



Modifikasi Mesin Las Gesek Cakram

Modified of Disc Friction Welding Machine

Fendi Eka Setiawan* dan Nafsan Upara

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Serengseng Sawah Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640, Indonesia

Informasi artikel

Diterima:

09/01/2021

Direvisi:

22/04/2021

Disetujui:

17/06/2021

Abstract

The purpose of this research is to improve the performance of the disc friction welding machine that has been built and is operated, but there is a drawback, namely that there is no measuring device for process parameters such as rotational speed and forging load. In addition, during operation there is a vibration of 1.5 mm / s to 4.9 mm / s which is unacceptable according to ISO-2372 standards, so that these deficiencies can affect the quality of weld production. Repair or modification of this the friction welding machine is carried out by selecting and installing a rotating speed sensor (RPM) and load cell forging loads and installing rubber to dampen vibrations. Furthermore, the function test was carried out with the load, it was obtained that the rotational speed read on the LCD was 3.7% greater than the tachometer and the vibration decreased up to a value of 0.9 mm/s where this value was acceptable according to ISO-2372, while the performance test resulted in welding production for 3 workpieces with plate sheet material AA-110, ASTM A36 and CU-DHP copper with the same thickness, namely 1mm. From the results of the specimen tensile test of the three materials, it was found that the breakdown location was in the welding area where the tensile test value was around 1.2 to 5.1% of the tensile value of the workpiece material.

Keywords: disc friction welding machine, modification, rotational speed, forging load, vibration.

Abstrak

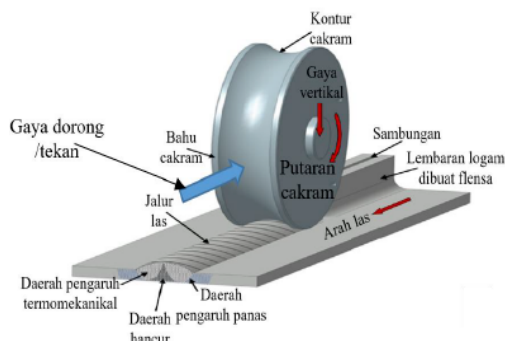
Tujuan penelitian ini adalah memperbaiki *performance* dari mesin las gesek cakram yang telah dibangun dan dioperasikan sebelumnya, namun terdapat kekurangan yaitu belum terdapat alat pengukur parameter proses antara lain kecepatan putar dan beban tempa. Selain itu saat operasi terjadi getaran sebesar 1,5 mm/s sampai 4,9 mm/s yang tidak dapat diterima menurut standar ISO-2372, sehingga kekurangan tersebut dapat mempengaruhi kualitas produksi las. Perbaikan atau modifikasi terhadap mesin las gesek cakram ini dilakukan dengan pemilihan dan pemasangan sensor kecepatan putar (RPM) dan *load cell* beban tempa serta pemasangan karet untuk meredam getaran. Selanjutnya dilakukan uji fungsi dengan beban diperoleh kecepatan putar terbaca pada LCD 3,7% lebih besar dari *tachometer* dan getaran terjadi penurunan hingga sampai nilai 0,9 mm/s dimana nilai ini dapat diterima sesuai ISO-2372, sedangkan uji *performance* menghasilkan produksi las untuk 3 benda kerja dengan material lembaran pelat AA-110, ASTM A36 dan tembaga CU-DHP yang sama ketebalannya yaitu 1 mm. Dari hasil uji tarik spesimen ketiga material diperoleh lokasi putus didaerah pengelasan dimana nilai uji tarik sekitar 1,2 sampai dengan 5,1% dari nilai tarik material benda kerja.

Kata Kunci: mesin las gesek cakram, modifikasi, kecepatan putar, beban tempa, getaran.

*Penulis Korespondensi. Tel.: - ; Handphone: +62 812 1951 1638
email : fendisetiawan9201@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pengelasan gesek pada saat ini sangat pesat, baik metode maupun aplikasinya. Menurut Besler ada 2 metode las gesek telah yang telah dipublikasikan-nya yaitu berdasarkan gerakan relative benda kerja (*relative motion of the workpiece*) dan gerakan relative alat gesek (*relative motion of the tool*). Besler (Besler, 2016) dan Pah, dkk. (Pah, dkk., 2018) mempublikasikan las gesek penghancur (*friction crushing welding*) merupakan bagian grup dari gerakan relative alat gesek, dimana alat gesek adalah cakram yang berputar bergerak dijalur las pada benda kerja yang diam menghancurkan material benda kerja sehingga terjadi penyambungan. Prinsip kerja diperlihatkan pada gambar 1.

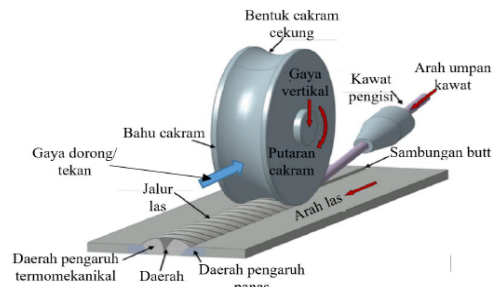


Gambar 1. Ilustrasi las gesek *crushing* (Besler, 2017)

Dari gambar 1. Diperlihatkan proses operasi *friction crushing welding* yaitu suatu kontur berbentuk cakram yang berputar ditekan dengan beban tempa (gaya vertikal) ke tepi flensa (*flanged edge*) benda kerja. Cakram berputar bergerak (didorong oleh gaya dorong/tekan) menggesek tepi flensa benda kerja yang diam (gerakan cakram relatif terhadap benda kerja) sepanjang jalur las yang akan menimbulkan panas, sehingga flensa akan hancur terjadilah penyambungan.

Pada tahun 2017, Besler (Besler, 2017) melakukan publikasi temuan pengembangan terhadap *friction crushing welding* yaitu penggunaan kawat pengisi sebagai bahan tambahan untuk menyambung benda kerja berbahan baja, aluminium, dan tembaga. Operasi *friction crushing welding* ini tidak memerlukan persiapan awal pada benda

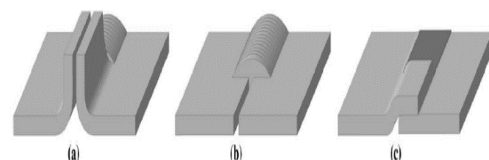
kerja seperti membuat flensa namun hanya menyiapkan bahan pengisi yang akan dihancurkan oleh cakram yang berputar sebagai media penyambungan saat operasi, sedangkan material dari kawat pengisi (*filler metal*) tergantung kepada material benda kerja yang akan di las (Uday, dkk., 2010; Besler, 2016).



Gambar 2. Ilustrasi pengelasan gesek *crushing* dengan kawat pengisi sebagai bahan tambahan (Besler, 2017)

Prinsip operasi pengelasan gesek penghancur (*crushing*) dengan kawat pengisi tambahan hampir sama dengan pengelasan gesek penghancur tanpa kawat pengisi. Benda kerja yang mau disambung hanya menambah kawat yang akan digesek oleh cakram sehingga hancur menyatu dengan benda kerja terjadilah penyambungan (Abdullah, dkk., 2020).

Dengan adanya dua metode pengelasan gesek penghancur sehingga tipe sambungan dapat dilakukan oleh *friction crushing welding* pada benda kerja lembaran logam di perluas menjadi tipe ujung flensa, *butt*, dan *lap joint* (Besler, 2017; Romadhan, dkk., 2019)



Gambar 3. Perluasan variasi sambungan dalam pengelasan gesek *crushing* dengan adanya kawat pengisi bahan tambahan : (a) ujung tepi flensa, (b) sambungan *butt*, dan (c) sambungan *lap* (Besler, 2017)

Dari penjelasan operasi pengelasan penghancur dapat diperoleh parameter proses las ini adalah kecepatan putar yang

dilakukan oleh cakram, beban tempa (gaya vertikal) dan gaya pendorong cakram (Muller, dkk., 2010; Brar, dkk., 2017). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Laksono (Laksono, 2019) dan Wimbi (Wimbi, 2019) dihasilkan las gesek cakram untuk menyambung lembaran berbahan aluminium untuk jenis tepi flensa, seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

Mesin las yang dihasilkan secara fungsi dapat menyambung logam aluminium tebal 1 mm dengan ujung tepi flensa. Namun dalam operasinya terdapat kekurangan antara lain: belum ada alat ukur parameter proses dan terjadi getaran yang kencang, sehingga dapat mengurangi kualitas lasan.

Dalam penelitian ini, dilakukan modifikasi pada mesin las gesek model cakram untuk memperbaiki *performance* dari yang sebelumnya, kemudian dilakukan uji kinerja terhadap pembuatan benda kerja dengan metode las gesek dan diujikan hasilnya dengan uji tarik.

2. METODOLOGI

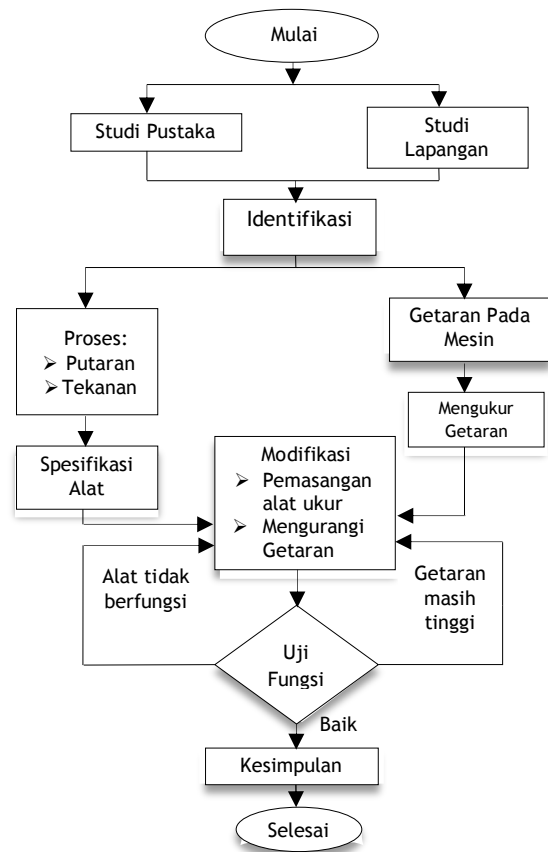
Langkah - langkah dalam penelitian ini diperlihatkan pada gambar 5 diagram alir penelitian modifikasi yang dilakukan Modifikasi mesin las gesek cakram dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Pancasila.

Masalah pada mesin las gesek cakram adalah tidak ada alat ukur untuk parameter proses yaitu kecepatan putar dan beban tempa, karena dua parameter proses ini yang menghasilkan adanya gesekan dan beban tempa sehingga panas akibat material mencair dan terjadilah penyambungan. Masalah yang lain adanya getaran saat operasi

yang diduga dapat mempengaruhi mutu dari sambungan las. Pengujian terhadap spesimen hasil produk las gesek dilakukan hanya uji tarik untuk mengetahui kekuatan las dan lokasi putus.

Tahap pelaksanaan modifikasi yang dilakukan pada mesin las gesek cakram adalah:

- Pembuatanudukan sensor kecepatan putar (RPM) dan dudukan sensor load cell operasi.
- Memasang karet untuk mengurangi getaran mesin las.
- Membuat alat pengatur parameter putaran dan tekanan beban tempa.



Gambar 5. Diagram alir penelitian

Persiapan

Spesifikasi mesin las gesek cakram yang akan dimofikasi diperlihatkan pada tabel 1 (Wimbi, 2019). Batas getaran yang diizinkan untuk mesin las gesek cakram mengacu kepada standar ISO-2372 seperti pada tabel 2.

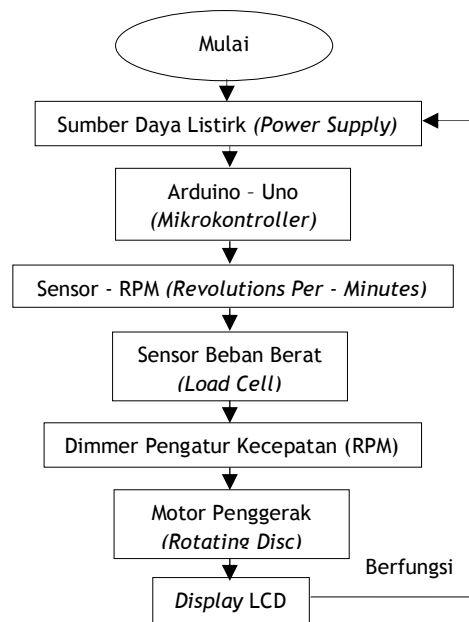
Gambar 6 menampilkan alur pembuatan instalasi alat ukur kecepatan putar dan beban tempa yang merupakan tambahan komponen dalam meningkatkan performa mesin las gesek.

Tabel 1. Spesifikasi mesin las (Wimbi, 2019)

Diskripsi		Spec. Sebelum Modifikasi
Nama Mesin		Mesin Las Gesek Cakram Portabel
Cakram	Bentuk	Roda Dengan Kontur Sakram Cekung
	Material	S 45 C
	Diameter Luar	100 (mm)
	Bahu Cakram	2 x 2 (mm)
Mesin Penggerak Cakram	Daya	600 (Watt)
	Putaran	11.000 (rpm)

Tabel 2. Batas getaran untuk mesin turning (ISO, 1947)

RMS Overall velocity Level Measured in 1000 Hz Bandwidth		Vibration Severity Criteria			
Mm/s	In/s	Class I	Class II	Class III	Class IV
0.28	0.01	Good	Good	Good	Good
0.45	0.02	Good	Good	Good	Good
0.71	0.03	Good	Good	Good	Good
1.12	0.04	Satisfactory	Satisfactory	Good	Good
1.8	0.07	Satisfactory	Satisfactory	Good	Good
2.8	0.11	Unsatisfactory	Satisfactory	Satisfactory	Satisfactory
4.5	0.18	Unsatisfactory	Unsatisfactory	Satisfactory	Satisfactory
7.1	0.28	Unsatisfactory	Unsatisfactory	Unsatisfactory	Satisfactory
11.2	0.44	Unacceptable	Unacceptable	Unsatisfactory	Unsatisfactory
18	0.71	Unacceptable	Unacceptable	Unacceptable	Unsatisfactory
28	1.10	Unacceptable	Unacceptable	Unacceptable	Unacceptable
45	1.77	Unacceptable	Unacceptable	Unacceptable	Unacceptable



Gambar 6. Diagram alir pembuatan instalasi alat ukur kecepatan putar dan beban tempa.

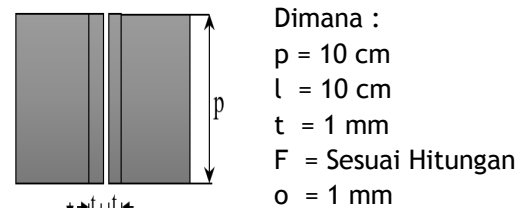
Pengujian Fungsi

Tujuan dari uji fungsi untuk mengetahui mesin las gesek dan system pengukuran parameter proses (putaran dan beban tempa)

berfungsi dengan baik. Uji fungsi dilakukan tanpa beban dimana hanya mengukur perbandingan putaran mesin las yang terbaca di LCD monitor dibandingkan dengan tachometer untuk kalibrasi (perbedaan diharapkan dibawah 5%).

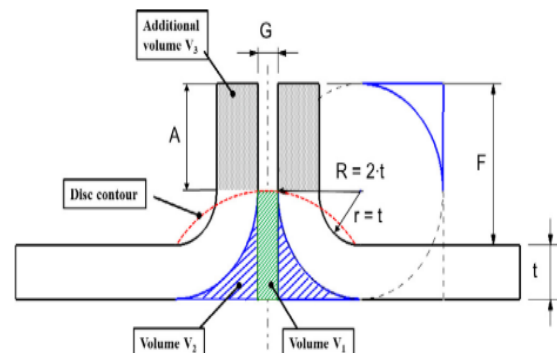
Pengujian Kinerja

Pengujian ini dilakukan pada 3 material yang akan disambung (produk las) yaitu lembaran Aluminium, baja, dan tembaga. Ukuran specimen uji diperlihatkan pada gambar 7.



Gambar 7. Bentuk dan ukuran spesimen uji

Tipe sambungan las yang digunakan adalah tipe flensa, dimana ukuran flensa dihitung dengan persamaan 1 dan 2 (Besler, 2016; Besler 2017). Untuk ilustrasi tinggi flensa disajikan pada gambar 8 berikut:



Gambar 8. Ilustrasi tinggi flensa (F) pada specimen uji

$$F = G + (4 \times t - \pi t) \tag{1}$$

$$F = A + t \tag{2}$$

Dimana

A : Tinggi (mm)

G : Bukaannya (mm)

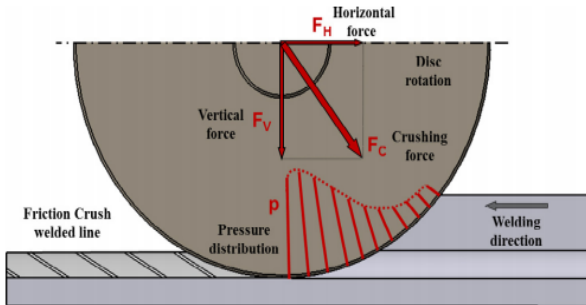
t : Tebal Pelat (mm)

Gaya yang terdapat pada cakram mesin las gesek saat operasi adalah sebagaimana diperlihatkan pada gambar 9 dan 10 (Besler 2016):

F_H : Gaya Dorong/Horizontal

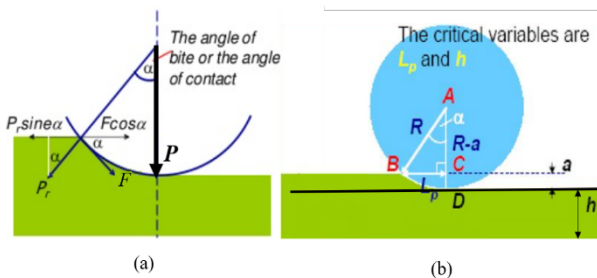
$F_v = P$: Gaya Vertical/tempa

$F_c = Pr$: Gaya *Crushing* (penghancur)



Gambar 9. Ilustrasi tekanan dan gaya pada operasi mesin las gesek cakram (Besler, 2016)

Gaya yang dibutuhkan saat rol atau cakram berputar untuk menghancurkan atau mencairkan logam, persamaannya dapat dikembangkan dari pengerolan datar sebagai berikut (Groover, 2011):



Gambar 10. Gaya pada pengerolan datar (Groover, 2011)

Panjang kontak rol dan benda kerja (L_p), lihat segitiga ABC (gambar 10.b) diperoleh:

$$R^2 = L_p^2 + (R-a)^2 \tag{3}$$

$$L_p^2 = R^2 - (R-a)^2 = 2Ra - a^2 \tag{4}$$

Karena nilai a^2 amat kecil, maka diabaikan (= 0), sehingga:

$$L_p \approx \sqrt{2Ra} \tag{5}$$

Gaya *crushing* (F_c):

$$F_c = F_v \cdot \cos \tag{6}$$

Gaya gesek (F) :

$$F = F_c \cdot \mu \tag{7}$$

Gaya tempa (F_v):

$$P \approx \bar{Y}_f w L \tag{8}$$

Tegangan alir :

$$\bar{Y}_f = \frac{K \epsilon^n}{1+n} \tag{9}$$

Dimana:

\bar{Y}_f : Tegangan alir rata-rata (MPa)

w : Lebar benda kerja, (mm)

$L = L_p$: Panjang kontak rol dan benda kerja, (mm)

R : Radius Rol, (mm) ($D/2 = R$)

D : Diameter rol, (mm)

$a = F$: Tinggi flensa, (mm)

$h = t$: Tebal benda kerja, (mm)

μ : Koefisien gesek = 0,1 untuk pekerjaan dingin (Tabel 3)

$\mu = \tan \alpha$

α : Sudut kontak, derajat = $\tan^{-1}(\mu) = \tan^{-1}(0,1) = 5,71^\circ$

K : Koefisien kekuatan, MPa (tabel 3)

n : *Strain hardening exponent* (tabel 3)

ϵ : Regangan bahan

Tabel 3. Koefisien kekuatan dan Strain hardening exponent (Groover, 2011)

Material	Strength Coefficient, K		Strain Hardening Exponent, n
	MPa	lb/in ²	
Aluminum, pure, annealed	175	25,000	0.20
Aluminum alloy, annealed ^a	240	35,000	0.15
Aluminum alloy, heat treated	400	60,000	0.10
Copper, pure, annealed	300	45,000	0.50
Copper alloy: brass ^a	700	100,000	0.35
Steel, low C, annealed ^a	500	75,000	0.25
Steel, high C, annealed ^a	850	125,000	0.15
Steel, alloy, annealed ^a	700	100,000	0.15
Steel, stainless, austenitic, annealed	1200	175,000	0.40

Perhitungan Tenaga atau Daya yang dibutuhkan untuk proses pengelasan (*crushing power*) dihitung dengan persamaan (Groover, 2011):

$$P_w = \frac{\pi n T}{30} \tag{8}$$

Torsi (T) dihitung dengan persamaan (Appleton, 2008):

$$T = F.L_p \tag{9}$$

Dimana:

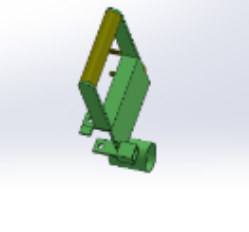
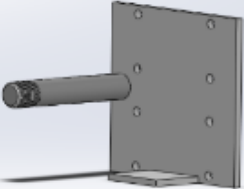
- P_w : Daya atau tenaga dibutuhkan untuk pengelasan *crushing*, (Watt)
- n : Kecepatan putar, (rpm)
- T : torsi, (N.m)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rencana dan Gambar Modifikasi

Rencana dan gambar bentuk dan ukuran dudukan *jig* sensor kecepatan putar (RPM) dan dudukan *jig* sensor *load cell* dan material yang digunakan untuk dudukan sensor diperlihatkan pada tabel 4. Untuk sensor kecepatan putar dan load cell diperlihatkan pada tabel 5, termasuk material untuk mengurangi getaran.

Tabel 4. Komponen Dudukan Jig Sensor Kecepatan Putar Dan *Load Cell*

Komponen	Spesifikasi	Gambar
Penyanggah sensor RPM	Plat ASTM A36, 20 x 20 mm, t = 3 mm	
Bagian penyentuh <i>load cell</i>	Plat ASTM A36, 300 x 20 mm, t = 3 mm	
Dudukan sensor <i>load cell</i>	Plat ASTM A36, 38 x 50 mm, t = 5 mm	

Pengukuran Getaran

Getaran yang dihasilkan mesin las gesek cakram sebelum dilakukan modifikasi diukur dengan *vibration meter* diperlihatkan pada tabel 6. Terlihat pada tabel 6, semua lokasi pengukuran memiliki nilai getaran melebihi nilai getaran yang aman berdasarkan standar ISO-2372 yaitu: maksimum 1,8 mm/s.

Modifikasi

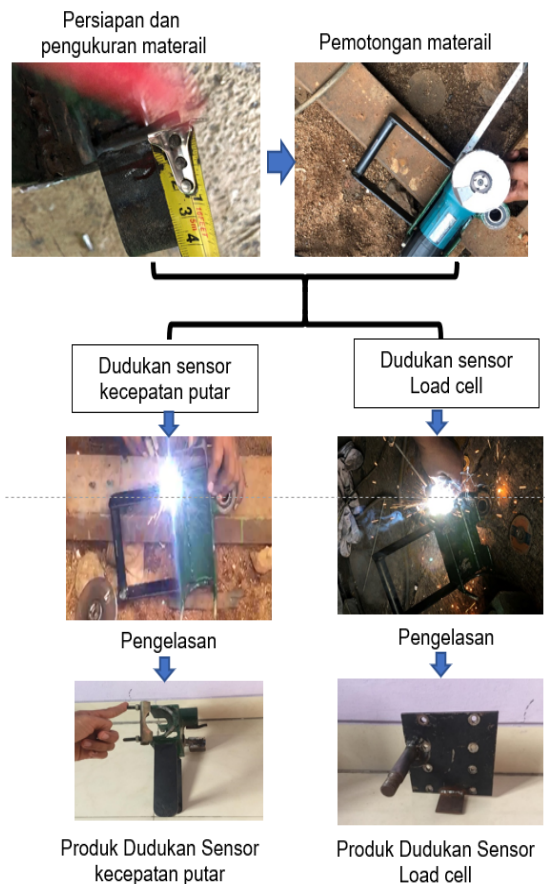
Proses pembuatan dudukan sensor kecepatan putar dan *load cell* diperlihatkan pada gambar 11.

Tabel 5. Daftar spesifikasi komponen sensor pereduksi getaran

Nama Peralatan	Jumlah	Spesifikasi
Modul Mikrokontroler Arduino-UNO	1	AT mega 328P
Modul Sensor-IR RPM	1	LM393
<i>Load Cells Weighing (Strain Gauge)</i>	1	3-50 kg
Dimmer SCR (<i>Speed Control</i>)	1	2020 Volt
LCD 12x6	1	<i>Light emitting diode</i>
Kabel Jumper	5	1 Meter
Power Supply PSU 2A.12V	1	12V-12A
Karet	1	Tebal 1,5 mm

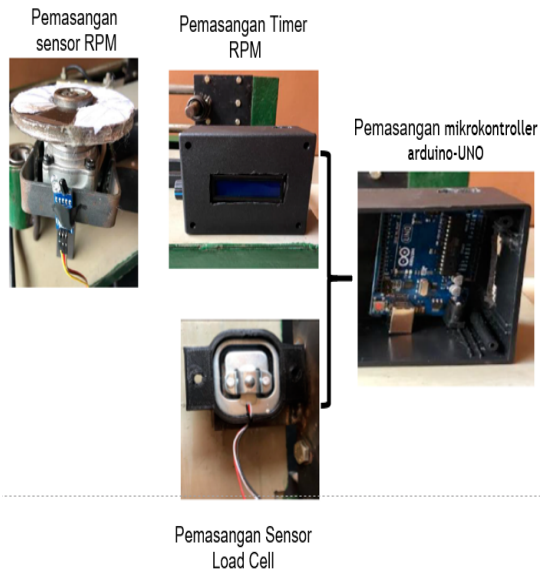
Tabel 6. Hasil pengukuran getaran

Lokasi Ukur	Kecepatan (mm/s)		
	1	2	3
Cakram	1,5	1,7	1,9
Clamp Benda Kerja	2,8	2,1	2,5
Dudukan Jig	4,5	4,7	4,9

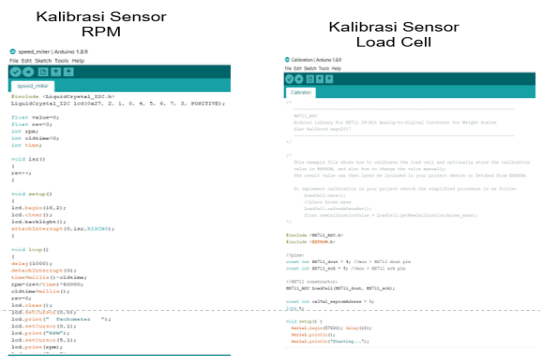


Gambar 11. Proses pembuatan sensor kecepatan putar dan *load cell*.

Pemasangan indikator sensor kecepatan IR-RPM dan sensor pengukuran beban tempa (*load cell*) pada dudukan yang telah dibuat diperlihatkan pada gambar 12. Dan proses kalibrasi program diperlihatkan pada gambar 13.



Gambar 12. Proses pemasangan sensor kecepatan putar dan *load cell* pada dudukan



Gambar 13. Hasil kalibrasi program Arduino_UNO dan pembacaan pada LCD-LED

Pemasangan karet pada bagian mesin las gesek yang getaran besar diperlihatkan pada gambar 14.

Pemasangan Karet



Gambar 14. Proses pemasangan karet

Pengujian Fungsi dan Kinerja Mesin Las

Pengujian kecepatan putar (RPM) untuk mengetahui keakuratan sensor RPM. Kecepatan putar yang dihasilkan oleh mesin las gesek akan dibandingkan dengan tachometer untuk mengetahui keakuratan. Hasil pengukuran diperlihatkan pada tabel 7 dan 8.

Tabel 7. Uji fungsi tanpa beban

No	Terbaca Di LCD		Terbaca Di Tachometer (RPM)	Beda (RPM)
	Beban (kgf)	RPM		
1	0	10.365	10.000	365
2	0	10.000	9.800	200
3	0	7.000	6.700	300

Tabel 8. Uji fungsi dengan beban

No	Terbaca Di LCD		Terbaca di Tachometer (RPM)	Beda (RPM)
	Beban (kgf)	RPM		
1	11.33	6407	6173	234
2	11.36	9760	9460	300
3	11.37	6407	6169	238

Dari hasil pengujian diperlihatkan tabel 7 dan 8 disimpulkan perbedaan antara pembacaan LCD dan Tachometer dibawah 5% (LCD lebih besar) hal ini sebabkan adanya pengaruh getaran pada mesin las dan material yang dilas sehingga berpengaruh pembacaan di LDT sedangkan di tachometer tidak dipengaruhi oleh getaran.

Pengujian Getaran dilakukan untuk melihat besarnya getaran setelah pemasangan karet peredam geteran, hasil pengujian diperlihatkan pada tabel 9.

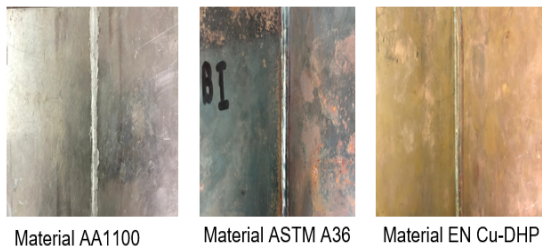
Tabel 9. Hasil pengukuran getaran setelah modifikasi

No.	Velocity (mm/s)
1	0,90
2	0,22
3	0,43

Dari hasil pengukuran getaran dihasilkan getaran dibawah nilai aman getaran 1,8 mm/s sesuai standar ISO-2372.

Pengujian kinerja pada operasi mesin las gesek cakram ini di fokuskan untuk kualitas dari sambungan las pada produk suatu sambungan nya yang dilakukan dengan menyambung tiga material lembaran yaitu: aluminium AA1100 (Darsin, dkk., 2012), baja ASTM A36 (Chludzinski, dkk., 2019), dan tembaga EN Cu-DHP (Besler, 2016).

Hasil dari pengelasan spesimen untuk uji las diperlihatkan gambar 15.



Gambar 15. Hasil sampel yang dilas

Tipe sambungan las yang digunakan adalah tipe flensa (gambar 7) dengan ketinggian flensa (F) dihitung dengan persamaan (1) dan (2), sehingga diperoleh:

$$G = 1 \text{ mm}; t = 1 \text{ mm}$$

$$A = G + (4xt - \pi.t) = 1 + (4 \times 1 - 3,14.1) = 1,86 \text{ mm}$$

$$F = A + t = 1,86 + 1 \approx 3 \text{ mm}$$

Hasil pengukuran parameter proses pengelasan terhadap specimen diperlihatkan pada tabel 10. Dari tabel 10 dapat dihitung besar daya tempa menggunakan persamaan (3) sampai dengan (8) diperoleh daya tempa diperlihatkan pada tabel 11.

Contoh perhitungan untuk material Aluminium AA1100:

➤ Daya Tempa

$$P_w = \frac{\pi n T}{30}$$

Tabel 10. Parameter proses hasil pengelasan

Material	Tebal (mm)	Putaran Cakram (rpm)	Gaya Tempa (N)	Kecepatan Las (mm/min)
Aluminium AA1100	1	7112	44,93	12,86
Baja ASTM 36	1	4417	73,96	15,36
Tembaga CU-DHP	1	6211	43,16	13,75

Dimana torsi:

$$T = Ft. L_p$$

Mencari Ft:

$$Ft = P. \cos a \rightarrow a = 5,71$$

$$P = 44,93 \text{ N (tabel 10)}$$

Sehingga, $Ft = 44,93. \cos (5,71) = 4,71 \text{ N}$

Mencari L_p , dari rumus (3) diperoleh:

$$L_p \approx \sqrt{2Ra}$$

R : Radius Cakram = $D/2 = 100/2 = 50 \text{ mm}$

a = F : tinggi flensa = 3 mm, Sehingga:

$$L_p \approx \sqrt{2.50.3} = 17,32 \text{ mm} = 0,01732 \text{ m}$$

Sehingga:

$$\text{torsi } T = 44,71.0,01732 = 0,77 \text{ Nm}$$

n: kecepatan putar = 7112 rpm (tabel 10)

maka daya tempanya adalah:

$$P_w = \frac{\pi.7112.0,77}{30} = 576,44 \text{ Watt}$$

Untuk perhitungan daya tempa untuk material uji pengelasan lain dapat diperoleh dengan contoh cara perhitungan aluminium sebagaimana perlihatkan pada tabel 11. Adapun ketiga bahan material yang digunakan memiliki ketebalan 1 mm sampai 2 mm

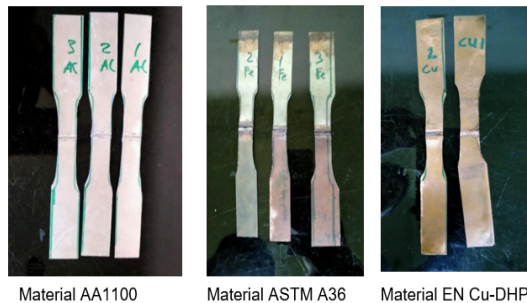
Tabel 11. Daya tempa (W) hasil hitungan

Material Spesimen Uji	Besar Daya Tempa (W)	Daya Motor Penggerak (W)
Aluminium AA1100	576,44	600
Baja ASTM 36	587,13	600
Tembaga CU-DHP	481,06	600

Dari tabel 11 terlihat daya tempa hasil perhitungan lebih kecil dari daya motor yang disediakan untuk tempa (beban).

Pengujian Tarik

Spesimen yang disiapkan sebagaimana diperlihatkan gambar 16 dilakukan hanya pengujian Tarik.



Gambar 16. Spesimen pengujian uji tarik

Pengujian Tarik dilakukan pada Laboratorium Metalurgi Universitas Indonesia, hasilnya diperlihatkan pada tabel 12,13, dan 14.

Tabel 12. Hasil uji tarik spesimen aluminium AA1100

No. Spesimen	Max Load (N)	Yield Point (N)	Tensile Test (MPa)	Yield Strength (MPa)
1	70,46	49,03	5,91	3,61
2	52,77	49,03	3,99	3,71
3	51,71	49,31	3,72	3,54

Tabel 13. Hasil uji tarik spesimen baja ASTM 36

No. Spesimen	Max Load (N)	Yield Point (N)	Tensile Test (MPa)	Yield Strength (MPa)
1	68.81	49.61	5.31	3.83
2	70.46	49.03	5,19	3.61
3	91.66	49.08	6.44	3.45

Tabel 14. Hasil uji tarik spesimen tembaga CU-DHP

No. Spesimen	Max Load (N)	Yield Point (N)	Tensile Test (MPa)	Yield Strength (MPa)
1	106,64	-	7,66	-
2	86.43	49.09	5.87	3.33

Dengan sebagian besar lokasi putus ada pada daerah lasan untuk seluruh spesimen dari semua material uji. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Laksono (Laksono, 2019), bahwa hasil uji menunjukkan

sebagian besar patahan hasil uji tarik tidak berada pada daerah pengelasan, sehingga dapat disimpulkan kinerja mesin gesek cakram sudah baik. Hal tersebut membuktikan bahwa dengan adanya modifikasi yang dilakukan belum dapat meningkatkan kualitas lasan. Namun untuk proses pengelasan menjadi lebih cepat dan mudah dan terkontrol dibandingkan saat sebelum dilakukan modifikasi.

4. SIMPULAN

Dari hasil uji kinerja mesin terhadap spesimen hasil las (aluminium AA1100, baja ASTM 36, dan tembaga CU-DHP) dengan tipe sambungan flensa, diperoleh kekuatan tarik las lebih kecil dari kekuatan material atau sambungan las tidak kuat. Berkurangnya kekuatan sambungan las dapat disebabkan sambungan las tidak menyatukan material yang disambung, kurang lebar gab antara benda kerja yang dilas (hanya 1 mm) sehingga cairan material yang dilas tidak masuk keseluruhan gab, dan terdapat cacat las *incomplete penetration* menandakan terlalu cepat kecepatan pengelasan sehingga tidak sempurnanya pengelasan mengurangi kekuatan sambungan las.

Hal-hal tersebut diatas dapat diketahui dengan adanya komponen tambahan hasil dari modifikasi mesin las gesek cakram.

Berdasarkan kesimpulan tersebut, maka dapat dilakukan penelitian lanjutan untuk dapat meningkatkan kinerja mesin las gesek cakram dalam menghasilkan hasil pengelasan yang sesuai dengan standar yang diacu.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M.E., Elmetwally, H.T., Yakoub, N.G., Elsheikh, M.N. dan Abd-Eltwab, A.A., 2020. Effect of orbital friction crush welding parameters on aluminum tubes. *Int. J. Sci. Technol. Res.* hal. 4483-4486.
- Appleton, E., 2008. 'Product Design for Manufacture and Assembly, *Assembly Automation*, Vol. 28 No. 3. <https://doi.org/10.1108/aa.2008.03328cae.001>.
- Besler, F. A., P. Schindele, R. J. Grant, dan M. J. R. Stegmüller, 2016. Friction crush welding of aluminium, copper and steel sheetmetals with flanged edges, *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 234, hal. 72-83.

- Besler, F. A., R. J. Grant, P. Schindele, dan M. J. R. Stegmüller, 2017. Advanced Process Possibilities in Friction Crush Welding of Aluminum, Steel, and Copper by Using an Additional Wire, *Metall. Mater. Trans. B Process Metall. Mater. Process. Sci.*, vol. 48, no. 6, hal. 2930-2948.
- Brar, GS, Singh, M, dan Jamwal, AS., 2017. Process Parameter Optimization of Friction Crush Welding (FCW) of AISI 304 Stainless Steel, *Proceedings of the ASME 2017 International Mechanical Engineering Congress and Exposition. Volume 2: Advanced Manufacturing*. Tampa, Florida, USA. November 3-9, 2017. V002T02A087. ASME. <https://doi.org/10.1115/IMECE2017-71302>.
- Chludzinski, M., dos Santos, R.E., Pissanti, D.R., Kroeff, F.C., Mattei, F., Dalpiaz, G. dan Paes, M.T.P., 2019. Full-scale friction welding system for pipeline steels. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(2), hal.1773-1780.
- Darsin, Mahrous, Sumarji, Sumarji dan Sudrajat, Angger. 2012. Analisis Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Aluminium AA 1100 Dengan Metode Friction Stir Welding (FSW). *ROTOR*, v. 5, n. 1, hal. 8-17.
- Groover, M. P., 2011. *Fundamentals of Modern Manufacturing-Materials, Process, and Systems.*, 5th ed. John Wiley & Sons, Inc.
- Laksono, D. Satrio. 2019. Pabrikasi Mesin Las Gesek Cakram, *Tugas Akhir S-1*, Fakultas Teknik Jurusan Mesin Univ.Pancasila.
- Pah, J.C.A., Irawan, 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. *Rekayasa Mesin*, 9(1), hal. 51-59.
- Romadhan, A.R., Nugroho, A.W., Suwanda, T. dan Wilza, R., 2019. Sifat Tarik dan Struktur Mikro Sambungan Las Gesek Tak Sejenis Baja-Tembaga, *JMPM (Jurnal Material dan Proses Manufaktur)*, 3(1), hal.20-27.
- Uday, M.B., Ahmad Fauzi, M.N., Zuhailawati, H. dan Ismail, A.B., 2010. Advances in friction welding process: a review, *Science and technology of Welding and Joining*, 15(7), hal. 534-558.
- Wimbi,Y., 2019. Perancangan Mesin Las Gesek Cakram. *Tugas Akhir S-1*, Fakultas Teknik Jurusan Mesin Univ.Pancasila.