

Analisis Kekuatan Tarik Sambungan Aluminium (Al) dan Tembaga (Cu) pada Pengelasan Gesek (*Friction Welding*) Dengan Variasi Waktu Gesek dan Tempa

Yosi Firmansyah^{1,*}, Sunyoto²

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
Gedung E9 Lt. 2, Kampus Sekaran Gunungpati Semarang. 50229

*E-mail: yosifirmansyahckk@gmail.com

Abstract

Friction welding is a welding method which done by rubbing the two materials until they reach a certain temperature and the two ends of the metal can melt and then they are pressed with a certain strength and time so that they can be connected. The aim of this research was to analyze the tensile strength of aluminum and copper joints in friction welding with the variations in friction and forging time. This research used an experimental method with a factorial design. descriptive analyzing method was applied to analyzed data in this research. The independent variable used is the variation of friction and forging time, while the dependent variable is the tensile strength of the joint. The variations of the friction time used were 8, 10 and 12 seconds, while the friction time was 8 seconds and 16 seconds. The test results of the tensile strength of aluminum and copper joints in friction welding gained the average of the highest tensile strength with the variations of friction time in 12-second was 49.94 mpa, followed by 10-second was 44.67 MPa, and 8-second was 31.45 MPa. The results of the tensile strength with the variations of forging time in 8-second was 47.37 MPa, and 10-second was 36.72 MPa.

Keywords: *friction welding, aluminum, copper, tensile strength*

Abstrak

Pengelasan gesek merupakan salah satu metode pengelasan dengan cara menggesekan kedua material sampai mencapai temperatur tertentu sampai kedua ujung logam tersebut dapat meleleh kemudian ditekan dengan kekuatan dan waktu tertentu sehingga kedua logam tersebut dapat tersambung. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kekuatan tarik sambungan aluminium dan tembaga pada pengelasan gesek dengan variasi waktu gesek dan tempa. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan desain faktorial. Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif. Variabel bebas yang digunakan adalah variasi waktu gesek dan waktu tempa sedangkan variabel terikatnya merupakan kekuatan tarik sambungan tersebut. Variasi waktu gesek yang digunakan yaitu 8, 10 dan 12 detik sedangkan waktu gesek 8 detik dan 16 detik. Hasil uji kekuatan tarik sambungan aluminium dan tembaga dengan pengelasan gesek memperoleh rata-rata kekuatan tarik tertinggi pada variasi waktu gesek 12 detik sebesar 49,94 MPa, diikuti waktu gesek 10 detik dengan nilai sebesar 44,67 MPa, dan waktu gesek 8 detik dengan nilai 31,45 MPa. Selanjutnya untuk kekuatan tarik variasi waktu tempa 8 detik sebesar 44,67 MPa, dan waktu gesek 8 detik dengan nilai 31,45 MPa.

Kata kunci: Pengelasan gesek, aluminium, tembaga, kekuatan tarik

1. Pendahuluan

Pengelasan merupakan salah satu tahap yang penting dalam dunia industri manufaktur. Jenis pengelasan yang umum digunakan dalam masyarakat adalah pengelasan busur listrik atau pengelasan SMAW dan pengelasan gas. Akan tetapi terdapat beberapa masalah yang terdapat dalam proses pengelasan busur listrik dan gas tersebut. Pengelasan busur listrik sulit untuk diaplikasikan dalam material atau bahan non ferrous. [3] Walaupun pengelasan busur listrik mudah untuk diaplikasikan akan tetapi pengelasan busur listrik tidak dapat diaplikasikan dalam logam non ferrous. Oleh karena itu untuk menyambungkan dua buah material yang beda jenis (disimilar) juga akan sulit. Selain sulit diaplikasikan untuk menyambung material non ferrous dan menyambung material yang berbeda. Pengelasan busur listrik juga sulit diaplikasikan untuk menyambungkan dua buah logam pejal dengan sempurna. Pengelasan busur listrik baru mampu menyambungkan dua buah plat logam atau mengelas bagian permukaan saja sedangkan pada sambungan dua buah logam pejal belum mampu menyambungkan secara sempurna. Pengelasan dengan elektroda terbungkus cocok digunakan untuk pengelasan permukaan plat-plat datar akan tetapi untuk menyambung benda pejal akan sangat sulit untuk dilakukan jika tetap dipaksakan maka hasilnya akan kurang baik [1].

Pengelasan gesek (*friction welding*) merupakan salah satu cara untuk memecahkan beberapa masalah diatas. *Friction welding* adalah penyambungan logam yang terjadi karena adanya panas yang ditimbulkan oleh tekanan atau

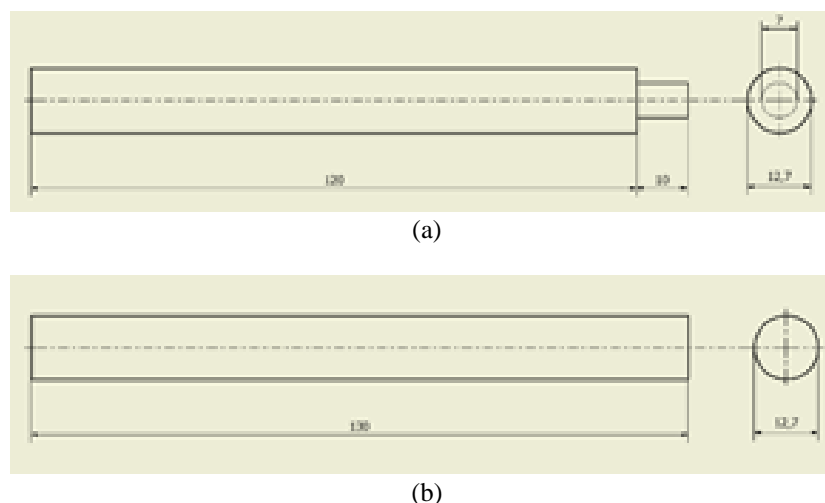
gaya gesek akibat perputaran logam satu terhadap logam lain yang sesumbu [1]. Terdapat beberapa jenis *friction welding* yaitu *rotary friction welding*, *friction stir welding*, dan *linear friction welding*. Peneliti memilih material aluminium dan tembaga sebagai bahan atau objek penelitian ini karena bahan atau material tersebut merupakan material yang tidak asing dalam masyarakat dan mudah dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Kedua bahan tersebut sering digunakan sebagai kabel listrik dan juga peralatan elektronik lainnya. Salah satu contoh penggunaan sambungan antara aluminium dan tembaga adalah pada konektor elektrikal atau sambungan kabel skun bimetal. Konektor elektrikal merupakan suatu komponen elektro-mekanikal yang berfungsi untuk menghubungkan suatu rangkaian elektronik ke rangkaian elektronik lainnya ataupun untuk menghubungkan suatu perangkat dengan perangkat lainnya. Konektor elektrikal ini biasanya digunakan pada trafo PLN yang bertegangan tinggi. Model penyambungan konektor elektrikal biasanya menggunakan ulir atau skrup. Akan tetapi pada penyambungan model ini terdapat beberapa masalah. Konektor elektrikal yang digunakan pada trafo tegangan tinggi menimbulkan temperatur yang tinggi pada konektor elektrikal. Temperatur tinggi tersebut menyebabkan pemuaiannya pada salah satu sambungan tersebut sehingga mengakibatkan terbentuknya rongga di sambungan apabila temperaturnya kembali menurun dan sambungan menyusut. Rongga tersebut dapat menambah beban pada arus listrik dan lebih parahnyanya dapat membuat korsleting atau hubungan arus pendek listrik yang dapat menyebabkan kebakaran. Selain hal tersebut konektor elektrikal menggunakan ulir atau skrup juga memberi peluang lebih besar terhadap pencurian listrik karena sambungan tersebut mudah untuk dibongkar pasang oleh orang awam. Konektor elektrikal juga dapat disambung secara permanen dengan sistem penyambungan solder atau pematrian. Sistem penyambungan ini sebenarnya sudah cukup untuk menghindari masalah di atas dan sambungannya yang cukup kuat juga. Akan tetapi pada proses pematrian harus menggunakan bahan tambah untuk menyambungkan kedua buah logam. Akan tetapi terdapat masalah lain dengan proses penyambungan ini. Bahan tambah yang digunakan untuk proses penyambungan dapat menghambat aliran listrik oleh trafo.

Proses penyambungan konektor elektrikal menggunakan pengelasan gesek merupakan salah satu cara untuk mengatasi masalah di atas. Konektor elektrikal dengan sambungan permanen menggunakan pengelasan gesek bertujuan untuk meminimalisir gangguan dan *loss* serta tegangan *drop* dan juga untuk mengantisipasi pencurian daya listrik dan memudahkan pemerataan beban. Peneliti memilih *rotary friction welding* untuk menyambungkan aluminium dan tembaga karena cara kerjanya yang sederhana dan tidak memerlukan bahan tambah untuk proses penyambungannya sehingga terjadi sambungan senyawa yang sempurna (bersenyawa).

2. Material dan Metode Penelitian

2.1 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini : (1) Mesin gergaji untuk memotong spesimen las gesek; (2) Mesin bubut untuk membuat bakal spesimen las gesek; (3) Mesin las gesek untuk mengelas gesek rotasi Aluminium dan tembaga; (4) Termometer inframerah untuk mengukur temperatur dalam proses pengelasan gesek; (5) Jangka sorong; (6) Mesin uji tarik untuk pengujian tarik hasil sambungan las gesek rotasi. Sedangkan bahan yang digunakan adalah Aluminium 6061 dan tembaga murni. Dimensi dari kedua bahan tersebut seperti terlihat pada Gambar 1.



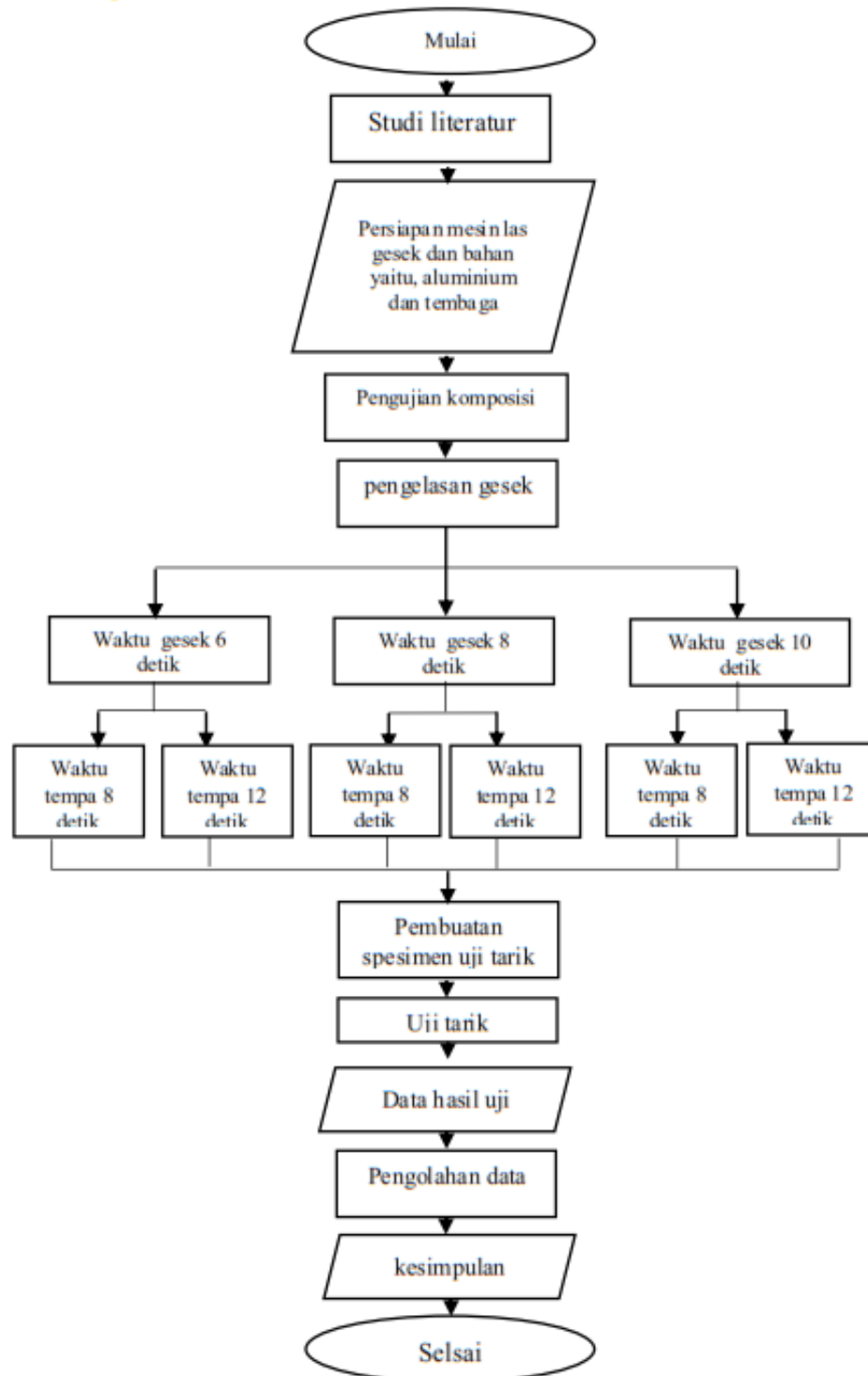
Gambar 1. Dimensi specimen (a)Alumunium 6061; (b)Tembaga

2.2 Parameter

Parameter yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Dimana variabel bebas meliputi waktu gesek (8, 10 dan 12 detik), variable terikat berupa kekuatan tarik sambungan aluminium dan tembaga, serta variable control berupa tekanan gesek dan tekanan tempat yang masing-masing sebesar 5MPa dan 15 MPa, juga kecepatan rotasi sebesar 1400 rpm.

2.3 Metode

Metode penelitian merupakan cara utama yang digunakan peneliti untuk mencapai tujuan dan membentuk jawaban atas masalah yang diajukan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan desain factorial. Penelitian ini memvariasikan waktu gesek dan waktu tempa untuk menguji kekuatan tarik hasil sambungan aluminium dan tembaga menggunakan pengelasan gesek. Berikut merupakan diagram alir penelitian :



Gambar 2. Metodologi Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengelasan Gesek Aluminium dan Tembaga

Penelitian ini berhasil menyambungkan dua material yang berbeda yaitu aluminium (Al) dan tembaga (Cu) dengan menggunakan metode pengelasan gesek. Pada pengelasan ini penyambungan dua material memanfaatkan panas yang ditimbulkan oleh gesekan dari aluminium yang dipasang pada *spindell* mesin gesek. Setelah aluminium berputar dengan kecepatan tertentu kemudian ditekan dengan tembaga sehingga menimbulkan gesekan dan kenaikan temperatur pada kedua ujung logam tersebut. Setelah temperaturnya naik dan aluminium menjadi lebih lunak kemudian tembaga ditekan menggunakan hidrolik dengan posisi aluminium yang masih berputar sehingga tembaga dapat masuk kedalam aluminium. Setelah tembaga masuk kedalam aluminium dengan variasi waktu yang diinginkan kemudian putaran pada aluminium dihentikan lalu tekanan pada tembaga ditambah dengan variasi waktu tertentu yang bertujuan untuk menambah kekuatan tarik pada sambungan kedua material tersebut.



Gambar 3. Hasil peneglasan gesek



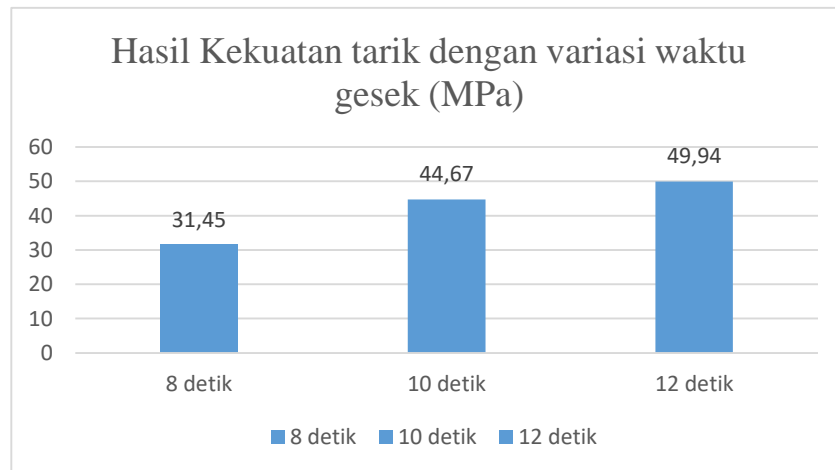
Gambar 4. Spesimen setelah mengalami uji tarik

Tabel 1. Hasil kekuatan tarik

Waktu Gesek	Waktu Tempa		Rata-Rata
	8 Detik	16 Detik	
8 Detik	37,89	25,88	31,45
	42,03	23,22	
	38,16	21,57	
10 Detik	45,67	37,25	44,67
	48,88	41,53	
	52,73	42,37	
12 Detik	54,62	45,53	49,94
	55,12	44,46	
	51,23	48,69	
Rata-Rata	47,37	36,72	

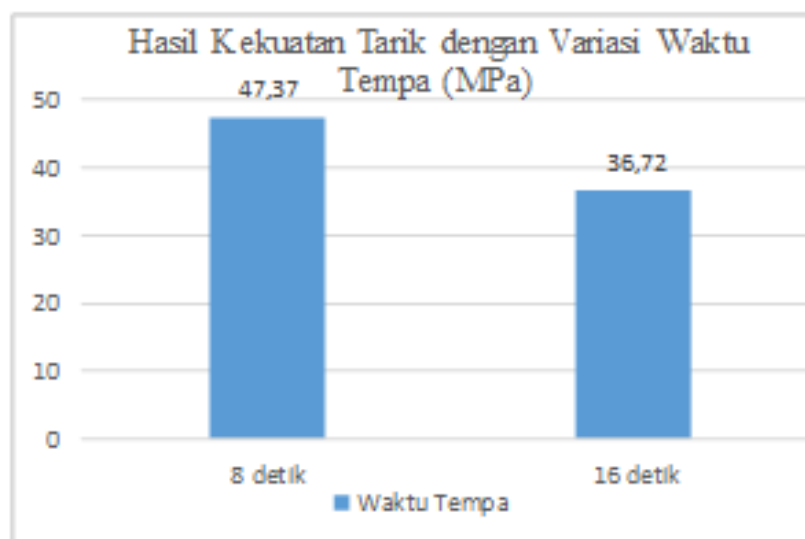
3.2 Analisis Data Hasil Pengujian Tarik

Data hasil pengujian tarik yang telah didapat kemudian disajikan dalam diagram agar lebih mudah untuk dianalisis. Sebelum dijadikan diagram data hasil pengujian tarik dibuat rata rata pada setiap variabelnya agar lebih mudah untuk dijadikan diagram dan kemudian dianalisis. Berikut merupakan diagram batang hasil kekuatan tarik dengan variasi waktu gesek.



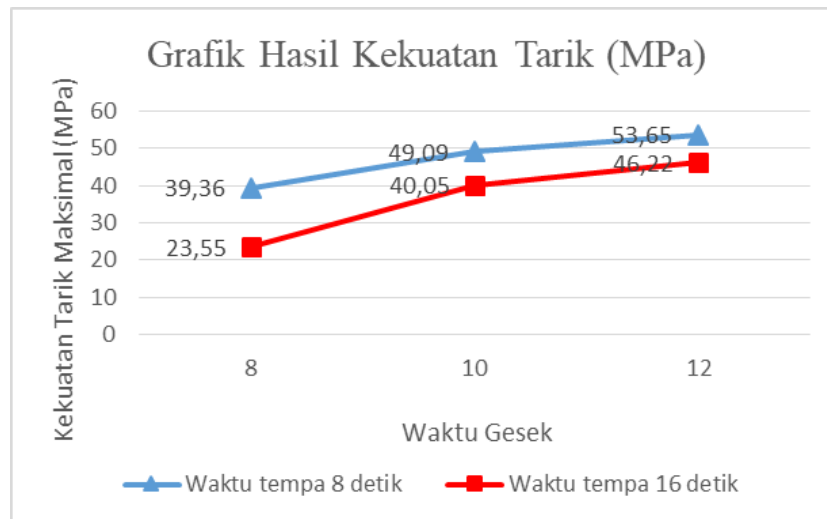
Gambar 5. Hasil kekuatan tarik dengan variasi waktu gesek

Grafik diatas merupakan grafik hasil pengujian tarik dari sambungan aluminium dan tembaga dengan variasi waktu gesek. Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa setiap variasi waktu gesek memiliki kekuatan tarik yang berbeda- beda. Nilai kekuatan rata-rata tarik dari variasi waktu gesek 8 detik adalah 31,45 MPa. Nilai kekuatan tarik pada variasi waktugesek 8 detik merupakan nilai terkecil dari variasi yang lain. Sedangkan pada variasi waktu gesek 10 detik mengalami peningkatan hasil rata-rata kekuatan tarik menjadi 44,67 MPa. Untuk variasi waktu gesek 12 detik merupakan hasil kekuatan tarik rata-rata tertinggi dengan kekuatan tarik rata-rata sebesar 49,94 MPa. Selanjutnya untuk grafik hasil kekuatan tarik rata-rata pada variasi waktu tempa sebagai berikut.



Gambar 6. Hasil kekuatan tarik dengan variasi waktu tempa

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa hasil rata-rata kekuatan tarik kekuatan tarik waktu tempa 8 detik adalah sebesar 47, 37 MPa dan kemudian menurun pada variasi waktu tempa 16 detik dengan kekuatan tarik rata-rata sebesar 36,72 MPa. Dari kedua diagram diatas kemudian dijadikan sebuah grafik untuk lebih mudah melihat perubahan hasil pada setiap variabelnya. Berikut merupakan grafik hasil kekuatan tarik sambungan aluminium dan tembaga.



Gambar 3.5 Hasil kekuatan tarik waktu gesek dan tempa

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa rata-rata kekuatan tarik sambungan meningkat seiring dengan penambahan waktu gesek. Grafik diatas juga menunjukkan bahwa hasil kekuatan tarik rata-rata waktu tempa 8 detik lebih dari kekuatan tarik rata-rata waktu tempa 16 detik jika dibandingkan dengan waktu gesek yang sama.

3.3 Pembahasan

Berdasarkan analisis data yang terdapat pada sub bab sebelumnya maka didapat nilai kekuatan tarik pada sambungan aluminium dan tembaga dengan pengelasan gesek. Hasil dari analisis data menunjukkan bahwa terdapat kenaikan rata-rata kekuatan tarik sambungan seiring dengan penambahan waktu gesek. Kenaikan kekuatan tarik seiring dengan penambahan waktu gesek disebabkan karena penambahan waktu gesek dapat mempengaruhi kenaikan temperatur pengelasan. Semakin lama waktu gesek maka semakin tinggi temperatur yang dihasilkan. Hasil dari pengukuran temperatur pada pengelasan gesek adalah 181°C - 202°C untuk waktu gesek 8 detik, 245°C - 263°C untuk waktu gesek 10 detik dan 298°C - 323°C untuk waktu gesek 12 detik. Hasil pengukuran temperature meningkat sebanding dengan peningkatan waktu gesek.

Temperatur yang disarankan untuk melakukan pengelasan gesek aluminium dengan tembaga adalah berkisar antara 648 K sampai 723 K atau sekitar 374°C sampai 449°C. Waktu gesek 8 detik memiliki temperatur yang rendah dan jauh dari optimal oleh karena itu variasi waktu gesek 8 detik memiliki hasil rata-rata kekuatan tarik yang sangat rendah. Hal tersebut dikarenakan waktu gesek yang terlalu singkat sehingga kenaikan temperatur masih jauh dari optimal kemudian dilakukan proses penekanan yang berlebihan. Pada parameter waktu gesek 10 detik temperaturnya meningkat dengan diiringi hasil rata-rata kekuatan tarik yang semakin meningkat pula. Selanjutnya pada parameter waktu gesek 12 detik temperaturnya sudah mendekati temperatur yang disarankan sehingga pada parameter ini memiliki hasil rata-rata kekuatan tarik terbesar [6].

Kenaikan hasil rata-rata kekuatan tarik seiring dengan penambahan waktu gesek juga selaras dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa semakin lama waktu gesek, maka kekuatan tarik sambungan pada pengelasan gesek rotasi, akan menguat sampai mencapai kekuatan tarik terbesar, dan kemudian kekuatannya akan kembali melemah, yang dikarenakan penyerapan panas berlebih pada waktu gesek lama membuat daerah HAZ semakin meluas. Berdasarkan pernyataan tersebut hasil rata-rata kekuatan tarik terbesar dalam penelitian terdapat di variasi waktu gesek 12 detik yang masih memungkinkan kekuatannya bisa meningkat lagi apabila waktu geseknya lebih lama. Akan tetapi apabila variasi waktu gesek ditambah lebih lama lagi dapat menyebabkan melebar daerah HAZ dan mengorbankan ukuran spesimen menjadi lebih pendek lagi [4].

Hasil analisis kekuatan tarik pada variasi waktu tempa berbeda dengan waktu gesek. Waktu tempa yang lebih singkat justru memiliki rata-rata kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan rata-rata kekuatan tarik dengan variasi waktu tempa yang lebih lama. Hal tersebut bertolak belakang dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kekuatan tarik mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu tempa yang diberikan. Penurunan kekuatan tarik pada penambahan waktu tempa yang lebih lama ini terjadi karena pada saat proses gesekan berhenti lalu kemudian ditekan, temperatur pada sambungan tersebut akan menurun seiring dengan lamanya waktu penempaan. Setelah temperatur menurun hingga kurang dari temperatur ideal dan sambungan tersebut masih dalam penekanan maka akan terjadi penekanan berlebih pada sambungan dan dapat mengakibatkan penurunan pada kekuatan Tarik [5]. Hal tersebut sesuai dengan penelitian lain yang menyatakan bahwa semakin lama tekanan yang diberikan akan menyebabkan peningkatan kekerasan pada sambungan sehingga akan melemahkan sambungan pada pengelasan gesek [4].

4. Kesimpulan dan saran

Hasil uji kekuatan tarik sambungan aluminium dan tembaga dengan pengelasan gesek memperoleh rata-rata kekuatan tarik tertinggi pada variasi waktu gesek 12 detik sebesar 49,94 MPa, diikuti waktu gesek 10 detik dengan nilai sebesar 44,67 MPa, dan waktu gesek 8 detik dengan nilai 31,45 MPa. Selanjutnya untuk kekuatan tarik variasi waktu tempa 8 detik sebesar 44,67 MPa, dan waktu gesek 8 detik dengan nilai 31,45 MPa.

Daftar Pustaka

- [1] Firmansyah, M.R.G., Solichin, dan Puspitasari., R.P., 2018, “Analisis Kecepatan Putar, Durasi Gesek dan Tekanan Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Gesek (Friction Welding),” *Jurnal Teknik Mesin Dan Pembelajaran* 1(2): 1–5.
- [2] Darmulia., 2016, “Pengaruh variasi putaran motor terhadap Kekuatan Sambungan Las Friction Welding pada Baja st 60,” *Jurnal Iltek* 11(21): 1567–1572.
- [3] Achmadi., 2019, “Pengertian Las Listrik SMAW Shield Metal Arc Welding Adalah,” <https://www.pengelasan.net/pengertian-las-listrik-smaw-adalah/>, 26 Desember 2019 (14.39).
- [4] Pah, J.C.A., Irwan, Y.S., dan Suprpto., W., 2018, “Pengaruh Waktu dan Tekanan Gesek Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Paduan Aluminium dan Baja Karbon pada Pengelasan Gesek Continuous Drive,” *Jurnal rekayasa Mesin* 9(1): 51–59.
- [5] Anam, K.,A. Syuhri, dan Sutjahjono., H., 2018, “Pengaruh Waktu Tempa dan Tempa Terhadap Sifat Mekanik aisi 1045 pada Proses Friction Welding,” *Jurnal STATOR*, 1(1): 95–99.
- [6] Wei, Y., Li., J., Xiong, J., dan Zhang., F., 2016, “Investigation of interdiffusion and intermetallic compounds in Al–Cu joint produced by continuous drive friction welding,” *Elsevier* 19(1): 90–95.