

## PENGARUH WAKTU TEMPA DAN TEKANAN TEMPA TERHADAP SIFAT MEKANIK AISI 1045 PADA PROSES *FRICITION WELDING*

Khairul Anam<sup>1</sup>, Ahmad Syuhri<sup>2</sup>, Hary Sutjahjono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

<sup>2</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jln. Kalimantan 37, Jember 68121

E-mail: [123khairulanam@gmail.com](mailto:123khairulanam@gmail.com)

### Abstract

*Friction welding can be used for solid-shaped workpieces that can not be done by SMAW welding method and gas welding. To know the influence of forging time and forging pressure on the mechanical properties of AISI 1045 in the process of friction welding, then tested that is tensile test and hardness with a parameter of forging time 40,80, and 120 second with forging pressure 50,55, and 60 MPa. And to find the influence or not on both variables, this research method using hypothesis test and analysis of variance. The result of the highest tensile test was obtained at forging time 120 seconds with the pressure of 60 MPa is 690,93 N/mm<sup>2</sup>. And the lowest average tensile test value is obtained at forging time 40 second with 50 MPa forging pressure of 501.93 N/mm<sup>2</sup>. For the highest hardness test value obtained 233 bhn on forging time parameter of 120 seconds with pressure forging 60 MPa, and The lowest average value test violence obtained 209 bhn on the parameter forging time 40 seconds with forging pressure 50 mpa. The longer time given, will give the opportunity of forging pressure to compress the surface of the workpiece is welded so that it can form a good bond so that it can strengthen the results of friction welding.*

**Keywords:** *friction welding, forging time, forging pressure, tensile strength, hardness.*

### Pendahuluan

Dalam dunia industri pengelasan merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk proses reparasi maupun penyambungan material, terutama logam. Metode pengelasan yang sering dipakai dalam dunia industri ialah las konvensional seperti las busur listrik dan las gas, namun pengelasan seperti ini memiliki kelemahan terutama dalam penyambungan poros, seiring dengan kemajuan teknologi pengelasan telah ditemukan metode terbaru untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan menggunakan *friction welding* [1]. *Friction welding* termasuk *solid state welding* yaitu pengelasan tanpa pelelehan logam dasar dan tanpa bahan tambah. Proses *friction welding* memanfaatkan panas akibat gesekan dua permukaan yang akan disambung. Panas pada gesekan akan mengubah material padat menjadi semisolid atau plastis. Mekanisme penyambungan terjadi oleh pencampuran logam luluh antar permukaan dan difusi. Dengan pemberian tekanan yang cukup proses penyambungan akan lebih baik. *Friction welding* dapat melakukan penyambungan benda pejal dengan kontak secara keseluruhan, karena prosesnya melalui gesekan *interface*. Hal ini sulit dilakukan pada pengelasan SMAW. Penyambungan dengan fenomena di atas maka perlu diadakan pengkajian dan penelitian mengenai proses penyambungan dengan proses *friction welding* pada batang baja AISI 1045 silinder pejal. [2].

*Friction welding* mempunyai banyak kelebihan dibandingkan dengan proses pengelasan lainnya, Adapun kelebihanannya adalah sebagai berikut, Kebersihan permukaan sambungan tidak diperlukan, karena selama proses *friction welding* permukaan akan terkelupas dan terdeformasi ke bagian luar, tidak memerlukan logam pengisi, pelindung flux dan gas pelindung selama proses, tidak terdapat cacat akibat fenomena pelelehan dan pembekuan, dimungkinkan untuk menyambung dua material logam yang berbeda, dan Ongkos pengerjaan lebih ringan. Selain itu juga *friction welding* juga dapat menghemat material dan waktu untuk penyambungan dua material yang sama maupun berbeda. Sedangkan parameter proses yang penting adalah waktu gesekan, tekanan gesekan, waktu tempa, tekanan tempa dan kecepatan putar [3].

Parameter yang perlu diperhatikan dalam proses *friction welding* adalah tekanan gesek, waktu gesek, tekanan tempa, waktu tempa, dan kecepatan putar. Baja AISI 1045 merupakan baja karbon sedang dengan kandungan 0,45% C, baja karbon sedang ini sering digunakan untuk pembuatan poros, cranks haft, bantalan dikarenakan memiliki sifat yang yang ulet serta tangguh sehingga mudah dimodifikasi [4].

Dalam pengaplikasian di dunia industri hasil *friction welding* perlu diuji untuk mengetahui sifat mekaniknya sehingga dapat kita ketahui batas aman penggunaan material hasil *friction welding*, oleh karena itu penelitian ini memiliki tujuan yaitu mengetahui pengaruh waktu tempa dan tekanan

tempa *friction welding* terhadap kekuatan tarik dan kekerasan AISI 1045 pada permukaan spesimen, berikut merupakan spesifikasi baja AISI 1045 ditunjukkan pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1 Komposisi Kimia Baja AISI 1045 [2]

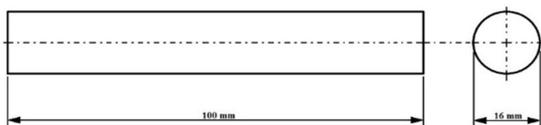
No	Komposisi Kimia	Berat (%)
1	Karbon (C)	0.43 – 0.50
2	Mangan (Mn)	0.60 – 0.90
3	Silikon (Si)	0.30
4	Fosfor (P)	0.04 (Maks)
5	Sulfur (S)	0.05 (Maks)

Tabel 2 Sifat Mekanik Baja AISI 1045 [2]

No	Sifat Mekanik	Satuan
1	Kekuatan Tarik	640-850 (MPa)
2	Kekerasan	190-270 (BHN)
3	Kekuatan Yield	500-600 MPa
4	Modulus Elastisitas	190-210 GPa

**Metode Penelitian**

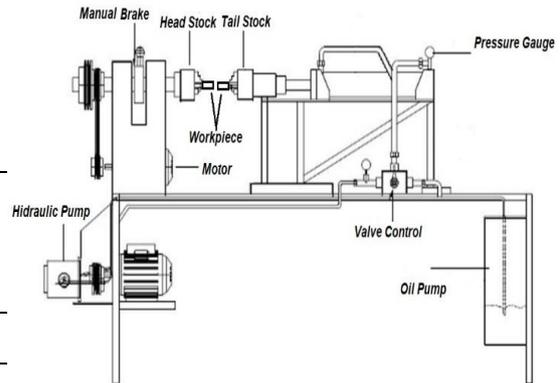
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Eksperimental adalah suatu observasi di bawah kondisi buatan, dimana kondisi tersebut sengaja dibuat dan diatur oleh peneliti. Dengan demikian penelitian eksperimental ialah penelitian yang dilakukan dengan memanipulasi terhadap objek penelitian serta adanya kontrol. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah baja AISI 1045 berbentuk poros pejal dengan dimensi panjang 100 mm dan diameter 16 mm, berikut merupakan dimensi spesimen ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 dimensi benda kerja *friction welding*

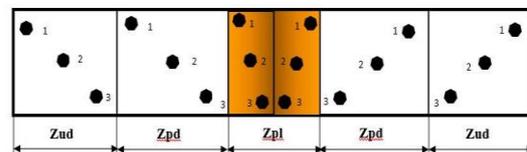
Mekanisme penggunaan mesin *friction welding* memiliki beberapa tahapan dimana tahap awal ialah memasang spesimen pada *head stock* dan *tail stock*, tahap kedua ialah menghidupkan mesin dan mengatur kecepatan putar sekitar 4124 *Rpm*,

tahap ketiga yaitu melakukan *friction welding* dengan tekanan gesek 18 MPa dan waktu geseknya 40 detik, tahap keempat ialah melakukan tekanan tempa dan waktu tempa dengan memvariasikan waktu tempa 40 detik, 80 detik, dan 120 detik, dan tekanan tempa 50, 55, dan 60 MPa, namun sebelum melakukan tekanan tempa dilakukan pengereman lebih dahulu lalu mematikan mesin. Setelah waktu tempa dan tekanan tempa terpenuhi, tahap kelima ialah melepas spesimen, kemudian spesimen dibersihkan. Untuk skema mesin *friction welding* ditunjukkan Gambar 2.



Gambar 2. Skema Mesin *Friction Welding* [5]

Pengujian dalam penelitian ini yaitu pengujian tarik, pengujian kekerasan. Untuk pengujian tarik dimensi spesimen disesuaikan dengan standar ASTM E8/E8M, untuk pengujian kekerasan menggunakan ASTM E 10-01 menggunakan alat *Universal Hardness Tester*. Dalam pengujian kekuatan tarik serta dilakukan tiga kali pengulangan pada setiap variasi tekanan gesek sedangkan untuk pengujian kekerasan menggunakan satu spesimen dari setiap variasi tekanan gesek dengan beberapa pengulangan pada ketiga daerah pengelasan yaitu daerah sambungan, daerah HAZ, serta daerah logam induk. Untuk daerah pengujian kekerasan ditunjukkan pada gambar 3



Gambar 3. Daerah Uji Kekerasan.

**Hasil dan Pembahasan**

Pengujian tarik yaitu pengujian yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran tentang sifat-sifat dan keadaan dari suatu logam. Pengujian tarik dilakukan dengan penambahan beban secara perlahan-lahan, kemudian akan terjadi pertambahan panjang yang sebanding dengan gaya yang bekerja.

Hasil uji tarik yang dilihat pada *display* alat uji tarik lalu dikalibrasi sehingga didapat hasil sebagai berikut.

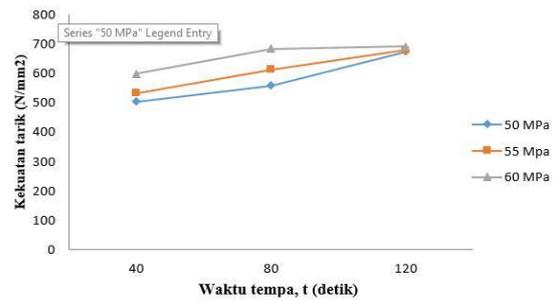
Tabel 3 Hasil Pengujian Tarik

Waktu tempa, t (s)	Tekanan tempa, p (MPa)	Hasil uji tarik, $\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )			Rata-rata, $\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )
		1	2	3	
40	50	451,11	559,57	495,12	501,93
	55	559,57	451,11	581,57	530,75
	60	641,31	600,44	551,71	597,82
80	50	587,86	518,70	565,86	557,47
	55	641,31	600,44	591,71	611,15
	60	704,18	680,60	663,31	682,70
120	50	669,44	665,45	682,17	672,36
	55	697,89	688,46	644,45	676,93
	60	729,33	680,60	661,74	690,56

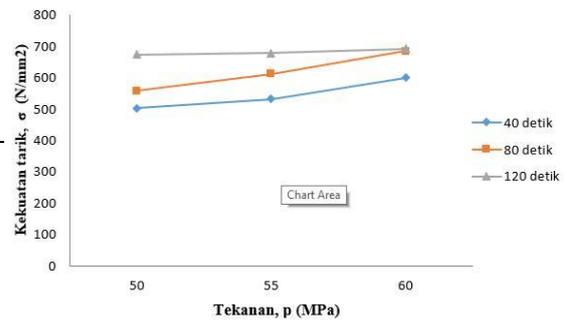
Dari tabel di atas nilai tertinggi didapat pada variasi waktu tempa 120 detik dengan tekanan tempa 60 MPa, dan nilai terendah hasil uji tarik rata-rata terdapat pada waktu tempa 40 detik dengan tekanan tempa 50 MPa. Tabel di atas menunjukkan bahwa waktu tempa memiliki pengaruh terhadap kekuatan sambungan hasil *Friction welding* begitu pula dengan tekanan tempa, semakin besar tekanan tempa yang diberikan maka nilai kekuatan tarik dari hasil sambungan *Friction welding* akan semakin baik begitu juga sebaliknya, jika semakin kecil tekanan tempa yang diberikan maka kekuatan sambungan hasil *Friction welding* juga akan kurang baik.

### Pengujian Tarik

Kekuatan sambungan spesimen pada penelitian ini dapat dilihat pada data hasil uji tarik yang telah dilakukan. Besar beban maksimal dalam uji tarik ini akan didapatkan saat spesimen tidak mampu bertambah panjang lagi (fase plastisitas) sampai spesimen tersebut patah. Untuk mempermudah dalam menganalisa data maka hasil uji tarik dibuat dalam bentuk grafik. Grafik tersebut menunjukkan hubungan antara kekuatan tarik dengan waktu tempa. Berikut merupakan grafik hasil uji tarik pengelasan *friction welding* AISI 1045 dengan variasi waktu tempa 40,80,120 detik dengan tekanan 50,55,60 MPa yang ditunjukkan pada gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Grafik Hubungan Kekuatan Tarik terhadap Waktu Tempa



Gambar 5. Grafik Hubungan Kekuatan Tarik terhadap Tekanan Tempa

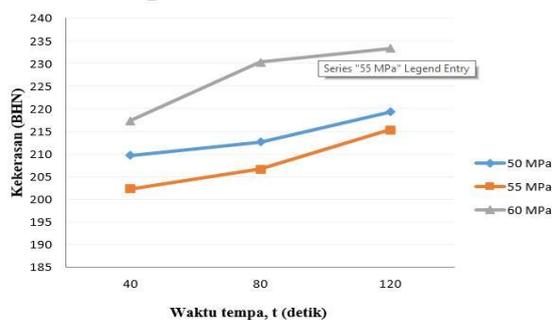
Dilihat dari hasil grafik di atas nilai kekuatan tarik mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu tempa dan tekanan tempa. Karena lamanya waktu tempa yang diberikan akan memberikan kesempatan sambungan untuk saling menyatu pada saat proses tekanan tempa diberikan. Dan tekanan tempa yang besar dapat meningkatkan kekuatan sambungan pada saat proses *friction welding*. Nilai tertinggi uji tarik didapat pada waktu tempa 120 detik dengan tekanan tempa 60 MPa dengan hasil kekuatan tarik sebesar 690,56 N/mm<sup>2</sup>, dan terus menurun seiring berkurangnya tekanan tempa.

Pada tekanan tempa 55 MPa didapatkan nilai uji tarik sebesar 676,93 N/mm<sup>2</sup>, dan pada tekanan tempa 50 MPa didapat nilai rata-rata uji tarik sebesar 501,93 N/mm<sup>2</sup>. Menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan tempa membawa perubahan kekuatan tarik pada hasil sambungan dari proses *friction welding*. Pada waktu 40 detik dengan tekanan tempa 50 MPa didapat hasil rata-rata sebesar 501,93 N/mm<sup>2</sup>. Pada waktu yang sama 40 detik dengan tekanan yang berbeda yaitu 55 MPa didapat nilai rata-rata uji tarik sebesar 530,75 N/mm<sup>2</sup>. Dan pada tekanan 60 MPa dengan waktu yang sama juga didapat kenaikan nilai rata-rata sebesar 597,82 N/mm<sup>2</sup>. Begitu juga dengan waktu 80 detik dengan tekanan yang berbeda didapat nilai rata-rata uji tarik yang terus naik, pada tekan 50 MPa didapat nilai rata-rata uji tarik sebesar 557,47 N/mm<sup>2</sup>, tekanan 55 MPa didapat nilai rata-rata uji

tarik 611,15 N/mm<sup>2</sup>, dan pada tekanan 60 MPa juga didapat kenaikan nilai rata-rata uji tarik sebesar 682,69 N/mm<sup>2</sup>.

### Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan pada setiap spesimen hasil pengelasan dengan variasi parameter waktu tempa dan tekanan tempa. Daerah yang dilakukan uji kekerasan meliputi daerah logam induk benda kerja yang berputar (Zud), daerah HAZ benda kerja yang berputar (Zpd), daerah hasil lasan (Zpl), daerah HAZ benda kerja yang diam (Zpd') daerah logam induk benda kerja yang diam (Zud'). Daerah Zud yaitu daerah yang tidak terpengaruh oleh panas. Daerah Zpd adalah daerah yang terpengaruh oleh panas akibat proses pengelasan. Daerah Zpl adalah daerah sambungan las yaitu area yang terbentuk dari dua benda kerja yang menyatu dari proses pengelasan. Namun pada penelitian ini berfokus pada hasil sambungan yaitu daerah Zpl. Berikut adalah hasil grafik untuk daerah sambungan ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hubungan Waktu Tempa dengan Kekerasan

Berdasarkan gambar grafik di atas dapat diketahui bahwa rata-rata kekerasan tertinggi setiap spesimen terdapat pada daerah sambungan las (Zpl), kemudian daerah HAZ (Zpd) dan rata-rata kekerasan terendah terdapat pada daerah logam induk (Zud). Fauzi (2010) menyatakan, peningkatan nilai kekerasan pada daerah sekitar Zpl disebabkan karena mikrostruktur yang terbentuk lebih kecil dari pada mikrostruktur pada daerah Zud. Semakin kecil ukuran butir berarti semakin banyak jumlah butir. Jumlah butir yang semakin banyak mengakibatkan area batas butir semakin luas sehingga semakin banyak terjadi mekanisme penumpukan dislokasi pada batas butir, akibatnya material menjadi semakin keras. Semakin banyak batas butir maka pergerakan dislokasi akan semakin sulit atau terhambat.

Dengan semakin kecil butir maka semakin banyak batas butir yang tercipta pada material tersebut. Artinya semakin banyak pula penghalang atau penghambat gerakan dislokasi. Jika gerakan dislokasi terhambat maka material sulit dideformasi.

Sehubungan dengan nilai kekerasan yang merupakan ketahanan suatu material terhadap deformasi tetap, maka semakin halus butir pada suatu material dia akan memiliki ketahanan terhadap deformasi tetap. Dengan kata lain semakin halus butir maka nilai kekerasannya semakin tinggi. (Tiwan, 2005). [6].

Dari keseluruhan data hasil pengujian kekerasan dapat diketahui bahwa nilai kekerasan tertinggi terletak pada variasi waktu tempa 120 detik dengan tekanan tempa 60 MPa dengan nilai rata-rata kekerasannya sebesar 233,33 BHN, pada tekanan 55 MPa didapatkan nilai rata-rata kekerasan sebesar 215,33 BHN, dan untuk nilai kekerasan terendah didapat nilai rata-rata kekerasan 209,67 BHN dan untuk daerah logam induk nilai kekerasan didapatkan 193 BHN. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa waktu tempa dan tekanan tempa memiliki pengaruh terhadap kekerasan dari hasil pengelasan *friction welding*. Karena nilai kekerasan yang dihasilkan lebih besar dari logam induknya sendiri.

### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian pada proses *friction welding* yang dilakukan pada bahan baja AISI 1045 dengan variasi waktu tempa dan tekanan tempa dapat diambil kesimpulan bahwa waktu tempa berpengaruh terhadap kekuatan tarik ataupun kekerasan hasil dari sambungan *friction welding*. Semakin lama waktu tempa yang diberikan maka semakin meningkat pula nilai dari uji tarik ataupun nilai kekerasannya, begitu pula dengan tekanan tempa juga berpengaruh terhadap kekuatan tarik ataupun kekerasan sambungan hasil lasan pada proses *friction welding*. Nilai dari kekuatan tarik ataupun kekerasan yang dihasilkan terus meningkat seiring bertambahnya tekanan tempa. Dengan proses *friction welding* ini dapat digunakan untuk penyambungan logam pejal, namun sebelum dilakukan pengelasan diharapkan untuk diperhatikan kepresisian alat kerja sehingga didapatkan hasil yang sempurna.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Istiawan, Hoppy. 2014. Tesis. Pengaruh Putaran dan Temperatur Terhadap Kekuatan Sambungan Las Hasil *Friction Welding* Antara Baja AISI 1045 dengan Baja Tahan Karat AISI 316 L Tidak Diterbitkan. Makassar: Jurusan Teknik Mesin / Konstruksi Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
- [2] Setyawan, Eka. dkk. 2014. "Kekuatan Tarik dan Porositas Hasil Sambungan Las Gesek Aluminium 6061 dengan Berbagai Suhu Aging." Jurnal Rekayasa Mesin Vol.5. No.2. pp 141-148
- [3] Budi Luar. 2012. "Penerapan Teknologi Las Gesek (*Friction Welding*) Dalam Proses Penyambungan Dua Buah Pipa Logam Baja

- Karbon Rendah” Jurnal Energy dan Manufaktur Vol 5 No. 1, pp 1-5
- [4] Wicaksono, Bayu. Skripsi. 2015, “Analisa Pengaruh Tekanan Tempa Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Baja ST 42 Menggunakan Metode *Dirrect-Drive Friction Welding* Sebagai Alternatif Pembuatan Chain Adjuster (Setting Rantai) untuk Motor CB 150 R.” Tidak Diterbitkan. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri ITS.
- [5] Muslim K. 2017. Pengaruh Tekanan Gesek *Friction Welding* Terhadap Karakteristik Baja Aisi 1045 Dengansudut Chamfer 15°. Skripsi. Jember : Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negri Jember.
- [6] Tiwan dan A. Aan. 2005. Penyambungan Baja AISI 1040 Batang Silinder Pejal dengan *Friction Welding*. Laporan Penelitian. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.