BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Pustaka

Dari penelitian yang pernah dilakukan oleh Taban dkk (2010), pada penelitian pengelasan gesek terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada bahan aluminium 6061 T6 dengan baja 1018 dari penelitian Taban dkk (2010). Hasil pengelasan yang optimal pada tekanan upset 60 MPa. Tekanan upset sangat mempengaruhi hasil sifat mekanik dan struktur mikro. kegagalan benda uji mekanik melalui aluminium yang sangat *plastized* berdekatan dengan daerah interface. Ketebalan senyawa lapisan intermetalik maksimum sekitar 350nm diukur dengan ultra-resolusi tinggi SEM pada interfacenya. Hasil komposisi karakterisasi STEM menyarankan kedua intermetalik yang hadir Fe-kaya akan FeAl dan Al kaya akan Fe_2A1_5.

Dari penelitian Alves dkk (2010), meneliti tentang proses pengelasan disimillar antara aluminium 1050 dengan stainless steel AISI 304 terhadap struktur mikro dan kekerasan. Pada pengelasan ini parameter putaran lasan dan waktu gesek sangat mempengaruhi hasil kekerasan dan hasil uji mikro. Pengelasan gesek logam aluminium 1050 dan stainless steel AISI 304 sangat sulit dilakukan dengan metode fusi welding ditunjukan pada tegangan sifat mekaniknya. Hasil kekuatan tarik yang optimal pada variasi tekanan gesek 2.1 MPa, waktu gesek 32 detik, tekanan tempa 1.4 MPa dan waktu tempa 2 detik dengan hasil 80.08 MPa. Pada pengujian kekerasan vikers mikrohardness diukur dari sisi aluminium 1050 dan sisi stainless steel AISI 304, dekat sambungan, wilayah tengah lebih tinggi dari pada dasar logam.

Penelitian tentang pengaruh waktu gesek terhadap struktur mikro dan sifat mekanik baja ST 41 (dimensi 14 mm dan pelat 50 mm) yang telah di teliti oleh Ansi (2012). Proses yang di lakukan adalah pengelasan gesek pada poros dan plat pada baja karbon (paduan) ST 41 dengan kecepatan putar n RPM, variasi waktu gesekan 35.45.55 dan, 65 detik tekanan gesek 127.55 MPa dengan tekanan tempa sebesar

tempa 892,3 MPa. Waktu gesekan pada pengelasan menghasilkan demensi upset yang sama sedangkan sambungan dianalisa struktur mikro dan sifat mekanik (uji bahan dan uji puntir) yang di bandingkan dengan produk lokal atau produk industri kecil. Hasil dari penelitian ini adalah semakin lama waktu gesekan maka semakin besar sifat mekanik yang di hasilkan. pada produk spring pin dengan proses friction welding, lebih kuat di banding produk local.

Dari penelitian Muralimohan dkk (2010), telah meneliti parameter waktu gesek dan tekanan tempa terhadap sambungan antara aluminium 6082 T6 dengan AISI 1040 dengan diameter 10 mm dan panjang 80 mm. Kekuatan tertinggi diperoleh pada variasi waktu gesek 4 detik. Kemudian hasil dari pengujian *impact* adalah sebesar 36 J untuk parameter tekanan tempa 160 MPa, tekanan gesek 100 MPa dan waktu gesek 2 detik. Kekuatan las menurun seiring bertambahnya waktu gesek. Tekanan tempa sangat mempengaruhi nilai uji tarik dan nilai kekerasan pada pengelasan gesek.

Dari semua penelitian diatas telah meneliti tentang pengelasan gesek untuk mengetahui struktur mikro dan sifat mekanik terhadap variasi waktu gesek, tekanan tempa dan tekanan gesek, dapat disimpulkan bahwa durasi waktu gesek, tekanan gesek dan tekanan tempa yang semakin meningkat maka akan meningkatkan sifat mekanik dan struktur mikronya. Hal terpenting pada penelitian yaitu pada parameter-parameter yang digunakan oleh para peneliti tentang las gesek.

2.2. Dasar teori

Penyambungan dengan teknik pengelasan adalah salah satu metode penyambungan yang banyak digunakan dibidang industri. Teknik pengelasan dalam bidang kontruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, pipa pesat, pipa saluran, kendaraan, rel dan lain sebagainya. Las dapat juga digunakan untuk reparasi misalnya untuk mengisi lubang-lubang pada coran, mempertebal bagian yang aus dan macam-macam reparasi lainya (Wiryosumarto dan Okumura; 2008). Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengelasan merupakan proses

penyambungan dua buah logam baik mengunakan bahan tambahan maupun tidak dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas.

Berdasarkan pengertian dari *Deutche Industrie Normen* (DIN) mendefinisikan las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Pengelasan (welding) adalah salah satu proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam baik menggunakan bahan tambahan maupun tidak dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas. (Wiryosutomo dan Okumura 2008). Selain untuk menyambung, proses pengelasan dapat juga digunakan untuk memperbaiki, misalnya untuk mengisi atau menambal lubang-lubang pada bagian-bagian coran yang sudah aus.

Berdasarkan kerjanya pengelasan digolongkan menjadi 3 yaitu :

1. Pengelasan cair adalah pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api.
2. Pengelasan tekan adalah pengelasan dengan cara menyambungkan 2 logam yang dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.
3. Pematrian adalah pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair lebih rendah.

2.3. Pengelasan Gesek *(Friction Welding)*

Pengelasan gesek (*friction welding*) adalah proses pengelasan *solid-state* dimana penggabungan terjadi karena panas gesekan dan tekanan. Pada pengelasan gesek, terjadi konversi energi mekanik menjadi energi termal untuk menghasilkan panas pengelasan, tanpa aplikasi dari sumber panas lain.

Berdasarkan metode penggesekannya pengelasan gesek dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu:

1. *Rotary Friction Welding* adalah pengelasan yang terjadi karena panas yang dihasilkan dari gesekan kedua ujung permukaan benda kerja.

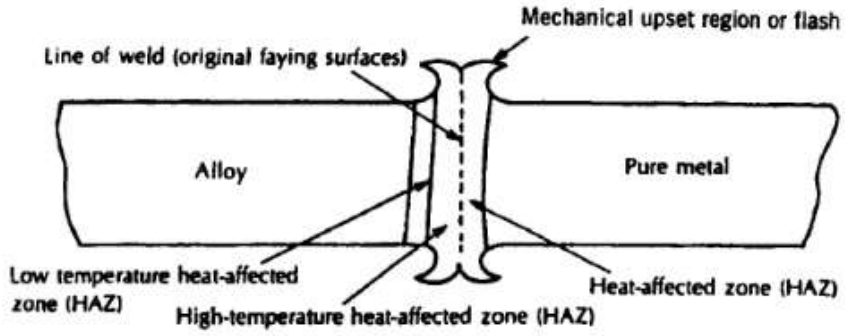
2. *Stir Friction Welding* adalah pengelasan gesek dengan sumber panas yang berasal dari gesekan antara benda kerja dengan pahat yang berputar.
3. *Linier Friction Welding* adalah pengelasan gesek dimana chuck bergerak berosilasi lateral bukan berputar. Kecepatan jauh lebih rendah pada umumnya, *linier friction welding* membutuhkan mesin lebih kompleks daripada *rotary friction welding*, namun memiliki keuntungan bahwa bagian bentuk apapun dapat bergabung.

Berikut ini tahap proses las gesek *Rotary Friction Welding*

1. salah satu logam poros diputar, bersamaan dengan logam poros yang satunya ditekan dengan tekanan aksial.
2. kedua logam poros satu satu sama lain disinggungkan sehingga timbul panas akibat gesekan.
3. akibat dari gesekan menimbulkan panas sampai mendekati titik lebur logam tersebut sehingga menimbulkan *flash*.
4. kemudian mesin dimatikan dan putaran dihentikan secara langsung dan diberi tekanan aksial. Terbentuklah sambungan las gesek antara dua poros logam tersebut.

2.3.1. Daerah Lasan

Daerah pengelasan adalah daerah yang terkena pengaruh panas pada saat pengelasan, pengaruh panas tersebut menyebabkan perubahan struktur mikro, sifat mekanik dan ada yang tetap atau tidak merubah struktur mikro dan sifat mekanik. Daerah pengelasan dibagi menjadi 5 bagian yang ditunjukan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Daerah Las Gesek

Sumber : Gatwick Sales. 2015. Friction Welding www.gatwicktechnologies.com/proccesses/friction-welding 29 Maret 2016

Daerah lasan terdiri dari lima bagian yaitu:

a. Logam lasan (*weld metal*), adalah daerah endapan las (*weld deposit*) dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. Endapan las (*weld deposit*) berasal dari logam pengisi (*filler metal*).
b. Garis gabungan (*fusion line*), adalah garis gabungan antara logam lasan dan HAZ, dapat dilihat dengan mengetsa penampang las. Daerah ini adalah batas bagian cair dan padat dari sambungan las.
c. *Flash*, adalah daerah dimana bagian permukaan yang melebar akibat tekanan gesek.
d. HAZ (*Heat Affected Zone*), adalah daerah pengaruh panas atau daerah dimana logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama pengelasan mengalami siklus termal atau pemanasan dan pendinginan dengan cepat.
e. Logam induk (*base metal*), adalah bagian logam yang tidak terpengaruh oleh pemanasan karena proses pengelasan dan temperatur yang disebabkan selama proses pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan struktur dan sifat-sifat dari logam induk.

2.3.2. Keuntungan Pengelasan Gesek

Keuntungan dari las gesek adalah sebagai berikut :

a. Proses yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan asap, gas atau asap
b. Cocok untuk jumlah produksi yang banyak
c. Kemungkinan terjadinya porositas dan inklusi terak dapat dihindarkan
d. Pengelasan berpenampang yang tidak sama dapat dilakukan dengan proses pengelasan ini
e. Bahan berbeda karakteristiknya dapat dilakukan dengan las gesek ini
f. Proses las gesek ini konsisten dan berulang-ulang
g. Mengkonsumsi energi yang rendah dan tegangan las rendah
h. Tidak ada bahan tambahan yang dibutuhkan
i. Mengurangi biaya pemeliharaan, mengurangi tenaga kerja mesin, meningkatkan kapasitas dan mengurangi biaya perkakas yang mudah rusak
j. Mengurangi biaya untuk tempa kompleks atau coran
k. Memiliki kontrol yang akurat pada toleransi lasan
l. Tidak ada fluks atau *filler* logam atau gas yang diperlukan dalam kasus las gesek

2.3.3. Aplikasi Las Gesek

Berbagai macam hasil sambungan dari pengelasan las gesek, dangan menggunakan dua logam yang berbeda. Macam sambungan yang sulit di las dengan pengelasan biasa seperti las busur listrik. Dengan pengelasan gesek lebih mudah dan biaya lebih ekonomis. seperti yang di tunjukkan pada **gambar 2.2**.

Gambar 2.2. Contoh aplikasi pengelasan gesek metode rotary. a). *Hydrolic cylinder piston*, b). *Pump motor shaft*, c). *shaft*.

Sumber : Materials Aso. 2015. Friction Welding in the Manufacturing of OEM Chemical Processing Equipment – A Case Study by American Friction Welding. http://www.azom.com/articleID=4606. 9 Agustus 2015.

2.4. Logam Aluminium 2024 T4

Aluminium adalah logam yang paling banyak terdapat di kerak bumi, dan unsur terbanyak ketiga setelah oksigen dan silikon. Aluminium pertama kali ditemukan sebagai unsur pada tahun 1809 oleh Sir Humphrey Davy. Beberapa tahun sesudahnya, yaitu pada tahun 1886 secara bersamaan Paul Heroult dari Perancis dan Charles Martin Hall dari Ohio memperoleh logam aluminium dari alumina dengan cara elektrolisa (Surdia, T dan Saito, 1999). Aluminium (99,99%) memiliki berat jenis sebesar 2,7 g/cm3, dan titik lebur pada suhu 660^0C, aluminium memiliki *strength to weight ratio* yang lebih tinggi dari baja. Sifat tahan korosi aluminium diperoleh dari terbentuknya lapisan oksida aluminium dari permukaan aluminium.

Lapisan oksida ini melekat kuat dan rapat pada permukaan, serta stabil (tidak bereaksi dengan lingkungan sekitarnya) sehingga melindungi bagian dalam. Paduan aluminium dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu aluminium *wronght alloy* (lembaran) dan aluminium *costing alloy* (batang cor).

Unsur paduan yang digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik aluminium adalah tembaga, mangan, silikon, magnesium, nikel dan lain sebagainya. Dimana paduan aluminium tersebut dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, yaitu Al-murni, Al-Cu, Al-Mn, Al-Si, Al-Mg, Al-Mg-Si, Al-Zn dan jenis paduan Al yang

lainya. Salah satu paduan aluminium yang banyak digunakan adalah jenis Al-Cu atau paduan seri 2XX.X yang memiliki nama dipasaran duralumin (Dilovazendu, F. L., 2012). Aluminium *Alloy* 2024 atau Duralumin merupakan sistem paduan aluminium dan tembaga diperkaya dengan silikon, magnesium dan bersifat *heat treatable* khususnya akibat *natural and artificially aging*. Pada suhu atmosfer, duralumin mempunyai *strength-to-eight ratio* yang lebih tinggi dari *steel*. Duralumin tempa mempunyai kekuatan yang tinggi, umumnya digunakan untuk *heavy-duty forging*, *aircarft fitting*, *truck frame*, roda gigi dan poros, baut, *clock parts*, *computer part*, kopling, *fuse parts*, *hydraulic valve bodies*, *missile parts*, amunisi, *nuts*, piston, *rectifier parts*, *worm gear*, *fastening devices*, peralatan kedokteran hewan, *ortopedic*, *structures*. Konduktivitas duralumin yang tinggi direkomendasikan untuk memproduksi pengecoran *in line system* dengan cetakan permanen sampai cetakan tekan. Kualitas pengecoran pada umumnya ditentukan dari diskontinuitas *subsurface* seperti porositas dan struktur metalurgi akhir (Suprapto, 2012).

Kode T4 pada aluminium menerangkan bahwa material ini memerlukan proses perlakuan panas *(heat treatment).* perlakuan panas merupakan suatu proses pemanasan dan pendinginan yang terkontrol, dengan tujuan untuk mengubah sifat fisik dan sifat mekanis pada suatu logam sesuai dengan keinginan. (Kamenichny, 1969: 74). Ada tiga proses perlakuan panas yaitu:

1. *Heating* : proses pemanasan sampai temperatur tertentu dan dalam periode waktu. Tujuannya untuk memberikan kesempatan agar terjadinya perubahan struktur dari atom-atom dapat menyeluruh.
2. *Holding* : proses penahanan pemanasan pada temperatur tertentu, bertujuan untuk memberikan kesempatan agar terbentuk struktur yang teratur dan seragam sebelum proses pendinginan.
3. *Cooling* : proses pendinginan dengan kecepatan tertentu, bertujuan untuk mendapatkan struktur dan sifat fisik maupun sifat mekanis yang diinginkan.

Logam aluminium mempunyai karakteristik yang berbeda dengan logam lain diantaranya adalah :

1. permukaan lebih mengkilap 3 kali dari mengkilap besi
2. Tahan korosi
3. mempunyai kekuatan yang tinggi
4. mudah dibentuk
5. melting point rendah
6. penghantar panas dan arus yang baik
7. aluminium semakin tangguh pada suhu yang rendah

2.5. Stainless Steel 420

Stainless steel terdiri atas beberapa tingkatan. Stainless steel yang paling banyak digunakan adalah *austenitic* Cr-Ni 18-8 jenis baja, yang merupakan lebih dari 50% dari produk global stainless steel. Nilai yang lebih banyak digunakan berikutnya adalah *feritic* Cr-*Steels*, diikuti oleh *molybdenum-Alloyed* Cr-Ni-Mo *austenitic steels* (Outokumpu, 2013).

Baja *stainless steel* merupakan baja paduan yang mengandung minimal 10,5% Cr. Sediki baja stainless mengandung lebih dari 30% Cr atau kurang dari 50% Fe. Daya tahan *Stainless Steel* terhadap oksidasi yang tinggi di udara dalam suhu lingkungan biasanya dicapai karena adanya tambahan minimal 13% (dari berat) krom. Krom membentuk sebuah lapisan tidak aktif *kromium (III) oksida* (Cr_2O_3) ketika bertemu oksigen. Lapisan ini terlalu tipis untuk dilihat, sehingga logamnya akan tetap berkilau. Logam ini menjadi tahan air dan udara melindingi logam yang ada dibawah lapisan tersebut. Fenomena ini disebut *Passivaton* dan dapat dilihat pada logam yang lain, seperti pada *aluminium* dan *titanium*.

Berdasarkan fasanya, baja tahan karat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis yaitu:

1. Baja Tahan Karat *Fertitc*

   Feritic memiliki kandungan *Chrome* sebanyak 17% dan *Carbon* antara 0.08-0.2%. Memiliki sifat ketahanan korosi yang meningkat pada suhu tinggi. Namun sulit dilakukan perlakuan panas pada kelompok stainless steel ini sehingga penggunaannya menjadi terbatas. Jenis dari baja tahan karat *feritic* antara lain adalah jenis 409, 446

2. Baja Tahan Karat *Austenitic*

   Austenitic memiliki kandungan *Chrome* sekitar 17-25% dan Nikel sekitar 8-20% dan beberapa unsur tambahan dalam upaya mencapai sifat yang diinginkan. Baja tahan karat jenis ini adalah *nonmagnetic.* Jenis dari baja tahan karat *martensitic* antara lain adalah jenis 304, 321, 347, 316, 317, *L Grade.*

3. Baja Tahan Karat *Martensitic*

   Martensitic memiliki kandungan *Chrome* sebesar 12% sampai maksimal 14 dan *Carbon* pada kisaran 0.08-2,0%. Kandungan karbon yang tinggi merupakan hal yang baik dalam merespon panas untuk memberikan berbagai kekuatan mekanis, ketahanan korosi, dan perlakuan permukaan sehinga bagus untuk berbagai aplikasi. Jenis dari baja tahan karat *martensitic* antara lain adalah jenis 410, 416, 420, 431.

4. Baja Tahan Karat *Duplex*

   Merupakan kelompok terbaru yang memiliki keseimbangan *Chromium,* Nikel, *Molybdenum,* dan Nitrogen pada campuran yang sama antara jenis *austenite* dan jenis *ferit.* Hasilnya adalah sebuah kekuatan yang tinggi, sangat tahan terhadap korosi. Direkomendasikan pada suhu -50^{0}C sampai 300^0. Jenis dari baja tahan karat *martensitic* antara lain adalah jenis UNS S31803, UNS S32750, UNS S32750.

5. Baja tahan karat pengerasan pengendapan, PH, precipitation hardening, mempunyai struktur martensit atau austenite dengan penambahan unsure Tembaga, Titanium, Alumunium, Molibdenum, Niobium, atau Nitrogen.

   Stainless steel AISI 420 termasuk kedalam jenis *martensitic stainless steel.* Material ini bersifat *magnetic* dapat dilakukan *annealing* dan *hardening.* AISI 420 memiliki kemiripan dengan AISI 410 namun lebih kuat dan keras. Sifat mampu las stainless steel *martensitic* terbatas disebabkan karena hardenability. Pertimbangan khusus diperlukan untuk menghindari retak pada lasan. Stainless steel AISI 420 memiliki sifat mampu las yang kurang baik jika dibandingkan dengan AISI 410. Perbedaan utama dari kedua paduan adalah AISI 420 memiliki kandungan karbon yang lebih tinggi sehingga memerlukan perlakuan panas setelah pengelasan (AK Steel Corporation, 2007).

Secara umum, semakin tinggi kadar Cr semakin tahan besi terhadap korosi. Hal ini disebabkan karena terbentuknya lapisan film oksida pada permukaan. Di sisi lain kekurangan kadar Chromium akan menyebabkan berkurangnya jumlah lapisan film oksida protektif. Dalam hal ini, kadar karbon di dalam stainless perlu dijaga dalam keadaan rendah. Jika tidak, maka akan terbentuk karbida Chrom sehingga Chrom tidak dapat ke permukaan membentuk oksida film protektif. Penambahan Ni sangat penting karena Ni memiliki struktur FCC yang memiliki batas kelarutan karbon yang lebih besar sehingga mengurangi peluang terjadi pembentukan karbida Chromium yang akan mengurangi kadar Chromium dan oleh karenanya jumlah lapisan film oksida protektif pada permukaan.