

Artikel Penelitian Teknik Mesin

Rancang Bangun Alat Bantu Tekan Berbasis Hidrolik pada Proses Pengelasan Gesek

Muhammad Faisal, Mochamad Bastomi, Hasbi Assiddiq S

Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Kotabaru, Kotabaru, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 08 Desember 2023
Revisi Akhir: 25 Desember 2023
Diterbitkan Online: 28 Desember 2023

KATA KUNCI

Alat Bantu; Tekan Gesek; Hidrolik; Pengelasan Gesek

KORESPONDENSI

Phone: +62 858-4073-7965
E-mail: muhammadfaisal@poltekab.ac.id

A B S T R A K

Pengelasan gesek sangat baik dalam metode penyambungan khususnya pada logam poros. Namun pengelasan gesek ini masih jarang dikenal pada bengkel-bengkel pabrikasi. Bengkel pabrikasi tentunya memiliki mesin bubut yang dapat dimanfaatkan dalam proses pengelasan gesek dengan mengaplikasikan alat bantu pada mesin bubut tersebut. Penelitian ini bertujuan melakukan rancang bangun alat bantu tekan berbasis hidrolik pada proses pengelasan gesek, sehingga didapatkan cara kerja dari alat dan hasil pengujian alat. Alat bantu tekan gesek berbasis hidrolik ini diaplikasikan pada mesin bubut dalam proses pengelasan gesek. Pengujian alat pada proses pengelasan gesek dilakukan pada material poros 1 inci dengan kecepatan putar ditetapkan 1600 rpm dan memvariasikan tekanan gesek yaitu 5 kg/cm², 10 kg/cm², dan 15 kg/cm². Berdasarkan hasil pengujian alat yang telah dirancang dalam proses pengelasan gesek pada material poros 1 inci diperoleh tekanan gesek 5 kg/cm² tersambung dengan waktu 317 detik, tekanan gesek 10 kg/cm² tersambung dengan waktu 47 detik, dan tekanan gesek 15 kg/cm² tersambung dengan waktu 39 detik. Besarnya tekanan gesek mempengaruhi kecepatan penyambungan material pada proses pengelasan gesek. Studi lebih lanjut tentang parameter-parameter yang optimal untuk melakukan pengujian mekanik dalam pengaplikasian alat bantu tekan berbasis hidrolik pada proses pengelasan gesek, seperti hasil rekomendasi dari variasi tekanan gesek dan waktu pengelasan gesek. Dengan adanya alat bantu tekan gesek berbasis hidrolik pada proses pengelasan gesek menjadi suatu alternatif di dunia usaha / dunia industri khususnya pada bengkel pabrikasi yang memiliki mesin bubut.

PENDAHULUAN

Pengelasan dalam industri manufaktur memiliki peranan penting pada proses penyambungan material. Pada hakekatnya proses pengelasan adalah penyambungan dua material atau lebih yang dilakukan dengan cara mencairkan kedua material sehingga pada saat material sudah dingin menjadi sambungan permanen yang kuat. Las gesek yaitu suatu metode pengelasan yang memanfaatkan panas yang dihasilkan dari gesekan antara permukaan kedua ujung benda kerja. Keuntungan dari pengelasan gesek adalah penghematan logam pengisi dan waktu pelaksanaan untuk penyambungan dua buah material yang sama maupun berbeda. Selain parameter melakukan las gesek, jenis material dalam melakukan las gesek perlu diperhatikan. Salah satu kelebihan las gesek menyambungkan keseluruhan permukaan benda yang menghasilkan kualitas tinggi pada benda, hal ini yang tidak dapat dilakukan pada penyambungan SMAW (*shield Art Welding*)[1]

Pengelasan gesek pada poros menunjukkan hasil penyambungan yang baik, hal ini dibuktikan pada penelitian terdahulu yang melakukan pengelasan gesek dan melakukan beberapa metode pengujian untuk mengetahui seberapa baik pengelasan gesek tersebut. Beberapa penelitian terdahulu salah satunya yang dilakukan oleh Muhammad Faisal dkk, dengan judul analisa kekuatan tarik pada logam *axle shaft* dengan pengelasan gesek mendapatkan hasil kekuatan tarik meningkat dari row metal (material logam tanpa pengelasan) yaitu 817,32 MPa dan row metal sebesar 769,22 MPa [2].

Penelitian selanjutnya oleh Muhammad Faisal dan Asrul, dengan judul analisa kelelahan dan kekerasan pada logam *axle shaft* dengan pengelasan gesek mendapatkan hasil sebuah rekomendasi dalam melakukan pengelasan gesek pada logam *axle shaft* yaitu dengan beban gesek (tekan gesek) sebesar 6 kg yang diperkuat dari hasil uji kekerasan yaitu 80,44 HRA [3]. Penelitian pengelasan gesek pada material logam yang berbeda dilakukan oleh Nafsan Upara dan Army Meindra dengan judul analisa kekuatan sambungan las gesek *rotary* material *bronze* dengan *stainless steel* berdasarkan *standard* ASME. Hasil pengujian kekerasan metode rockwell menunjukkan dengan waktu gesek 27 detik mendapatkan nilai kekerasan maksimal yaitu 60.5 HRb, hasil pengujian kekuatan tarik dengan waktu gesek 53 detik mendapatkan nilai beban tarik maksimal yaitu 3677.49 N dan memiliki nilai tegangan tarik maksimum yaitu 46.8471 MPa, hasil pengujian lengkung dengan waktu gesek 27 detik mendapatkan nilai beban tekan maksimal yaitu 200 kgf, serta hasil pengujian mikro struktur terjadi penggetasan pada daerah sambungan las [4]. Beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan hasil yang baik dalam sambungan pengelasan gesek pada logam sama jenis dan juga logam beda jenis yang tidak bisa dikerjakan dengan metode pengelasan yang lain.

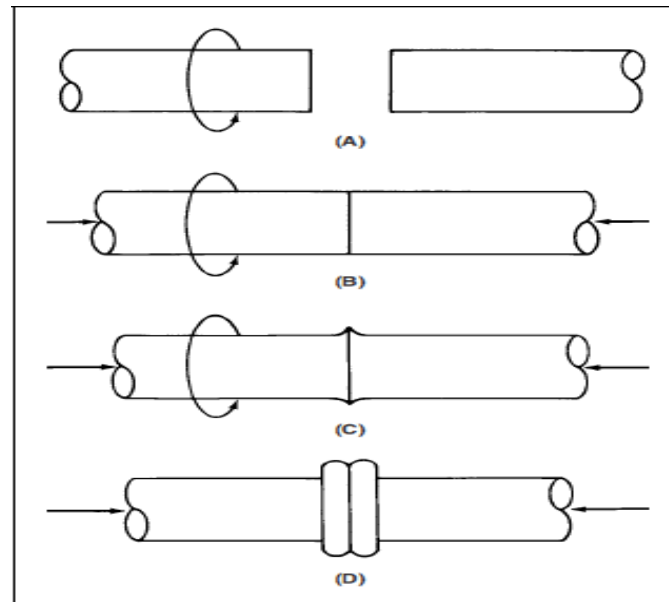
Pengelasan gesek sangat baik dalam metode penyambungan khususnya pada logam poros dan pengelasan pada material beda jenis. Hal ini ditunjukkan pada hasil penelitian terdahulu yang menyatakan sambungan dengan metode pengelasan gesek sangat baik. Namun pengelasan gesek ini masih jarang dikenal pada bengkel-bengkel pabrikasi. Bengkel pabrikasi tentunya memiliki mesin bubut yang dapat dimanfaatkan dalam proses pengelasan gesek dengan mengaplikasikan alat bantu pada mesin bubut tersebut. Mesin bubut sering dijumpai pada bengkel pabrikasi yang berfungsi melakukan rotasi material pada spindel dan memahat dengan kecepatan yang telah ditentukan dengan tujuan untuk menghilangkan material berlebih dan mencapai bentuk serta ukuran material yang diinginkan. Mesin bubut yang dapat melakukan rotasi material dapat dimanfaatkan dalam melakukan proses pengelasan gesek dengan mengaplikasikan alat bantu tekan gesek yang ditempatkan pada alas mesin bubut seperti eretan. Alat bantu berbasis hidrolik dalam proses pengelasan gesek ini diharapkan akan menjadi solusi bagi bengkel – bengkel pabrikasi untuk penyambungan poros. Penelitian ini bertujuan melakukan rancang bangun alat bantu tekan berbasis hidrolik pada proses pengelasan gesek dengan mengaplikasikan pada mesin bubut.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut: 1) Rafli Alhadi dalam penelitian yang berjudul perancangan dan pembuatan mesin las gesek rotari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada putaran mesin sebesar 3800 rpm, tekanan aksial sekitar 6 Bar, dan waktu pengelasan selama 20 detik, terjadi pengurangan panjang material yang dilas sebesar 8 mm. Hasil las menunjukkan kualitas yang baik, dan dalam uji tarik, terdapat patahan pada base metal, bukan pada *Heat-Affected Zone* (HAZ). Temuan ini mengindikasikan bahwa mesin las gesek rotari memiliki potensi besar untuk menghasilkan sambungan yang kuat dan tahan lama pada material silindris. Dalam konteks industri, teknik pengelasan gesek seperti ini dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas produk akhir. Studi lebih lanjut tentang parameter-parameter yang optimal untuk berbagai jenis material dan aplikasi industri tertentu akan menjadi langkah selanjutnya untuk memanfaatkan sepenuhnya potensi metode pengelasan gesek ini [5]. 2) Pujono dkk, dalam penelitiannya yang berjudul rancang bangun prototype mesin *friction welding*. Hasil dari rancang bangun didapatkan hasil sebagai berikut mesin menggunakan motor penggerak 1 HP, dengan putaran 1450 rpm, diameter poros minimal adalah 24,75 mm, pulley yang digunakan adalah pulley bertingkat dengan diameter berturut-turut 2 x 3 x 4 inchi, sehingga didapatkan variasi putaran 725 rpm, 1450 rpm dan 2900 rpm, umur bantalan adalah 21,59 tahun. Mesin pengelasan gesek berhasil menyambung dua buah komponen nylon berbentuk silindris dengan diameter 3/4 inchi dan dalam waktu 1 menit [6]. 3) Dika Pranata dkk, dalam penelitian yang berjudul rancang bangun mesin las gesek. Hasil pengujian tanpa beban didapatkan sistem transmisi bekerja dengan baik dikarenakan kecepatan yang diinginkan tercapai dengan kecepatan 1.400 rpm, 2.100 rpm dan 2.800 rpm. Pada pengujian dengan beban didapati hasil pengujian ini tidak dapat memproses benda kerja dikarenakan pada bagian penekan yaitu rotating *chuck* bergetar saat mesin beroperasi. Dari hasil Analisa yang dilakukan perlu dilakukan perbaikan pada bagian rotating *chuck* yang bergetar saat mesin beroperasi [7].

Pengelasan gesek adalah proses penyambungan *solid-state* yang menghasilkan sambungan dalam material menggunakan panas yang dikembangkan di antara permukaan melalui kombinasi gerakan gesek yang digerakkan secara mekanik dan beban yang diterapkan. Variasi pengelasan gesek dibutuhkan untuk membuat lasan di mana energi yang dipasok melalui koneksi motor langsung untuk periode yang telah ditentukan dari siklus pengelasan [8].

Las gesekan penggerak langsung dan inersia dihasilkan ketika gaya tekan diterapkan pada benda kerja berputar atau bergerak relatif satu sama lain. Panas yang dihasilkan dari gesekan digunakan untuk membantu merubah bentuk antar muka material. Las gesekan dicirikan oleh zona sempit yang terkena dampak panas (HAZ), adanya material yang mengalami deformasi plastis (*flash*) di sekitar lasan, dan tidak adanya fusi keduanya dan zona yang meleleh sebagian. Secara umum, proses ini dapat dibagi menjadi dua tahap yang berbeda: tahap gesekan dan tahap penempaan [9].



Gambar 1. Pengelasan Gesek [9]

Langkah-langkah dasar dalam proses pengelasan gesekan diilustrasikan pada Gambar 1. Seperti yang ditunjukkan pada (A), satu benda kerja diputar dan yang lainnya dipegang diam. (B) Ketika kecepatan rotasi yang sesuai tercapai, dua benda kerja disatukan. (C) Abrasi pada antar muka benda kerja secara lokal menjadi leleh dan mengakibatkan pemendekan aksial. Tahap kedua langkah ini terjadi selama gesekan berlangsung. (D) Hingga akhirnya, rotasi benda berhenti dan tersambung [9].

Daerah lasan terdiri dari tiga bagian yaitu 1) Logam las adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair kemudian membeku; 2) Fusion Line, garis penggabungan atau garis batas cair antara logam las dan logam induk; 3) Daerah pengaruh panas disebut HAZ (*Heat Affected Zone*), adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las selama pengelasan mengalami pemanasan dan pendinginan yang cepat. *Heat Affected Zone* (HAZ) adalah logam yang bersentuhan dengan logam lain pada proses pengelasan, dimana pada proses pengelasan akan terjadi siklus termal dan pendinginan cepat pada sambungan las [10].

Sistem hidrolis adalah suatu sistem pemindah tenaga dengan menggunakan zat cair atau fluida sebagai perantaranya. Dimana fluida penghantar ini dinaikkan tekanannya oleh pompa pembangkit tekanan yang kemudian diteruskan ke silinder kerja melalui pipa-pipa saluran dan katup-katup [11]

Baut berfungsi untuk mengikat dua benda yang akan dihubungkan pada kerangka mesin agar benda tersebut tidak bergeser sewaktu mesin dioperasikan. Perhitungan dengan gaya (F) tangensial baut menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F = 132 \cdot d^{2,3} \quad (1)$$

Sehingga didapatkan tegangan pada baut menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{4F}{\pi \cdot d^2} \quad (2)$$

Dimana:

d = Diameter baut yang digunakan (cm)

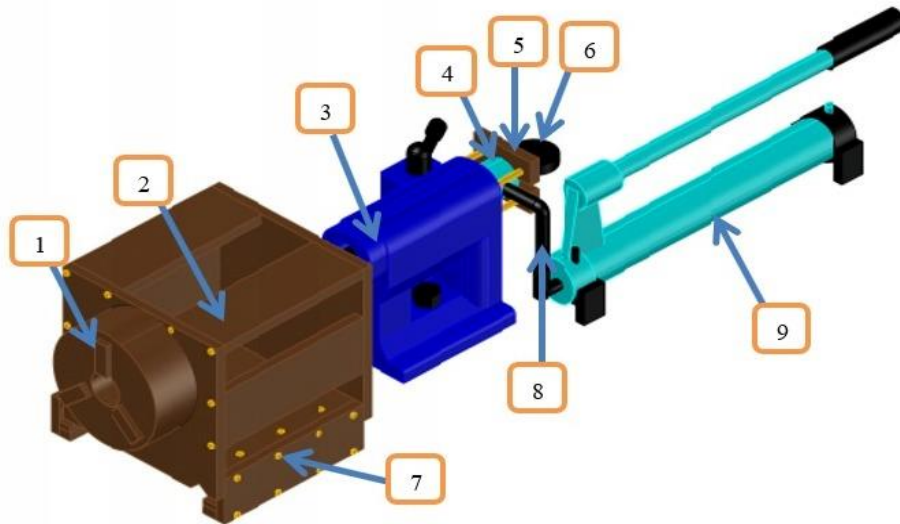
D = Diameter poros yang dijepit (cm)

F = Gaya baut (kg)

σ = Tegangan (kg/mm^2)

METODOLOGI

Rancang bangun alat bantu ini memiliki ukuran panjang 29,5 cm, lebar 28,5 cm dan tinggi 29 cm, Adapun desain alat bantu tekan berbasis hidrolis dalam proses pengelasan gesek adalah Sebagian berikut:



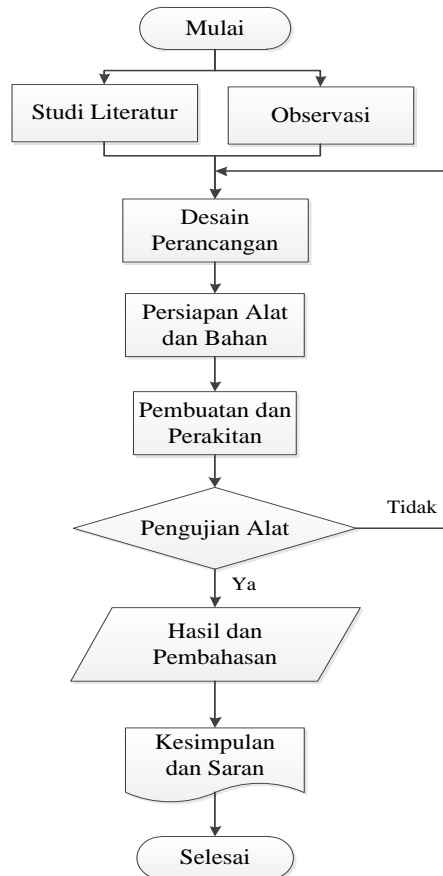
Gambar 2. Desain Alat Bantu Tekan Berbasis Hidrolis

Keterangan:

- | | |
|------------------------------|------------------------|
| 1. Chuck (cekam) | 6. Manometer |
| 2. Dudukan Chuck | 7. Baut |
| 3. Tailstock | 8. Pipa saluran fluida |
| 4. Hidrolis (silinder kerja) | 9. Pompa hidrolis |
| 5. Penahan hidrolis | |

Alat bantu tekan berbasis hidrolis dalam proses pengelasan gesek yang diperlihatkan pada Gambar 2. dilengkapi 1) Chuck atau cekam yang berfungsi menjepit/mengikat benda kerja pada proses pengelasan gesek. 2) Dudukan Chuck yang berfungsi menahan material yang terhubung dengan Chuck. 3) Tailstock (kepala lepas) berfungsi dalam menahan dengan cara mengikat pada meja alas mesin bubut. 4) Hidrolis (silinder kerja) yang berfungsi melakukan tekanan gesek yang terikat dengan tailstock. 5) Penahan hidrolis berfungsi sebagai pengikat antara tailstock dengan hidrolis. 6) Manometer berfungsi sebagai pengukur tekanan dalam memberikan tekan gesek dalam proses pengelasan gesek. 7) Baut sebagai pengikat dari beberapa komponen menjadi satu bagian. 8) Pipa saluran fluida sebagai penghubung hidrolis (silinder kerja) dengan pompa hidrolis. 9) Pompa hidrolis berfungsi dalam pembangkit tekanan dengan memanfaatkan fluida sebagai perantara.

Berikut adalah diagram alir rancang bangun alat bantu tekan berbasis hidrolik pada proses pengelasan gesek:



Gambar 3. Diagram Alir

Diagram alir diatas menunjukkan alur penelitian dalam merancang bangun alat bantu tekan berbasis hidrolik. Adapun alur penelitian ini adalah: 1) Diawali dari mulai menunjukkan dimulainya penelitian ini; 2) Studi literatur menunjukkan pencarian kajian Pustaka yang berkaitan dalam penelitian dan melakukan observasi alat serta bahan yang diperlukan; 3) Desain rancangan alat yang akan dibuat; 4) Persiapan alat dan bahan dalam memenuhi kelengkapan peralatan pabrikasi untuk penunjang dalam pekerjaan, serta melengkapi kebutuhan bahan dalam pembuatan alat ini; 5) Pembuatan alat dan perakitan adalah proses pengerjaan alat bantu tekan hingga selesai; 6) Pengujian alat dengan melakukan proses pengelasan gesek pada material poros 1 inchi. Kegagalan proses pengelasan gesek maka akan kembali kepersiapan alat dan bahan; 7) Setelah didapatkan data dari hasil pengujian alat, data tersebut akan diolah menjadi pembahasan; 8) kesimpulan dan saran menunjukkan telah tercapai penelitian dan selesai.

Perencanaan dalam pembuatan alat bantu tekan berbasis hidrolik pada proses pengelasan gesek, dengan diameter 8 mm maka akan didapatkan gaya baut sebesar 15.764 kg.

$$\begin{aligned}
 F &= 132 \cdot d^{2,3} \\
 &= 132 \cdot 8^{2,3} \\
 &= 132 \cdot 119,42 \\
 &= 15.764 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dengan mendapatkan gaya baut 15.764 kg maka akan didapatkan tegangan baut sebesar 313,77 kg.

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{4F}{\pi \cdot d^2} \\
 \sigma &= \frac{4 \times 15.764 \text{ kg}}{3,14 \times 8^2 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{63.056 \text{ kg}}{200,96 \text{ mm}}$$

$$\sigma = 313,77 \text{ kg/mm}^2$$

Dengan tegangan 313,77 kg/mm² dapat menahan tekanan lebih dari 15 kg/mm²

Proses pembuatan alat dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu: 1) Proses pengukuran dan pemotongan plat, tebal plat yang digunakan 10 mm; 2) Proses *Milling* yaitu pengupasan pada sisi-sisi plat, pembuatan sudut 45° untuk pengikatan pada alas mesin bubut, dan pembuatan lubang untuk dudukan *Chuck* ; 3) Proses pengeboran dan Taps pada plat yaitu pembuatan ulir dalam pada plat; 4) Proses *center* sumbu putar pada *Chuck*; 5) Proses bubut untuk pembuatan ring sebagai dudukan hidrolik yang terpasang pada *Tailstock*; 6) Pembuatan tahanan hidrolik pada *Tailstock*; 7) Proses perakitan alat bantu tekan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil alat bantu tekan berbasis hidrolik pada proses pengelasan gesek diperlihatkan pada Gambar 4. menunjukkan bahwa semua komponen yang dikerjakan telah dirakit dan terpasang sesuai dengan rancangan.



Gambar 4. Hasil Alat Bantu Tekan Berbasis Hidrolik

Pengujian alat bantu tekan gesek berbasis hidrolik yang diaplikasikan pada mesin bubut pada proses pengelasan gesek poros berdiameter 1 inchi menunjukkan bahwa alat berhasil bekerja dengan baik. Pengujian 1 dilakukan dengan tekanan gesek 5 kg/cm² dan tekanan tempa 10 kg/cm², Pengujian 2 dilakukan dengan tekanan gesek 10 kg/cm² dan tekanan tempa 15 kg/cm², dan Pengujian 3 dilakukan dengan tekanan gesek 15 kg/cm² dan tekanan tempa 20 kg/cm². Adapun hasil uji pengelasan gesek dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

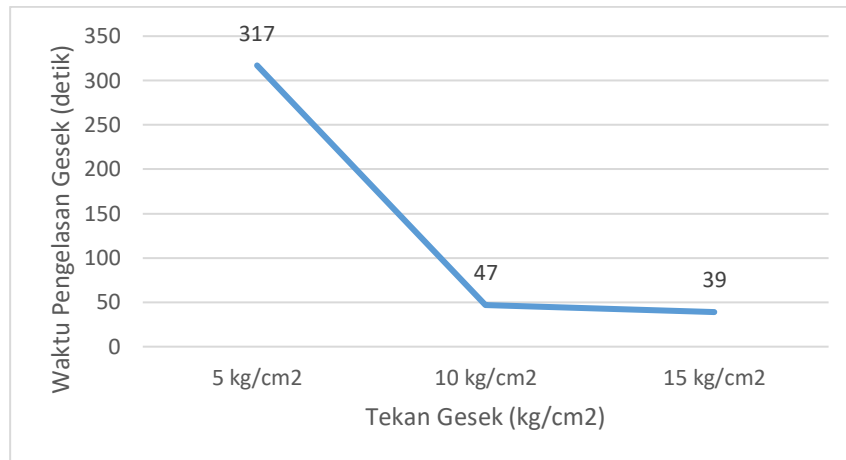
Tabel 1. Hasil Uji Pengelasan Gesek

No	tekanan gesek (kg/cm ²)	tekanan tempa (kg/cm ²)	kecepatan putaran (rpm)	waktu pengelasan (detik)
1	5	10	1600	317
2	10	15	1600	47
3	15	20	1600	39

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dan diperlihatkan pada Tabel 1. waktu pengelasan pada tekanan gesek 5 kg/cm² memiliki waktu pengelasan yang cukup lama dalam proses pengelasan gesek. Grafik hubungan tekan gesek terhadap waktu pengelasan gesek yang diperlihatkan pada Gambar 5. terlihat jelas perbedaan jarak waktu yang sangat signifikan antara tekan gesek 5 kg/cm² dengan tekan gesek 10 kg/cm² yaitu 270 detik, sedangkan proses pengelasan gesek pada tekan gesek 10 kg/cm² dengan tekan gesek 15 kg/cm² memiliki perbedaan jarak waktu pengelasan yang

tidak signifikan yaitu 8 detik. Besarnya tekanan gesek pada proses pengelasan gesek mempengaruhi lama waktu pengelasan, semakin besar tekan gesek yang diberikan abrasi pada antar muka benda kerja secara lokal menjadi cepat leleh dan mengakibatkan tersambung material menjadi cepat.

Adapun grafik hubungan tekanan gesek terhadap waktu pengelasan gesek dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 5. Grafik Hubungan Tekan Gesek Terhadap Waktu Pengelasan Gesek

Bila dikaitkan dengan penelitian terdahulu yang menyatakan, semakin lama waktu penyambungan maka daerah HAZ akan semakin panjang dan sebaliknya [3]. Hal ini berbanding lurus dengan hasil grafik hubungan tekan gesek terhadap waktu pengelasan gesek, tekanan gesek 15 kg/cm² mendapatkan waktu paling cepat pada proses pengelasan gesek dibandingkan dengan tekanan gesek yang lain. Hasil pengelasan gesek dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 6. Hasil Pengelasan Gesek

Hasil pengelasan gesek yang diperlihatkan pada Gambar 6. terlihat perbedaan daerah HAZ, dimana tekanan gesek mempengaruhi hal tersebut. Dengan demikian alat bantu tekan berbasis hidrolik pada proses pengelasan gesek yang diaplikasikan pada mesin bubut dapat bekerja dengan baik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil pengujian alat yang telah dirancang dalam proses pengelasan gesek pada material poros 1 inchi diperoleh tekanan gesek 5 kg/cm² tersambung dengan waktu 317 detik, tekanan gesek 10 kg/cm² tersambung dengan waktu 47 detik, dan tekanan gesek 15 kg/cm² tersambung dengan waktu 39 detik. Besarnya tekanan gesek mempengaruhi kecepatan penyambungan material pada proses pengelasan gesek. Studi lebih lanjut tentang parameter-parameter yang optimal untuk melakukan pengujian mekanik dalam pengaplikasian alat bantu tekan berbasis hidrolik pada proses pengelasan gesek, seperti hasil rekomendasi dari variasi tekanan gesek dan waktu pengelasan gesek. Dengan adanya alat bantu tekan gesek berbasis hidrolik pada proses pengelasan gesek menjadi suatu alternatif di dunia usaha / dunia industri khususnya pada bengkel pabrikasi yang memiliki mesin bubut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Putra and K. Arwizet, "Analisis Kekuatan Tarik dan Impact Hasil Sambungan Las Gesek Pada Baja ST 37," *Ranah Research*, vol. 01, no. 04, pp. 914–290, 2019.
- [2] M. Faisal, M. Balfas, and K. Kamil, "Analisis Kekuatan Tarik pada Logam Axle Shaft dengan Pengelasan Gesek (Friction Welding)," *J Teknol*, vol. Vol. 19, no. No. 1, pp. 25–30, Oct. 2018.
- [3] M. Faisal and Asrul, "Analisa Kelelahan Dan Kekerasan Pada Logam Axle Shaft Dengan Pengelasan Gesek," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. Vol. 15, no. No. 2, pp. 159–165, Dec. 2022.
- [4] N. Upara and A. Meindra, "Analisis Kekuatan Sambungan Las Gesek Rotary Material Bronze Dengan Stainless Steel Berdasarkan Standard ASME," *Seminar dan Konferensi Nasional IDEC*, p. D14.1-D14.10, May 2019.
- [5] R. Alhadi, "Perancangan Dan Pembuatan Mesin Las Gesek Rotari," *Nusantara Journal of Multidisciplinary Science*, vol. 1, no. No. 1, pp. 133–144, Aug. 2023.
- [6] Pujono, D. Prabowo, and E. P. Pratama, "Rancang Bangun Prototype Mesin Frition Welding," *Jurnal Bangun Rekaprima*, vol. Vol. 05, no. No. 1, pp. 13–20, 2019.
- [7] D. Pranata, M. Ibranes Ryandra A., and A. Pratama, "Rancang Bangun Las Gesek," Proyek Akhir, Politeknik Manufaktur Negri, Bangka Belitung, 2023.
- [8] MTI, "Friction Welding," Washington, 1999.
- [9] A. O'Brien and C. Guzman, *Welding Processes, Part 2*, Ninth Edition., vol. Volume 3. 2007.
- [10] W. Soedarmadji, "Pengaruh Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) Pada Mild Steel S45c Di Daerah HAZ Dengan Pengujian Metalografi," *Journal Mechanical and Manufacture Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 12–17, 2020.
- [11] A. Rahmadhani, "Perancangan Sistem Hidrolik Pada Mesin Kempa Hidrolik Untuk Pembuatan Produk Jadi Dari Bahan Komposit," 2019.