungan kekuatan tarik tertinggi ditunjukkan pada variasi sudut pengelasan 2° , yaitu sebesar 0.76 MPa, sedangkan kekuatan tarik terendah ditunjukkan pada variasi sudut -2° kekuatan tarik sebesar 0.28 MPa.
5. Kalor akibat besarnya nilai kalor per satuan waktu yang dihasilkan.
6. Pada hasil foto makro patahan spesimen setelah diuji tarik menunjukkan bahwa spesimen yang memiliki kekuatan tarik paling tinggi memiliki bentuk patahan yang ulet, terjadi persebaran masa aluminium yang homogen pada kedua sisinya, serta tidak ditemukan void sedikitpun. Sedangkan spesimen dengan kekuatan tarik terendah memiliki bentuk permukaan patahan yang rata, persebaran masa aluminium yang sangat sedikit, dan ikatan mekanik yang dihasilkan kurang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Messler, Robert W. 2004. Principles of Welding. Weinheim: Wiley-Vch.
- [2] Givi, M.K.B dan Asadi, Parviz. 2014. Advances in Friction Stir Welding and Processing. London : Woodhead Publishing.
- [3] Kumar, Nilesh., Yuan, Wei., dan Mishra, R.S. 2015. Friction Stir Welding of Dissimilar Alloys and Materials. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- [4] Lohwasser, D. dan Che, Z. 2009. Friction Stir Welding. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.