

## Waktu Gesek Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan AA6061-Baja Karbon Pada Pengelasan Gesek Continuous Drive

Jack Carol Adolf Pah<sup>1</sup>, Defmit B. N. Riwu<sup>1</sup>, Dominggus G. H. Adoe<sup>1</sup>, Adi Yermia Tobe<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana

Jl. Adi Sucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp: (0380)881597

E-mail: jack\_pah@staf.undana.ac.id

### ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan pengaruh dari waktu gesek terhadap kekuatan tarik sambungan aluminium paduan AA6061 dengan baja karbon, yang disambung menggunakan pengelasan gesek continuous drive. Variasi waktu gesek pada penelitian ini adalah 5 detik, 7 detik, 9 detik dan 11 detik. Variabel-variabel pengelasan gesek yang lain adalah tekanan gesek 24 MPa, tekanan tempa 79 MPa, waktu tempa 60 detik, dan putaran penggesekan 1600 rpm. Variabel bebas yang diuji adalah kekuatan Tarik ultimate dari sambungan hasil pengelasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan waktu gesek terhadap kekuatan tarik ultimate tidak linier dengan pertambahan waktu gesek. Dengan bertambah lama waktu gesek, kekuatan tarik ultimate akan membesar sampai nilai maksimum tertentu dan kemudian kekuatan tarik ultimate sambungan menurun dengan tajam. Kekuatan tarik ultimate terbesar didapat pada waktu penggesekan 9 detik, dengan kekuatan tarik ultimate sambungan sebesar 111,89 MPa.

### ABSTRACT

*The objective of this research was to get the effect of friction time on the tensile strength of the joining of aluminum alloy AA6061 and carbon steel, with continuous drive friction welding process. Variations of friction time of this research were 5 seconds, 7 seconds, 9 seconds, and 11 seconds. Other friction welding variables were friction pressure 24 MPa, forging pressure 79 MPa, forging time 60 seconds, and friction rotation speed 1600 rpm. The independent variable was the ultimate tensile strength of the welded joint. The results showed that the relationship between friction time and ultimate tensile strength is not linear, with the increase in friction time. The increasing of friction time, caused the ultimate tensile strength increase to a maximum value and then the ultimate tensile strength of the joint will decrease sharply. The greatest ultimate tensile strength is obtained at a friction time 9 seconds, with ultimate tensile strength 111.89 MPa.*

*Keywords: Friction welding, tensile strength, AA6061, carbon steel, friction time*

### PENDAHULUAN

Dalam ruang lingkup manufaktur, kualitas hasil produk merupakan hal yang penting. Kualitas produk manufaktur dapat dilihat dari terpenuhinya kepuasan konsumen terhadap hasil produksi, yang mana ini berkaitan kuat dengan, proses produksi produk itu, pada saat dimanufaktur [1]. Pengelasan umumnya merupakan suatu proses yang ada di dalam alur proses produksi. Teknologi pengelasan selalu dikembangkan untuk menghasilkan metode-metode pengelasan yang baru. Pengelasan gesek (friction welding) antara material logam yang berbeda, umumnya telah

dikembangkan dalam dunia keteknikan saat ini [2].

Pengelasan gesek telah menjadi penting dalam industri fabrikasi. Kelebihan dari pengelasan gesek antara lain memiliki reproduktifitas yang tinggi, waktu proses pengelasan yang singkat, dan membutuhkan energi *input* yang rendah [1].

Pengelasan gesek diklasifikasikan oleh American Welding Society (AWS) sebagai suatu proses penyambungan yang terjadi, masih pada fase padat (solid state) yang mana pengikatan antara dua benda terjadi pada temperatur yang masih dibawah temperatur lelehnya [1]. Panas dibangkitkan secara mekanis melalui gesekan antara kedua permukaan yang akan disambungkan, dimana

yang satu diam dan yang lain ditekan sambil berputar pada kecepatan tertentu. Gesekan yang terjadi menyebabkan terjadi pembangkitan panas yang cepat pada daerah sambungan. Panas yang dibangkitkan, dan tekanan yang ada antara kedua permukaan menyebabkan terjadinya perubahan plastis pada material di daerah sambungan. Material yang mengalami perubahan plastis ini mengalir keluar dari daerah sambungan membentuk *flesh*. *Flesh* yang mengalir keluar dari daerah permukaan sambungan ini menghilangkan impuritas dan oksida-oksida logam pada permukaan sambungan. Dengan hilangnya impuritas, oksida-oksida logam, dan adanya kenaikan temperatur pada permukaan sambungan, mendorong terjadinya difusi antara kedua material di daerah permukaan sambungan, yang menghasilkan ikatan atau penyambungan antara kedua permukaan itu [3].

Berbagai tipe pengelasan gesek yang ada dan dikenal seperti *stir friction welding* dan *continues drive friction welding*. Pengelasan gesek *continuous drive* merupakan metode pengelasan gesek yang digunakan untuk menyambungkan benda kerja berbentuk selinder dimana terjadi pembangkitan panas akibat gesekan pada permukaan kontak [4].

Pada pengelasan gesek *continuous drive*, terdapat variabel-variabel operasi utama seperti kecepatan putar (rotation speed), waktu gesek (friction time), tekanan gesek (friction pressure) tekanan tempa (forging pressure), dan waktu tempa (forging time) [3]. Selain variabel-variabel utama tadi, terdapat variabel-variabel lain, yang berkorelasi dengan kualitas hasil penyambungan, seperti, jenis material yang disambungkan, geometri permukaan kontak, luas permukaan kontak, dan kekesaran permukaan kontak [5].

Prosedur pengelasan gesek *continuous drive* dimulai dengan memasang kedua benda kerja dalam bentuk selinder pada satu sumbu, salah satu benda kerja berputar dengan kecepatan putar tertentu, dan yang lain diam. Permukaan kontak didekatkan satu dengan lainnya dan ditekan dengan tekanan gesek tertentu, selama waktu gesek tertentu. Putaran dihentikan, dan tekanan dinaikan sesuai besar

tekanan penempaan. Tekanan penempaan dilakukan selama waktu tempa.

Berbagai penelitian sebelumnya mendapatkan bahwa semakin lamanya waktu gesek, kekuatan tarik sambungan pengelasan gesek akan menguat dan kemudian kembali melemah. Penelitian ini diuji pada dua material yang berbeda yaitu pada penyambungan baja AISI 304 dengan aluminium [5].

Pengujian pada penyambungan material Ti6Al4V dengan SUS321 dengan kecepatan putar 1900 rpm, tekanan gesek 184 MPa, tekanan tempa 330 MPa, dan waktu gesek sebagai variabel bebas dan bervariasi mulai dari 1 detik, 2 detik, 3 detik dan 4 detik. Pada penelitian ini didapati kekuatan tarik sambungan semakin kuat dengan semakin lama waktu gesek. Kekuatan tarik sambungan maksimum didapat pada lama waktu gesek 4 detik [6].

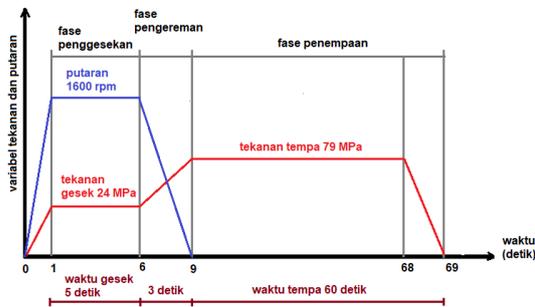
## METODE PENELITIAN

Variabel-variabel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

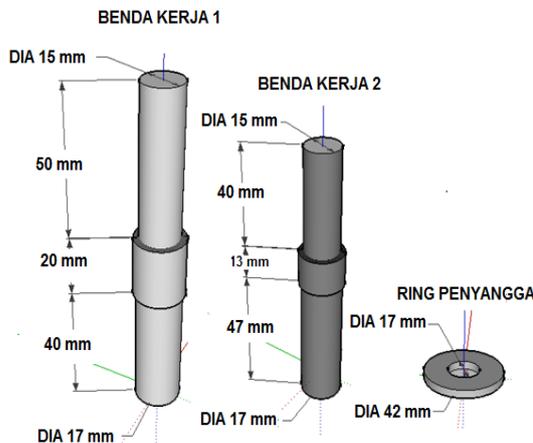
- a Variabel bebas adalah waktu gesek: 5 detik, 7 detik, 9 detik, 11 detik.
- b Variabel terikat adalah kekuatan tarik *ultimate* sambungan.
- c Variabel terkontrol:
  - Tekanan gesek pada permukaan kontak: 24 MPa
  - Kecepatan putar relatif pada permukaan kontak sebesar 1600 rpm.
  - Waktu tempa 60 detik.
  - Tekanan Tempa 79 MPa.
  - Diameter permukaan kontak, kedua benda kerja pada saat proses pengelasan sebesar 15 mm.
  - Diameter permukaan kontak, kedua benda kerja pada saat proses pengelasan sebesar 13 mm.

Grafik yang menunjukkan variabel pengujian pada waktu gesek 5 detik seperti pada Gambar 1. Untuk variabel bebas yang lain, yaitu waktu gesek 7 detik, 9 detik dan 11 detik, variabel-variabel yang lain tidak berubah.

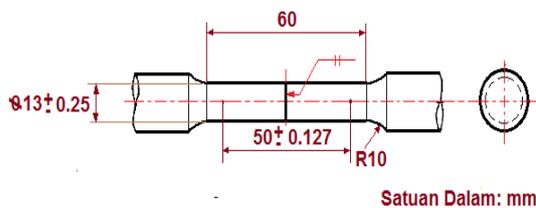
Dimensi benda kerja pada proses pengelasan seperti pada Gambar 2, dimana benda kerja 1 adalah baja karbon, dan benda kerja 2 adalah aluminium paduan AA6061. Dimensi benda uji pada pengujian tarik sesuai standar AWS B4.0-98 seperti pada Gambar 3.



Gambar 1. Variabel Putaran, Tekanan Gesek dan Tempa, Waktu Gesek 5 Detik



Gambar 2. Dimensi Benda Kerja pada Proses Pengelasan



Gambar 3. Dimensi Benda Uji pada Pengujian Tarik

Benda kerja hasil pengelasan, kemudian dibubut untuk mendapatkan ukuran benda uji standar untuk pengujian tarik hasil penyambungan dengan pengelasan. Dari uji tarik didapat grafik uji tarik yang kemudian dianalisa lanjut untuk mendapatkan kekuatan tarik *ultimate* dari semua pengujian yang ada.

Komposisi kimia dari material benda kerja seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Komposisi Kimia Material Benda Kerja

UNSUR KIMIA	AA6061	BAJA KARBON
	PERSEN BERAT ( $W_t$ %)	PERSEN BERAT ( $W_t$ %)
Mn	1,06	0,55
Si	0,71	0,26
Al	96,93	0,56
Fe	0,56	98,76
C	0,09	0,16
O	0,88	0,07
F	-	0,06

Pada penelitian ini, digunakan 3 benda uji untuk setiap variasi pengujian. Pada setiap variasi pengujian, nilai hasil pengujian didapat dari rata-rata nilai pengujian untuk setiap variasi uji.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

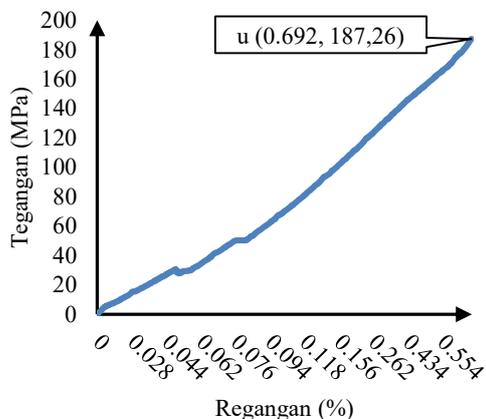
Dari hasil pengujian tarik untuk masing-masing kombinasi variabel waktu gesek 5 detik, 7 detik, 9 detik, dan 11 detik, pada tekanan gesek 24 MPa, didapat rata-rata kekuatan tarik sambungan terhadap variasi waktu gesek seperti grafik pada Tabel 2. Foto benda uji sebelum dan sesudah pengelasan, dan benda uji untuk pengujian tarik seperti pada Gambar 4. Salah satu grafik tegangan-regangan pada waktu gesek 5 detik dengan tekanan gesek 24 MPa seperti pada Gambar 5.

Pada grafik tegangan-regangan pada Gambar 5 yaitu pada waktu gesek 5 detik menunjukkan bahwa tegangan luluh yang jauh lebih rendah dari tegangan *ultimate* dan juga tampak adanya dua fenomena luluh. Ini mengindikasikan bahwa pemanasan permukaan yang belum cukup dan tidak

merata, sehingga pengikatan akibat difusi tidak merata pada permukaan kontak. Kekuatan pengikatan pada permukaan kontak yang tidak merata menyebabkan adanya 2 fenomena luluh pada grafik tegangan-regangan hasil pengujian tarik. Diperlukan pembangkitan panas lanjut dengan memperbesar waktu gesek.



Gambar 4. Benda Uji Sebelum dan Sesudah Pengelasan



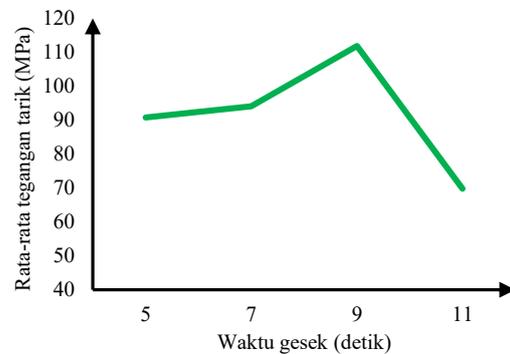
Gambar 5. Grafik Tegangan-Regangan Benda Uji pada 5 detik

Data dari Tabel 2 yang digambarkan pada grafik yang menyatakan rata-rata kekuatan tarik *ultimate* sambungan pengelasan akibat dari perubahan waktu gesek, dapat dilihat pada grafik di Gambar 6.

Pada tekanan gesek yang tetap, dimana waktu gesek diperbesar dari 5 detik, 7 detik, dan 9 detik, kekuatan tarik sambungan semakin menguat. Pembesaran waktu gesek lebih lanjut menyebabkan kekuatan tariknya mulai menunjukkan penurunan yang tajam, yang terkonfirmasi pada grafik Gambar 6.

Tabel 2. Data Kekuatan Tarik Rata-Rata Sambungan Pengelasan Pada Variasi Waktu Gesek

Tekanan Gesek (MPa)	Waktu Gesek (detik)	Benda Uji	Tegangan Tarik Ultimate (MPa)	Rata-Rata Tegangan Tarik Ultimate (MPa)
24	5	1	91,176	90,77
		2	91,997	
		3	89,126	
24	7	1	94,454	94,04
		2	93,625	
		3	94,039	
24	9	1	112,02	111,89
		2	112,84	
		3	110,80	
24	11	1	70,324	69,77
		2	69,917	
		3	69,081	



Gambar 6. Grafik Waktu Gesek Terhadap Rata-Rata Kekuatan Tarik Ultimate Sambungan

Pada saat penerapan waktu gesek 5 detik sampai 9 detik, panas yang dibangkitkan pada permukaan kontak, terjadi dengan cepat, akibat dari gesekan antara permukaan. Panas ini menyebabkan pelunakan material disekitar permukaan kontak. Akibat penerapan tekanan penggesekan 24 MPa dan panas yang terbangkitkan itu, akan menimbulkan *flash* yang kemudian mengalir keluar dari daerah permukaan sambungan. Hal ini mengurangi impuritas dan oksida-oksida logam pada permukaan sambungan. Dengan berkurangnya impuritas, tersingkirnya berbagai oksida

logam, dimana oksida-oksida logam menjadi suatu penghalang proses difusi dan dengan terbangkitkannya panas yang tinggi, menyebabkan luas kontak antara permukaan meningkat, dan terbentuk suatu kondisi untuk proses difusi yang baik.

Proses difusi akan terjadi semakin dalam dan meluas pada permukaan kontak, dengan semakin tingginya temperatur pada permukaan kontak itu, dan menyebabkan pengikatan antara permukaan kontak yang semakin kuat, yang terkonfirmasi dengan meningkatnya kekuatan tarik sambungan.

Pada waktu gesek yang semakin besar diatas 9 detik sampai 11 detik, menunjukkan kekuatan ikatan antara permukaan menurun dengan tajam.

Pada waktu penggesekan yang semakin lama, panas yang dibangkitkan telah menyebar ke seluruh badan benda kerja dengan laju penyebaran yang sesuai dengan koefisien perpindahan panas masing-masing material benda kerja, sehingga pembangkitan panas pada permukaan kontak terhambat akibat perluasan daerah panas. Permukaan kontak semakin lunak akibat adanya panas dalam waktu yang lama, juga menghalangi pembangkitan panas lanjut, yang dibangkitkan dengan cara gesekan antara permukaan.

Panas yang bertemperatur tinggi dan berdurasi lama pada permukaan kontak antara dua logam dalam penelitian ini yaitu paduan aluminium dan baja karbon, akan mendorong terbentuknya lapisan *intermetallic brittle compound* seperti  $Fe_3Al$ ,  $FeAl$ ,  $FeAl_2$ ,  $Fe_2Al_2$ , dan  $FeAl_3$ . Lapisan ini terbentuk diantara permukaan kontak sehingga menghalangi proses difusi lanjut. Lapisan ini juga bersifat sangat getas.

Kombinasi berbagai keadaan ini seperti pelunakan yang menghambat pembangkitan panas, penyebaran panas yang semakin besar ke seluruh badan benda uji, dan terbentuknya lapisan *intermetallic brittle compound* pada permukaan kontak, menyebabkan penurunan kekuatan sambungan yang tajam, yang terjadi pada waktu gesek yang lebih besar dari 9 detik.

Penelitian ini mendapatkan bahwa hubungan waktu gesek pada kekuatan sambungan pengelasan gesek *continuous drive* antara aluminium paduan AA6061 dan baja karbon, tidak berkorelasi linier.

Keterbatasan penelitian ini adalah, tidak dilakukannya pendataan peningkatan temperatur permukaan kontak pada saat variasi waktu gesek, yang mana akan menunjukkan seberapa besar pembangkitan panas, akibat dari bertambah lamanya proses penggesekan. Diperlukan juga analisa mikrostruktur dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengkonfirmasi ada tidaknya *intermetallic brittle compound*, ketebalan lapisan *intermetallic brittle compound*, dan juga analisa lain untuk mendapatkan jenis senyawa *intermetallic brittle* pada permukaan sambungan.

## SIMPULAN

- Kekuatan tarik sambungan aluminium paduan AA6061 dan baja karbon pada pengelasan gesek *continuous drive*, meningkat sampai mencapai nilai maksimum dan kemudian menurun dengan tajam, dengan meningkatnya waktu gesek.
- Pada penelitian ini kekuatan tarik *ultimate* terbesar didapat pada saat waktu gesek 9 detik, dimana tekanan penggesekannya 24 MPa, waktu tempa 60 detik, tekanan tempa 79 MPa, dan putaran benda kerja 1600 rpm.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Pachal, S. Avinash. & Begesar, Amol., 2013, "Taguchi Optimization of Process Parameters in Friction Welding of 6061 Aluminum Alloy and 304 Steel: A Review", *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering.*, Vol. 3, Issue 4, 228-233.
- [2]. Sardana, Gourav. & Kumar, Ajay., 2013, "To Study The Mechanical Behavior of Friction Welding of HSS M<sub>33</sub> & SS316

- ”, International Journal of Engineering Science & Advanced Technology (IJESAT)., Vol. 3, Issue 4, 131-134.
- [3]. Alves, P. Eder., Neto, P. Francisco & An Ying, Chen., 2010, “Welding of AA1050 Aluminum with AISI 304Stainless Steel by Rotary Friction Welding Process ”, J. Aerosol. Technol. Manag., Vol. 2, No. 3, 301-306.
- [4]. Irawan, Y. S., Imawan. B., Soenoko, R., & Purnomo, H., 2016, “Effect of Surface Roughness and Chamfer Angle on Tensile Strength of Round Aluminum A6061 Produced by Continuous Drive Friction Welding”, Journal of Engineering and Applied Sciences., Vol. 11, No. 6, 1178-1185.
- [5]. Taban, E., Gould, J. E., & Lippold, J. C., 2010, “Dissimilar Friction Welding of 6061-T6 Aluminum and AISI 1018 Steel”, Materials and Design (ELSAVIER)., Vol. 31, 2305-2311.
- [6]. Li, Peng., Li, Jinglong., Salman, Muhammad., Liang, Li., Xiong, Jiangtao., & Zhang, Fusheng., 2014, “Effect of Friction Time on Mechanical and Metallurgical Properties of Continuous Drive Friction Welded Ti6Al4V/ SUS321 Joints”, Materials and Design., Vol. 56, 649-656.