

**PENGARUH VARIASI PARAMETER WAKTU GESEK DAN
JARAK PENEKANAN TERHADAP KEKUATAN IMPAK
SAMBUNGAN HASIL *FRICTION WELDING*
PADA BAJA AISI 4140**

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini di buat dan diajukan untuk memenuhi satu syarat kelulusan
Sarjana Terapan Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh:

Argona Tresnov Switella NIRM 1041936

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2022/2023**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH VARIASI PARAMETER WAKTU GESEK DAN JARAK PENEKANAN TERHADAP KEKUATAN IMPAK SAMBUNGAN HASIL *FRICTION WELDING* PADA BAJA AISI 4140

Oleh:

Argona Tresnov Switella / 1041936

Laporan ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Menyetujui,

Pembimbing 1



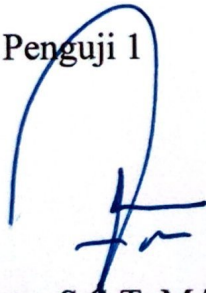
Rodika, S.S.T., M.T.

Pembimbing 2



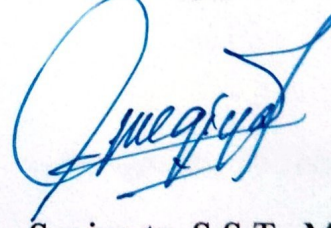
Muhammad.Riva'I, S.S.T. M.T.

Penguji 1



Erwanto, S.S.T. M.T.

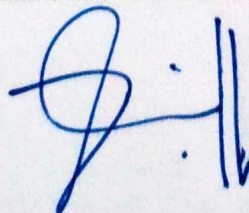
Penguji 2



Sugiyarto, S.S.T., M.T.

Mengetahui,

Kepala Jurusan Teknik Mesin



Pristiansyah, S.S.T., M.Eng.

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Argona Tresnov Switella NIRM: 1041936

Dengan Judul : PENGARUH VARIASI PARAMETER
WAKTU GESEK DAN JARAK PENEKANAN
TERHADAP KEKUATAN IMPAK
SAMBUNGAN HASIL *FRICTION WELDING*
PADA BAJA AISI 4140

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja saya sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 16 Januari 2023

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Argona Tresnov



ABSTRAK

Las gesek merupakan suatu metode proses pengelasan yang sangat berpengaruh dalam industri dan sudah berkembang pesat searah dengan perkembangan teknologi yang semakin modern. Jenis pengelasan ini dapat dikatakan sangat efektif untuk benda silinder pejal. Maka dari itu percobaan las gesek dengan bahan baja AISI 4140 paduan rendah dapat dilakukan untuk melihat nilai waktu gesek dan jarak penekanan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi parameter waktu gesek dan jarak penekanan terhadap kekuatan impak sambungan hasil friction welding pada baja AISI 4140. Penelitian ini menggunakan metode full faktorial 3^2 karena memiliki dua parameter dan tiga level. Dimana parameter dan level yang digunakan adalah waktu gesek selama 60, 75, dan 90 detik dan jarak penekanan sebesar 2, 3, dan 4 mm. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa waktu gesek dan jarak penekanan sangat mempengaruhi dari hasil nilai $\cos \beta$, semakin kecil nilai $\cos \beta$ maka harga impak semakin besar dan sebaliknya semakin tinggi nilai $\cos \beta$ maka semakin rendah harga impak.

Kata kunci: Baja paduan rendah, las gesek, variasi waktu gesek dan jarak penekanan

ABSTRACT

Friction welding is a welding process method that is very influential in the industry and has developed rapidly in line with increasingly modern technological developments. This type of welding can be said to be very effective for solid cylindrical objects. Therefore, friction welding experiments with low alloy AISI 4140 steel can be carried out to see the value of friction time and pressure distance. This research was conducted to determine the effect of variations in friction time and pressure distance parameters on the impact strength of friction welding joints on AISI 4140 steel. This study used the full factorial 32 methods because it has two parameters and three levels. Where the parameters and levels used are the friction time of 60, 75, and 90 seconds and the critical distance of 2, 3, and 4 mm. Based on the research that has been done, the results show that the friction time and pressure distance significantly affect the results of the $\cos \beta$ value, the smaller the $\cos \beta$ value, the greater the impact price and conversely the higher the $\cos \beta$ value, the lower the impact price.

Keywords: Low alloy steel, friction welding, variation of friction time and pressure distance

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT Tuhan Yang Maha Besar, karena berkat rahmat dan hidayah -Nya, peneliti dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“PENGARUH VARIASI PARAMETER WAKTU GESEK DAN JARAK PENEKANAN TERHADAP KEKUATAN IMPAK SAMBUNGAN HASIL *FRICITION WELDING* PADA BAJA AISI 4140”**. Penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan syarat untuk menyelesaikan Studi Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Bangka Belitung (POLMAN BABEL).

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua saya tercinta Ibu Yenny Medicca Agustya dan Ayah Christopher.S yang telah banyak mendoakan saya dan mendukung kepada saya untuk dapat berkuliah dan menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
3. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T. selaku Ketua Program studi Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Bapak Rodika, S.S.T., M.T dan Bapak Muhammad Riva'i, S.Tr., M.T. Selaku dosen pembimbing 1 dan dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, nasehat, motivasi dan berbagai pengalaman kepada peneliti dengan penuh keikhlasan dan kesabaran.
5. Bapak Yulianto, S.S.T., M.T. selaku kepala laboratorium LAPALO yang telah memberikan saran dan masukan terhadap penelitian saya.

6. Orang yang saya sayangi selain kedua orang tua saya Sabina Nadjua Auraliya.
7. Teman-teman saya yang saya banggakan, Ummi Khalsum, Firzan Mar'i Akbar, Dika septayama Putra, Sindy Muriana, Muhammad Rizllah Aththabary P, Maula saputra, Adam Smith, Andri Widian, Picki Ilham yang telah bersedia memberikan banyak waktunya untuk mendukung serta memberikan saran dan masukan demi kelancaran proses penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
8. Segenap Dosen Teknik Mesin dan Manufaktur yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama berkuliah di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dan seluruh staff yang selalu sabar melayani administrasi selama proses penelitian ini.
9. Semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis telah berusaha sebaik mungkin untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini, namu penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk penulisan Laporan Akhir ini agar kedepannya dapat memiliki manfaat yang lebih banyak.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Sungailiat, 16 Januari 2023

Penulis



Argona Tresnov Switella

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 Las Gesek	4
2.2 Baja.....	5
2.2.1 Baja Paduan	5
2.2.2 Baja AISI 4140	6
2.3 Mesin Bubut	6
2.3.1 Proses Bubut	8
2.4 Mesin frais	8
2.4.1 Proses frais.....	8
2.5 Metode Eksperimen Full Faktorial.....	8
2.6 Uji Impak.....	9
BAB III METOLOGI PENELITIAN	13

3.1 Diagram Penelitian	13
3.2 Studi Literatur	14
3.3 Rancangan Eksperimen	14
3.4 Persiapan Material dan Alat	14
3.5 Proses pengelasan Gesek	15
3.6 Pembuatan Spesimen	15
3.7 Pengujian Impak	16
3.8 Pengolahan Data	16
BAB IV PEMBAHASAN	17
4.1 Rancangan Eksperimen	17
4.2 Persiapan Alat dan Material	17
4.2.1 Alat Yang Digunakan	17
4.2.2 Material	18
4.3 Proses Pengelasan Gesek	18
4.3.1 Prosedur Pengelasan Gesek	19
4.3.2 Hasil Pengelasan Gesek	20
4.4 Pembuatan Spesimen	21
4.4.1 Proses Bubut	21
4.4.2 Proses Frais	21
4.4.3 Hasil Spesimen Standar <i>ASTM E 23</i>	22
4.5 Pengujian Impak <i>Charpy</i>	22
4.6 Data Pengujian	24
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	29
5.1 Kesimpulan	29
5.2 Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	30

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Standar Baja AISI 4140	6
Tabel 3. 1 Variasi Parameter Las Gesek	15
Tabel 4. 1 Variasi Parameter Las Gesek	17
Tabel 4. 2 Sudut β	24
Tabel 4. 3 Energi Impak.....	25
Tabel 4. 4 Harga Impak.....	26
Tabel 4. 5 Perbandingan Hasil Penelitian	28



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Las Gesek [9]	4
Gambar 2. 2 Mesin Bubut [2]	7
Gambar 2. 3 Toolpost Mesin Bubut [2]	7
Gambar 2. 4 Mesin frais Universal <i>Knuth UFM 2</i> [12]	8
Gambar 2. 5 Posisi Spesimen Pada Uji Impak Metode <i>Charpy</i> [16].....	10
Gambar 2. 6 Posisi Spesimen Pada Uji Impak Metode <i>Izod</i> [16].....	10
Gambar 2. 7 Pembebanan Pada Mesin Impak [16].....	11
Gambar 2. 8 Ilustrasi Proses Uji Impak [15]	12
Gambar 2. 9 Spesimen Uji Impak <i>ASTM E 23</i> [10].....	12
Gambar 3. 1 Diagram Penelitian	13
Gambar 3. 2 Ukuran Spesimen Uji Impak	16
Gambar 4. 1 Pencekaman Benda Kerja (a) <i>Tollpost</i> dan (b) <i>Chuck</i>	19
Gambar 4. 2 Benda Kerja Dalam Posisi Center line.	19
Gambar 4. 3 Proses Las Gesek.....	20
Gambar 4. 4 Hasil Setelah Proses Las Gesek	20
Gambar 4. 5 Proses Bubut Setelah Di Las Gesek	21
Gambar 4. 6 Proses Milling (a) Dan Proses Pembuatan Takik Pada Benda Kerja (b)	22
Gambar 4. 7 Setelah Proses Milling Dan Pembuatan Takik	22
Gambar 4. 8 Patahan Spesimen Setelah Uji Impak.....	23
Gambar 4. 9 Diagram Energi Impak	26
Gambar 4. 10 Diagram Harga Impak	27
Gambar 4. 11 Diagram Energi Impak Penelitian Terdahulu [10].....	27

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1: Daftar Riwayat Hidup
- Lampiran 2: Perhitungan Uji Impak
- Lampiran 3: Dokumentasi Penelitian
- Lampiran 4: Sertifikat baja AISI 4140
- Lampiran 5: Form Monitoring Proyek Akhir
- Lampiran 6: Form Bimbingan Proyek Akhir
- Lampiran 7: Form Revisi Laporan Akhir
- Lampiran 8: Bukti Bukan Plagiasi
- Lampiran 9: Bukti Publikasi



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengelasan merupakan sebuah operasi yang sangat berpengaruh pada sebuah industri dan merupakan hal yang penting dari perkembangan modern yang harus diketahui semua orang, salah satunya dalam struktur logam tentunya juga mengandung unsur las. *Friction welding* adalah teknik las yang menggunakan panas yang ditimbulkan oleh gesekan, konsep bekerja pada permukaan dua bahan yang berhubungan, yaitu berputar sementara yang lain diam dan menerapkan gaya tekan dengan kecepatan yang sama untuk memberikan panas untuk meleburkan satu logam ke logam lainnya [1]. Ada beberapa metode pengelasan gesek (*friction welding*), salah satunya adalah pengelasan *inertia*, sangat cocok untuk pengelasan material penampang seperti las gesek. Penggabungan dua bahan logam yang berlangsung dalam posisi tetap tanpa elektroda. Berbeda seperti proses pengelasan fusi biasa, bahan meleleh dan menempel saat dingin. Bahan logam bergabung dengan gesekan selama proses peleburan logam dengan menerapkan tekanan aksial. Proses pengelasan gesek memiliki 3 tahap yaitu, menempatkan benda kerja di chuck dan memutar, pembangkitan panas yang terjadi akibat gesekan (*friction process*) dan penekanan lanjut (proses tempa) [2].

Menurut *American Iron and Steel Institute* (AISI), tipe 4140 adalah baja paduan rendah yang didesain menggunakan *four-digit number*. Hal ini menunjukkan perbedaan kandungan komposisi dalam baja tersebut. Angka 4 menunjukkan unsur paduan *chromium* dan *molybdenum*, angka 1 menunjukkan persentase paduan $\pm 1\%$, dan angka 40 menunjukkan persentase kandungan karbon sebesar $\pm 0,4\%$ [3]. Unsur *molybdenum* adalah unsur dengan kelarutan terbatas dalam austenit dan ferit serta pembentuk karbida yang kuat. Elemen ini meningkatkan kemampuan mengeras, meningkatkan kekuatan dan kekerasan pada suhu tinggi, dan juga mencegah kerapuhan temper [4]. Ada 3 parameter yang harus

diperhatikan dalam proses pengelasan gesek yaitu kecepatan putar, waktu gesek, dan jarak penekanan gesek. Adapun hal yang disebutkan tersebut sangat rentan, sehingga penelitian ini harus dilakukan bertujuan untuk melihat nilai parameter apa saja yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil pengelasan yang diinginkan. Kecepatan rotasi adalah variabel sensitif dan dalam hal ini dapat disesuaikan jika waktu pemanasan dan tekanan dikontrol dengan baik [5]. Keuntungan dari proses pengelasan gesek adalah bahwa permukaan yang dilas tidak perlu dibersihkan karena terpisah dan terbentuk di bagian luar selama pengelasan gesek. Pengisi las, *fluks* dan gas pelindung tidak lagi diperlukan [6]. Cacat akibat fenomena peleburan dan pembekuan tidak terjadi. Anda dapat menggabungkan dua bahan logam yang berbeda, biaya tenaga rendah.

Dalam industri otomotif, pengelasan gesek sangat berguna untuk penyambungan komponen gear box dan setir kemudi. Menggunakan metode pengelasan gesek ini memudahkan penyambungan material yang kompleks. Terutama saat anda mengelas material yang berbeda (*dissimilar materials*) [7].

Uji impak menentukan daya tahan material terhadap beban kejut, menggunakan dua standar untuk pengujian impak yaitu uji impak metode *izod* dan metode *charpy*. Di Amerika Serikat banyak digunakan metode *charpy*, sedangkan di Eropa banyak digunakan metode *izod*. Takik (*v-notch*) dari spesimen standar diberikan sebagai konsentrasi tegangan, sehingga patah yang diinginkan akan terjadi di area tersebut [8].

Pada penelitian ini digunakan mesin bubut sebagai alat utama dan dilakukan pengelasan gesek dengan perubahan waktu 60, 75, dan 90 detik. Material yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan baja AISI 4140 dalam bentuk silinder pejal. Setelah itu dilakukan uji impak dengan menggunakan metode *charpy*. Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan penelitian akan melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Parameter Waktu Gesek dan Jarak Penekanan Terhadap Kekuatan Impak Hasil *Friction Welding* Pada Baja AISI 4140”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan yang dapat di ketahui pada latar belakang di atas maka dapat di simpulkan ini permasalahan yang ada adalah Bagaimana pengaruh variasi waktu gesek dan jarak penekanan terhadap kekuatan impak pada proses pengelasan gesek pada baja AISI 4140 ?

1.3 Tujuan Penelitian

Mengetahui pengaruh variasi parameter waktu gesek dan jarak penekanan terhadap kekuatan impak sambungan hasil *friction welding* pada baja AISI 4140.

1.4 Manfaat Penelitian

Kegunaan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui parameter-parameter yang diperlukan untuk mencapai hasil yang maksimal dan untuk mengetahui ketahanan impak hasil pengelasan gesek.

1.5 Batasan Masalah

Agar pembahasan pada penelitian ini lebih terarah dan terfokus maka ditetapkan batasan masalah pada penelitian ini yaitu :

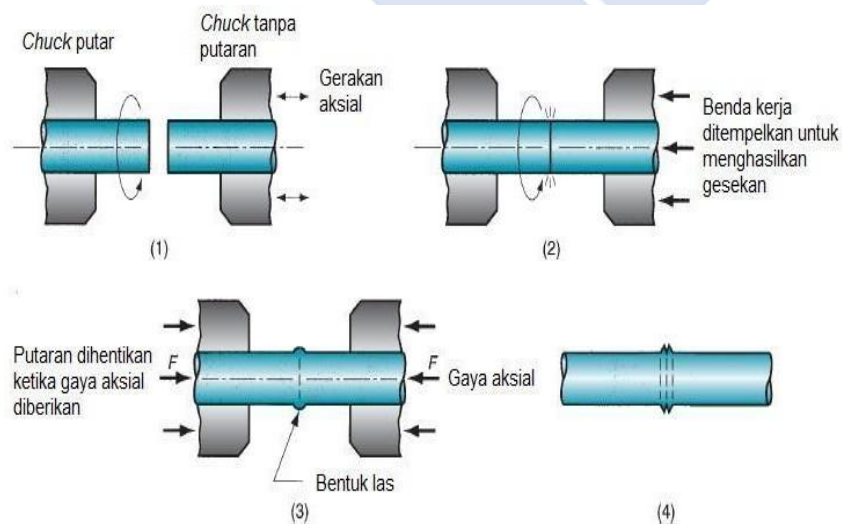
1. Menggunakan bahan utama yaitu baja AISI 4140, berukuran $\text{Ø } 20 \times 40 \text{ mm}$
2. Menggunakan bahan utama yaitu baja AISI 4140, berukuran $\text{Ø } 20 \times 75 \text{ mm}$
3. Pengelasan dilakukan dengan menggunakan las gesek
4. Variasi waktu gesek 60, 75, dan 90 detik
5. Variasi jarak penekanan 2, 3, dan 4 mm
6. Variasi kecepatan putar yang digunakan 1000 rpm
7. Pengujian ini menggunakan uji impak *charpy*
8. Spesimen uji yang digunakan menggunakan standar ASTM E23

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Las Gesek

Las Gesek adalah suatu proses yang dilakukan untuk mendapatkan lasan dengan menggesekan ujung dua benda kerja menjadi satu. Dalam pengelasan gesek menciptakan ikatan karena panas yang dihasilkan oleh gesekan antara dua benda logam dasar, salah satunya berputar dan menghasilkan panas pada permukaan kontak, sedangkan yang satunya diam. Dalam kondisi panas ini gerakan relatif antara dua logam berhenti, kemudian tekanan diterapkan, sehingga menciptakan sambungan las [1]. Ada beberapa cara untuk melakukan proses las gesek, salah satunya adalah proses las gesek inerti. Untuk bahan las dengan penampang melingkar, sangat cocok untuk pengelasan gesek inerti, karena penyambungan dua bahan logam berlangsung tanpa elektroda dan dengan posisi tetap [2]. Keuntungan dari las gesek ini adalah penghematan logam pengisi dan waktu untuk penyambungan dua material yang sama maupun berbeda [6].



Gambar 2. 1 Proses Las Gesek [9]

Pada gambar di atas dapat dijelaskan secara singkat bahwa gambar (1) merupakan proses pemasangan dan pemutaran, gambar (2) merupakan proses pembangkitan panas yang terjadi karena gesekan, dan gambar (3) merupakan proses penekanan lanjut.

Sebelum nya penelitian dengan tema besar las gesek sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Salah satunya penelitian yang dilakukan oleh picki ilham yang melakukan penelitian dengan metode las gesek pada baja st 41 yang dilakukan menggunakan parameter kecepatan putar sebesar 450, 720, dan 1000 rpm lalu menggunakan jarak tekan sebesar 3 mm dan waktu tetap sebesar 5 menit [2].

Kemudian suatu penelitian yang dilakukan oleh Ardi melakukan proses pengelasan gesek menggunakan 3 level variasi waktu, diameter baja karbon rendah 13mm, dan menggunakan penekanan tetap sebanyak 3 mm dengan 720 rpm sebagai kecepatan putarnya. Pada kesimpulan penelitian mereka semakin lama waktu gesek yang diberikan pada saat pengelasan maka semakin tinggi nilai energi yang di serap dan harga dampak yang di dapat, karena lamanya waktu gesek akan membuat benda kerja menjadi benar-benar mencair, dan pada saat dilakukan penekanan akan menghasilkan sambungan yang kuat dan baik [10].

2.2 Baja

Baja merupakan sebuah material yang marak digunakan pada dunia manufaktur terutama sebagai bahan konstruksi. Baja ini dibagi menjadi dua klasifikasi yang disebut sebagai baja paduan dan baja karbon dimana keduanya memiliki campuran bahan yang berbeda persentasenya. Untuk baja paduan didominasi oleh penggunaan material baja selain paduan, sedangkan untuk baja karbon memiliki campuran bahan karbon.

2.2.1 Baja Paduan

Zulkarnain Fatoni (2016) mengatakan bahwa baja paduan adalah baja yang dipadukan dengan satu atau lebih unsur paduan seperti *kromium*, *mangan*, *molibdenum*, *nikel*, vanadium untuk mendapatkan sifat baja yang diinginkan

kekerasan, kekuatan, ketangguhan. Ini digambarkan sebagai unsur karbon bukan salah satu elemen paduan [11].

2.2.2 Baja AISI 4140

Baja dapat dibagi dalam dua golongan yaitu baja paduan rendah dan baja paduan tinggi atau baja paduan khusus. Baja paduan rendah merupakan baja paduan yang elemen paduannya berisi Cr, Ni, Mo, Si, dan lainnya kurang dari 2,5%. sedangkan baja paduan tinggi merupakan baja paduan yang elemen paduannya berisi Cr, Ni, Mo, Si, dan lainnya lebih dari 10% [3]. Spesifikasi baja paduan rendah telah ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Komposisi Standar Baja AISI 4140

Unsur	Kandungan (%)	
	ASTM-A 29	ASSAB 709
C	0,38-0,43	0,4
Mn	0,75-1,00	0,8
P Max	0,035	-
S Max	0,04	-
Si	0,15	0,2
Ni	-	-
Cr	0,8	1,0
Mo	0,15-0,25	0,2

2.3 Mesin Bubut

Mesin bubut adalah sebuah alat mesin yang digunakan untuk memutar dan memotong benda silinder. Mesin bubut itu sendiri dapat dikatakan sebagai sebuah proses pengumpanan benda kerja dimana pemotongan dilakukan dengan memutar benda kerja dengan *chuck* dan kemudian menyelaraskan pahat dengan sumbu rotasi benda kerja, yang digerakkan oleh eretan. Putaran benda kerja disebut pemotongan relatif, dan pemotongan pahat disebut gerak makan. Mesin bubut yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan mesin bubut *krisbow* dengan kecepatan

maksimum 2500 rpm. Mesin bubut yang digunakan dalam penelitian ini merupakan alternatif dari las gesek dan bekerja dengan cara yang sama.



Gambar 2. 2 Mesin Bubut [2]

Pemegang alat atau *toolpost* pada mesin akan digunakan sebagai tekanan semasa proses las gesek berlangsung, bahan kerja dipasang pada pemegang alat dengan menggunakan blok berbentuk V, dan pemegang alat mempunyai sebuah eretan 10 mm untuk setiap revolusi yang digunakan untuk mengukur sejauh mana tekanan semasa proses las berlangsung dan dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2. 3 *Toolpost* Mesin Bubut [2]

2.3.1 Proses Bubut

Menyiapkan sampel hasil las gesek yang akan di bubut menggunakan mesin bubut konvensional, proses pembubutan hasil las gesek ini dilakukan untuk menghasilkan diameter yang diinginkan sebesar \varnothing 14 mm dari sebelumnya diameter awal adalah \varnothing 20 mm.

2.4 Mesin frais

Sebuah mesin perkakas yang marak dimanfaatkan untuk mengurangi volume sebuah material menggunakan *milling cutter* sebagai alat potongnya.



Gambar 2. 4 Mesin Frais Universal Knuth UFM 2 [12]

2.4.1 Proses frais

Proses frais milling ini dilakukan setelah proses pembubutan yang ukurannya \varnothing 14 dan panjang 55 mm, agar mendapatkan standar ukuran yang diinginkan adalah *ASTM E-23* [13].

2.5 Metode Eksperimen Full Faktorial

Eksperimen full faktorial adalah percobaan dimana semua tingkat faktor digabungkan dengan tingkat faktor lain dalam percobaan. Tingkat faktor dapat digabungkan dengan mengalikan tingkat satu faktor dengan tingkat faktor lainnya. Eksperimen ini dapat menentukan efek individu dari faktor yang diuji dan faktor gabungan dari setiap faktor diuji.

Eksperimen full faktorial dapat digunakan untuk melihat perubahan nilai sebagai variabel respon yang disebabkan oleh perubahan dari satu tingkat faktor ke tingkat faktor lainnya. Keuntungan dari percobaan ini adalah percobaan full faktorial merangkum beberapa percobaan faktor tunggal, sehingga percobaan ini dapat menghemat waktu, alat, bahan, biaya dan tenaga yang tersedia untuk mencapai semua tujuan percobaan faktor tunggal sekaligus, selain itu, percobaan faktorial dapat mendeteksi keterkaitan-keterkaitan antara faktor dan pengaruh dua faktor atau lebih. Kelebihan dari percobaan faktorial, juga memiliki kelemahan, seperti: semakin banyak faktor yang di pelajari, kombinasi perlakuan semakin meningkat, sehingga ukuran percobaan bertambah dan ketelitian akan semakin menurun [14].

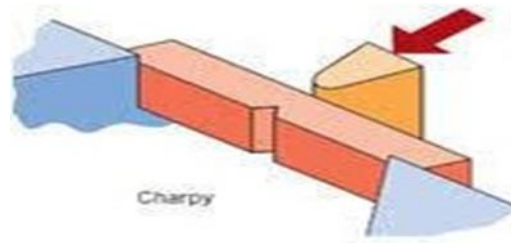
2.6 Uji Impak

Uji impak adalah jenis uji mekanis yang dapat dilakukan misalnya untuk memastikan kualitas material. Fleksibilitas material terhadap variasi suhu dan kekuatan tumbukannya. Salah satu tes yang sering digunakan untuk menentukan kekuatan impak dalam pengembangan material struktural adalah peralatan uji benturan. Tujuan pengujian impak adalah untuk meniru pengoperasian material yang tiba-tiba yang sering ditemukan dalam konstruksi atau peralatan transportasi. Dalam pengujian benturan atau impak, ketahanan benturan atau daya tahan material ditentukan oleh jumlah energi yang dapat diserapnya sebelum patah. Dengan menyerap energi potensial dari ayunan pendulum, bahan lunak menunjukkan nilai dampak yang tinggi. Energi itu mengenai benda uji, menyebabkan benda uji berubah bentuk. Ada 2 standar metode dalam metode impak, yaitu metode *Charpy* dan *izod* [15].

1. Metode *Charpy*

Metode *Charpy* adalah uji impak di mana sampel ditempatkan secara horizontal pada dukungan dan berlawanan arah dengan takik lalu dikenai beban impak dengan mengayunkan pendulum, pada umum uji impak *Charpy* banyak digunakan di Amerika Serikat. Luas penampang spesimen berbentuk

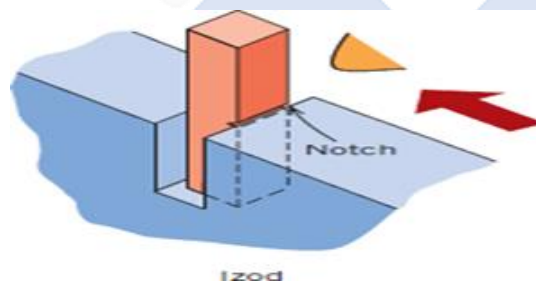
bujur sangkar 10×10 mm dan memiliki takik V sebesar 45° dengan kedalaman 2 mm dan radius dasar 0,25 mm.



Gambar 2. 5 Posisi Spesimen Pada Uji Impak Metode *Charpy* [16].

2. Metode *Izod*

Sampel diatur pada dudukan dan arah pemuatan ke arah takik saat menggunakan metode ini. Di Eropa, teknik *Izod* banyak digunakan (Inggris). Objek uji ini memiliki penampang garis lintang persegi atau lingkaran yang berlekuk V di dekat ujung yang dijepit. Akan tetapi metode ini sekarang sangat jarang digunakan.



Gambar 2. 6 Posisi Spesimen Pada Uji Impak Metode *Izod* [16].

Untuk menghitung energi yang di serap oleh suatu bahan, kita dapat menggunakan persamaan energi potensial: [17].

$$E = m \cdot g \cdot r(\cos \beta - \cos \alpha) \dots \dots \dots (2.1)$$

Kekuatan impak benda uji dapat dihitung dengan persamaan :

$$H1 = \frac{E}{A} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

E : Energi Sebelum Tumbukan (J)

H1 : Kekuatan Impak (J/mm²)

A : Luas Penampang Spesimen dibawah takikan (mm²)

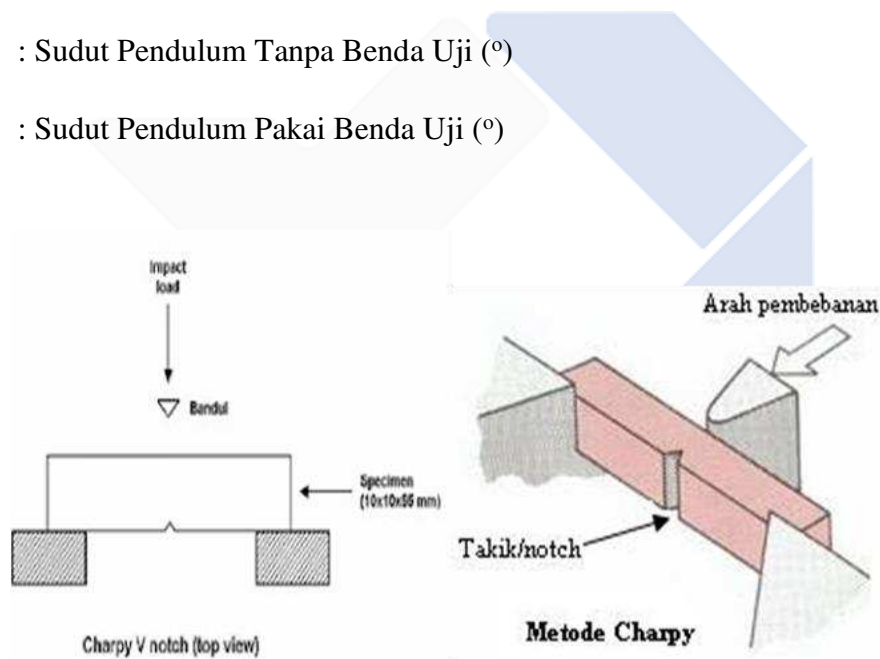
m : Berat Massa Pendulum (m)

g : Gaya Gravitasi (m/s²)

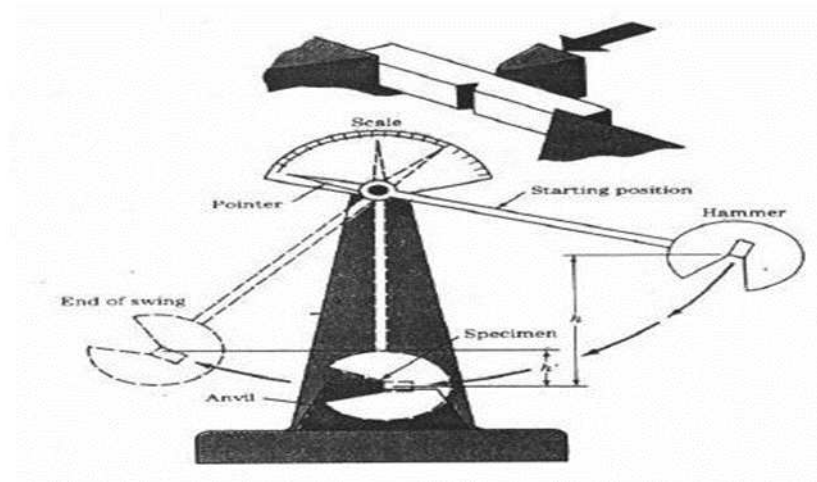
h1 : Jarak Pendulum Tanpa Benda Uji (°)

cos a : Sudut Pendulum Tanpa Benda Uji (°)

cos b : Sudut Pendulum Pakai Benda Uji (°)

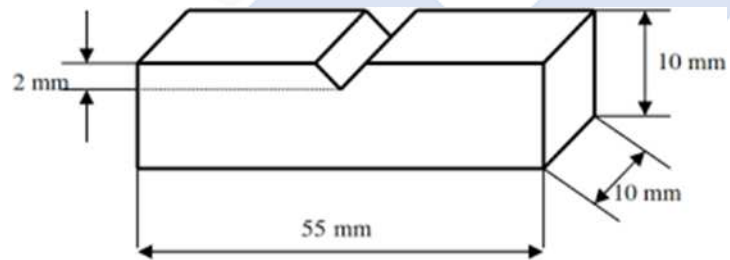


Gambar 2. 7 Pembebanan Pada Mesin Impak [16]



Gambar 2. 8 Ilustrasi Proses Uji Impak [15]

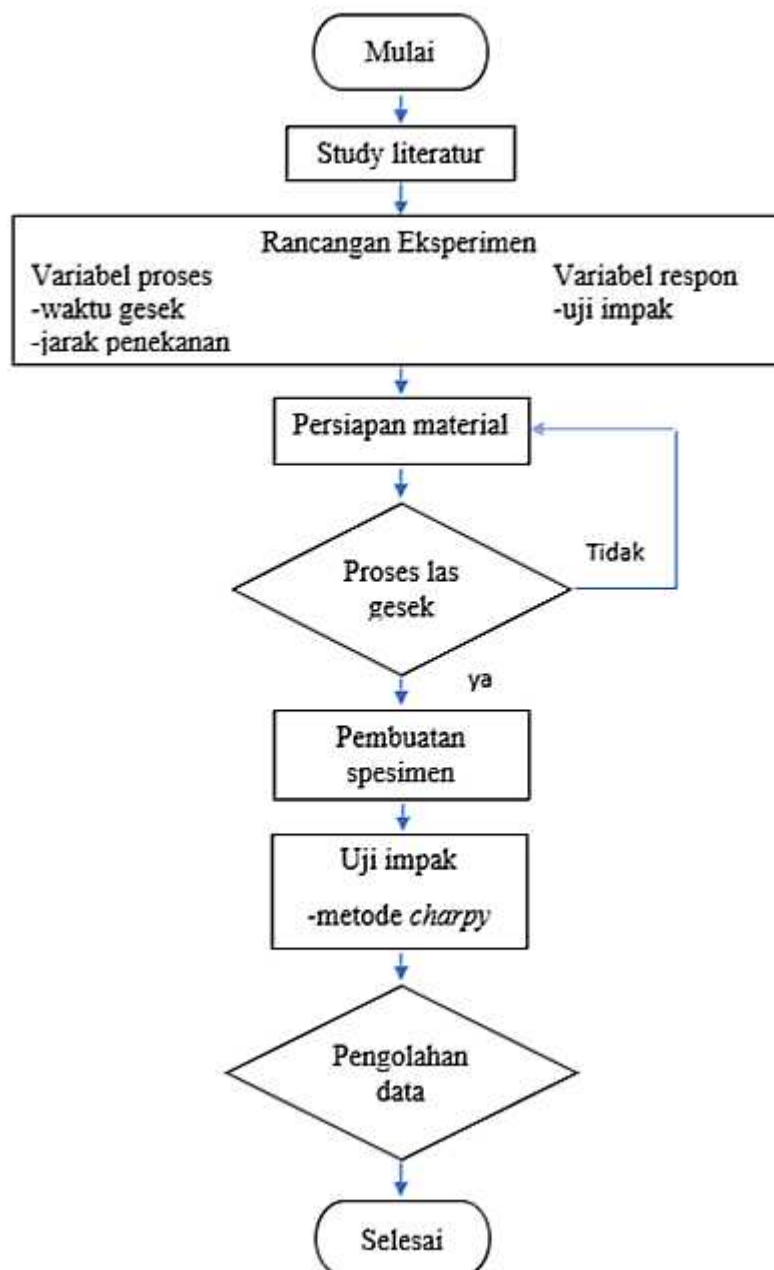
Standar ASTM E 23 merupakan sebuah standar spesimen uji yang banyak digunakan untuk pengujian impak. Ukuran sampel yang digunakan dalam standar uji impak ASTM E 23 adalah:



Gambar 2. 9 Spesimen Uji Impak ASTM E 23 [10]

BAB III METOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Penelitian

3.2 Studi Literatur

Pencarian literatur dilakukan dengan mengkaji literatur jurnal, artikel akademik, buku dan internet serta berbagai sumber referensi dan literature review untuk mendapatkan gambaran bagaimana melakukan studi pengelasan gesek dengan menggunakan baja karbon AISI 4140 menggunakan beberapa parameter.

3.3 Rancangan Eksperimen

Pada penelitian ini menggunakan 2 variabel sebagai panduan yaitu.

1. Variabel Proses

Waktu gesek dan jarak penekanan adalah dua parameter yang digunakan dalam tahap proses penelitian.

2. Variabel Respon

Kekuatan impak adalah variabel respon karena nilai yang diukur adalah nilai pengujian impak. Untuk memastikan daya tahan output proses pengelasan gesekan, variabel respon akan menjalani uji impak.

3.4 Persiapan Material dan Alat

1. Persiapan Material

Untuk tahap lanjutan dari penelitian ini adalah mempersiapkan bahan besi pejal berbahan AISI 4140 dengan ukuran bakal $\varnothing 20 \times 40$ mm dan $\varnothing 20 \times 75$ mm.

2. Persiapan Alat

1. Mesin Gergaji Potong
2. Mesin Bubut
3. Pahat bubut
4. V-Block
5. Mesin Frais
6. Cutter End Mill

7. Ragum Derajat
8. Mata Bor Shank Dovetail 45°
9. Jangka Sorong
10. Tachometer
11. Stopwatch
12. Parallelpad

3.5 Proses pengelasan Gesek

Dengan memvariasikan waktu gesek yaitu 60 detik, 75 detik dan 90 detik maka akan diperoleh hasil yang berbeda dan dengan memvariasikan jarak penekanan yaitu 2 mm, 3 mm dan 4 mm serta menggunakan kecepatan putar tetap 1000 rpm terdapat dua faktor, masing-masing faktor memiliki 3 level, sehingga hasil sampel yang diperoleh adalah 27 sampel. Tabel parameter bisa dilihat pada tabel 3.1

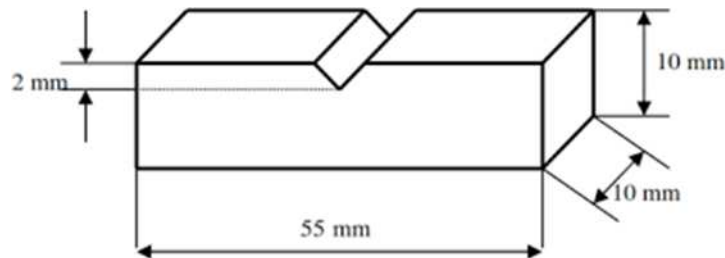
Tabel 3. 1 Variasi Parameter Las Gesek

No. Spesimen	Kecepatan Putar(Rpm)	Waktu Gesek (Detik)	Jarak Penekanan (Mm)
1	1000	60	2
2	1000	60	3
3	1000	60	4
4	1000	75	2
5	1000	75	3
6	1000	75	4
7	1000	90	2
8	1000	90	3
9	1000	90	4

3.6 Pembuatan Spesimen

Hasil dari las gesek akan menimbulkan bekas hasil las yang khas, maka akan dilakukan proses pemesinan yaitu pembubutan dari panjang awal 111 mm menjadi

55 mm, lalu di bubut Ø14 dari benda kerja awal Ø 20, setelah itu dilakukan proses frais supaya sesuai standar ASTM E 23.



Gambar 3. 2 Ukuran Spesimen Uji Impak

Benda kerja yang digunakan berdiameter 20 mm, sehingga ketika dicetak menjadi persegi panjang memiliki ukuran 10 × 10 × 55 mm.

3.7 Pengujian Impak

Pengujian impak batang berlekuk dilakukan pada spesimen proses pengelasan gesekan. Terdapat 27 spesimen yang akan dilakukan pengujian, yang hanya berbeda dalam parameter waktu gesekan dan tekanan kontak. Dari pengujian impak ini, penguji memperoleh nilai akhir sudut pendulum untuk menemukan nilai kekuatan impak melalui proses perhitungan manual.

Pada spesimen yang dihasilkan dengan metode pengelasan gesek, pengujian benturan atau pengujian impak akan dilakukan. Terdapat 27 spesimen uji pada penelitian ini dengan perbedaannya adalah waktu gesek dan jarak tekan. Dari pengujian impak akan didapatkan nilai sudut akhir dari uji impak ini untuk menentukan cos.

3.8 Pengolahan Data

Data hasil pengujian merupakan hasil keluaran setelah dilakukan uji impak, bentuk nilai yang diperoleh berupa data hasil pengujian spesimen. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai akhir dari kekuatan impak masing-masing spesimen uji.

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Rancangan Eksperimen

Tabel modifikasi parameter untuk pengelasan gesek pada material AISI 4140 dengan dimensi silinder $\varnothing 20 \times 1000$ mm dapat dilihat di bawah ini. Menurut informasi dalam tabel, penelitian ini menggunakan kecepatan putar konstan dan parameter waktu gesek dan parameter jarak penekanan. Variasi parameter las gesek dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1 Variasi Parameter Las Gesek

No. Spesimen	Kecepatan Putar(Rpm)	Waktu Gesek (Detik)	Jarak Penekanan (Mm)
1	1000	60	2
2	1000	60	3
3	1000	60	4
4	1000	75	2
5	1000	75	3
6	1000	75	4
7	1000	90	2
8	1000	90	3
9	1000	90	4

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa penelitian ini menggunakan parameter waktu dan jarak tekan yang bervariasi dengan parameter kecepatan putar yang tetap.

4.2 Persiapan Alat dan Material

4.2.1 Alat Yang Digunakan

1. Mesin Gergaji Potong
2. Mesin Bubut
3. Pahat bubut
4. V-Block

5. Mesin Frais
6. Cutter End Mill
7. Ragum Derajat
8. Mata Bor Shank Dovetail 45°
9. Jangka Sorong
10. Tachometer
11. Stopwatch
12. Parallepad

4.2.2 Material

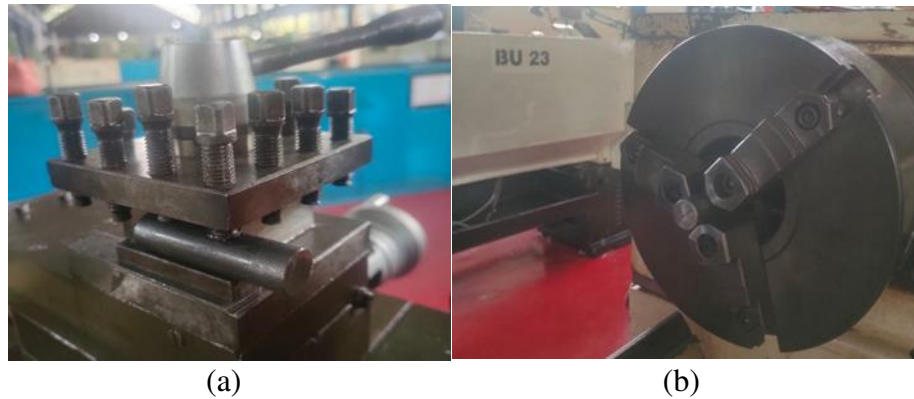
Untuk material yang digunakan adalah berbentuk poros baja AISI 4140 dengan ukuran material yang berbeda yaitu $\text{Ø } 20 \times 40 \text{ mm}$ sebanyak 27 pcs dan $\text{Ø } 20 \times 75 \text{ mm}$ sebanyak 27 pcs.

4.3 Proses Pengelasan Gesek

Pengelasan dengan gesekan dilakukan dengan menggunakan mesin bubut untuk menggesek dua benda kerja bersama-sama untuk menciptakan suhu yang cukup untuk mencampur benda kerja. Benda kerja pada *chuck* bubut berputar saat benda kerja berada dalam posisi tetap pada dudukan alat. Benda kerja yang cekam di pemegang alat atau *toolpost* menggunakan bantuan V-block dan bantalan parallel pad karena bentuk silinder menahan benda kerja lebih kuat dan lebih tepat. Proses menghasilkan suhu tinggi membutuhkan waktu karena perubahan warna benda kerja dan dipantau dengan *thermogun*. Setelah benda kerja mencapai suhu yang diinginkan, proses penempaan dilakukan dengan menekan benda kerja ke dalam dudukan alat dengan kedalaman 2 mm, 3 mm, dan 4mm, dan setelah suhu benda kerja turun lalu membuka benda kerja di *chuck* dan *toolpost* maka akan terlihat hasil las yang berbeda dari pengelasan *SMAW*.

4.3.1 Prosedur Pengelasan Gesek

1. Langkah pertama yaitu benda kerja dipasang pada pencekam mesin.



Gambar 4. 1 Pencekaman Benda Kerja (a) *Tollpost* dan (b) *Chuck*.

2. Lalu satukan benda kerja hingga ujung kedua benda kerja bertemu, Permukaan kedua benda kerja harus rata untuk memaksimalkan dan memusatkan gesekan terjadi.



Gambar 4. 2 Benda Kerja Dalam Posisi *Center line*.

3. Lakukan proses pengelasan gesek sesuai dengan parameter yang telah di tetapkan gesek kedua benda sampai meleleh dan di beri tekanan menggunakan *tollpost* sebanyak 2, 3, dan 4 mm hingga kedua benda kerja menyatu.



Gambar 4. 3 Proses Las Gesek

4.3.2 Hasil Pengelasan Gesek

Hasil pengelasan gesek dari variasi parameter waktu dan jarak penekanan dengan kecepatan putar tetap, dapat dilihat pada gambar 4.4



Gambar 4. 4 Hasil Setelah Proses Las Gesek

4.4 Pembuatan Spesimen

Ada beberapa cara dalam pembuatan spesimen dari proses pemotongan, pembubutan, pengelasan, pengefraisan dan penakikan dapat di lihat secara rinci pada lampiran 3.

4.4.1 Proses Bubut

Pembubutan dilakukan setelah proses pengelasan gesek untuk menghilangkan hasil dari las gesek dengan cara di bubut dari panjang awal 111 mm menjadi 55 mm, lalu di bubut \varnothing 14 dari benda kerja awal \varnothing 20 sehingga dapat dilakukan proses *milling* sesuai standar uji impak ASTM 23.



Gambar 4. 5 Proses Bubut Setelah Di Las Gesek

4.4.2 Proses Frais

Proses *milling* menggunakan mesin frais dengan *cutter end mill carbide* yang di dapatkan hasil \varnothing 14 dan di lakukan proses milling dari 4 bagian untuk mendapatkan hasil standar uji impak yaitu. Tahap ini dilakukan untuk menentukan ukuran yang harus di milling sesuai standar uji impak yaitu dengan panjang 55 mm \times lebar 10 mm \times tinggi 10 mm. Setelah dilakukan proses *milling* dilakukan proses pembuatan takik dengan menggunakan ragum derajat lalu di setting $22,5^\circ$ sehingga dapat hasil sudut 45° dan dilakukan penakikan dengan kedalaman 2 mm dengan kemiringan total 45° .



(a)



(b)

Gambar 4. 6 Proses *Milling* (a) Dan Proses Pembuatan Takik Pada Benda Kerja (b)

4.4.3 Hasil Spesimen Standar ASTM E 23

Dari proses pemesinan yang dilakukan didapatkan hasil spesimen sesuai standar ASTM E 23 untuk di uji pada impak metode *charpy*.



Gambar 4. 7 Setelah Proses *Milling* Dan Pembuatan Takik

4.5 Pengujian Impak *Charpy*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai sudut akhir pendulum yang akan digunakan untuk mencari kekuatan tertinggi. Persamaan adapun persiapan dalam uji impak adalah

1. Menyiapkan mesin uji impak JB-300 B dengan panjang lengan pendulum

sebesar 750 mm dan kapasitas 150 kg /cm.

2. Tempatkan spesimen pada alas pengujian dengan posisi takikan berada bersimpangan dengan arahnya pendulum.
3. Angkat lengan pedulum hingga terkunci.
4. Posisikan jarum penunjuk pada titik awal.
5. Kemudian tekan tombol *ON* untuk memulai pengujian.
6. Lalu tekan tombol *IMPACT* untuk pengujian dengan otomatis lengan pedulum terlepas dan bertabrakan dengan material yang di uji.
7. Setelah kepala pedulum menghantam material uji,otomatis lengan pedulum berhenti otomatis.
8. Lalu catat hasil yang ditunjukkan.

Sampel-sampel yang diuji rata-rata memiliki permukaan patahan dengan bentuk yang sama, yang menunjukkan hasil lasan yang sangat baik dan tanpa lubang pada lasan. Pola patahan pada benda uji menunjukkan hasil pengelasan yang sangat baik pada semua variasi waktu gesek dan jarak penekanan karena tidak ada celah pada hasil patahan sambungan las gesek, tercantum pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Patahan Spesimen Setelah Uji Impak

4.6 Data Pengujian

Pengujian impact dilakukan menggunakan alat uji *Impact Testing Machine* model JB 300 B. Dimana nilai $\cos \beta$ didapatkan secara otomatis setelah spesimen terputus. Nilai kekuatan impact ditunjukkan pada Tabel 4.3 dan 4.4.

Tabel 4. 2 Sudut β

No.	Waktu gesek (Detik)	Jarak penekanan (Mm)	Sudut β		
			Spesimen		
			1	2	3
1	60	2	145°	145°	142°
2	60	3	140°	137°	135°
3	60	4	131°	136°	131°
4	75	2	142°	142°	138°
5	75	3	138°	135°	130°
6	75	4	130°	130°	129°
7	90	2	143°	137°	131°
8	90	3	137°	130°	129°
9	90	4	127°	127°	124°

Nilai dari hasil pengujian impact di proses untuk mendapatkan nilai energi impact dan nilai harga impact dengan persamaan 2.1. Perhitungan nilai energi dan nilai harga impact adalah sebagai berikut. Untuk memperjelas dari seluruh perhitungan hasil dari pengujian impact dapat dilihat pada lampiran 2.

Diket : I	= 750 mm	Ditanya : h0	?
$\cos \alpha$	= $\cos 150^0$	h1	?
$\cos \beta$	= $\cos 145^0$	E	?
M	= 15 kg	A	?
G	= 10 m/s ²	H	?
P	= 55		
L	= 10		
Jawab : h0	= $1(1 - \cos \alpha)$		
h0	= 750 mm (1 - $\cos 150^0$)		

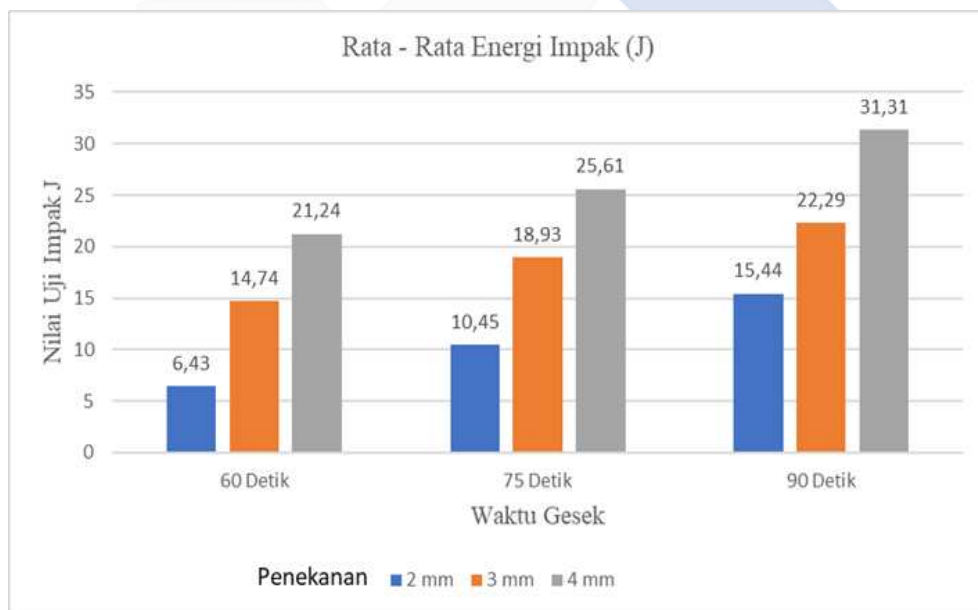
$$\begin{aligned}
h_0 &= 1.399,519 \text{ mm} \\
h_1 &= 1(1 - \cos \beta) \\
h_1 &= 750 \text{ mm} (1 - \cos 145^0) \\
h_1 &= 1.364,364 \text{ mm} \\
E &= m \times g (h_0 - h_1) \\
E &= 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.364,364 \text{ mm}) \\
E &= 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0351 \text{ m} \\
E &= 5,26 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} \\
E &= 5,26 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2 \\
E &= 5,26 \text{ Joule} \\
H &= \frac{E}{A} \\
H &= \frac{5,26 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2} \\
H &= 0,06575 \text{ Joule/mm}^2
\end{aligned}$$

Tabel 4. 3 Energi Impak

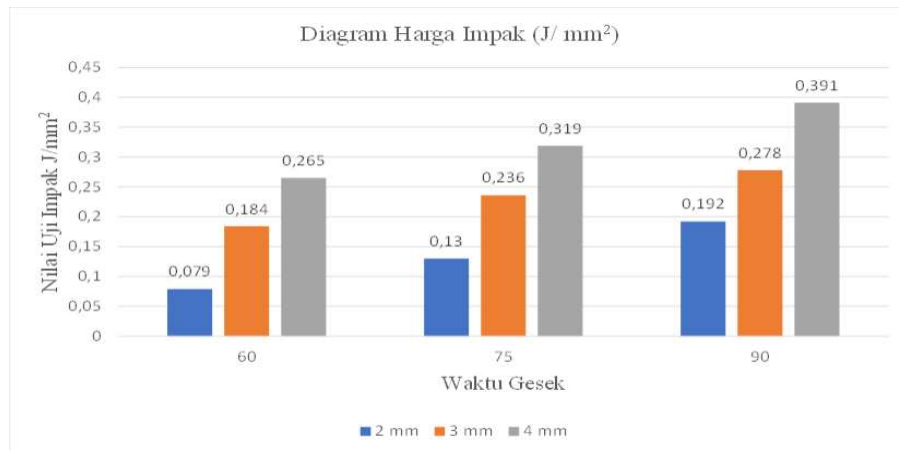
No.	Waktu gesek (Detik)	Jarak penekanan (Mm)	Energi Impak (J)			Rata-rata (J)
			Spesimen			
			1	2	3	
1	60	2	5,26	5,26	8,77	6,43
2	60	3	11,23	15,15	17,86	14,74
3	60	4	23,62	16,5	23,62	21,24
4	75	2	8,77	8,77	13,82	10,45
5	75	3	13,82	17,86	25,11	18,93
6	75	4	25,11	25,11	26,62	25,61
7	90	2	7,57	15,15	23,62	15,44
8	90	3	15,15	25,11	26,62	22,29
9	90	4	29,71	29,71	34,61	31,31

Tabel 4. 4 Harga Impak

No.	Waktu gesek (Detik)	Jarak penekanan (Mm)	Harga Impak (J/mm ²)			Rata-rata (J/mm ²)
			Spesimen			
			1	2	3	
1	60	2	0,065	0,065	0,109	0,079
2	60	3	0,140	0,189	0,223	0,184
3	60	4	0,295	0,206	0,295	0,265
4	75	2	0,109	0,109	0,172	0,130
5	75	3	0,172	0,223	0,313	0,236
6	75	4	0,313	0,313	0,332	0,319
7	90	2	0,094	0,189	0,295	0,192
8	90	3	0,189	0,313	0,332	0,278
9	90	4	0,371	0,371	0,431	0,391



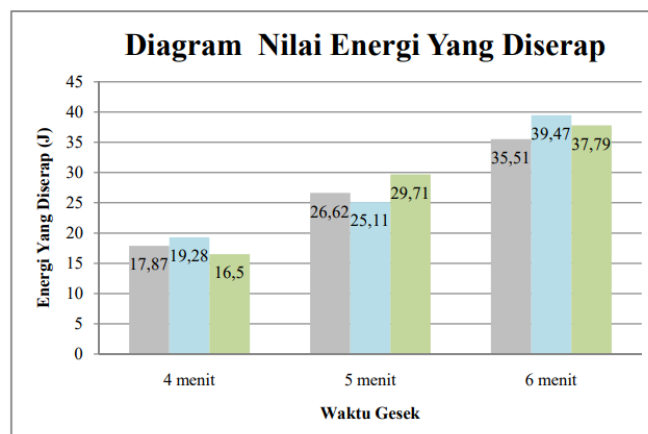
Gambar 4. 9 Diagram Energi Impak



Gambar 4. 10 Diagram Harga Impak

Dilihat dari hasil rata-rata nilai impact pada gambar diagram 4.10 adanya perbedaan nilai kekuatan, perbedaan ini dipengaruhi spesimen uji yang menggunakan waktu dan jarak penekanan yang bervariasi. Perbedaan ini menyebabkan adanya nilai kekuatan impact terendah dan tertinggi. Kekuatan impact terendah terdapat pada waktu 60 detik dan jarak penekanan 2 mm dan kekuatan tertinggi terdapat pada waktu 90 detik dan jarak penekanan 4 mm.

Berikut hasil diagram energi impact yang dilakukan oleh Ardi meilianto (2022).



Gambar 4. 11 Diagram Energi Impact Penelitian Terdahulu [10]

Dapat dilihat hasil rata-rata energi impact yang dilakukan dari penelitian tersebut yang menghasilkan nilai pengujian energi impact tertinggi pada rata-rata sebesar 37,59 *Joule* dengan waktu gesek 6 menit dan energi impact terendah pada rata-rata sebesar 17,88 *Joule* dengan waktu gesek 4 menit.

Tabel 4. 5 Perbandingan Hasil Penelitian

No	Nama Peneliti	Parameter		Nilai Rata-rata <i>Joule</i>	
		Waktu	Penekanan	Terendah	Tertinggi
1	Argona tresnov	60 detik	2 mm	6,43	-
		90 detik	4 mm	-	31,31
2	Ardi meilianto	4 menit	3 mm	17,88	-
		6 menit	3 mm	-	37,59

Dari hasil tabel perbandingan dapat disimpulkan bahwa penelitian yang dilakukan Ardi Meilianto didapatkan nilai hasil terendah yaitu pada waktu 4 menit dengan penekanan 3 mm didapatkan hasil yaitu 17,88 *Joule* dan nilai tertinggi 37,59 *Joule* pada waktu 6 menit dengan penekanan 3 mm, sedangkan dari penelitian saya di dapatkan hasil terendah yaitu 6,43 *Joule* pada variasi waktu 60 detik dengan penekanan 2 mm dan di dapatkan nilai tertinggi yaitu 31,31 *Joule* pada variasi waktu 90 detik dengan penekanan 4 mm. Kemudian penggunaan material yang berbeda dapat mempengaruhi hasil *Joule* karena bahan yang saya gunakan memiliki kadar karbon 0,41% yang lebih tinggi dibandingkan material yang digunakan ardi meilianto dengan kadar karbon $\leq 0,25\%$ sehingga hasil *Joule* yang di dapatkan mendekati hasil tertinggi dari penelitian ardi meilianto walaupun menggunakan waktu yang lebih cepat di bandingkan waktu yang dilakukan oleh ardi meilianto. Maka dapat di simpulkan bahwa parameter yang di gunakan sangat mempengaruhi dari hasil pengelasan gesek.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan yang didapat pada bab sebelumnya mengenai berpengaruh atau tidak terhadap waktu gesek dan jarak penekanan yang dilakukan pada bahan AISI 4140 terhadap sambungan las gesek dengan pengujian impact. Dapat disimpulkan bahwa variasi waktu gesek 60, 75, dan 90 detik dan menggunakan jarak penekanan 2, 3, dan 4 mm sangat mempengaruhi dari proses las gesek sehingga didapatkan hasil energi yang diserap tertinggi yaitu pada waktu gesek 90 detik dan penekanan sebesar 4 mm mendapatkan rata-rata energi yang diserap sebesar 31,31 *Joule* dan didapatkan rata-rata harga impact yaitu 0,391 *Joule/mm²*, dan didapatkan hasil rata-rata terendah yaitu pada waktu gesek 60 detik dan penekanan 2 mm dengan rata-rata nilai energi yang diserap sebesar 6,43 *Joule* dan didapatkan rata-rata harga impact yaitu 0,079 *Joule/mm²*. Waktu gesek dan jarak penekanan sangat mempengaruhi dari hasil nilai $\cos \beta$, semakin kecil nilai $\cos \beta$ maka harga impact semakin besar dan sebaliknya semakin tinggi nilai $\cos \beta$ maka semakin rendah harga impactnya.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, penulis memiliki beberapa saran sebagai berikut:

1. Masih banyak material lain yang dapat digunakan dan dikembangkan sebagai bahan untuk dilakukan las gesek kedepannya.
2. Menggunakan metode penelitian selain yang peneliti lakukan agar kedepannya penelitian dapat lebih ringkas dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Haryanto, R. Ismail, Jamari, and S. Nugroho, "Pengaruh gaya tekan, kecepatan putar, dan waktu kontak pada pengelasan gesek baja st60 terhadap kualitas sambungan las," *Jur. Tek. mesin Politek. Negeri Semarang*, vol. 2, pp. 88–93, 2011.
- [2] P. Ilham, "PENGARUH VARIASI PARAMETER PENGELASAN TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN HASIL FRICTION Skripsi," 2022.
- [3] A. N. ADHI, "OPTIMASI PARAMETER PERLAKUAN PANAS TERHADAP KEKERASAN BAJA AISI 4140 DENGAN METODE TAGUCHI UNTUK APLIKASI POROS POMPA SENTRIFUGAL MULTISTAGE," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2020.
- [4] D. Sandra *et al.*, "PENGARUH KEKASARAN PERMUKAAN TERHADAP KEKUATAN TARIK BAJA AISI 4140," *Rev. CENIC. Ciencias Biológicas*, vol. 152, no. 3, p. 28, 2016, [Online]. Available: file:///Users/andreaquez/Downloads/guia-plan-de-mejora-institucional.pdf%0Ahttp://salud.tabasco.gob.mx/content/revista%0Ahttp://www.revistaalad.com/pdfs/Guias_ALAD_11_Nov_2013.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v66n3.60060.%0Ahttp://www.cenetec.
- [5] D. Adi Tyagita, Y. Surya Irawan, and W. Suprpto, "Kekuatan Puntir dan Porositas Hasil Sambungan Las Gesek AlMg-Si dengan Variasi Chamfer dan Gaya Tekan Akhir," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 69–74, 2014.
- [6] A. Suhendar and A. Ibrahim, "Pengaruh durasi waktu pengelasan pada proses las gesek terhadap sifat mekanik material AISI 1045," pp. 45–50.
- [7] N. Husodo, B. L. Sanyoto, S. Bangun, and S. Mahirul, "Penerapan Teknologi Las Gesek (Friction Welding) dalam Rangka Penyambungan Dua Buah Logam Baja Karbon St41 pada Produk Back Spring Pin," *J. Energi Dan Manufaktur*, vol. 6, no. 1, pp. 43–52, 2014.
- [8] S. Ali and H. Susanto, "Pengujian Papan Komposit Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Dengan Menggunakan Alat Uji Impact Charpy," vol. 3, no. 5, pp. 158–167, 2017.
- [9] S. Prabowo and Sunyoto, "Analisis Kekuatan Tarik Baja St 41 Pengelasan Gesek," *J. Din. Vokasional Tek. Mesin*, vol. 6, no. 6, pp. 18–25, 2021.
- [10] A. Meiliano, Rodika, and M. Riva'i, "Pengaruh Variasi Waktu Gesek pada Pengelasan Gesek (Friction Welding) Terhadap Kekuatan Impak Baja ST37," *Pros. Semin. Nas. Inov. Teknol. Terap.*, vol. 2, no. January, pp. 978–979, 2012.

- [11] Z. Fatoni, "Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Kekerasan Baja Paduan Rendah Untuk Bahan Pisau Penyayat Batang Karet," *J. Desiminasi Teknol.*, vol. 4, no. 1, pp. 56–63, 2016.
- [12] Romiyadi and E. Azriadi, "Pengaruh Kemiringan Spindel Dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Getaran Mesin Frais Universal Knuth UFM 2," *Kemiringan, Pengaruh Dan, Spindel Pemakanan, Kecepatan*, vol. 8, no. 1, pp. 31–36, 2013.
- [13] A. Ansyori, "Pengaruh Kecepatan Potong dan Makan terhadap Umur Pahat pada Pemesinan Freis Paduan Magnesium," *Mechanical*, vol. 6, no. 1, pp. 28–35, 2015, doi: 10.23960/mech.v6.i1.201504.
- [14] J. S. LADOU, H. ADIANTO, and S. SUSANTY, "USULAN KOMBINASI TERBAIK FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP CACAT PRODUK BOTOL PLASTIK 600 ML MENGGUNAKAN METODE FULL FACTORIAL 2k Di PT. X," *J. Online Inst. Teknol. Nas.*, vol. 03, no. 2, pp. 317–126, 2015.
- [15] S. A. Jalil, Z. Zulkifli, and T. Rahayu, "Analisa kekuatan impak pada penyambungan pengelasan smaw material ASSAB 705 dengan variasi arus pengelasan," *J. POLIMESIN*, vol. 15, no. 2, p. 58, 2017, doi: 10.30811/jpl.v15i2.376.
- [16] Y. Handoyo, "Perancangan Alat Uji Impak Metode Charpy Kapasitas 100 Joule," *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 2, pp. 45–53, 2013, [Online]. Available: <https://jurnal.unismabekasi.ac.id/index.php/jitm/article/view/735>
- [17] A. W. Gunandar, "Analisis Kekuatan Tarik Dan Impak Bahan Komposit Hibrid Berpenguat Serbuk Kayu Akasia Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit," 2021, [Online]. Available: <https://repository.uir.ac.id/8977/1/153310526.pdf>

Lampiran 1: Daftar Riwayat Hidup

1. Data Pribadi

Nama : Argona Tresnov Switella
Tempat Tanggal Lahir : Mentok, 04 November 2000
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat : Jln Cokro Aminoto 323, Kp. Senang Hati,
Kecamatan Mentok, Kabupaten Bangka Barat,
Kepulauan Bangka Belitung
No telepon/HP : 082278135308
Email : argonayeni@gmail.com



2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 7 Mentok (2007 - 2013)
SMP Negeri 3 Mentok (2013 - 2016)
SMK Bina Karya 1 Mentok (2016 - 2019)
Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung (2019 - Sekarang)

Lampiran 2: Perhitungan Uji Impak

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 60 detik dan jarak penekanan 2 mm

(sampel 1)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 145^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 145^\circ)$$

$$h_1 = 1.364,364 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.364,364 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0351 \text{ m}$$

$$E = 5,26 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 5,26 \text{ J}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{5,26 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,065 \text{ Joule/mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 60 detik dan jarak penekanan 2 mm

(sampel 2)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 145^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 145^\circ)$$

$$h_1 = 1.364,364 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.364,364 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0351 \text{ m}$$

$$E = 5,26 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 5,26 \text{ J}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{5,26 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,065 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 60 detik dan jarak penekanan 2 mm

(sampel 3)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 142^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 142^\circ)$$

$$h_1 = 1.341,008 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.341,008 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0585 \text{ m}$$

$$E = 8,77 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 8,77 \text{ J}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{8,77 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,109 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 60 detik dan jarak penekanan 3 mm

(sampel 1)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 140^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 140^\circ)$$

$$h_1 = 1.324,533 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.324,533 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0749 \text{ m}$$

$$E = 11,23 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 11,23 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{11,23 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,140 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 60 detik dan jarak penekanan 3 mm

(sampel 2)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 137^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 137^\circ)$$

$$h_1 = 1.298,515 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.298,515 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,1010 \text{ m}$$

$$E = 15,15 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 15,15 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{15,15 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,189 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 60 detik dan jarak penekanan 3 mm

(sampel 3)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 135^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 135^\circ)$$

$$h_1 = 1.280,330 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.280,330 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,1191 \text{ m}$$

$$E = 17,86 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 17,86 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{17,86 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,223 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 60 detik dan jarak penekanan 4 mm

(sampel 1)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 131^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 131^\circ)$$

$$h_1 = 1.242,044 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.242,044 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,1574 \text{ m}$$

$$E = 23,62 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 23,62 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{23,62 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,295 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 60 detik dan jarak penekanan 4 mm

(sampel 2)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 136^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 136^\circ)$$

$$h_1 = 1.289,504 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.289,504 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,1100 \text{ m}$$

$$E = 16,5 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 16,5 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{16,5 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,206 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 60 detik dan jarak penekanan 4 mm

(sampel 3)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 131^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 131^\circ)$$

$$h_1 = 1.242,044 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.242,044 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,15747 \text{ m}$$

$$E = 23,62 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 23,63 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{23,62 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,295 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 75 detik dan jarak penekanan 2 mm

(sampel 1)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 142^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 142^\circ)$$

$$h_1 = 1.341,008 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.341,008 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0585 \text{ m}$$

$$E = 8,77 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 8,77 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{8,77 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,109 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 75 detik dan jarak penekanan 2 mm

(sampel 2)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 142^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 142^\circ)$$

$$h_1 = 1.341,008 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.341,008 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0585 \text{ m}$$

$$E = 8,77 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 8,77 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{8,77 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,109 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 75 detik dan jarak penekanan 2 mm

(sampel 3)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 138^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 138^\circ)$$

$$h_1 = 1.307,358 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.307,358 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,09216 \text{ m}$$

$$E = 13,82 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 13,82 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{13,82 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,172 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 75 detik dan jarak penekanan 3 mm

(sampel 1)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 138^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 138^\circ)$$

$$h_1 = 1.307,358 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.307,358 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,09216 \text{ m}$$

$$E = 13,82 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 13,82 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{13,82 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,172 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 75 detik dan jarak penekanan 3 mm

(sampel 2)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 135^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 135^\circ)$$

$$h_1 = 1.280,330 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.280,330 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,1191 \text{ m}$$

$$E = 17,86 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 17,86 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{17,86 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,223 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 75 detik dan jarak penekanan 3 mm

(sampel 3)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 130^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 130^\circ)$$

$$h_1 = 1.232,090 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.232,090 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,16742 \text{ m}$$

$$E = 25,11 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 25,11 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{25,11 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,313 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 75 detik dan jarak penekanan 4 mm

(sampel 1)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 130^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 130^\circ)$$

$$h_1 = 1.232,090 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.232,090 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,16742 \text{ m}$$

$$E = 25,11 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 25,11 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{25,11 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,313 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 75 detik dan jarak penekanan 4 mm

(sampel 2)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 130^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 130^\circ)$$

$$h_1 = 1.232,090 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.232,090 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,16742 \text{ m}$$

$$E = 25,11 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 25,11 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{25,11 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,313 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 75 detik dan jarak penekanan 4 mm

(sampel 3)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 129^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 129^\circ)$$

$$h_1 = 1.221,990 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.221,990 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,1775 \text{ m}$$

$$E = 26,62 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 26,62 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{26,62 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,332 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 90 detik dan jarak penekanan 2 mm

(sampel 1)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 143^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 143^\circ)$$

$$h_1 = 1.348,976 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.348,976 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0505 \text{ m}$$

$$E = 7,57 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 7,57 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{7,57 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,094 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 90 detik dan jarak penekanan 2 mm

(sampel 2)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 137^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 137^\circ)$$

$$h_1 = 1.298,515 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.298,515 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,1010 \text{ m}$$

$$E = 15,15 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 15,15 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{15,15 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,189 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 90 detik dan jarak penekanan 2 mm

(sampel 3)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 131^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 131^\circ)$$

$$h_1 = 1.242,044 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.242,044 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,1574 \text{ m}$$

$$E = 23,62 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 23,62 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{23,62 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,295 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 90 detik dan jarak penekanan 3 mm

(sampel 1)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 137^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 137^\circ)$$

$$h_1 = 1.298,515 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.298,515 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,1010 \text{ m}$$

$$E = 15,15 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 15,15 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{15,15 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,189 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 90 detik dan jarak penekanan 3 mm

(sampel 2)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 130^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 130^\circ)$$

$$h_1 = 1.232,090 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.232,090 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,1674 \text{ m}$$

$$E = 25,11 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 25,11 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{25,11 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,313 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 90 detik dan jarak penekanan 3 mm

(sampel 3)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 129^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 129^\circ)$$

$$h_1 = 1.221,990 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.221,990 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,1775 \text{ m}$$

$$E = 26,62 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 26,62 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{26,62 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,332 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 90 detik dan jarak penekanan 4 mm

(sampel 1)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 127^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 127^\circ)$$

$$h_1 = 1.201,361 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.201,361 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,1981 \text{ m}$$

$$E = 29,71 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 29,71 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{29,71 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,371 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 90 detik dan jarak penekanan 4 mm

(sampel 2)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 127^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 127^\circ)$$

$$h_1 = 1.201,361 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.201,361 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,1981 \text{ m}$$

$$E = 29,71 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 29,71 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{29,71 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,371 \text{ Joule/ mm}^2$$

Variasi Waktu Gesek Dan Jarak Penekanan

Waktu gesek 90 detik dan jarak penekanan 4 mm

(sampel 3)

Diketahui: $r = 750 \text{ mm}$

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 124^\circ$$

$$m = 15 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 55$$

$$L = 10$$

Jawab: $h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$

$$h_0 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h_0 = 1.399,519 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 (1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 750 \text{ mm} (1 - \cos 124^\circ)$$

$$h_1 = 1.169,394 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (1.399,519 \text{ mm} - 1.169,394 \text{ mm})$$

$$E = 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,2301 \text{ m}$$

$$E = 34,51 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 34,51 \text{ Joule}$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{34,51 \text{ J}}{80 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,431 \text{ Joule/ mm}^2$$

Lampiran 3: Dokumentasi Penelitian

PROSES PEMBUATAN SPESIMEN

1. Pemotongan benda kerja untuk proses las gesek di ruang logistik polman negeri bangka belitung.



2. Mesin bubut yang digunakan untuk pengelasan gesek adalah mesin bubut krisbow di laboratorium teknik mesin polman negeri bangka belitung.



3. Setelah mesin bubut siap digunakan , kemudian proses las gesek siap dilakukan dengan pemasangan benda kerja ke *toolpost* menggunakan bantuan V-Block dan paralelpad.



4. Lalu benda kerja yang berukuran 40 mm dicekam pada chuck, setelah keuda benda kerja di cekam maka proses las gesek bisa di lakukan.



- Langkah pertama setting kecepatan putar pada angka 1000 rpm, lalu dekatkan kedua benda kerja hingga lurus dan bergesekan hingga perubahan warna ke orenan.



- Setelah warna benda kerja berubah maka dilakukan proses penekanan benda kerja menggunakan eretan toolpost sebesar 4 mm.



7. Hasil setelah benda kerja di gesek .



8. Setelah hasil las gesek selesai, dilakukan proses pembubutan untuk menghilangkan bekas sambungan las gesek dan diameter di bubut menggunakan mata potong carbide.



9. Proses milling menggunakan *cutter end mill carbide* untuk menyesuaikan ukuran standar uji impact.



10. Kemudian dilakukan proses takik menggunakan mata bor *shank dovetail* 45° dan menggunakan ragum derajat.



11. Setelah dilakukan proses takik lakukan validasi ukuran spesimen sesuai standar.



12. Pengukuran tebal benda kerja.



13. Proses validasi ukuran tebal benda kerja.



14. Proses peletakan benda kerja yang ingin di uji di dudukan alat uji impak sesuai di gambar.



15. Proses pengujian impak metode *charpy*.



16. Setelah dilakukan uji impak benda kerja.



Lampiran 4: Sertifikat baja AISI 4140



SeAH Besteel Corp.
1-6, SORYONG-DONG, KUNSAN,
CHEONGBUK, KOREA(573-711)

MILL CERTIFICATE

TEL : +82-(0)63-460-8572, 8318(OA)
+82-(0)63-460-8114(Repres.)
FAX : +82-(0)63-460-8423 Page(0/0)

Date : 2019-01-11
Cert. No. : 201901-039434
Customer :
Heat No. : 286991

Steel Grade : AISI 4140/SCM 440
Shape of Product : ROUND BAR
Delivery Condition : As Rolled
Size (mm) : 16 - 600
Length (mm) : 6,000
Weight (kg) :
Quantity(pcs) : 1

Inspection Items	Chemical Composition (wt. %)									
	C	SI	MN	P	S	CU	NI	CR	MO	
	x 100	x 100	x 100	x 100	x 100	x 100	x 1000	x 1000	x 100	
Spec.	Min.	38	15	75				80	15	
	Max.	43	35	100	35	20		110	25	
	Result	41	25	67	16	20	25	103	15	
Inspection Items	Product Hardness (HB)									
	SURFACE	255-273 HB	50-52 HRC							

Mechanical Properties AISI 4140/SCM 440

Mechanical Properties	Symbol	Steel
Yield strength (N/mm ²)		≥739
Tensile Strength (N/mm ²)		≥892
Extension ratio (%)		≥18.2
Area reduction (%)		≥63
Impact (V)		87 - 88

<<Remarks>>

B/DS : 4

----- End of report -----

We hereby certify that the material described herein has been made in accordance with the rules of the contract.










Certified by

O. Y. Cho

Manager of Quality Assurance Dept












Lampiran 5: Form Monitoring Proyek Akhir

PORM-PPR-3- 6: Form Monitoring Proyek Akhir

 FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2022/2023			
JUDUL		Pengaruh variasi parameter waktu gesek dan jarak penekaman terhadap kekuatan impak sambungan hasil friction welding pada baja AISI 4140	
Nama Mahasiswa		1. ARGOTO treshnu /NIM: 1041936 2. /NIM: 3. /NIM: 4. /NIM: 5. /NIM:	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
3	14-12-2022	Progres Abt 70%	 
3	14-12-2022	progres Abt 70%	 
3	10-1-2023	skripsi dan spesimen 100%	 
KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: SIAP / BELUM (coret salah satu)			
Mengetahui			
Pembimbing 1  (Rodika)	Pembimbing 2  (M. RIVAN)	Pembimbing 3 (.....)	

Lampiran 6: Form Bimbingan Proyek Akhir

FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir


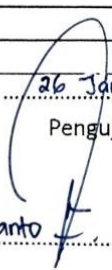
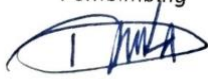

	FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2022/2023/.....		
JUDUL	PENGARUH VARIASI PARAMETER WAKTU SINGKAT DAN JARAK PELEKANAN TERHADAP KEKUATAN IMPAK SAMBUNGAN HANYAL FRICTION WELDING PADA BAJA AISI 4140		
Nama Mahasiswa	ARGONA TRENDU SWITELLA NIM: 1041936		
Nama Pembimbing	1. RODIKA, S.ST. M.T. 2. MUHAMMAD RIVALI, S.ST. M.T. 3.		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	17/02/2022	DISKUSI TENTANG JUDUL PA	
2	09/03/2022	DISKUSI MENENTUKAN PARAMETER YANG DIGUNAKAN	
3	16/03/2022	DISKUSI TENTANG PENGUJIAN PROPOSAL PROYEK AKHIR	
4	15/04/2022	PERSIAPAN SIDANG PA	
5	25/04/2022	PERSIAPAN ALAT DAN BAHAN	
6	18/08/2022	DISKUSI TENTANG BAB 1 SKRIPSI	
7	6/10/2022	DISKUSI TENTANG METODE PENGOLOHAN	
8	10/11/2022	DISKUSI HASIL PENGOLOHAN DATA	
9	20/12/2022	DISKUSI hasil Spesi men	
10	18/01/2023	DISKUSI HANYAL AKHIR LAPORAN DAN	

Catatan:


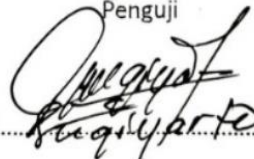


- Jika pertemuan bimbingan lebih dari sepuluh kali, dapat mengambil Form kembali di Panitia/Komisi Proyek Akhir

Lampiran 7: Form Revisi Laporan Akhir





FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir

 <p>FORM REVISI LAPORAN AKHIR TAHUN AKADEMIK/...../.....</p>	
JUDUL :	Pengaruh Variasi Parameter Waktu Coast & Jarak Pukulan terhadap Kecepatan Impact Sumbungan hasil Friction Welding
Nama Mahasiswa :	1. Aryona T.S NIM: _____ 2. _____ NIM: _____ 3. _____ NIM: _____ 4. _____ NIM: _____ 5. _____ NIM: _____
Bagian yang direvisi	
- Flowchart Bab III diperbaiki	Halaman
Perbaikan Poster	
Revisi publikasi	
Sungailiat, 26 Januari 2023	
Penguji (Erwanto )	
Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa	
Mengetahui, Pembimbing  Rodika (.....)	Sungailiat, 03 Februari 2023 Penguji (Erwanto )

FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir

	FORM REVISI LAPORAN AKHIR TAHUN AKADEMIK 2022 / 2023	
	JUDUL : <u>Pengaruh Variasi Parameter Waktu Gesek Dan Jarak Penekaman Terhadap Kekuatan Tumpak Sambungan Hosi (Friction Welding) Pada Baja AISI 4140</u>	
Nama Mahasiswa :	1. <u>Arquna Tresnov Switella</u> NIM: <u>1041936</u> 2. _____ NIM: _____ 3. _____ NIM: _____ 4. _____ NIM: _____ 5. _____ NIM: _____	
Bagian yang direvisi		Halaman
- Revisi Laporan - Abstrak - Bab I - Bab II - Bab III - Bab IV - Bab V - Kesimpulan - Saran		
Sungailiat, <u>26 Januari 2023</u>		
Penguji  (..... Sugiyarto)		
Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa		
Mengetahui, Pembimbing  (..... Rodika)	Sungailiat, <u>7-02-2023</u> Penguji  (..... Sugiyarto)	

FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir

	<p>FORM REVISI LAPORAN AKHIR TAHUN AKADEMIK/...../.....</p>
<p>JUDUL :</p>	<p>Pengaruh Variasi Parameter waktu Gesek dan jarak Pemekanan tnd. Keuletan lupak tambungang hasil Friction welding pd Baja Aisi 4140</p>
<p>Nama Mahasiswa :</p>	<p>1. <u>Argona Treznov Switella</u> NIM: _____ 2. _____ NIM: _____ 3. _____ NIM: _____ 4. _____ NIM: _____ 5. _____ NIM: _____</p>
<p>Bagian yang direvisi</p>	<p>Halaman</p>
<p>Pindahkan Tabel 3.1, Tabel 4.1 Lampiran</p>	<p>18, 21</p>
<p>Sungailiat, <u>26-01-2023</u>.....</p>	
<p>Penguji  (..... Rodika)</p>	
<p>Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa</p>	
<p>Mengetahui, Pembimbing  (..... Rodika)</p>	<p>Sungailiat, <u>03 Februari 2023</u>..... Penguji  (..... Rodika)</p>

Lampiran 8: Bukti Bukan Plagiasi

REVISI A.			
ORIGINALITY REPORT			
18%	18%	1%	2%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS
PRIMARY SOURCES			
1	repository.polman-babel.ac.id Internet Source		11%
2	docplayer.info Internet Source		1%
3	adoc.pub Internet Source		1%
4	repository.its.ac.id Internet Source		1%
5	jurnal.untad.ac.id Internet Source		1%
6	123dok.com Internet Source		<1%
7	dspace.uui.ac.id Internet Source		<1%
8	journal.eng.unila.ac.id Internet Source		<1%
9	repository.ub.ac.id Internet Source		<1%

	Submitted to Institut Teknologi Nasional Malang Student Paper	<1 %
11	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
12	ojs.unimal.ac.id Internet Source	<1 %
13	Submitted to Universitas Nasional Student Paper	<1 %
14	pdfcoffee.com Internet Source	<1 %
15	mahasiswa.ung.ac.id Internet Source	<1 %
16	eprints.upnjatim.ac.id Internet Source	<1 %
17	repository.unhas.ac.id Internet Source	<1 %
18	www.researchgate.net Internet Source	<1 %
19	fr.scribd.com Internet Source	<1 %
20	id.123dok.com Internet Source	<1 %
21	repositori.usu.ac.id	

Internet Source

<1 %

22

www.kemhan.go.id

Internet Source

<1 %

23

Yudho Nuhgraha, M. Khairul Amri Rosa, Indra Agustian. "Perancangan Alat Uji Impak Digital dengan Metode Charpy Untuk Mengukur Kekuatan Material Polimer", JURNAL AMPLIFIER : JURNAL ILMIAH BIDANG TEKNIK ELEKTRO DAN KOMPUTER, 2020

Publication

<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

Lampiran 9: Bukti Publikasi



JITT :
JURNAL INOVASI TEKNOLOGI TERAPAN
POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG
Kawasan Industri Air Kantung Sungailiat – Bangka 33211, Telp (0717)93586, Fax (0717)93585
website : <https://jitt.polman-babel.ac.id>

e-ISSN : xxxx-xxxx

SURAT KETERANGAN
Nomor : 029/PL.28.C/PB/2023

Dengan ini menerangkan bahwa artikel yang berjudul :

**“PENGARUH VARIASI PARAMETER WAKTU GESEK DAN
JARAK PENEKANAN TERHADAP KEKUATAN IMPAK
SAMBUNGAN HASIL FRICTION WELDING PADA BAJA
AISI 4140”**

Atas nama :

Penulis : ARGONA TRESNOV SWITELLA, RODIKA, MUHAMMAD RIVA'I
Afiliasi : POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG

Telah mengirimkan artikel dengan status *Submit* di Jurnal Inovasi Teknologi Terapan (JITT)
Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung pada Tanggal 17 Januari 2023.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Sungailiat, 17 Januari 2023
Kepala P3KM,

Dr. Parulian Silalahi, M.Pd
NIK. 1901010201640006