

PENGARUH GAYA TEKAN, KECEPATAN PUTAR, DAN WAKTU KONTAK PADA PENGELASAN GESEK BAJA ST60 TERHADAP KUALITAS SAMBUNGAN LAS

Poedji Haryanto¹⁾ Rifky Ismail²⁾, Jamari²⁾ dan Sri Nugroho²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang, Semarang, 50275

Telp : (024)-747317. Fax : (024)7472396

²⁾Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Mesin, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang, Semarang, 50275

e-mail : phary_phary2000@yahoo.com

Abstrak

Pengelasan merupakan salah satu bagian yang tak terpisahkan dari proses manufaktur. Pengelasan (welding) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan, dan dengan atau tanpa logam tambahan menghasilkan sambungan yang kontinu. Pengelasan gesek (friction welding) merupakan teknik pengelasan dengan memanfaatkan panas yang ditimbulkan akibat gesekan. Permukaan dari dua bahan yang akan disambung, salah satu berputar sedang lainnya diam, dikontakkan oleh gaya tekan. Gesekan pada kedua permukaan kontak dilakukan secara kontinu sehingga panas yang ditimbulkan oleh gesekan yang kontinu akan terus meningkat. Dengan gaya tekan dan panas pada kedua permukaan hingga pertemuan kedua bahan mencapai suhu leleh (melting temperature) maka terjadilah proses las.

Paper ini meneliti pengaruh gaya tekan, kecepatan putar dan waktu kontak pada pengelasan gesek baja ST60 terhadap kualitas sambungan las. Proses pengelasan gesek dilakukan pada mesin bubut yang dilengkapi mekanisme pembebanan. Parameter yang digunakan adalah gaya tekan, kecepatan putar dan waktu kontak. Penentuan kualitas las dilakukan dengan cara pengujian kekuatan tarik, kekerasan, dan foto mikro pada daerah sambungan las.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kualitas pengelasan gesek sangat baik, hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian kekuatan tarik dimana patahan terjadi diluar sambungan las dan kekerasan pada sambungan las meningkat. Pada hasil potongan daerah las secara visual tidak ditemukan adanya porositas sehingga dapat disimpulkan bahwa logam yang saling kontak telah meleleh sempurna dan menghasilkan sambungan dengan kualitas yang baik.

Kata kunci: las gesek, gaya tekan, kecepatan putar, waktu kontak, kualitas las.

1. PENDAHULUAN

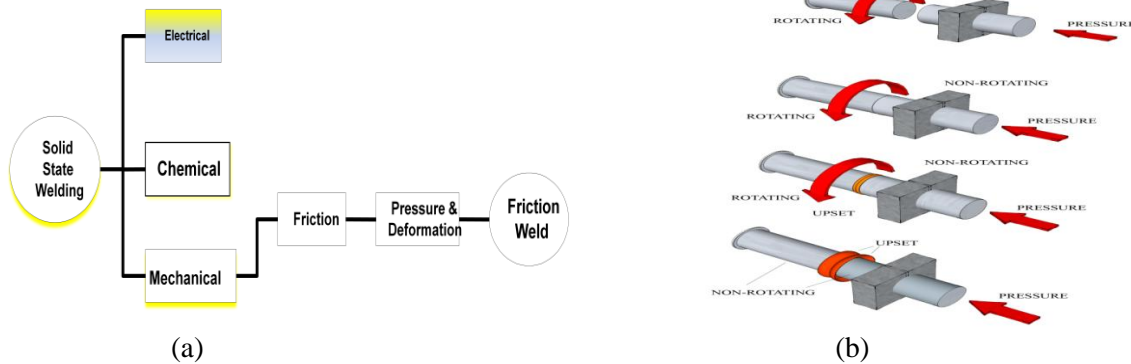
Proses pengelasan yang pada prinsipnya adalah menyambungkan dua atau lebih komponen, lebih tepat ditujukan untuk merakit (*assembly*) beberapa komponen menjadi suatu bentuk mesin. Komponen yang dirakit mungkin saja berasal dari produk hasil pengecoran, pembentukan atau pemesinan, baik dari logam yang sama maupun berbeda-beda.

Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinu. Pengelasan dapat dibedakan menjadi tiga yaitu, pengelasan mencair (*fusion welding*), pengelasan tak mencair (*solid state welding*) dan soldering and brazing.

1.1. Prinsip Pengelasan Gesek

Pada tahun 1950, *AL Chudikov* (Asosiasi Pengelasan Indonesia), seorang ahli mesin dari Uni Sovyet, mengemukakan hasil pengamatannya tentang teori tenaga mekanik dapat diubah menjadi energi panas. Gesekan yang terjadi pada bagian-bagian mesin yang bergerak menimbulkan banyak kerugian karena sebagian tenaga mekanik yang dihasilkan berubah menjadi panas. *Chudikov* berpendapat, proses demikian mestinya bisa dipakai pada proses pengelasan. Setelah melalui percobaan dan penelitian dia berhasil mengelas dengan memanfaatkan panas yang terjadi akibat gesekan. Untuk memperbesar panas yang terjadi, benda kerja tidak hanya diputar tetapi ditekan satu terhadap yang lain. Tekanan juga berfungsi mempercepat fusi. Cara ini disebut las gesek (*Friction Welding*)

Gambar 1.2, menunjukkan suatu skema proses pengelasan gesek, dua buah batang uji yang akan disambung dengan cara pengelasan gesek, batang yang satu berputar dan batang lainnya diam. Proses gesekan akan terjadi pada saat batang uji yang diam dikenai gaya penekanan, panas akibat gesekan akan terus meningkat selama gaya penekanan terus dilakukan hingga mencapai suhu leleh (*melting*) dan terjadi fusi pada kedua permukaan yang bergesekan.



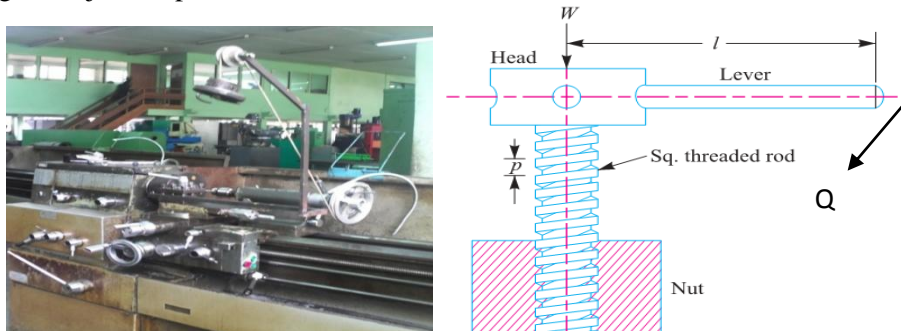
Gambar 1.2. Skema sistem pengelasan gesek (http://www.fpe.co.uk/_images/content/Friction_welding_process_copy.png)

Dasar pemikiran penelitian pengelasan gesek, adalah penggabungan dua logam melalui gesekan mekanis. Proses pengelasan terjadi pada saat benda kerja yang tidak berputar dikontakkan dengan benda kerja berputar di bawah tekanan konstan atau meningkat secara bertahap, sampai kedua permukaan mencapai suhu pengelasan dan kemudian putaran dihentikan.

Pengelasan gesek merupakan proses penyambungan yang memanfaatkan energi panas yang ditimbulkan akibat gesekan dan gaya penekanan pada kedua permukaan yang akan disambung, berdasarkan dari proses pengelasannya, bahwa proses pengelasan gesek mempunyai keuntungan-keuntungan yaitu, tidak menggunakan bahan tambah, hasil pengelasan merata seluruh permukaan, dapat untuk pengelasan pada bahan yang berbeda. Penelitian ini akan mengamati pengaruh gaya tekan, kecepatan putar dan waktu kontak pada pengelasan gesek pada baja ST60 terhadap kualitas sambungan las, yang meliputi kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikro pada HAZ.

1.1. Mekanisme Pengukuran Gaya Penekanan

Mekanisme untuk mendapatkan gaya penekanan pada proses pengelasan gesek, pada tail-stock dilengkapi dengan *pulley* yang dihubungkan beban dengan tali. Beban akan memutar *pulley* dan poros *tail-stock* akan maju mendorong benda kerja, selanjutnya proses gesekan mulai berlangsung, ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Mekanisme pembebanan pada tail-stock

Gaya tekan yang terjadi pada saat proses penyambungan gesekan, dengan pendekatan perhitungan mekanisme "power screw", (Khurmi RS, Gupta JK, 2005). Hubungan antara gaya pembebanan (Q) dengan gaya penekanan (W) diuraikan seperti pada mekanisme *screw jack*. Ketentuan mekanisme pada *tails-stock*, adalah diameter luar ulir $d_o = 14$ mm, diameter inti ulir $d_i = 11$ mm, pitch (p) = 2,5 mm, diameter ulir (d_o) = 14 mm, koefisien gesek (0,15), diameter pulley beban (d_b) = 76 mm, diameter pulley tails-stock (D_i) = 203,5 mm, $\mu = 0,15$, $g = 9,81$ m/det², maka didapat persamaan,

$$W = 1878,91 Q \text{ (dalam Newton)}$$

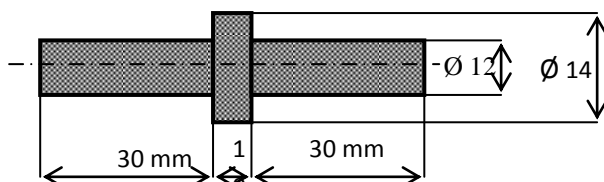
W = gaya penekanan (Newton), Q = gaya luar (gaya pembebanan) (kg)

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan mengikuti metoda eksperimen yang dilakukan di laboratorium pemesinan dan laboratorium pengujian bahan Politeknik Negeri Semarang.

2.1. Bahan uji yang digunakan

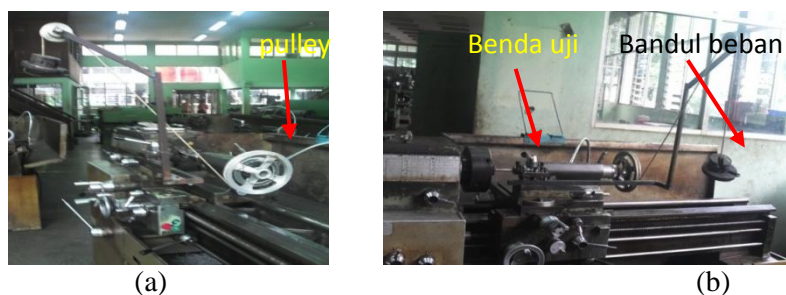
Bahan uji yang digunakan adalah bahan baja ST60 dengan ukuran $\varnothing 14 \text{ mm} \times 70 \text{ mm}$.



Gambar 2.1. Benda uji

2.2. Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: Mesin bubut “Celtic” Mesin bubut ini digunakan untuk proses penyambungan pengelasan gesekan dengan putaran 725 rpm, dilengkapi mekanisme pembebanan untuk menggerakkan poros tails-stock.



Gambar 2.2. Mekanisme *pulley* (a), posisi benda uji dan posisi beban (b).

2.3. Parameter Yang Digunakan

Parameter yang digunakan dalam penelitian proses pengelasan gesek adalah sebagai berikut :

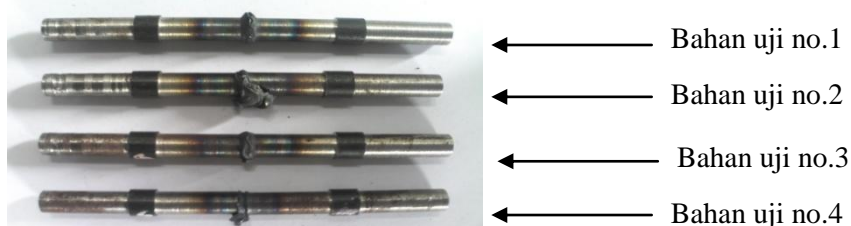
- Gaya Penekanan (kg) (W)
- Waktu penekanan gesek (*friction time*) (detik) (t_g)
- Putaran mesin (rpm) (N)

2.4. Pengujian Benda Uji

- Pengujian tarik , pengujian tarik dilakukan untuk menentukan kekuatan tarik maksimum.
- Pengujian kekerasan, pengujian kekerasan dilakukan untuk menentukan kekerasan yang terjadi pada daerah HAZ pada arah horizontal.
- Pengambilan foto struktur mikro pada daerah HAZ.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Bahan Uji Hasil Proses Pengelasan Gesek



Gambar 3.1. Bahan uji setelah disambung

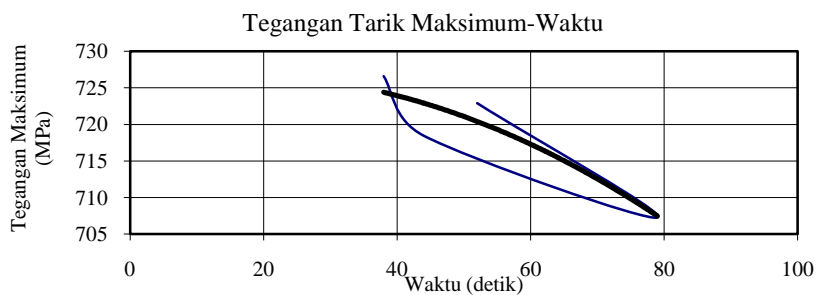
Tabel 3.1. Data Percobaan Pengelasan Gesekan

No(Bahan-Uji)	D ₁ mm	L ₁ mm	D ₂ mm	L ₂ mm	L _p mm	W (kg)	Q (N)	n (rpm)	t (det)
1	11,8	30	12	30	57,6	0,5	939,455	725	52''
2	12	30	12	30	57,7	0,6	1127,346	725	79''
3	12	30	12	30	57,3	0,7	1315,237	725	44''
4	12	30	12	30	53,2	0,8	1503,128	725	38''

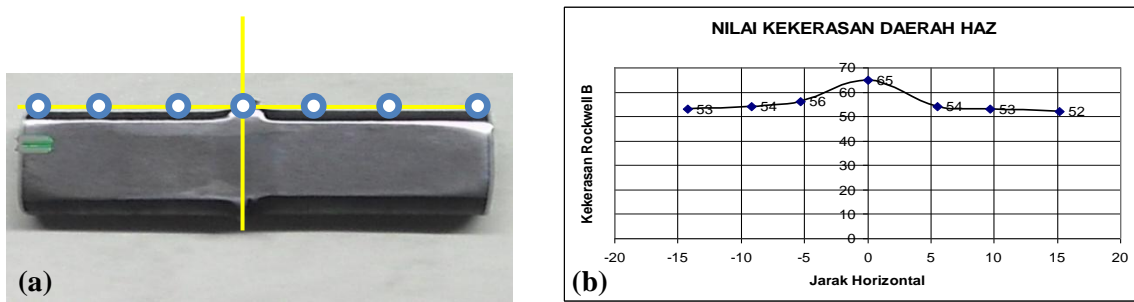
Tabel 3.2, menunjukkan data dari hasil eksperimen pengelasan gesek, diameter benda uji (D₁, D₂), panjang benda uji (L₁, L₂), panjang benda uji setelah proses penyambungan (L_p), gaya penekanan (W), kecepatan putar *spindle* (N), teperatur permukaan benda uji (T) dan waktu penekanan (t).

Tabel 3.3. Data Pengujian Tarik

No	D ₂	Q(N)	P(MPa)	F _{yield} (N)	F _{maks} (N)	σ _{yield} (MPa)	σ _{maks} (MPa)
1	12	939,455	6,52	26.600	42.000	457,8	722,89
2	12	1127,346	7,83	27.600	44.000	443,7	707,28
3	12	1315,237	9,13	27.000	43.200	449	718,44
4	12	1503,128	10,44	28.200	45.200	453,3	726,57



Gambar 3.2. Diagram hubungan tegangan tarik dan waktu gesek



Gambar 3.3. Benda uji kekerasan (a), kekerasan *Brinell*-jarak horizontal (b)



Gambar 3.4: Struktur mikro bahan dasar uji (a) Struktur mikro pada sambungan las (b)

3.2. Pembahasan.

Gambar 3.2, menunjukkan diagram hubungan antara tegangan tarik maksimum dengan waktu gesekan, waktu gesek 38 detik dihasilkan tegangan tarik maksimum 726,57, makin lama waktu gesekan tegangan tarik maksimum cenderung menurun. Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh H.Kuscu dkk, 2008, kekuatan tarik pada sambungan meningkat seiring dengan waktu gesekan dan peningkatan tekanan gesekan. Namun, nilai kekuatan tarik maksimum mengalami penurunan hal ini dikarenakan pada sambungan mengalami cacat, meskipun waktu gesekan dan tekanan gesekan meningkat.

Gambar 3.3, menunjukkan diagram kekerasan Brinell terhadap jarak horizontal. Nilai kekerasan maksimum terjadi disambungan. Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh H.Kuscu dkk, 2008. Logam dasar yang terdiri dari butir perlit besar dikelilingi oleh jaringan ferit. Nilai kekerasan variasi pada bagian dilas arah horisontal, peningkatan nilai kekerasan disebabkan oleh efek pemanasan dan pendinginan, nilai kekerasan akan sama pada daerah, dan terjadi peningkatan pada daerah HAZ. Nilai kekerasan akan meningkat pada arah horizontal sampai mencapai nilai maksimum pada titik sambungan. Struktur mikro butiran biji-biji bahan dasar lebih besar, sedangkan butiran biji-biji pada logam pengelasan lebih kecil karena pengaruh pendinginan dan deformasi pada permukaan sambungan, kondisi tersebut yang menyebabkan meningkatnya nilai kekerasan.

Gambar 3.4, menunjukkan foto mikro, bahan dasar benda uji ditunjukkan dengan butiran besar biji-biji perlit dan jaringan ferit (a), logam las ditunjukkan dengan butiran kecil biji-biji perlit akibat pengaruh pendinginan dan deformasi.

4. KESIMPULAN

Dari hasil percobaan pengelasan gesekan (friction welding), yang telah dilakukan dengan menggunakan mesin bubut, setelah dilakukan pengujian tarik, pengujian kekerasan dan pengambilan dan foto mikrografi, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut,

- Penyambungan telah berhasil dilakukan dengan hasil yang baik, hal ini ditunjukkan pada saat pengujian tarik benda uji mengalami patah diluar sambungan las.
- Terjadi peningkatan harga kekerasan pada daerah sambungan yang mencapai 65 HRB, sedangkan kekerasan dari material asli sekitar 52 HRB.
- Struktur mikro pada sambungan terjadi pemadatan struktur dibandingkan diluar sambungan, hal ini menunjukkan peningkatan kekuatan pada daerah sambungan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- 1) Asosiasi Pengelasan Indonesia (*Indonesian Welding Society/IWS*), <http://www.api>. 28 Pebruari 201.
- 2) H.Kuscu, I. Becenen, M. Sahin, 2008, *Evaluation of Temperature and Properties at Interface of AISI 1040 Steel Joined by Friction Welding*, *Assembly Automation*, Vol 28, pp.308-316
- 3) İrfan AY, Sare ÇELİK, İbrahim ÇELİK, 1999. *Comparison of properties of friction and diffusion welded joints made between the pure Aluminium and Copper bar*, Balıkesir University, Engineering and Architecture Faculty, Department of Mechanical Engineering, Balıkesir, Türkiye, pp.88-102
- 4) J.W. Elmer and D.D. Kautz, Lawrence Livermore *Fundamentals of Friction Welding* National Laboratory, *Welding, Brazing, and Soldering Was Published in 1983 As Vol.6 Of The ASM Handbook*.
- 5) Khurmi RS, Gupta JK, Machine Design, 2005, Ram Nagar, New Delhi.
- 6) M. Kimura, Masahiro Kusaka, Kenji SEO and Akiyoshi Fuji, 2004, *Properties of Low Carbon Steel Joint by Low Heat Input Friction Welding Method*, Department of Mechanical and System Engineering, Graduate School of Engineering, University of Hyogo, Kitami, Hokkaido, Japan, Doc.III-1290-04, pp.1-10.
- 7) M. Sahin, 2005, *An Investigation into Joining of Austenitic-Stainless Steel (AISI 304) with Friction Welding*, *Industrial Lubrication Tribology*, Volume 55, pp140-145

-
- 8) M Sahin, E H Akata, 2004, *An Experiment Study on Friction Welding of Medium Carbon and Austenitic Stainless Steel Components*, Industrial Lubrication Tribology, Volume 56, pp. 122-129
 - 9) P. Sathiya, S. Aravindan and A. Noorul Haq, 2004, *Friction Welding of Austenitic Stainless steel and Optimization of Weld*, Department of Mechanical Engineering, J.J.College of Engineering & Technology, Tamilnadu, India Department of Production Engineering, National Institute of Technology, Tamilnadu, India, pp. 1-10
 - 10) Stolarski T. A. MSc, PhD, DSc, DIG, Ceng, 2000 *Tribology in Machine Design*, MIMechE Oxford Auckland Boston Johannesburg Melbourne New Delhi, pp.103-109
 - 11) Specimen preparation and testing options for metals using materials testing machines from Zwick, . htm #_Materials_Testing_Machines, 21 Nopember 2010
 - 12) Tolga Y. Sunay & Mumin Sahin & Sabri Altintas, 2008, *The effects of casting and forging processes on joint properties in friction-welded AISI 1050 and AISI 304 steels*, Department of Mechanical Engineering, Boğaziçi University, 34342 Bebek, Istanbul, Turkey, pp.68-79