

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia industri yang sangat luas terdapat berbagai macam perusahaan yang bergerak pada bidang manufaktur. Manufaktur yang berada di Indonesia tidak semuanya memiliki hasil produksi yang besar, namun semua industri manufaktur yang ada di Indonesia memiliki kemampuan saing yang tinggi antar industri satu dengan yang lainnya. Sama halnya dengan industri penerbangan, industri otomotif, industri kereta api maupun industri maritim, seluruh industri di Indonesia pasti menggunakan alat berat untuk membantu pekerjaannya, seperti crane, truk, dll. Penggunaan mesin alat berat dan lain-lain jika digunakan secara terus menerus tentunya memerlukan perawatan secara berkala, jika diperlukan akan dilakukan pergantian komponen jika suatu komponen pada mesin tersebut sudah tidak layak untuk digunakan.

Pengelasan dalam industri manufaktur memiliki peranan penting pada proses penyambungan logam. Berdasarkan definisi dari Deutsche Industrie Normen (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas.

Dalam dunia industri manufaktur itu sendiri sering kita jumpai pembuatan produk atau komponen yang membutuhkan penyambungan material untuk otomotif, perkapalan, penerbangan, dan lain-lain. Salah satu proses

penyambungan tersebut adalah pengelasan (Welding). Pengelasan berdasarkan definisi Deutsche Industri Normen (DIN) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilakukan dalam keadaan lumer atau cair.

Proses pengelasan dikelompokkan menjadi dua, yaitu: Liquid State Welding (LSW) dan Solid State Welding (SSW). Liquid state welding adalah proses pengelasan logam dengan cara mencairkan logam induk secara bersamaan sedangkan solid state welding merupakan proses pengelasan logam yang dilakukan dalam kondisi logam induk tidak mencapai titik leburnya pada saat tersambung. Salah satu metode solid state welding adalah friction stir welding yang dipatenkan oleh TWI (The Welding Institute) di Inggris pada tahun 1991.

Friction stir welding (FSW) merupakan proses penyambungan logam tanpa filler dan tanpa meleleh. Proses penyambungan logam terjadi pada fasa padat karena berlangsung pada temperatur dibawah titik lebur dari material yang akan disambung. Proses pengelasan dilakukan dengan memasukkan pin tool ke material yang akan disambung sampai shoulder menyentuh permukaan atas material. Panas disebabkan oleh gesekan antara tool dan benda kerja. Karena panas tersebut material disekitar sambungan menjadi panas dan lunak, kemudian tool akan digerakkan berputar mengaduk bagian tersebut sehingga terbentuklah sambungan las. Untuk mendapatkan hasil pengelasan yang baik selain pemilihan parameter yang tepat seperti RPM, feed rate, kemiringan pin. Bentuk pin juga mempengaruhi hasil pengelasan metode Friction stir welding (FSW).

Untuk kasus yang lebih khusus seperti penyambungan aluminium dengan baja, metode FSW ini juga sangat cocok untuk diaplikasikan. Dengan metode las

konvensional, aluminium dikenal sebagai material yang sukar untuk dilas yang biasanya menggunakan las Tungsten inert gas (TIG) dan Metal Inert Gas (MIG). Sedangkan baja sendiri biasanya menggunakan metode las Shield Metal Arc Welding (SMAW), pelat Aluminium dapat disambung dengan hasil karakteristik yang baik tanpa mengalami deformasi.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam memudahkan penelitian ini, maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh kekerasan dengan variasi sudut kemiringan tool sambungan las pada Aluminium 5052
2. Bagaimana pengaruh kekuatan tarik dengan variasi sudut kemiringan tool sambungan las Aluminium 5052

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah diatas ini dibahas secara rinci sebagai berikut:

1. Tipe sambungan yang digunakan untuk pengelasan metode Friction Stir Welding (FSW) adalah tipe butt joint.
2. Sudut Kemiringan Pin Tool ($^{\circ}$) adalah 0° , 1° dan 2°
3. Bahan Aluminium seri 5052 tebal 0.8 mm
4. Pengujian yang dilakukan menggunakan uji kekerasan dan uji tarik

1.4 Tujuan Penelitian

Memberikan informasi pengaruh sudut kemiringan tool terhadap kekuatan tarik dan kekerasan sambungan aluminium alloys seri 5052 sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi sudut kemiringan tool pada kekuatan tarik sambungan las aluminium 5052.
2. Mengetahui pengaruh sudut kemiringan tool pada Kekerasan Sambungan las aluminium 5052

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengelasan

Pengelasan adalah proses penggabungan bahan yang menghasilkan bahan cair dengan dan tanpa tekanan dengan cara memanaskan bahan cair tersebut sampai suhu yang sesuai. Pengelasan digunakan untuk membuat sambungan permanen. Digunakan dalam pembuatan bodi mobil, kerangka pesawat, kereta api, kerangka mesin, pekerjaan struktur, tangki, furnitur, boiler, pekerjaan perbaikan umum dan pembuatan kapal.

Welding adalah teknik penyambungan logam yang melebur sebagian logam pengisi atau tanpa tekanan. Pengelasan (welding) didefinisikan oleh Deutsche Industrie Normen (DIN) sebagai ikatan metalurgi dari paduan logam atau sambungan logam yang dilakukan dalam keadaan cair atau lumer. Dengan kata lain, pengelasan adalah proses penggabungan logam karena adanya logam tersebut dapat didefinisikan sebagai ikatan metalurgi yang tidak dipengaruhi oleh panas atau tekanan, atau disebabkan oleh adanya gaya tarik antar logam (Nur dkk., 2018)

2.2 Pengelasan Gesek (Friction Welding)

2.2.1 Pengertian

Las gesek atau biasa dikenal dengan friction welding adalah metode penyambungan dua buah material logam. Dalam metode ini panas dihasilkan dari perubahan energi mekanik kedalam energi panas pada bidang interface benda

kerja karena adanya gesekan selama gerak rotasi dan juga dipengaruhi oleh tekanan. Las gesek pada umumnya memiliki tiga jenis, yaitu continuous drive friction welding, linier friction welding dan friction stir welding.

Friction stir welding (FSW) adalah suatu teknologi pengelasan yang merupakan proses solid state joining yang bisa digunakan untuk menyambungkan material berbeda. Pada proses FSW, material yang dilas tidak benar-benar mencair pada saat proses berlangsung (temperatur kerjanya tidak melewati titik lebur benda kerja) sehingga FSW termasuk unconsumable solid state joining process (Thomas dkk, 1991). Metode pengelasan FSW adalah pengelasan yang relative baru. FSW ditemukan dan dikembangkan oleh W.Thomas dan rekan-rekannya dari The Welding Institute (TWI) dan mendapatkan hak paten pertama pada desember 1991 di UK. Metode pengelasan ini sebetulnya berawal dari keingintahuan dan percobaan laboratorium, tetapi dalam perkembangannya FSW menjadi teknik pengelasan yang banyak sekali memberikan manfaat terutama untuk penyambungan logam aluminium. Masalah-masalah yang sering timbul dalam proses pengelasan FSW adalah sering terjadinya cacat pada daerah stir zone.

Cacat-cacat tersebut antara lain ialah incomplete penetration, void dan flash/ripplesh.

1. Incomplete Penetration

Cacat yang disebabkan karena proses pengelasan yang terlalu dingin mengakibatkan material tidak meleleh dan menyatu dengan sempurna sehingga terbentuk celah atau lubang pada daerah lasan.

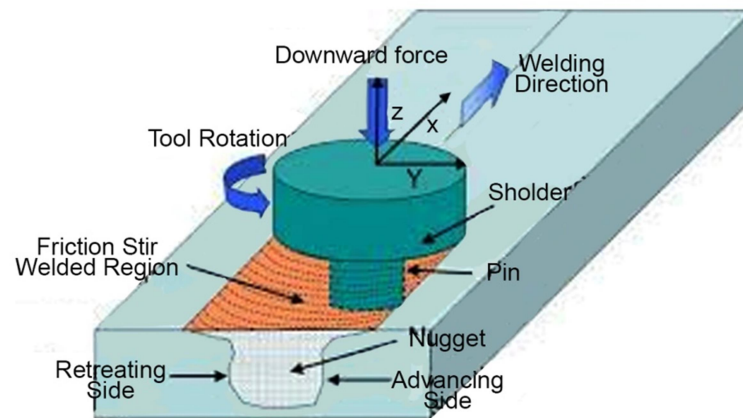
2. Flash/Ripples

Material yang terkelupas atau keluar kepermukaan dari sisi advancing dan sisi retreating akibat penekanan/penetrasi dari welding tool yang terlalu dalam serta pergerakan maju dan gerak berputar dari welding tool terhadap welding direction

3. Void

Cacat rongga yang terjadi karena kurangnya tekanan welding tool terhadap material benda kerja dan mengakibatkan friction heat yang dihasilkan dari gesekan antara welding tool dengan material benda kerja tidak mampu melelehkan material dengan sempurna.

FSW merupakan salah satu metode atau teknik pengelasan gesek dimana sambungan las terbentuk tanpa penambahan logam pengisi (filler metal). Panas yang digunakan untuk mencairkan benda kerja dihasilkan dari gesekan antara benda kerja yang diam dengan tool yang berputar. Tool berputar dengan kecepatan konstan disentuhkan ke material benda kerja yang dicekam dengan putaran tool berlawanan arah jarum jam dan bertranslasi dari sisi advancing ke sisi retreating. Pada sisi advancing vektor kecepatan aliran logam cair searah dengan sambungan las. Sedangkan pada sisi retreating vektor kecepatan aliran logam cair berlawanan arah dengan sambungan las



Gambar 2.1 Skema FSW

Menurut Mishra dkk, (2014) terdapat beberapa istilah dalam pengelasan dengan metode friction stir welding. sebagai berikut:

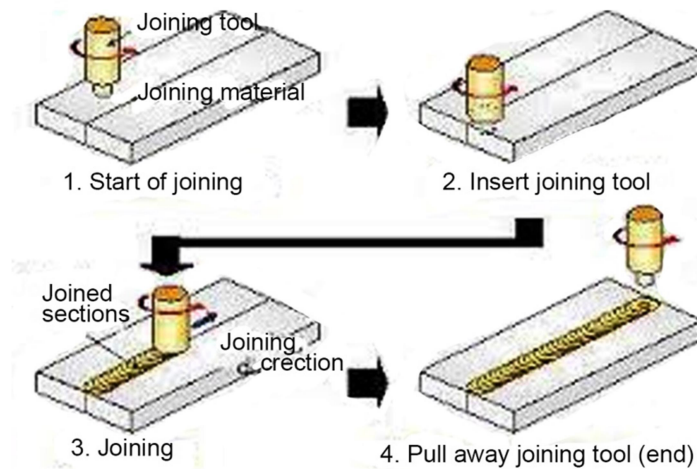
1. Tool shoulder adalah bagian tool yang bersentuhan dengan permukaan benda kerja.
2. Tool pin yaitu bagian tool yang masuk ke dalam benda kerja dan berpengaruh terhadap aliran material baik horizontal maupun vertikal.
3. Retreating side area adalah sisi dimana arah putaran tool (kecepatan tangensial) berlawanan arah dengan sambungan las (welding direction). Aliran material pada sisi ini lebih mudah mengalir karena permukaan pin yang membantu mengalirkan ke belakang arah sambungan las.
4. Advancing side area yaitu sisi dimana arah putaran tool (kecepatan tangensial) searah dengan sambungan las (welding direction). Karena tool bergerak ke depan, material benda kerja akan mengalir ke belakang. Tetapi putaran pada pin tool memiliki arah yang berlawanan dengan aliran pada sisi ini.

5. Tool rotational rate merupakan kecepatan putaran pada tool dan berkontribusi besar pada input panas dan aliran material.

2.2.2 Prinsip Kerja Friction Stir Welding

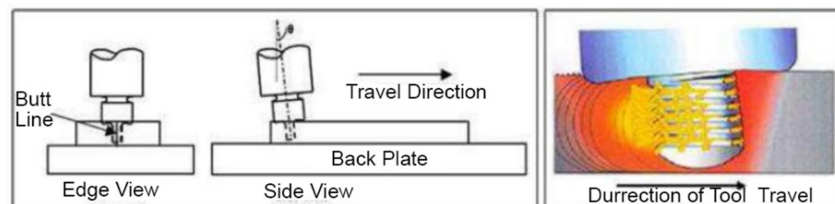
Dalam proses kerja FSW, tool pengelasan dengan atau tanpa profil yang terpasang pada probe berputar dan bergerak dengan kecepatan konstan sepanjang jalur sambungan antara dua material yang di las. Benda kerja harus dicekam dengan kuat pada ragum untuk mempertahankan posisi akibat gaya yang terjadi pada waktu proses pengelasan. Panjang pin tool harus lebih pendek dari pada tebal benda kerja dan shoulder dari tool harus bersentuhan dengan permukaan benda kerja yang sedang dilas

Gesekan yang terjadi antara pin dan shoulder dari welding tool dengan material benda kerja menghasilkan gesekan panas (friction heat). Gesekan panas ini bersama dengan panas yang dihasilkan dari proses pengadukan mekanik (mechanical mixing) akan menyebabkan material yang diaduk akan melunak tanpa melewati titik leburnya (melting point), sehingga welding tool pengelasan memungkinkan untuk bisa bergerak sepanjang jalur las. Ketika pin welding tool bergerak sepanjang jalur las, permukaan depan pin akan memberikan gaya dorong plastis terhadap material kearah belakang pin sambil memberikan gaya tempa yang kuat untuk mengkonsolidasikan logam las.



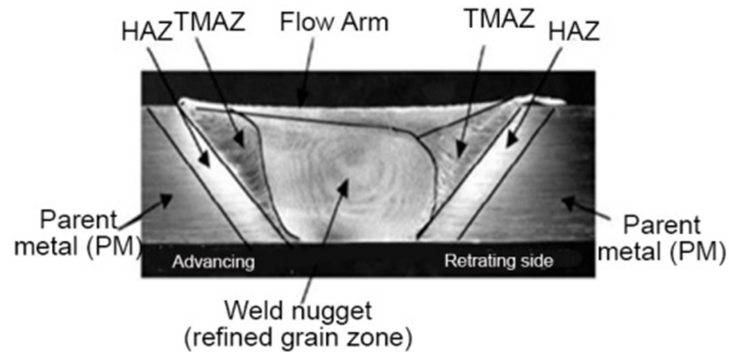
Gambar 2.2 Proses Friction Stir Welding

Benda kerja yang akan dilas harus dicekam dengan kuat dan ditempatkan diatas backing pelat sehingga beban yang diberikan pada tool dan diteruskan ke benda kerja tidak menyebabkan bagian bawah plat yang dilas terdeformasi.



Gambar 2.3 Skema Kerja FSW

Panas yang terjadi akibat gesekan membuat material yang ada disekitar pin tool menjadi melunak dan material yang ada di depan pin tool bergerak ke arah belakang pin tool karena adanya gerak rotasi dan translasi dari welding tool. Hal ini terjadi terus menerus selama gerakan translasi berlangsung dan menghasilkan sambungan yang diinginkan. Gesekan antara benda kerja dengan welding tool tersebut menimbulkan panas sampai $\pm 80\%$ dari titik lebur material kerja dan selanjutnya welding tool ditekan dan ditarik searah daerah yang akan di las



Gambar 2.4 Heat Zone pada FSW

Akibat adanya panas yang terjadi, maka terjadi perubahan struktur mikro pada area yang di las, dan dapat dibagi menjadi 5 zona yaitu (Gambar 2.6):

1. Base metal/Parent metal (PM), merupakan bagian dari material benda kerja yang tidak terkena pengaruh panas yang dihasilkan selama proses FSW berlangsung.
2. Heat-Affected Zone (HAZ), merupakan area yang paling dekat dengan lokasi pengelasan, material pada area ini sudah mengalami siklus thermal yang menyebabkan perubahan struktur mikro dan sifat mekanik dari base material, tetapi pada area ini tidak terjadi deformasi plastis akibat proses pengelasan.
3. Thermo Mecanically Affected Zone (TMAZ), pada area ini welding tool mendeformasi material secara plastis dan tentunya panas yang dihasilkan pada saat proses pengelasan juga membawa pengaruh terhadap material. Pada material aluminium panas tersebut memungkinkan untuk menghasilkan regangan plastis tanpa adanya proses rekristalisasi, dan biasanya ada batas yang jelas yang membedakan antara area rekristalisasi (weld nugget) dan area TMAZ yang terdeformasi.

4. Weld Nugget, merupakan daerah yang secara utuh mengalami rekristalisasi atau terkadang daerah yang disebut juga dengan stir zone. Daerah ini merupakan daerah yang menghasilkan sambungan akibat gerakan tool
5. Flow Arm Zone, adalah area yang terseret adukan oleh shoulder yang menjadi batas pengelasan dari FSW.

2.2.3. Siklus Proses Friction Stir Welding

Siklus dari proses friction stir welding dapat dibagi menjadi beberapa langkah dimana pada masing-masing langkah memiliki aliran panas dan thermal profile yang berbeda, siklus-siklus tersebut adalah (arifin dkk, 2007):

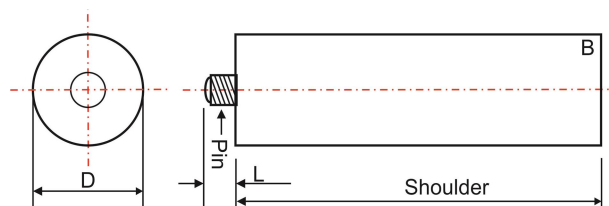
1. Dwell Time, pada langkah proses pemanasan awal dilakukan pada benda kerja dengan cara membiarkan welding tool berputar tanpa gerakan translasi (stationery). Pada langkah ini material benda kerja yang ada dibawah welding tool dipanaskan hingga benar-benar melunak dan welding tool siap bergerak translasi sepanjang jalur pengelasan. Biasanya pada langkah ini juga dilakukan proses penekanan pin tool dimulai.
2. Transient Heating, dimana pada saat welding tool mulai bergerak translasi biasanya ada saat pemanasan sementara dimana pada saat itu panas yang diciptakan dan suhu pada saat sekitar welding tool menjadi tidak stabil dan bergerak hingga menjadi steady-state pada saat welding tool sudah mulai bergerak.
3. Psuedo Steady-State, walaupun pada saat proses berlangsung terjadi fluktuasi suhu pada daerah sekitar welding tool tetapi secara thermal pada daerah tersebut sudah konstan paling tidak secara mikrostruktur.

4. Post Steady-State, pada saat menjelang akhir dari proses pengelasan, panas akan meningkat pada sekitar welding tool.

2.2.4. Parameter Pengelasan Friction Stir Welding

Pada proses pengelasan FSW parameter yang menentukan kualitas hasil lasan adalah sebagai berikut:

1. Kecepatan putar welding tool (rpm), adalah kecepatan putar probe per menit. Kecepatan putar welding tool yang tinggi dapat meningkatkan strain rate dan dapat mempengaruhi proses rekristalisasi. Putaran yang tinggi menghasilkan temperature yang tinggi dan tingkat pendinginan yang lambat.
2. Kecepatan pengelasan (mm/s), memiliki peran yang penting dalam menghasilkan sambungan las yang baik. Dengan kecepatan pengelasan yang rendah akan menghasilkan sambungan dengan kuat tarik yang tinggi. Tetapi jika kecepatan pengelasan terlalu tinggi dari batas yang ditentukan maka akan timbul banyak cacat di sepanjang jalur lasan.
3. Gaya aksial (KN), tekanan welding tool adalah gaya tekan welding tool ke dalam benda kerja. Pada tugas akhir ini, gaya tekan ini digantikan dengan shoulder depth plung (mm) karena pengukuran gaya aksial sulit dilakukan dalam penelitian ini.
4. Geometri welding tool Geometri welding tool dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Geometri Welding Tool

- a. D/d ratio of tool
- b. Pin length (mm)
- c. Tool Shoulder diameter, D (mm)
- d. Pin diameter, d (mm)
- e. Tool inclined angel (degrees)

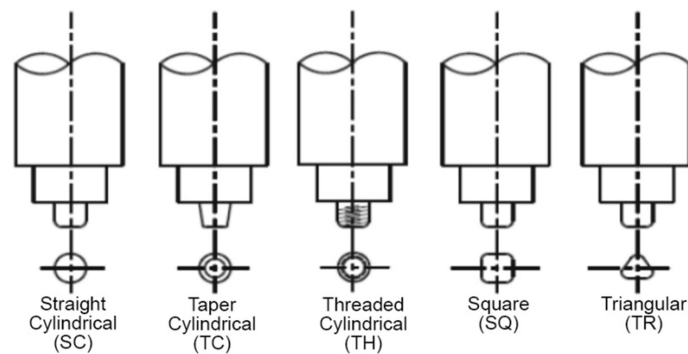
2.2.5. Desain Welding Tool

Desain welding tool adalah salah satu faktor penting yang mempengaruhi struktur mikro, profil, sifat mekanik dan kualitas hasil sambungan las. Material welding tool merupakan faktor yang menentukan akan koefisien gesek, pembangkitan panas dan kehandalan welding tool. Oleh karena itu desain welding tool merupakan hal yang sangat penting dari FSW. Hal pertama yang harus diperhatikan dalam merancang welding tool yang akan digunakan adalah pemilihan material yang tepat, beberapa karakter material yang harus dipenuhi oleh sebuah welding tool adalah:

1. Memiliki kekuatan yang baik di suhu ruangan dan di suhu tinggi.
2. Stabilitas material tetap terjaga pada suhu tinggi.
3. Material yang digunakan tidak bereaksi dengan benda kerja.
4. Tahan gesek dan aus.
5. Thermal expansion rendah.
6. Memiliki ketangguhan yang baik.
7. Homogen secara microstructure dan massa jenis.
8. Tersedia luas di pasaran.

Hal yang kedua adalah bentuk pin dan shoulder dari welding tool, dua bagian utama ini yang akan menentukan hasil dari sambungan las dalam FSW, seperti berikut:

1. Pin/Nib/Probe (Gambar 2.6) adalah bagian yang melakukan penetrasi ke dalam benda kerja, dimana bagian dari welding tool ini adalah bagian yang mengaduk material atau mengalirkan material yang sudah melunak akibat panas yang dihasilkan dari shoulder, sehingga dapat menciptakan suatu sambungan antara dua material.

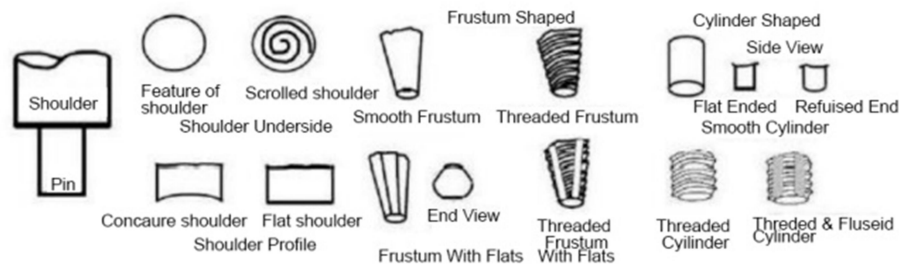


Gambar 2.6 Desain Pin Pada Welding Tool FSW

Selanjutnya ukuran dari tool, diameter shoulder, diameter pin, panjang pin dan panjang welding tool secara keseluruhan diatur sesuai dengan proses yang diinginkan yaitu ketebalan benda kerja, kemiringan tool pada saat proses pengelasan, kekuatan sambungan dan clearance antar benda kerja.

2. Shoulder adalah bagian yang membangun panas dengan gesekan yang dilakukannya terhadap benda kerja, bagian ini juga yang menjadi penahan material panas yang ada dibawahnya. Disamping itu bagian ini pun yang

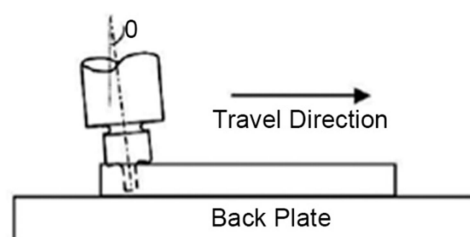
memberi gaya vertikal ke arah benda kerja yang menjaga kondisi kontak tool dengan benda kerja. Desain tool dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.7 Konfigurasi Desain Welding Tool FSW

2.2.6 Depth Of Weld dan Kemiringan Tool

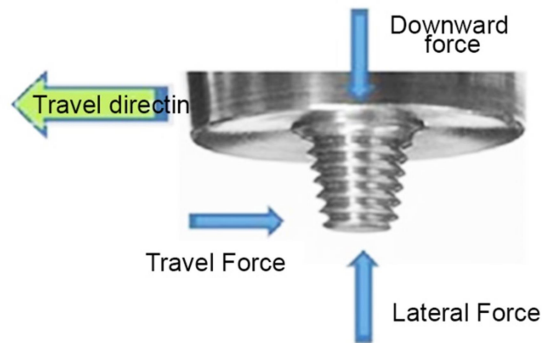
Depth of weld dapat diartikan sebagai kedalaman titik terendah welding tool shoulder yang menembus benda kerja sedangkan kemiringan welding tool adalah besarnya sudut yang dibuat antara sumbu welding tool dengan permukaan benda kerja yang harus diperhatikan karena akan sangat mempengaruhi hasil lasan dari metode FSW. Kemiringan yang dibuat adalah $2-4^{\circ}$ dimana bagian shoulder lebih rendah dibandingkan dengan bagian depannya (Gambar 2.8).



Gambar 2.8 Skema Stir Welding

2.2.7. Gaya pada Friction Stir Welding

Pada saat proses pengelasan dengan metode FSW dilakukan, terdapat gaya-gaya yang bekerja pada welding tool seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9



Gambar 2.9 Gaya-Gaya pada Pengelasan FSW

1. Downward force, adalah gaya utama yang dipakai untuk mempertahankan posisi welding tool dengan benda kerja sehingga tingkat penetrasi dan panas yang dihasilkan tetap terjaga selama proses berlangsung.
2. Traverse force, merupakan gaya yang sejajar dengan arah pergerakan welding tool. Peningkatan gaya transversal merupakan wujud resistansi material benda kerja terhadap pergerakan welding tool dan sejalannya proses gaya ini akan berkurang sejalan dengan naiknya temperatur kerja.
3. Lateral force, yaitu gaya yang bekerja tegak lurus dengan arah dari pergerakan welding tool dan hal ini terjadi karena adanya kemiringan dari welding tool.
4. Torque, diburuhkan untuk memutar welding tool, besarnya tergantung dari downward force dan nilai koefisien gesek atau flow strength dari material benda kerja.

2.2.8 Keuntungan dan Aplikasi Friction Stir Welding

Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan pengelasan dengan metode FSW antara lain:

1. Ramah lingkungan.
2. Tidak memerlukan busur las untuk pengelasan.
3. Tidak memerlukan filler metal atau bahan pengisi.
4. Tidak terjadi pelelehan selama pengelasan.
5. Tidak memerlukan gas pelindung (shielding gas).
6. Bisa mengelas semua jenis Aluminium alloys.

Friction Stir Welding bisa digunakan untuk menyambung material aluminium (casting maupun alloy) baik satu atau berbeda series, baja, tembaga, titanium, magnesium alloy, logam paduan dan komposit matrik logam (Thomas dkk, 2006). FSW dapat digunakan untuk menghasilkan sambungan butt, sudut, bertumpuk (lap), T, spot, dan fillet serta dapat digunakan pula untuk menyambung benda berongga, seperti tangki, tabung dan pipa berkontur 3 dimensi. Selain untuk membuat sambungan las, FSW juga cocok digunakan untuk memperbaiki sambungan yang sudah ada.

2.3 Aluminium

Aluminium ialah unsur logam yang paling banyak terkandung dalam perut bumi. Aluminium juga logam paling banyak digunakan setelah baja. Karakteristik utamanya ringan (berat jenis = $2,7 \text{ gr/cm}^3$) dibandingkan dengan baja (berat jenis = $7,8 \text{ gr/cm}^3$), memiliki konduktifitas panas dan listrik yang tinggi, ketahanan korosi yang baik, serta memiliki keuletan yang cukup tinggi.

Aluminium dapat sendiri dapat dipadukan dengan beberapa logam lainnya seperti Cu, Mg, Si, Mn, Zn, dan Ni yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan

mekanik dan memberikan tambahan sifat bagus lainnya. Namun aluminium dan paduannya mempunyai sifat mampu las yang kurang baik bila dibandingkan baja, diantaranya adalah panas jenis dan daya hantar yang tinggi, mudah teroksidasi dan membentuk oksida aluminium Al_2O_3 yang mempunyai titik cair yang tinggi sehingga menyebabkan peleburan antara logam induk dan logam hasil pengelasan menjadi terhalang dan apabila mengalami proses pembekuan yang terlalu cepat akan terbentuk rongga halus bekas kumpulan hidrogen.

Seiring berkembangnya zaman aluminium telah dikembangkan secara luas tidak hanya untuk keperluan rumah tangga bahkan dunia industri pun saat ini menggunakan aluminium sebagai materialnya, seperti dalam industri otomotif, kapal laut, pesawat terbang. Aluminium dapat dilihat seperti pada Gambar 2.10 dan pada Tabel 2.1 dan 2.2 merupakan sifat fisik dan mekanik aluminium.



Gambar 2.10 Aluminium

Tabel 2.1 Sifat Fisik Aluminium

Sifat-sifat Fisik	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Massa Jenis pada temperatur 20 ⁰ C (g/cm ³)	2,6989	2,71
Titik Cair (°C)	660,2	653 – 657
Panas Jenis (cal/g. °C) (100 °C)	0,2226	0,2297
Hantaran Listrik (%)	64,94	59 (dianil)

Tahanan listrik koefisien temperatur (°C)	0,00429	0,0115
Koefisien pemuaian (20-100°C)	23,86 x 10 ⁻⁶	23,5 x 10 ⁻⁶
Jenis kristal, konstanta kisi	Fcc, a = 4,013kX	Fcc, a = 4,04 kX

Tabel 2.2 Sifat Mekanik Aluminium

Sifat-sifat Mekanik	Kemurnian Al (%)			
	99,996		>99,0	
	Dianil	75% dirol dingin	Dianil	H18
Kekuatan Tarik (kg/mm ²)	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan mulur (0,2%)(kg/mm ²)	1,3	11,0	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	48,8	5,5	23	5
Kekerasan brienell	17	27	23	44

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium seri 5052. Seri 5052 termasuk dalam golongan paduan aluminium seri 5xxx, yaitu paduan aluminium dengan magnesium (Mg). Paduan ini memiliki sifat tidak dapat diperlakukan panas sehingga pengaplikasiannya terbatas hanya pada temperatur rendah.

Batas kandungan unsur pada aluminium 5052 dijelaskan pada Tabel 2.3

Tabel 2.3. Kandungan Unsur Aluminium 5052

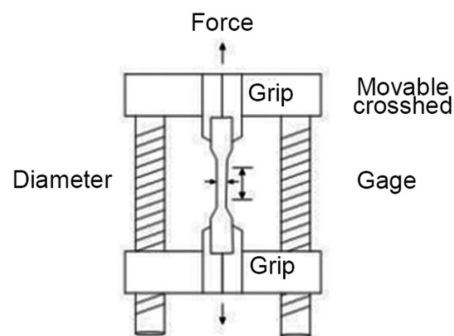
Unsur	Al	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Si	Zn
Jumlah (%)	95,7 – 97,7	0,15- 0,35	Max 0,1	Max 0,4	2,2 – 2,8	Max 0,1	Max 0,25	Max 0,1

2.4 Proses pengujian

2. 4.1 Pengujian Tarik

Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu (Askeland, 1985). Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material.

Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Untuk lebih jelasnya pada dapat dilihat pada Gambar 2.11.



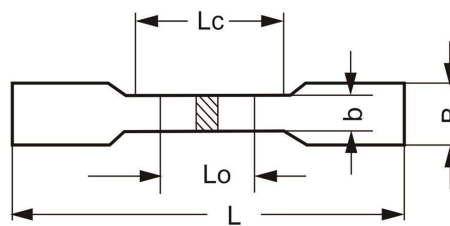
Gambar 2.11 Mekanisme Uji Tarik

Seperti pada Gambar 2.11 benda yang di uji tarik diberi pembebanan pada kedua arah sumbunya. Pemberian beban pada kedua arah sumbunya diberi beban yang sama besarnya. Pengujian tarik adalah dasar dari pengujian mekanik yang dipergunakan pada material. Dimana spesimen uji yang telah distandarisasi, dilakukan pembebanan sehingga spesimen uji mengalami peregangan dan bertambah panjang hingga akhirnya patah. Pengujian tarik relatif sederhana, murah dan sangat terstandarisasi dibanding pengujian lain. Hal-hal yang perlu diperhatikan agar pengujian menghasilkan nilai yang valid adalah; bentuk dan dimensi spesimen uji, pemilihan grip.

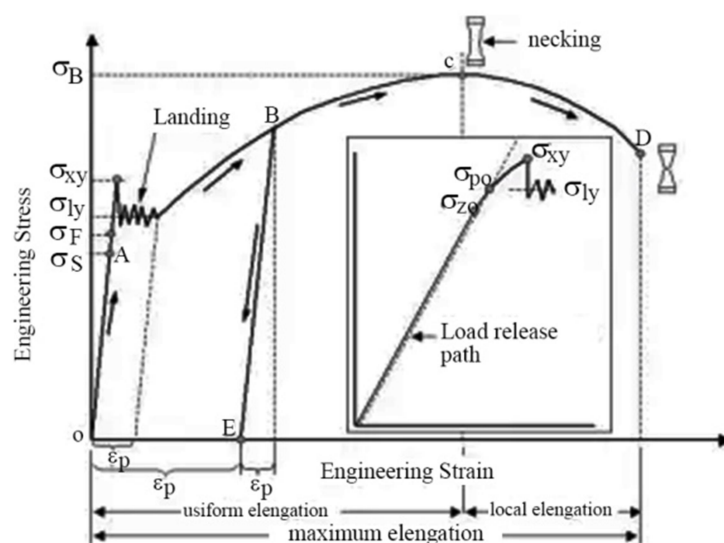
1. Bentuk dan Dimensi Spesimen uji Spesimen uji harus memenuhi standar dan spesifikasi dari ASTM E8. Bentuk dari spesimen penting karena kita harus menghindari terjadinya patah atau retak pada daerah grip atau yang lainnya.

Jadi standarisasi dari bentuk spesimen uji dimaksudkan agar retak dan patahan terjadi di daerah gage length.

2. Grip and Face Selection Face dan grip adalah faktor penting. Dengan pemilihan setting yang tidak tepat, spesimen uji akan terjadi slip atau bahkan pecah dalam daerah grip (jaw break). Ini akan menghasilkan hasil yang tidak valid. Face harus selalu tertutupi di seluruh permukaan yang kontak dengan grip. Agar spesimen uji tidak bergesekan langsung dengan face. Beban yang diberikan pada bahan yang di uji ditransmisikan pada pegangan bahan yang di uji. Dimensi dan ukuran pada benda uji disesuaikan dengan standar baku pengujian. Seperti pada Gambar 2.12



Gambar 2.12 Standar ASTM E8 pada Spesimen Untuk Uji Tarik



Gambar 2.13 Kurva Uji Tarik

Pada Gambar 2.13 merupakan kurva uji tarik dapat dijelaskan bahwa batas elastis σ_E (elastic limit) dalam gambar diatas dinyatakan dengan titik A. Bila sebuah bahan diberi beban sampai pada titik A, kemudian bebannya dihilangkan, maka bahan tersebut akan kembali ke kondisi semula (tepatnya hampir kembali ke kondisi semula) yaitu regangan “nol” pada titik O (lihat dalam Gambar 2.16). Tetapi bila beban ditarik sampai melewati titik A, hukum Hooke tidak lagi berlaku dan terdapat perubahan permanen dari bahan. Terdapat konvensi batas regangan permamen (permanent strain) sehingga masih disebut perubahan elastis yaitu kurang dari 0.03%, tetapi sebagian referensi menyebutkan 0.005%. Tidak ada standarisasi yang universal mengenai nilai ini.

Batas proporsional σ_p (proportional limit) titik sampai di mana penerapan hukum Hooke masih bisa ditolerir. Tidak ada standarisasi tentang nilai ini. Dalam praktek, biasanya batas proporsional sama dengan batas elastis. Deformasi plastis (plastic deformation) yaitu perubahan bentuk yang tidak kembali ke keadaan semula. Pada gambar diatas yaitu bila bahan ditarik sampai melewati batas proporsional dan mencapai daerah landing. Tegangan luluh atas σ_{uy} (upper yield stress) tegangan maksimum sebelum bahan memasuki fase daerah landing peralihan deformasi elastis ke plastis.

Tegangan luluh bawah σ_{ly} (lower yield stress) tegangan rata-rata daerah landing sebelum benar-benar memasuki fase deformasi plastis. Bila hanya disebutkan tegangan luluh (yield stress), maka yang dimaksud adalah tegangan ini. Regangan luluh ϵ_y (yield strain) regangan permanen saat bahan akan memasuki fase deformasi plastis. Regangan elastis ϵ_e (elastic strain) regangan

yang diakibatkan perubahan elastis bahan. Pada saat beban dilepaskan regangan ini akan kembali ke posisi semula. Regangan plastis ϵ_p (plastic strain) regangan yang diakibatkan perubahan plastis. Pada saat beban dilepaskan regangan ini tetap tinggal sebagai perubahan permanen bahan. Regangan total (total strain) merupakan gabungan regangan plastis dan regangan elastis, $\epsilon_T = \epsilon_e + \epsilon_p$. Perhatikan beban dengan arah OABE. Pada titik B, regangan yang ada adalah regangan total. Ketika beban dilepaskan, posisi regangan ada pada titik E dan besar regangan yang tinggal (OE) adalah regangan plastis. Tegangan tarik maksimum TTM (UTS, ultimate tensile strength) pada Gambar 2.16 ditunjukkan dengan titik C (σ_β), merupakan besar tegangan maksimum yang didapatkan dalam uji tarik. Kekuatan patah (breaking strength) pada Gambar 2.16 ditunjukkan dengan titik D, merupakan besar tegangan di mana bahan yang diuji putus atau patah. Tegangan luluh pada data tanpa batas jelas antara perubahan elastis dan plastis untuk hasil uji tarik yang tidak memiliki daerah linier dan landing yang jelas, tegangan luluh biasanya didefinisikan sebagai tegangan yang menghasilkan regangan permanen sebesar 0.2%, Tegangan yang digunakan pada kurva adalah tegangan membujur rata-rata dari pengujian tarik. Tegangan tarik tersebut diperoleh dengan cara membagi beban yang diberikan dibagi dengan luas awal penampang benda uji. Dituliskan seperti dalam persamaan berikut :

$$\sigma = F/A_0 \quad (2-1)$$

Dimana :

σ = Tegangan (kg/mm^2)

F = Beban yang diberikan (kg)

A_0 = Luas penampang awal benda uji (mm^2)

Regangan yang digunakan untuk kurva tegangan-regangan tarik adalah regangan linier rata-rata. Dituliskan seperti dalam persamaan berikut:

$$e = \frac{L - L_0}{L_0} \quad (2-2)$$

Dimana :

e = Regangan

L = Panjang benda uji setelah pengujian (mm)

L_0 = Panjang awal benda uji (mm)

Bentuk dan besaran pada kurva tegangan-regangan suatu logam tergantung pada komposisi, perlakuan panas, deformasi plastis, laju regangan, temperatur dan keadaan tegangan yang menentukan selama pengujian. Parameter-parameter yang digunakan untuk menggambarkan kurva tegangan-regangan logam adalah kekuatan tarik, kekuatan luluh atau titik luluh, persen perpanjangan dan pengurangan luas. Dan parameter pertama adalah parameter kekuatan, sedangkan dua yang terakhir menyatakan keuletan bahan.

Bentuk kurva tegangan-regangan pada daerah elastis tegangan berbanding lurus terhadap regangan. Deformasi tidak berubah pada pembebanan, daerah regangan yang tidak menimbulkan deformasi apabila beban dihilangkan disebut daerah elastis. Apabila beban melampaui nilai yang berkaitan dengan kekuatan luluh, benda mengalami deformasi plastis. Deformasi pada daerah ini bersifat permanen, meskipun bebannya dihilangkan. Tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan deformasi plastis akan bertambah besar dengan bertambahnya regangan plastis.

Pada tegangan dan regangan yang dihasilkan, dapat diketahui nilai modulus elastisitas. Persamaannya dituliskan dalam persamaan:

$$E = \frac{\sigma}{e} \quad (2-3)$$

Dimana:

E = Besar modulus elastisitas (kg/mm^2)

e = Regangan

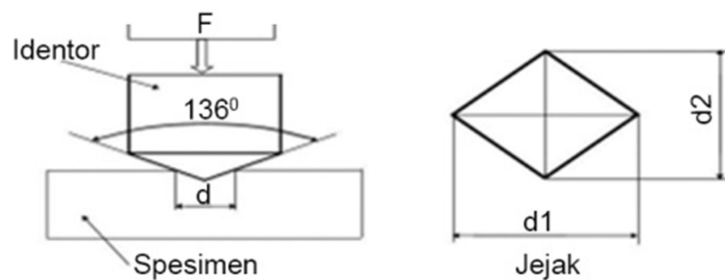
σ = Tegangan (kg/mm^2)

Pada mulanya pengerasan regangan lebih besar dari yang dibutuhkan untuk mengimbangi penurunan luas penampang benda uji dan tegangan (sebanding dengan beban F) yang bertambah terus, dengan bertambahnya regangan. Akhirnya dicapai suatu titik di mana pengurangan luas penampang lebih besar dibandingkan pertambahan deformasi beban yang diakibatkan oleh pengerasan regangan. Keadaan ini untuk pertama kalinya dicapai pada suatu titik dalam benda uji yang sedikit lebih lemah dibandingkan dengan keadaan tanpa beban. Seluruh deformasi plastis berikutnya terpusat pada daerah tersebut dan benda uji mulai mengalami penyempitan. Karena penurunan luas penampang lebih cepat daripada pertambahan deformasi akibat pengerasan regangan beban sebenarnya yang diperlukan untuk mengubah bentuk benda uji akan berkurang dan demikian juga tegangan akan berkurang hingga terjadi patah (Dieter, 1996).

2.4.2 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan vickers adalah pengujian mekanik untuk mengetahui kekerasan suatu material terhadap pembebanan dalam perubahan yang tetap.

Pengujian ini menggunakan piramida intan untuk menekan spesimen sehingga meninggalkan bekas berupa lekukan. Ketika gaya tertentu diberikan maka tekanan pada suatu spesimen yang mendapatkan pengaruh pembebanan, spesimen akan mengalami deformasi/perubahan. Pengujian kekerasan perlu dilakukan terutama pada material yang penggunaannya akan mengalami gesekan dan deformasi plastis. Kita dapat menganalisis seberapa besar tingkat kekerasan suatu material melalui besarnya beban yang diberikan terhadap spesimen yang menerima pembebanan.



Gambar 2.14 Pengujian Kekerasan Vickers

Persamaan 2.14 dalam menentukan nilai kekerasan dengan metode vickers dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$HV = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} = 1,854 \frac{P}{d^2} \quad (2-4)$$

Dimana :

HV = Angka kekerasan vickers

P = Beban (Kg)

d = Diagonal, rata-rata ukuran dari bekas injakan d1 dan d2 (mm)

θ = Sudut antara permukaan intan yang berhadapan 136°