

## Pengaruh Sudut *Chamfer* Dan Gaya Tekan Akhir Terhadap Kekuatan Tarik Dan Porositas Sambungan Las Gesek Pada Paduan Al-Mg-Si.

Eko Budi Santoso<sup>1)</sup>, Yudy Surya Irawan<sup>2)</sup>, Endi Sutikno<sup>2)</sup>

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Program Magister dan Doktor FT UB,

Jurusan Teknik Mesin Politeknik SAKTI Surabaya<sup>1)</sup>

Jl. Jemursari Selatan IV/103, Surabaya

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya<sup>2)</sup>

Jl. MT. Haryono 167 Malang 65165, Indonesia

[E-mail: ekobs2005@yahoo.com](mailto:ekobs2005@yahoo.com)

### Abstract

One of the problems found in many manufacturing industries is aluminum welding. This is due to aluminum properties that make difficulty to produced good well joints. To overcome this problem, in this study, chamfer angles were used on both contact surfaces of friction welding specimens. Used chamfer angles were 15°, 30°, 45°, 60° and 75°, variation of upset load were 157 kgf, 185 kgf and 213 kgf. Specimen were friction welded with rotational speed of 1600 rpm, compressive force of 123 kgf for 120 seconds. Then porosity testing and tensile strength testing were performed. Result showed that tensile strength of friction welding joint becomes higher with decreasing of chamfer angel and increasing of upset load. Specimen with chamfer 15° and upset load of 213 kgf has maximum tensile strength of 140,45 MPa. Specimen with chamfer angel 75° and upset loading of 213 kgf has the smallest porosity of 0,21 %.

**Keywords:** tensile strength, porosity, friction welding, chamfer angle, upset load and Al-Mg-Si

### PENDAHULUAN

Dalam menghadapi kemajuan pada era industrialisasi maka ilmu pengetahuan dan teknologi yang berhubungan dengan proses pembuatan dan penyambungan suatu peralatan juga mengalami perkembangan yang pesat. Salah satu sarana dalam proses pembuatan dan penyambungan peralatan yang banyak digunakan adalah proses pengelasan. Banyak ditemukannya metode baru dalam mengatasi masalah dalam penyambungan material terkait dengan material yang akan di sambung. Salah satu masalah yang banyak di temukan adalah dalam penyambungan aluminium. Hal ini disebabkan karena aluminium mempunyai sifat yang kurang baik dalam memenuhi persyaratan dalam penyambungan dengan pengelasan. Untuk mengatasi hal tersebut, salah satu cara yang digunakan ialah pengelasan gesek (*friction welding*).

Benda kerja dalam proses pengelasan gesek mengalami empat perubahan *phase* yang berbeda yaitu, *phase solid*, *phase transisi*, *phase steady* dan *phase pendinginan*. Gesekan mulai terjadi pada

*phase solid* dimana panas akan mulai timbul akibat gesekan kedua material dan mengalami peningkatan panas sejalan dengan kecepatan putar dan tekanan yang diberikan. Kemampuan material dalam penyerapan panas menyebabkan terjadinya perbedaan ukuran butir pada daerah sambungan antara kedua sisi material. Luas permukaan kontak berpengaruh terhadap seberapa besar panas yang akan dihasilkan dalam proses penyambungan dalam waktu dan tekanan yang sama. Gaya yang diterima oleh benda kerja akan menghasilkan tekanan yang lebih besar pada permukaan sisi kontak dengan luasan kontak kecil, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan daerah sambungan bisa cepat tercapai[1]

Beberapa keuntungan dari *friction welding* ini adalah penghematan material, memerlukan waktu yang cepat untuk penyambungan dua material yang sama maupun berbeda. *Friction welding* juga dapat menyambung material yang bulat maupun tidak bulat. Sedangkan parameter proses yang penting adalah waktu gesekan, tekanan gesekan, waktu tempa,

tekanan tempa dan kecepatan putar [2]. Nilai kekuatan tarik sambungan las gesek benda kerja dengan ditambahkan sudut *chamfer* lebih tinggi daripada benda kerja dengan model permukaan kontak tanpa sudut *chamfer*. Dari beberapa hasil yang disebutkan diatas menjelaskan bahwa sudut *chamfer* mempunyai pengaruh yang besar dalam las gesek.[3]

Las Gesek lebih baik jika dibandingkan dengan las konvensional dalam hal porositas, karena las gesek (*friction-welding*) menghasilkan hasil lasan yang hampir tidak mengandung porositas atau hanya mengandung sedikit porositas mikro, namun pada penelitian tersebut tidak dibahas secara terperinci tentang porositas hasil las dan pengaruh sudut *chamfer* terhadap porositas sambungan las gesek pada paduan Al-Mg-Si.[4]

Material mempunyai tiga zona yaitu *undeformed zone (UZ)* yang mana kekerasannya hampir sama dengan logam induk, *plasticized zone(PZ)*, dan *partly deforming zone(PDZ)*. Kekerasan tertinggi ada pada *PZ* dari pada *PDZ* dan *UZ*. Kekerasan pada *PZ* meningkat disebabkan oleh ukuran butir yang halus pada zona tersebut.[5]

Penggunaan sudut *chamfer* yang tepat pada spesimen pengelasan gesek memberikan peningkatan kekuatan tarik sambungan las dibandingkan dengan spesimen tanpa sudut *chamfer*. Kekuatan tarik rata-rata tertinggi terjadi pada sambungan las gesek dengan sudut *chamfer* 30° dan gaya tekan sebesar 123, 38 N/mm<sup>2</sup>. [6]

Pada penelitian yang telah dilakukan terdahulu bisa disimpulkan bahwa disamping bertujuan untuk mempermudah proses pengerjaan juga bertujuan mendapatkan efisiensi maksimum. Dimana dalam semua proses las gesek akan selalu menghasilkan pemendekan yang di sebabkan munculnya *flash* yang berbentuk menyerupai cincin. Semakin banyak *flash* yang muncul akan menyebabkan semakin banyaknya material yang terbuang. Agar efisiensi penggunaan material bisa dilakukan khususnya dalam penghematan dimensi panjang material maka penelitian tentang munculnya *flash* perlu juga

dilakukan. Dan faktor lain yang mempengaruhi kekuatan material yang di sambung dengan menggunakan metode las gesek adalah munculnya porositas.

Dalam penelitian yang akan dilakukan ini, digunakan material paduan Aluminium AA6061 karena paduan Al-Mg-Si memiliki ketahanan korosi dan sifat mampu las yang baik (*Materials Data Books*). Dari beberapa hasil penelitian di atas masih belum diketahui pengaruh sudut *chamfer* pengelasan dan gaya tekan akhir terhadap kekuatan tank sambungan las gesek. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang bagaimana pengaruh sudut *chamfer* dan gaya tekan akhir terhadap kekuatan tarik dan porositas sambungan las gesek pada paduan Al-Mg-Si.

## METODE PENELITIAN

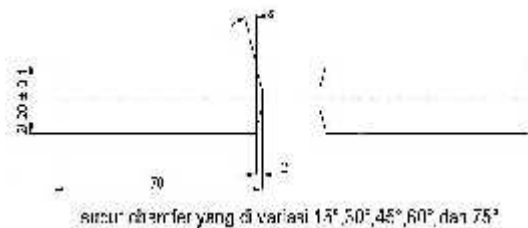
Metode penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian eksperimental sejati (*true experimental research*), Material yang digunakan adalah aluminium paduan A6061 yang berbentuk poros. Komposisi kimia dari A6061 ditunjukkan dalam tabel 1

Tabel 1. Komposisi kimia dari AlMgSi (% berat)

Si	0.5300 %	Zn	0.0210 %
Fe	0.2500 %	Ni	0.0170 %
Cu	0.1600 %	Sn	0.0040 %
Mn	0.1100 %	Cd	0.0020 %
Mg	0.8100 %	Ti	0.0140 %
Cr	0.0850 %	Al	97.9970 %

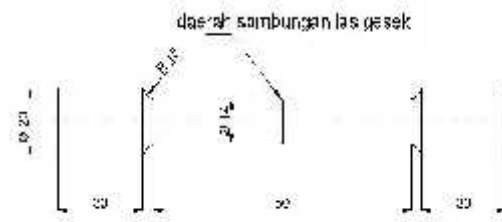
Dalam pembuatan specimen untuk pengelasan gesek, material awal berbentuk poros dengan panjang 3 meter. Kemudian material di potong dengan menggunakan *hack saw*. Untuk menjaga panas yang terjadi akibat pemotongan dengan gergaji maka digunakan *water coolant* sebagai pendingin. Material yang sudah di potong kemudian di buat variasi sudut *chamfer* masing-masing sudut 15°, 30°, 45°, 60° dan 75°. Seperti pada Gambar 1. Pembuatan sudut *chamfer* dilakukan dengan menggunakan mesin bubut. Kemudian pada bidang kontak las gesek di lakukan pengamplasan dengan tujuan untuk

mengurangi gesekan. Pengamplasan dilakukan pada mesin bubut dengan menggunakan amplas #1000 dengan menggunakan putaran 500 rpm, selama 15 detik. Dari hasil pengamplasan ini didapatkan harga kekasaran Ra 0,84µm sampai 0,87µm dan bila di konversikan ke kekasaran material ada pada daerah N6.



Gambar 1. Dimensi Benda Kerja

Dalam proses pengelasan salah satu bagian di cekam pada chuck mesin bubut, sedangkan bagian yang lain dipegang oleh alat bantu sekaligus berfungsi sebagai alat penekanan pada proses pengelasan. Alat bantu ini menggunakan pegas sebagai media untuk mengetahui gaya tekan yang di berikan. Putaran yang di gunakan pada saat pengelasan adalah 1600 rpm. Salah satu bagian yang di cepit pada chuck di putar dengan kecepatan 1600 rpm, sedang bagian yang lain yang di jepit pada alat bantu dengan diberi tekanan awal sebesar 123 kgf dengan lama penekanan 2 menit. Setelah mencapai waktu penekanan 2 menit kemudian putaran di hentikan dan di beri gaya tekan akhir sesuai dengan yang di variasikan yaitu 157 kgf, 185 kgf dan 213 kgf dan dilakukan penahanan selama 2 menit. Material yang di jepit pada alat bantu selama proses pengelasan dijaga dengan penyangga agar tidak bergetar. Pendinginan dilakukan dengan media udara. Untuk melakukan pengujian tarik, specimen dibentuk dengan menggunakan mesin bubut sesuai dengan standard yang akan di gunakan yaitu standard JIS, sesuai dengan Gambar 2 Untuk menjaga agar specimen tidak panas selama proses pembubutan di gunakan air coolant sebagai pendingin. Hal ini dilakukan untuk menjaga agar struktur material tidak berubah akibat adanya panas dari proses pembubutan.



Gambar 2. Bentuk dan Dimensi Spesimen untuk Pengujian Kekuatan Tarik [8].

Sebelum dilakukan pengujian tarik terlebih dahulu dilakukan pengujian density untuk mengetahui besarnya porositas yang terdapat di dalam specimen dengan menggunakan pengujian densitas menggunakan standar ASTM B311. (*Standard Test Method for Density*) [7]

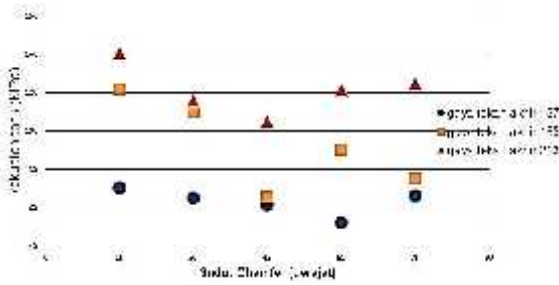
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian specimen tarik menggunakan standard JIS Z 2201 [8] (*Jepang Industrial Standard - Test pieces for tensile test for metallic materials*).

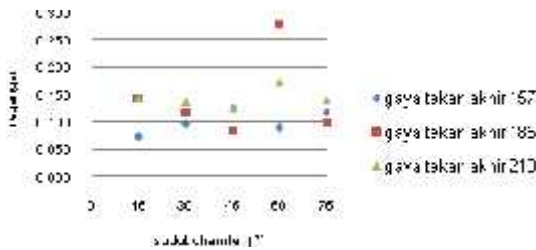
Tabel 2. Hasil Pengujian tarik

Sudut (derajat)	Gaya tekan akhir (kgf)	Kekuatan tarik (Mpa)	Regangan
15	157	70.9797	0.07
	185	121.7873	0.14
	213	140.4490	0.15
30	157	65.3277	0.10
	185	110.0447	0.12
	213	116.0290	0.14
45	157	62.0600	0.12
	185	65.8200	0.09
	213	105.2370	0.13
60	157	52.6223	0.09
	185	90.7567	0.28
	213	121.5533	0.17
75	157	66.5987	0.12
	185	75.3120	0.10
	213	124.7457	0.14

Berdasarkan hasil pengujian tarik yang di sajikan pada Tabel 2 dapat diketahui nilai rata-rata kekuatan tarik dari specimen. Dengan masing – masing variasi sudut dan gaya tekan akhir. Hubungan antara kekuatan tarik dengan sudut *chamfer* serta gaya tekan akhir pada Gambar 3

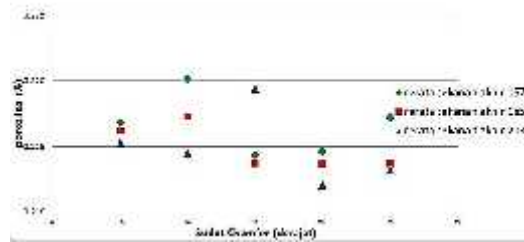


Gambar 3. Grafik hubungan antara sudut chamfer, gaya tekan akhir dan kekuatan tarik



Gambar 4. Grafik hubungan antara sudut chamfer, gaya tekan akhir dan kekuatan tarik

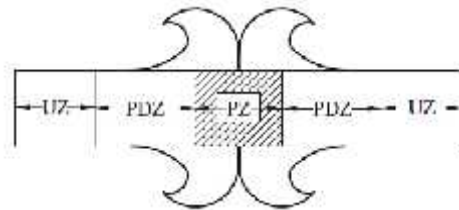
Dari Gambar 4 kekuatan tarik maksimal terdapat pada specimen sudut 15° dan gaya tekan akhirnya 213 kgf, dengan nilai kekuatan tariknya adalah 140.45 MPa. Secara umum bisa di tarik kesimpulan sesuai dengan grafik bahwa kekuatan tarik cenderung menurun dengan bertambahnya sudut chamfer yang diberikan, dan kekuatan tarik cenderung bertambah besar bila tekanan akhir yang di berikan juga bertambah. Pada sudut 15 ° pada gaya tekan akhir 157 kgf mempunyai kekuatan tarik sebesar 70.98 MPa, pada gaya tekan akhir 185 kgf kekuatan tariknya bertambah menjadi 121.79 MPa, sedangkan bila di beri gaya tekan akhir menjadi 140,45 MPa. Untuk pengujian porositas yang bertujuan untuk mengetahui dan mengukur adanya rongga di dalam hasil lasan digunakan skema Picnometri.



Gambar 5. Grafik hubungan antara sudut chamfer, gaya tekan akhir dan porositas

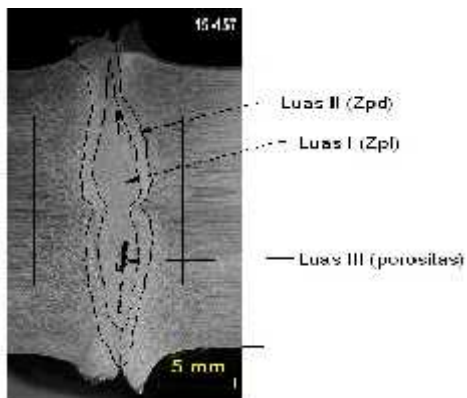
Dari Gambar 5 Prosentase porositas secara rata rata di dapat pada specimen dengan gaya tekan akhir 213 kgf dengan tren yang semakin kecil pada sudutnya. Secara rata rata juga bisa di tarik kesimpulan , bahwa prosentase porositas akan bertambah besar bila sudut chamfernya semakin kecil. Prosentase porositas terbesar didapatkan pada sudut 30° dengan gaya tekan akhir sebesar 157 kgf, secara rata rata di dapat pada gaya tekan akhir 157 kgf mempunyai prosentase porositas sebesar 0,215 % , 185 kgf mempunyai nilai prosentase porositas sebesar 0,217% dan pada gaya tekan akhir 213 mempunyai prosentase porositas sebesar 0,215%

Dari penelitiannya dapat diketahui bahwa material mempunyai tiga zona yaitu undeformed zone (Zud) yang mana kekerasannya hampir sama dengan logam induk, plasticized zone (Zpl), dan partly deforming zone (Zpd). Kekerasan Zpl lebih tinggi daripada Zpd dan Zud. Kekerasan pada Zpd meningkat disebabkan oleh ukuran butir yang halus pada zona tersebut, tampak pada Gambar 6

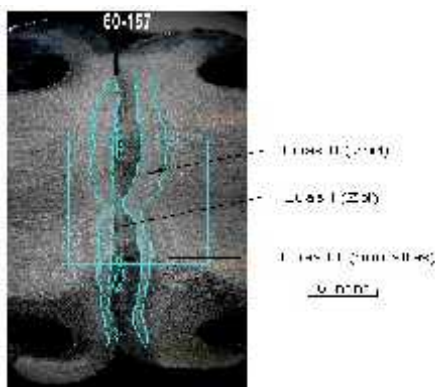


Gambar 6. Penampang melintang dari pengelasan gesek yang menunjukkan daerah UZ (undeformed zone), PDZ (partly deformed zone) dan PZ (plasticide zone) [5]

Berdasarkan data hasil pengujian foto makro pada variasi sudut chamfer dan gaya tekan akhir ,didapatkan data luasan daerah ZPI, Zpd ,dan juga daerah porositas seperti yang di sajikan dalam gambar 7 dan Gambar 8 berikut



Gambar 7. Daerah ZPL, Zpd, Zud serta porositas pada specimen sudut chamfer 15°



Gambar 8 . Daerah ZPL, Zpd, Zud serta porositas pada specimen sudut chamfer 60°

Untuk mengetahui hubungan dari masing–masing luasan Zpl, luas Zpd, maka luas daerah itu diukur pada daerah spesimen uji tarik yaitu diameter 14mm, dan dalam pengukurannya menggunakan software autocad. Nilai porositas bukan merupakan faktor utama yang menyebabkan menurunnya kekuatan tarik tetapi luasan HAZ.Luasan Zpl berkontribusi meningkatkan kekuatan tarik dan kekerasan.Hasil dari pengukuran tersebut di sajikan dalam grafik berikut

Tabel 3. Tabel Luas daerah zona fully plasticide (Zpl), Zona Partly Deformed(Zpd)

sudut chamfer	gaya tekan akhir	Luas Zpd	Luas Zpl
15	157	23.9665	33.959
15	185	17.8591	31.014
15	213	11.3718	31.4212
30	157	33.673	29.2916
30	185	32.4074	28.7237
30	213	25.1675	27.8331
45	157	36.6466	30.1921
45	185	41.6518	28.3578
45	213	25.8739	25.3637
60	157	31.9874	25.7579
60	185	33.6522	23.5815
60	213	38.8183	28.7183
75	157	30.6633	28.6677
75	185	29.3945	26.5738
75	213	24.7525	26.4803

Dari tabel tersebut bisa diketahui bahwa luas daerah Zpd terkecil dan luasan Zpl terbesar pada specimen 15 ° maka kekuatan tariknya adalah maksimal

### KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah di lakukan ini bisa diambil kesimpulan antara lain,.

1. Kekuatan tarik pada pengelasan gesek aluminium paduan Al-Mg-Si akan meningkat seiring dengan semakin kecilnya sudut chamfer dan semakin besarnya gaya tekan akhir
2. Porositas menurun dengan bertambahnya sudut chamfer dan gaya tekan akhir.

### DAFTAR PUSTAKA

[1] Spindler .,1994, *What Industry Needs to Know About Friction Welding*, *Welding Journal*, Indiana.

[2] Kalpakjian, Serope dan Steven R. Oswald., 2001, *Manufacturing Engineering and Technology*, Prentice-Hall International, London.

- 
- [3] Lin, C.B. *et al.*, 1999. , "The Effect of Joint Design and Volume Fraction on Friction Welding Properties of A360/SiC Composites", *Welding Research Supplement*, Department of Mechanical Engineering. Tamkang University. Taiwan.
- [4] Jiang W H and R Kovacevic., 2004, *Feasibility study of friction stir welding of 6061-T6 aluminium alloy with AISI 1018 steel*
- [5] Sathiya, P. *et.al.*, 2007, "Effect of Friction Welding Parameters on Mechanical and Metallurgical Properties of Ferritic Stainless Steel", *International Journal of Advanced Manufacture*, Vol.31, 1076-1082.
- [6] Irawan, Wirohardjo, Ma'arif, Setiawan (2010) *Penggunaan Sudut Chamfer untuk Peningkatan Kekuatan Tarik Sambungan Las Gesek Linier Aluminium Paduan A6061, Prosiding SNPs X.*
- [7] ASTM B311. (*Standard Test Method for Density*)
- [8] Japanese Industrial Standards Association, 1980, *Standard Book of JIS : JIS Z 2201*, Japanese Industrial Standard Association, Tokyo