

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Pustaka

Penelitian terhadap las gesek telah banyak dilakukan. Penelitian dilakukan terhadap kekuatan tarik, kekerasan permukaan dan struktur mikro. Parameter penting yang digunakan pada pengelasan gesek adalah tekanan gesek, waktu gesek, tekanan tempa, waktu tempa dan kecepatan putar.

Husodo dan Sanyoto (2011), dalam penelitiannya yang berjudul 'Peningkatan Peran Teknologi *Friction Welding* Dalam Memproduksi As Sepeda Motor Produk Industri Kecil' menyatakan bahwa Adanya perubahan proses operasional las gesek berupa tekanan tempa mengakibatkan perubahan sifat mekanik sambungan. Semakin tinggi tekanan tempa semakin tinggi kekuatan sambungan, semakin tinggi pula kekuatan puntir sambungan, perubahan ini selaras perubahan nilai kekerasan pada logam las dan perubahan struktur mikro. Nilai kekuatan tertinggi terjadi pada proses operasioal tekanan tempa 1300 kg/cm², waktu gesek 45 detik dan tekanan gesek 173 kg/cm². Mesin las gesek langsung mampu menghasilkan kekuatan puntir hingga 150 *N.m*

Satoto (2011) juga meneliti tentang pengaruh kecepatan putaran terhadap kekuatan tarik, struktur mikro dan struktur makro lasan *stainless steel* dengan las gesek. Diperoleh rata-rata kekuatan tarik pada putaran pengelasan 950 rpm adalah sebesar 167,99 MPa. Dengan nilai waktu rata-rata 63,67 detik. Nilai rata-rata kekuatan tarik pada pengelasan dengan putaran 1350 rpm adalah sebesar 237,68 MPa. Dengan nilai waktu rata-rata adalah 32,5 detik. Dapat disimpulkan bahwa dengan putaran motor (rpm) yang tinggi dapat mempengaruhi hasil las gesek sehingga tinggi kekuatan tariknya.

Apriyanto (2015), dalam penelitiannya tentang pengaruh variasi waktu gesek terhadap hasil las gesek dengan bahan alumunium dan baja karbon rendah, didapat hasil pengujian kekuatan tarik antara aluminium dengan baja karbon rendah menggunakan tekanan gesek 46,854 MPa, tekanan tempa 62,460 MPa dan

kecepatan putar sebesar 2000 rpm, dengan variasi waktu antara 40 sampai 140 detik. Didapatkan hasil pengujian berdasarkan pengaruh variasi waktu gesek terhadap kekuatan tarik pada penelitian ini tidak signifikan, hal ini ditunjukkan dengan adanya fluktuasi kekuatan tarik yang tidak berpola. Berdasarkan kekuatan tarik diperoleh kekuatan tarik maksimum 142,575 N/mm² pada waktu gesek selama 90 detik. Kekuatan tarik pada logam induk aluminium adalah 167,001 N/mm², dari hasil tersebut kekuatan tarik menurun sebesar 14,6 % dari logam induknya.

Alves dkk (2010), dalam penelitiannya tentang pengaruh parameter yang digunakan terhadap hasil sambungan las gesek aluminium *alloy* 1050 dan *stainless steel* AISI 304 dengan *friction welding* didapat kekuatan tarik tertinggi yaitu 80,08 MPa. Nilai tersebut didapat dengan variasi tekanan gesek 2,1 MPa, waktu gesek 32 detik, tekanan tempa 1,4 MPa dan waktu tempa 2 detik. Penelitian las gesek dengan material yang berbeda juga dilakukan oleh Shubavardhan dan Surendran, (2010). Dalam penelitiannya menggunakan material *aluminium alloy* 6082 dan *stainless steel* AISI 304 dengan metode *continous drive friction welding*. Penelitian dilakukan dengan melakukan variasi tekanan gesek dan waktu gesek. Waktu gesek yang lama menyebabkan terbentuknya lapisan intermetalik pada daerah *interface*. Shubavardhan dan Surendran, (2010). Dalam penelitiannya digunakan material *aluminium alloy* 6082 dan *stainless steel* AISI 304 dengan metode *continous drive friction welding*. Penelitian dilakukan dengan melakukan variasi tekanan gesek 65, 104, 156 MPa dan waktu gesek 3, 5,7 detik. Didapat kekuatan tarik tertinggi yaitu 188,40 MPa pada tekanan gesek 104 MPa dan waktu gesek 5 detik.

Serena (2015), dalam penelitiannya yang berjudul pengaruh waktu gesek pada pengelasan kontinyu *dissimilar* bahan pipa tembaga dan pipa kuningan terhadap struktur mikro dan kekerasan sambungan, didapat hasil bahwa kuningan mempunyai tingkat kekerasan yang tinggi dibanding tembaga yaitu 93,6 VHN pada waktu gesek 30 detik, sedangkan pada tembaga didapat nilai kekerasan tertinggi 60,2 VHN pada waktu gesek 70 detik. Jadi Lamanya waktu gesek mempengaruhi kekerasan hasil las. Jika waktu gesek terlalu lama maka nilai uji

kekerasan pada las akan menurun kembali dikarenakan weld nugget sudah mulai dingin dan proses difusi antar atom kurang.

Dari penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa durasi waktu gesek, kecepatan putaran, tekanan gesek dan tekanan tempa yang semakin meningkat maka dapat meningkatkan kekuatan mekanisnya. Parameter-parameter tersebut merupakan hal terpenting yang biasa digunakan oleh para peneliti tentang las gesek.

2.2. Dasar Teori

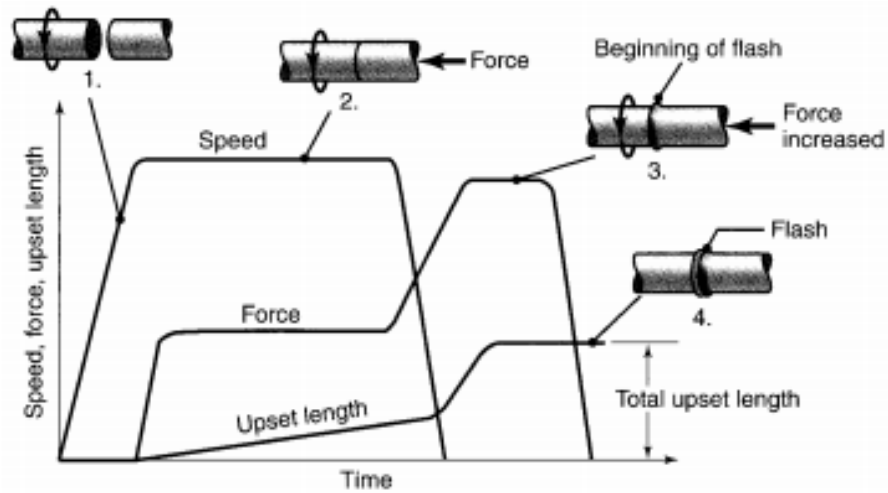
Kemajuan teknologi di bidang penyambungan dapat terlihat dari banyaknya jenis-jenis sambungannya seperti sambungan lipat, paku keling, sambungan baut dan sambungan las. Penyambungan dengan teknik pengelasan adalah salah satu metode penyambungan yang banyak digunakan di bidang industri.

Menurut *Deutsche Industry Normen* (DIN), pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang terjadi dalam keadaan lumer atau cair, dengan kata lain pengelasan adalah penyambungan setempat dari dua logam dengan menggunakan energi panas.

Ada dua metode pengelasan yaitu penyambungan logam dengan metode pengelasan kondisi cair (*fusion welding*) dan pengelasan kondisi padat (*solid state welding*). Pengelasan kondisi cair adalah proses pengelasan dengan mencairkan sebagian logam induk, sedangkan pengelasan kondisi padat adalah penyambungan dua buah permukaan logam dibawah titik leleh material yang di sambung dan tanpa pemberian bahan tambah.

2.2.1 Pengelasan Gesek (*Friction Welding*)

Pada pengelasan gesek penyambungan terjadi oleh panas gesek akibat perputaran logam satu terhadap logam lainnya dibawah pengaruh tekan aksial. Kedua permukaan yang bersinggungan terjadi panas mendekati titik cair sehingga permukaan yang bersinggungan menjadi plastis. Berikut ini tahap proses adalah sebagai berikut (seperti ditunjukkan gambar 2.1) :

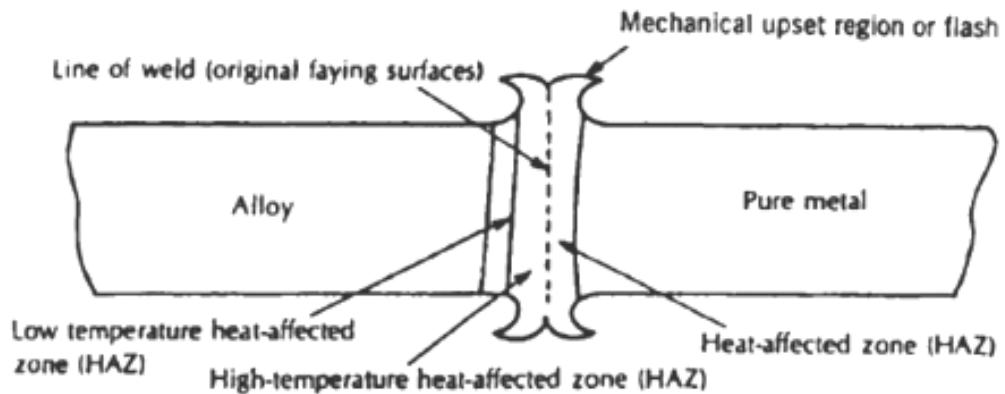


Gambar 2.1. Skema prose pengelasan gesek (*friction welding*)
 Sumber : <https://titofebrianto.wordpress.com/2013/06/page/3/> 16 Maret 2016

1. Salah satu benda kerja diputar.
2. Permukaan benda kerja yang tidak berputar disentuh ke permukaan benda kerja yang sedang berputar dengan disertai tekanan.
3. Gesekan pada kedua permukaan benda kerja berakibat timbulnya panas yang mendekati titik lebur logam tersebut, sehingga mulailah terbentuknya flash.
4. Kemudian putaran dihentikan, setelah benda kerja berhenti berputar langsung diberi tekanan aksial. Terbentuklah sambungan las gesek antara dua poros logam tersebut.

2.2.2. Daerah Lasan

Metalurgi dalam pengelasan, dalam arti yang sempit dapat dibatasi hanya pada logam las dan daerah yang dipengaruhi panas atau HAZ (*Heat Affected Zone*). Dengan mengetahui metalurgi las, memungkinkan memprediksi sifat-sifat dari logam las. Aspek-aspek yang timbul selama dan sesudah pengelasan harus benar-benar diperhitungkan sebelumnya, karena perencanaan yang kurang tepat dapat mengakibatkan kualitas hasil las yang kurang baik. Dengan demikian pengetahuan metalurgi las dan ditambah dengan keahlian dalam operasi pengelasan dapat ditentukan prosedur pengelasan yang baik untuk menjamin hasil las-lasan yang baik.



(b)

Gambar 2.2. Daerah Las (a) Las fusi (b) Las non fusi

Sumber : Gatwick Sales. 2015. Friction Welding

(www.gatwicktechnologies.com/processes/friction-welding) 29 Maret 2016

Daerah lasan gesek terdiri dari beberapa bagian yaitu:

- a. Logam lasan (*weld metal*), adalah daerah endapan las (*weld deposit*) dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku.
- 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. *Heat Affected Zone* (HAZ), 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. Proses pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan struktur dan sifat-sifat dari logam induk.

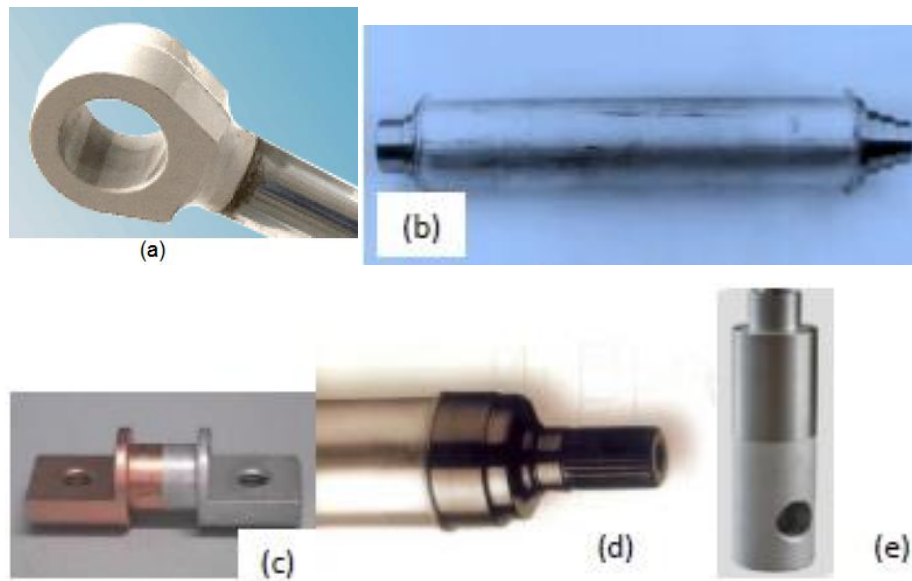
2.2.3. Keuntungan Las gesek

Keuntungan dari las gesek adalah sebagai berikut :

- a. proses yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan asap, gas atau asap
- b. Cocok untuk produksi massal
- 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. Mengonsumsi 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

2.2.4. Aplikasi Las Gesek

Berbagai macam hasil sambungan dari pengelasan las gesek, dengan menggunakan dua logam material yang berbeda (*dissimilar*) seperti pada large piston rod, Konektor pada alat kelistrikan, Poros Baling-Baling pada pesawat, Peralih Penghubung Pada Reaktor Nuklir dan lainnya. Dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Hasil Sambungan-Sambungan Las Gesek (a) large piston rod, (b) Aluminium-SS (Copier Fuser Roller), (c) Konektor Cu-Al, (d) Poros Baling-Baling (Al-Steel), (e) Peralih Penghubung Pada Reaktor Nuklier (Al Alloy-Steel) (www.mtiwelding.com)

2.3. Aluminium Alloy 2024 T4

2.3.1. Klasifikasi Aluminium Alloy 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, densitas 2,685 kg/m³, dan titik leburnya pada suhu 660⁰C, 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 *wrought alloy* (lembaran) dan aluminium *casting 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 lainnya. 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-tembaga diperkaya dengan silikon, magnesium dan bersifat *heattreatable* khususnya akibat *natural andartificially aging*. Pada suhu atmosfer, duralumin mempunyai *strength-to-weightratio* yang lebih tinggi dari *steel*. Duralumin tempa mempunyai kekuatan yang tinggi, umumnya digunakan untuk *heavy-dutyforging, 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 (Suprpto, 2012). Sifat dan nilai aluminium alloy standar tertera pada tabel 2.1.

jenis aluminium yang paling dikenal antara lain :

- a. **Avional**, material ini sering digunakan pada bidang penerbangan.
- b. **Chitonal 24**, material ini hanya digunakan pada bangunan di bidang penerbangan.
- c. **Duralumin** atau **Duralite**, digunakan untuk membuat konstruksi mobil dan pesawat.
- d. **Ergal 55** dan **Ergal 65**, digunakan pada bidang penerbangan. **Silafond**, memiliki ketahanan korosi.
- e. **Silumin**, memiliki ketahanan korosi yang cukup.

- f. *Anticorodal*, memiliki ketahanan korosi dan ketahanan mekanis yang baik serta lebih mudah dilas.
- g. *Corrofond*, memiliki ketahanan korosi yang baik dan ketahanan mekanis yang sedang.

2.4. Stainless Steel AISI 420

2.4.1. Klasifikasi Stainless Steel AISI 420

Stainless steel adalah Paduan besi-kromium (Fe-Cr) dengan penambahan nikel (Ni). Penggunaan didominasi oleh beberapa bidang seperti: produk konsumen, peralatan untuk industry minyak dan gas, industry kimia, dan industry makanan dan minuman. 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* (Outokumpu. 2013)..

Berdasarkan fasanya, baja tahan karat diklasifikasikan menjadi:

1. Baja tahan karat feritik, 12 – 30 persen Kromium.
2. Baja tahan karat austenitik, 17 – 25 persen Kromium, 8 – 20 persen Nikel.
3. Baja tahan karat martensitik, 12 – 17 persen Kromium, 0,1 – 1,0 persen Karbon.
4. Baja tahan karat duplex, 23 -30 persen Kromium, 2,5 – 7 persen Nikel dengan penambahan unsur Titanium dan Molibdenum.
5. Baja tahan karat pengerasan pengendapan, PH, precipitation hardening, mempunyai struktur martensit atau austenite dengan penambahan unsure Tembaga, Titanium, Alumunium, Molibdenum, Niobium, atau Nitrogen.

Pada suhu yang berbeda-beda *stainless steel* AISI 420 memiliki beberapa sifat mekanis seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.1. Sifat mekanik dari kelas 420 baja *stainless steel*Sumber : (<http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=972>)

Tempering Temperature (°C)	Tensile Strength (MPa)	Yield Strength		Elongation (% in 50mm)	Hardness Brinell (HB)	Impact Charpy V (J)
		0.2% Proof (MPa)	0.2% Proof (MPa)			
Annealed *	655	345	345	25	241 max	-
204	1600	1360	1360	12	444	20
316	1580	1365	1365	14	444	19
427	1620	1420	1420	10	461	#
538	1305	1095	1095	15	375	#
593	1035	810	810	18	302	22
650	895	680	680	20	262	42

Pada saat dilakukan pengelasan gesek suhu yang terjadi sekitar 300 – 400 °C. Sehingga ada kemungkinan terjadi sifat mekanis pada *stainless steel* seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.2.

pada stainless steel berdasarkan serinya memiliki titik lebur yang berbeda-beda seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.3.

Tabel 2.2. Titik lebur stainless steelSumber : (<http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=103>)

Melting Range (°C)	Steel Grades
1325-1400	1.4547 (254SMO) ¹
1370-1480	440A, 1.4125 (440C)
1375-1400	1.4401 (316), 1.4404 (316L)
1385-1445	1.4462 (2205) ¹
1400-1420	1.4310 (301)
1400-1425	1.4886 (330), 1.4541 (321), 1.4550 (347)
1400-1440	1.4542 (17-4PH)
1400-1450	1.4372 (201), 1.4301 (304), 1.4307 (304L), 1.4303 (305), 1.4833 (309), 1.4845 (310)
1425-1510	430, 446
1450-1510	420
1480-1530	409, 410, 416,

Pada tabel 2.3 dapat dilihat bahwa stainless steel AISI 420 memiliki titik lebur yang cukup tinggi yaitu 1450 – 1510 °C.