

**ANALISIS PENGUJIAN ARUS MESIN LAS SMAW BENGKEL
MEKANIK POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG**

PROYEK AKHIR

Laporan ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan
Diploma IV Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur
Di Jurusan Teknik Mesin



Disusun oleh:

Muhamad Hafiz NIRM : 1041845

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2022**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PENGUJIAN ARUS MESIN LAS SMAW BENGKEL
MEKANIK POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG**

Oleh:

Muhamad Hafiz/NIM:1041845

Laporan akhir ini telah dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan Program
Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

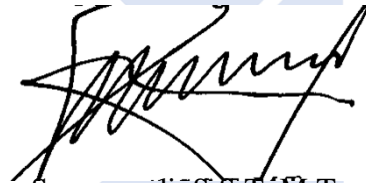
Menyetujui,

Pembimbing 1



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

Pembimbing 2



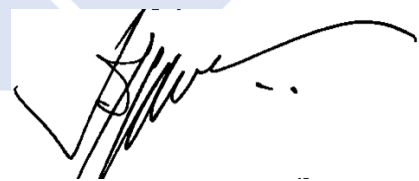
Somawardi, S.S.T.,M.T.

Penguji 1



Yuli Dharta, S.S.T., M.T

Penguji 2



Yuliyanto, S.S.T., M.T

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Muhamad Hafiz NIM : 1041845

Dengan Judul : Analisis Pengujian Arus Mesin Las SMAW Bengkel
Mekanik Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

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

Sungailiat, 12 Januari 2022



Muhamad Hafiz

ABSTRAK

Pengelasan SMAW (Shield Metal Arc Welding) adalah proses pengelasan dengan menyambungkan dua material logam atau lebih dengan menggunakan elektroda terbungkus sebagai energi panas untuk mencairkan material tersebut. Pada penelitian ini dilakukan pengujian mesin las SMAW di bengkel mekanik Polman Babel untuk mengetahui perbedaan (penyimpangan) antara nilai output arus mesin las dengan nilai yang ditunjukkan alat ukur selama pengelasan berlangsung. Kemudian angka penyimpangan tersebut dibandingkan dengan toleransi arus yang diizinkan menggunakan standar acuan British Standard BS 7570:2000 yaitu 10%. Mesin las yang akan diuji adalah 4 model yaitu ewm pico 300, miller gold star 402, krisbow kw14-722, dan ewm pico 160 berjumlah 8 mesin. Penelitian ini menggunakan baja St37 dan variasi arus yang digunakan adalah 75A, 150A dan 215A pada ewm pico 300 dan 99A, 198A, dan 270A pada mesin miller gold star 402. Dari penelitian yang dilakukan, dapat diketahui angka penyimpangan disemua arus mesin ewm pico 300 di dalam batas toleransi yang mana penyimpangan yang paling besar terdapat di mesin 2 setting 75A yaitu 7,46%. Pada mesin miller gold star 402 terdapat 2 mesin menunjukkan penyimpangan arus yang di luar toleransi yang diizinkan terdapat pada arus mesin 2 setting 198A dan 270A yaitu 16,4% dan 10,9%, mesin 3 semua arus yaitu 19,7%, 19,1%, 16,2%. Penyimpangan semua arus pada mesin krisbow kw14-722 berada di dalam toleransi karena penyimpangan yang tertinggi hanya terdapat disetting arus 50A yaitu 9,3%. Penyimpangan semua arus pada mesin ewm pico 160 berada di dalam toleransi karena penyimpangan yang tertinggi hanya terdapat disetting arus 75A yaitu 8,8%. Setelah dilakukan kalibrasi, mesin 2 dan 3 miller gold star 402, semua penyimpangan arus semula berada diluar toleransi kemudian setelah kalibrasi berada di dalam toleransi yang diizinkan dimana penyimpangan yang paling besar terdapat di mesin 2 setting 99A yaitu 8,8%. yang menandakan mesin tersebut telah terkalibrasi.

Kata kunci: pengelasan, mesin, arus, penyimpangan, toleransi

ABSTRACT

SMAW (Shield Metal Arc Welding) welding is a welding process by joining two or more metal materials using a wrapped electrode as heat energy to melt the material. In this study, the SMAW welding machine was tested at the Polman Babel mechanical workshop to determine the difference (difference) between the current output value of the welding machine and the value indicated by the measuring instrument during welding. Then the deviation number is compared with the permissible current tolerance using the British Standard BS 7570:2000 reference standard, which is 10%. The welding machines to be tested are 4 models, namely ewm pico 300, miller gold star 402, krisbow kw14-722, and ewm pico 160 totaling 8 machines. This research uses St37 steel and the current variations used are 75A, 150A and 215A on the ewm pico 300 and 99A, 198A, and 270A on the miller gold star 402 machine. within the tolerance limit where the largest deviation is found in machine 2 setting 75A, which is 7.46%. On the miller gold star 402 machine there are 2 machines showing current deviations that are outside the permissible tolerances contained in engine currents 2 settings 198A and 270A namely 16.4% and 10.9%, engine 3 all currents are 19.7%, 19, 1%, 16.2%. The deviation of all currents on the Krisbow kw14-722 machine is within tolerance because the highest deviation is only found in the 50A current setting, which is 9.3%. The deviation of all currents on the ewm pico 160 engine is within tolerance because the highest deviation is only found in the current setting of 75A, which is 8.8%. After calibration, the 2 and 3 miller gold star 402 machines, all current deviations were originally outside the tolerance then after calibration were within the permissible tolerances where the largest deviation was in machine 2 setting 99A, namely 8.8%. which indicates the machine has been calibrated.

Key words: welding, machine, current, deviation, tolerance

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Alhamdulillah segala puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-nya penyusunan tugas akhir yang berjudul ANALISIS PENGUJIAN MESIN LAS SMAW BENGKEL MEKANIK POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGRI BANGKA BELITUNG, ini dapat terselesaikan guna memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan pada jurusan Teknik Mesin Manufaktur Politeknik Bangka Belitung. Perjalanan penjang telah penulis lalui dalam rangka perampungan penulisan skripsi ini. Banyak hambatan yang di hadapi dalam penyusunanya, namun berkat khendaknyalah sehingga penulis berhasil menyelesaikan skripsi ini. Olah karena itu, dengan penuh kerendahan hati pada kesempatan ini patutlah penulis mengucapkan berterima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, ayahanda alm. Muhanif Basar dan ibunda tercinta Emilke Oktaria yang senantiasa memberikan kasih sayang dan dukungan pada penulis.
2. Bapak Sugiyarto, S.S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama yang telah banyak memberikan masukan dan bimbingan tentang pelaksanaan makalah tugas akhir ini.
3. Bapak Somawardi, S.S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua yang telah banyak memberikan dukungan semangat dan masukan tentang pelaksanaan makalah tugas akhir ini.
4. Serta semua pihak yang telah ikut membantu dan memberikan dukungan moral dalam penyelesaian makalah tugas akhir yang sebagai salah satu syarat kelulusan.

Akhir kata, penulis mengharapkan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan semoga Allah SWT selalu memberikan perlindungan bagi kita semua.

Sungailiat, Januari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

Isi	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pengelasan	6
2.1.1 Pengelasan SMAW	6
2.1.2 Teknik Pengelasan Alur Rigi - Rigi	11
2.2 Arus Las	12
2.3 Baja	13
2.3.1 Baja Karbon	13
2.3.2 Material St37	13
2.4 Pengkalibrasian Mesin Las	14
2.5 Alat Ukur Tang Ampere	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Diagram Penelitian	18
3.2 Tahapan Penelitian	19

3.2.1	Studi Literatur	19
3.2.2	Rancangan Instrumen Penelitian	19
3.2.3	Persiapan Material, Alat, dan Mesin Las SMAW	20
3.2.4	Proses Pengelasan Dan Pengambilan Data Arus Mesin Las	21
3.2.5	Data Penyimpangan Arus Hasil Penelitian	23
3.2.6	Analisis Hasil Data dan Pembahasan.....	23
3.2.7	Kalibrasi Mesin Las	23
3.2.8	Kesimpulan	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		24
4.1	Rancangan Penelitian	24
4.2	Pengujian Dan Pengambilan Data Arus Mesin Las	25
4.3	Data Penyimpangan Mesin Las.....	28
4.4	Analisis Hasil Penyimpangan Mesin Las SMAW	31
4.5	Kalibrasi Mesin Las	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		39
5.1	Kesimpulan	39
5.2	Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA		41

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Spesifikasi ewm pico cel 300.....	7
2.2 Spesifikasi miller gold star 402.....	8
2.3 Spesifikasi krisbow kw14-722.....	10
2.4 Spesifikasi ewm pico 160.....	10
2.5 Hubungan diameter elektroda dengan arus listrik (Saputra, 2014).....	12
2.6 Klasifikasi baja karbon (Widyanto, 2020).....	13
2.7 Komposisi baja St37 (DIN1629).....	14
2.8 Akurasi toleransi penyimpangan yang diizinkan (BS 7570:2000).....	16
2.9 Standar akurasi penyimpangan yang presisi (BS 7570:2000).....	16
3.1 Variasi arus pengelasan.....	22
4.1 Parameter dan Kondisi Pengujian Mesin Las.....	24
4.2 Variasi Arus Pengelasan Pada Mesin Las.....	25
4.3 Ewm pico 300 cel 1.....	28
4.4 Ewm pico 300 cel 2.....	28
4.5 Ewm pico 300 cel 3.....	29
4.6 Miller gold star 402 1.....	29
4.7 Miller gold star 402 2.....	30
4.8 Miller gold star 402 3.....	30
4.9 Penyimpangan Arus Mesin Krisbow kw14-722.....	31
4.10 Penyimpangan Arus Mesin Ewm Pico 160.....	31
4.11 Arus dan Penyimpangan Mesin Las Miller Gold Star 402 2.....	38
4.12 Arus dan Penyimpangan Mesin Las Miller Gold Star 402 3.....	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Prinsip kerja las SMAW	7
2.2 Mesin las SMAW pico cel 300	8
2.3 Diagram performa data <i>duty cycle</i> miller gold star 402	9
2.4 Mesin las SMAW miller gold star 402	9
2.5 Mesin Las Krisbow kw14-722	10
2.6 Mesin Las pico 160	11
2.7 Teknik Pengelasan Rigi-Rigi	12
2.8 Proses pengukuran arus mesin las SMAW	15
2.9 Tang ampere.....	17
3.1 Diagram alir penelitian.....	18
3.2 Material St37 ukuran 200×75×100 mm	21
3.3 Skematika proses pengelasan	22
4.1 Skematika Pengambilan Data Arus Mesin Las	26
4.2 Pemasangan Kamera Perekam Pengambilan Data.....	26
4.3 Pemasangan Kamera Perekam Pengambilan Data.....	27
4.4 Hasil Pengelasan 75A Ewm pico 300	27
4.5 Pengamatan Arus Mesin Pada Alat Ukur	27
4.6 Diagram Pengukuran Arus Ewm Pico 300	32
4.7 Diagram Pengukuran Arus Miller gold star 402	32
4.8 Diagram Pengukuran Arus Krisbow kw14-722.....	33
4.9 Diagram Pengukuran Arus Ewm Pico 160	33
4.10 Diagram Deviasi Ewm Pico 300	34
4.11 Diagram Deviasi Miller Gold Star 402	34
4.12 Diagram Devisai Krisbow kw14-722.....	35
4.13 Diagram Deviasi Ewm Pico 160	35
4.14 <i>Knob Adjust</i> Sebelum Dikalibrasi	37
4.15 <i>Knob Adjust</i> Dilepas.....	37
4.16 <i>Knob Adjust</i> Setelah Dikalibrasi	38

DAFTAR LAMPIRAN

Isi	Halaman
Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup.....	43
Lampiran 2 Gambar Pengambilan data.....	44



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini pengelasan merupakan pekerjaan yang sangat penting dalam teknologi di industri. Hampir semua jenis sambungan logam dapat dibuat dengan teknik pengelasan. Pengelasan adalah teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan logam kontinyu (Siswanto, 2011). Salah satu pengelasan yang banyak digunakan dalam penyambungan logam dibidang kontruksi baja adalah pengelasan SMAW. Pengelasan SMAW banyak digunakan karena pengoperasiannya lebih mudah, penggunaannya lebih praktis, dapat digunakan untuk segala macam posisi pengelasan dan lebih efisien (Hamid, 2016). Pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) adalah proses pengelasan yang menggunakan panas untuk mencairkan material dasar atau logam induk dan elektroda (Zuhri, 2017). Mesin las listrik adalah sebuah alat industri yang digunakan oleh tukang las profesional untuk mengelas atau menyambung bahan industri yang terbuat dari besi, tembaga, baja paduan, dan lain-lain, dimana mesin las menghasilkan panas untuk mengelas (Sahid, 2020).

Penggunaan mesin las SMAW di laboratorium teknik mesin Polman Negeri Bangka Belitung terbilang sangat tinggi. Pemakaian pada saat kegiatan praktik mingguan, program pelaksanaan sertifikasi pengelasan SMAW, pelaksanaan kegiatan kompetisi pengelasan nasional dan kegiatan lainnya. Namun jadwal perawatan di fabrikasi logam laboratorium teknik mesin Polman Negeri Bangka Belitung sudah tidak berjalan seperti dulu. Bila terdapat kerusakan pada mesin las SMAW, perawatan hanya dilakukan *breakdown maintenance*, yang bersifat perbaikan yang terjadi ketika peralatan/mesin mengalami kerusakan dan menuntut perbaikan darurat. Kondisi sebuah mesin las tidak akan sama terus menerus seperti yang baru, lama - kelamaan akan banyak perubahan pada performa mesin seiring berjalannya waktu. Prosedur pengelasan kelihatan sangat sederhana tetapi

dalam pelaksanaannya banyak masalah yang harus diatasi dimana pemecahannya memerlukan berbagai macam pengetahuan, sehingga pada suatu mesin las perlu dilakukan suatu perawatan. Salah satu proses perawatan yaitu proses kalibrasi. Mesin las sebaiknya dikalibrasi secara berkala, karena jika sudah lama tidak dikalibrasi maka sulit untuk memastikan bahwa arus yang keluar sesuai atau tidak. Faktor arus sangat penting pada pengelasan karena berpengaruh pada hasil pengelasan. *Ampere* las merupakan salah satu parameter utama dalam pengelasan listrik (Achmadi, 2020).

Untuk panduan dalam mengkalibrasi, penelitian ini menggunakan standar acuan yang digunakan untuk mengkalibrasi mesin las SMAW yaitu menggunakan standar acuan *British Standard BS 7570:2000*. Standar tersebut akan menentukan kriteria penerimaan nilai penyimpangan maksimum dari output mesin las.

Penelitian yang dilakukan oleh (Syahyuniar, 2017) ini dilakukan kalibrasi pada mesin pompa injeksi dan dilakukan uji coba sampai volume bahan bakar yang keluar sesuai standar 13-13,5 ml. Hasil percobaan sebelum dikalibrasi menunjukkan volume bahan bakar sebanyak 16ml, hasil tersebut menunjukkan volume bahan bakar melebihi standar (13-13.5 ml). Setelah pompa injeksi dikalibrasi maka hasil uji coba menunjukkan volume, 13ml. Hasil tersebut menunjukkan bahwa volume bahan bakar sudah sesuai standar.

Dalam Penelitian ini, dilakukan pengkalibrasian untuk melihat penyimpangan menggunakan alat ukur *digital clampmeter* yang dijepit pada kabel di mesin las SMAW tipe ewm pico cel 300 dan miller gold star 402 di bengkel mekanik teknik mesin Polman Negeri Bangka Belitung dengan cara membandingkan parameter output mesin las dengan alat pengukur parameter tersebut (*digital clampmeter*). Namun, karena ketersediaan mesin hanya 6 unit, peneliti menambah 2 unit mesin yaitu merek krisbow kw14-722 dan ewm pico 160. Posisi yang dipakai dalam pengelasan adalah posisi *flat* teknik pengelasan rigi-rigi menggunakan elektroda AWS A5.1 E6013 diameter 2,0 mm – diameter 5,0 mm. Pengelasan dilakukan dengan menggunakan mesin las ewm pico 300 cel dengan kisaran pengaturan untuk arus pengelasannya mencapai 300A, miller gold star 402 dengan kisaran pengaturan untuk arus pengelasannya mencapai 395A,

krisbow kw14-722 dengan kisaran pengaturan untuk arus pengelasannya mencapai 200A, dan ewm pico 160 dengan kisaran pengaturan untuk arus pengelasannya mencapai 150A. Untuk menentukan arus yang digunakan untuk kalibrasi pada masing-masing mesin, peneliti mengambil 3 parameter, yaitu 25% dari kapasitas arus maksimal mesin las, 50% dari kapasitas arus maksimal mesin las, 75% dari kapasitas arus maksimal mesin las dengan masing-masing 3 jalur pengelasan dengan panjang jalur 200 mm. Khusus untuk arus las 75% pada mesin miller gold star 402 diturunkan menjadi 68% karena arus yang diizinkan elektroda berdiameter 5,0 mm adalah 270A. Alat ukur yang akan digunakan untuk mengukur arus listrik pada saat proses pengelasan adalah *digital clampmeter*. Material yang dipakai adalah baja karbon rendah St 37. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui bagaimana kondisi mesin las yang ada di Polman Negeri Babel agar tetap sesuai dengan batas spesifikasi, apakah masih layak dipakai (berjalan normal) atau diperlukan perbaikan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengujian data penyimpangan mesin las ewm pico 300 cel, miller gold star 402, krisbow kw14-722, dan ewm pico 160 ?
2. Bagaimana hasil penyimpangan mesin las ewm pico 300 cel dan miller gold star 402, krisbow kw14-722, dan ewm pico 160?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui perbedaaan (penyimpangan) antara nilai output arus mesin las dengan nilai yang ditunjukkan alat ukur lalu membandingkan dengan standar acuan BS 7570:2000.
2. Untuk mengetahui penyebab penyimpangan yang terjadi dimesin las selama pengelasan berlangsung.
3. Untuk mengetahui nilai output arus pada mesin las SMAW yang telah terjadi penyimpangan setelah dilakukan kalibrasi.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana kondisi mesin las yang ada di Polman Negeri Babel agar tetap sesuai dengan standar spesifikasi, apakah masih layak dipakai (berjalan normal) atau diperlukan perbaikan.
2. Menjaga performa/kualitas dari mesin las SMAW yang ada di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung terhadap hasil pengelasan agar tetap stabil dan sesuai standar.

1.5 Batasan Masalah

Untuk mempermudah dalam pembahasan masalah, maka perlu adanya pembatasan masalah. Adapun pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian menggunakan bahan plat baja karbon St 37, dengan dimensi panjang 200 mm, lebar 75 mm, dan tebal 10 mm.
2. Proses pengelasan yang dilakukan menggunakan pengelasan SMAW dengan menggunakan 8 unit mesin las SMAW yang ada di Polman Babel dengan polaritas DC (*Direct Current*) dan pengkutuban DCRP (*Direct Current Reverse Polarity*) dengan elektroda AWS A5.1 E6013 berdiameter 2 mm, 2,6 mm, 3,2 mm, 4 mm, dan 5 mm.
3. Variasi *ampere* yang digunakan adalah 25%, 50%, dan 75% dari kapasitas maksimal mesin ewm pico 300 cel, 25%, 50%, dan 68% dari kapasitas maksimal mesin miller gold star 402, 25%, 50%, dan 75% dari kapasitas maksimal mesin krisbow kw14-722, dan 25%, 50%, dan 75% dari kapasitas maksimal mesin ewm pico 160.
4. Posisi pengelasan yang digunakan adalah posisi *flat* teknik pengelasan rigi-rigi dan proses pengelasan dilakukan sepanjang 200 mm sebanyak 3 jalur pada masing-masing ampere.
5. Menggunakan alat ukur tang ampere (*digital clampmeter*) yang dijepit pada kabel elektroda.

6. Proses pengelasan dan pengambilan data *ampere* mesin las akan direkam menggunakan kamera perekam.
7. Standar pengujian penyipangan pengelasan yang dilakukan adalah standar acuan BS 7570:2000.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelasan

Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinu (Felani, 2017).

Pengelasan yang paling populer di Indonesia yaitu pengelasan dengan busur nyala listrik (SMAW), di beberapa Industri yang mempergunakan teknologi canggih, telah menggunakan jenis las TIG, MIG dan las tahan listrik (ERW). serta las busur terendam (SAW).

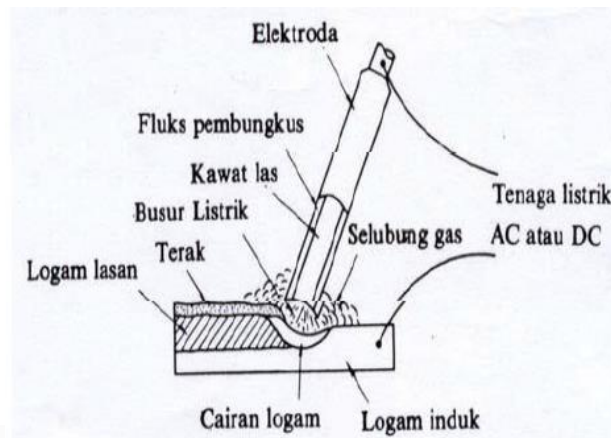
Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Norman*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilakukan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas (Wirayosumarto & Okumura, 2000).

2.1.1 Pengelasan SMAW

Pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) pengelasan busur listrik dengan menggunakan batang elektroda, yaitu proses pengelasan yang menggunakan busur listrik sebagai salah satu sumber panas yang dihasilkan dan batang elektroda logam yang terbungkus dengan *fluks* sebagai pelindung (Oktovalen, 2021).

Menurut Wirayosumarto, busur listrik yang terbentuk diantara ujung elektroda dan logam induk, karena panas dari busur ini maka logam induk dan ujung elektroda terbungkus akan mencair dan kemudian membeku. Elektroda yang digunakan berupa kawat yang dibungkus pelindung berupa *fluks*. Elektroda ini selama pengelasan akan mengalami pencairan bersama dengan logam induk dan membeku bersama menjadi bagian kumpuh las. Proses pemindahan logam

elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus dan sebaliknya bila arus kecil maka butirannya menjadi besar (Jalil, et al., 2017).



Gambar 2.1 Prinsip kerja las SMAW (Jalil, et al., 2017)

Mesin las listrik adalah mesin yang digunakan untuk menyambung besi yang sumber dayanya didapat dari tenaga listrik. Nama lain dari teknik las listrik dengan menggunakan mesin las listrik ini adalah teknik las busur listrik. Karena teknik las listrik dari mesin las listrik ini adalah dengan menggunakan nyala busur listrik yang diarahkan ke permukaan logam yang akan disambung (Yudha, 2017). Terdapat 4 tipe mesin las listrik yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ewm pico cel 300, miller gold star 402, krisbow kw14-772, pico 160.

Mesin las ewm pico cel 300 (Gbr 2.2) adalah salah satu mesin las busur listrik Polman Babel dengan spesifikasi tabel 2.1 :

Tabel 2.1 Spesifikasi ewm pico cel 300

Spesifikasi ewm pico cel 300	
Welding Current	10 A to 300 A
Welding voltage	20,4 V to 32,0 V
Duty cycle 40 °C	300 A / 25 % 220 A / 60 %

	170 A / 100 %
<i>Open circuit voltage</i>	107 V
<i>Mains voltage / frequency</i>	3 x 400 V / 50Hz/60Hz
<i>Dimensions (P x L x T)</i>	490 mm x 186 mm x 350 mm

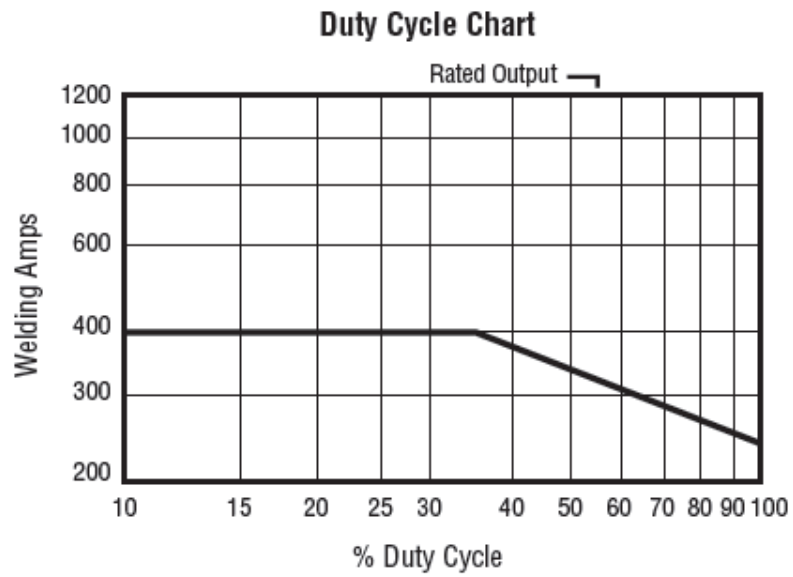


Gambar 2.2 Mesin las SMAW pico cel 300

Mesin las miller gold star 402 (Gbr 2.4) adalah salah satu mesin las busur listrik Polman Babel dengan spesifikasi tabel 2.2 :

Tabel 2.2 Spesifikasi miller gold star 402

<i>Amperage Range</i>	<i>Rated Output</i>	<i>Amps Input at Rated Output, 50/60HZ</i>								<i>Max. Open-Circuit Voltage</i>	<i>Dimensions</i>
		<i>200V</i>	<i>230V</i>	<i>380V</i>	<i>400V</i>	<i>440V</i>	<i>460V</i>	<i>575V</i>	<i>Voltage</i>		
15-395 A	300A at 32 VDC, 60% duty cycle	70	61	35	33	31	31	25	72 VDC	P: 762 mm, L:585 mm, T: 775 mm	



Gambar 2.3 Diagram performa data *duty cycle* miller gold star 402
(www.millerwelds.com)



Gambar 2.4 Mesin las SMAW miller gold star 402

Tabel 2.3 Spesifikasi krisbow kw14-722

Spesifikasi krisbow kw14-722	
<i>Welding Current</i>	5 A to 200 A
<i>Rated Input Voltage</i>	220 V / 1 Phase
<i>Duty cycle</i>	60 %
<i>Rated Output Voltage</i>	18 V
<i>Dimensions (P x L x T)</i>	400 mm x 170 mm x 280 mm
<i>Type</i>	DC inverter



Gambar 2.5 Mesin Las Krisbow kw14-722

Tabel 2.4 Spesifikasi ewm pico 160

Spesifikasi ewm pico cel 300	
<i>Welding Current</i>	10 A to 150 A
<i>Duty cycle 40 °C</i>	150 A / 35 %
	120 A / 60 %
	100 A / 100 %
<i>Open circuit voltage</i>	105 V
<i>Mains voltage / frequency</i>	1 x 230 V / 50Hz/60Hz
<i>Dimensions (P x L x T)</i>	370 mm x 129 mm x 236 mm

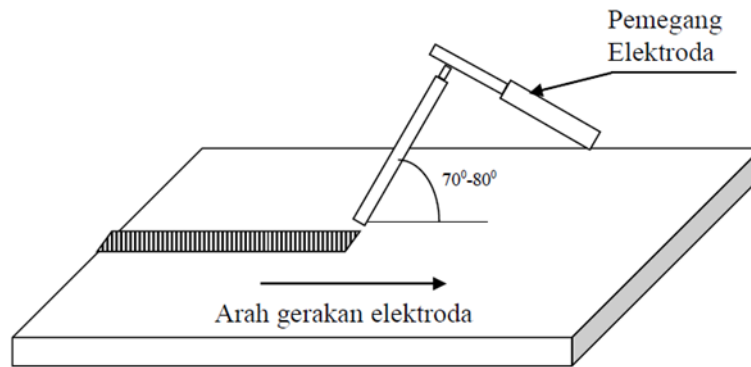


Gambar 2.6 Mesin Las pico 160

2.1.2 Teknik Pengelasan Alur Rigi - Rigi

Pengelasan rigi-rigi adalah dasar pengelasan dengan ketelitian pembuatan jalur las, kestabilan tangan dalam menghidupkan, menjalankan dan menghentikan pengelasan. Proses pembuatan rigi-rigi las membuat alur rigi-rigi las listrik posisi *flat* (pemegang elektoda berada di atas benda kerja) dengan menyalakan elektoda pada permukaan las 15 mm dari pinggir benda kerja. Jika busur listrik sudah menyala mulai jalankan elektoda ke permulaan las. Untuk membuat alur las, kawat las dijalankan perlahan mundur ke kanan (Edzona, 2020).

Dalam proses pengelasan harus selalu memperhatikan kecepatan pengelasan agar selalu konstan. Busur listrik yang terlalu panjang dapat menyebabkan terlalu banyak percikan di sekitar alur las. Selama proses pengelasan, posisi kawat las lebih baik agak ke arah pengelasan lebih kecil dari 90 derajat (arah memanjang 70-80 derajat) dan sudut 90 derajat ke arah melintangnya (Edzona, 2020).



Gambar 2.7 Teknik Pengelasan Rigi-Rigi (Suparman, 2008)

2.2 Arus Las

Arus dari pengelasan yaitu besar kecilnya aliran listrik yang keluar dari mesin las. Pemakaian arus pengelasan yang akan digunakan dapat diatur pada alat mesin las. Arus pengelasan harus disesuaikan dengan jenis bahan dan diameter elektroda yang digunakan dalam proses pengelasan. Penggunaan arus yang terlalu kecil akan menyebabkan penembusan atau penetrasi las yang rendah, sedangkan arus yang terlalu besar akan menyebabkan terbentuknya manik las terlalu lebar dan deformasi dalam pengelasan (Saputra, 2014).

Tabel 2.5 Hubungan diameter elektroda dengan arus listrik (Saputra, 2014)

Diameter Elektrodo (mm)	Arus (Ampere)
2,5	60-90
2,6	60-90
3,2	80-130
4,0	150-190
5,0	180-250

Kuat arus listrik yang digunakan dalam proses penyambungan logam merupakan indikator penting yang perlu diperhatikan, hal ini dikarenakan kuat arus listrik menentukan besarnya panas yang dihasilkan dari busur listrik pada nyala ujung elektroda yang digunakan, semakin besar kuat arus listrik yang diberikan maka semakin besar pula panas yang dihasilkan untuk mencairkan logam induk dan logam penyambung atau elektroda, dan sebaliknya semakin kecil kuat arus yang

diberikan maka semakin kecil pula panas yang dihasilkan untuk mencairkan logam induk dan logam penyambung (Arifin, 1997).

2.3 Baja

Baja merupakan material yang umum digunakan dalam dunia industri untuk bahan baku peralatan maupun konstruksi. Terdapat 2 klasifikasi baja yaitu baja karbon dan baja paduan. Baja karbon juga mengandung unsur-unsur lain seperti nitrogen, silikon, belerang, oksigen dan lain-lain. Unsur lain yang terkandung biasanya sangat kecil sehingga tidak terlalu berpengaruh pada sifatnya.

2.3.1 Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan antara besi (Fe) dan karbon (C) dengan memiliki kadar karbon hingga 2,14%. Kandungan karbon pada baja memiliki peran penting dalam sifat mekanik baja. Oleh karena itu baja karbon dapat dibagi menjadi 3 bagian dengan kadar karbon yang berbeda-beda, yaitu:

1. Baja karbon rendah
2. Baja karbon menengah
3. Baja karbon tinggi

Tabel 2.6 Klasifikasi baja karbon (Widyanto, 2020)

No.	Jenis Baja Karbon	Presentase Unsur Karbon
1	Baja Karbon Rendah	$\leq 0,25\%C$
2	Baja Karbon Menengah	$0,25\%C - 0,55\%C$
3	Baja Karbon Tinggi	$\geq 0,55\%C$

2.3.2 Material St37

Baja St 37 adalah baja karbon rendah yang memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3 %. DIN 17-100 mengatur jenis baja karbon untuk keperluan pembuatan komponen mesin yang distandarkan menurut kekuatan tarik. Dengan kekerasan 170 HB dan kekuatan tarik 650 - 800 N/mm². Secara umum baja St37

dapat digunakan langsung tanpa mengalami perlakuan panas, kecuali jika diperlukan pemakaian khusus (Kirono & Azhari, 2011).

Tabel 2.7 Komposisi baja St37 (DIN1629, t.thn.)

No.	Nama Unsur (simbol)	Persentase (%)
1	Mangan (Mn)	0,35 – 0,65
2	Karbon (C)	0,17
3	Silikon (S)	0,17 – 0,37
4	Fosfor (P)	0,025
5	Belerang (S)	0,020

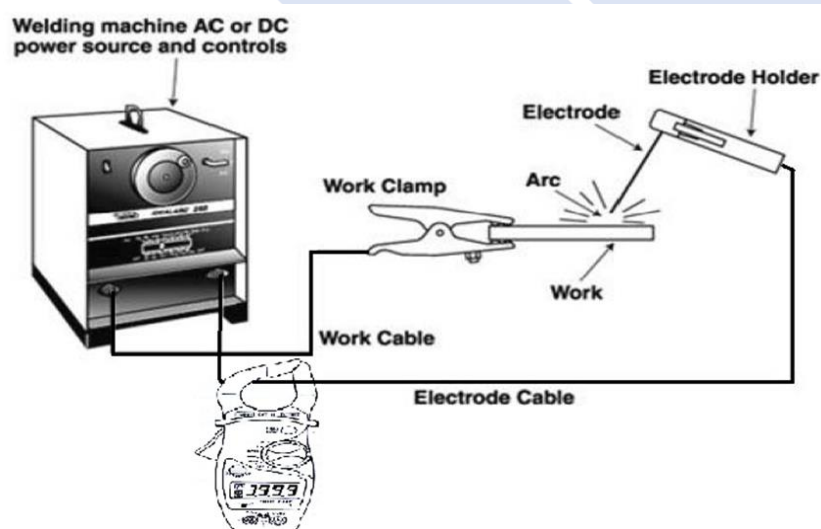
2.4 Pengkalibrasian Mesin Las

Kalibrasi merupakan serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrumen pengukur atau sistem pengukuran atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang telah diukur dalam kondisi tertentu (Caciotta, 2008). Menurut *International Organization for Standardization (ISO) / International Electrotechnical Commission (IEC) Guide 17025 : 2005* dan *Vocabulary of International Metrology (VIM)* (Hadi, 2018), pengertian kalibrasi adalah kegiatan yang menghubungkan nilai yang ditunjukkan oleh instrument/alat ukur atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur dengan nilai yang sudah diketahui tingkat kebenarannya (yang berkaitan dengan kisaran yang diukur) dalam kondisi tertentu. Dari hasil kalibrasi, dapat diperoleh nilai kebenaran konvensional dari suatu alat ukur dan ketidakpastiannya.

Ketidakpastian merupakan suatu rentang yang dimana didalamnya terdapat nilai-nilai yang mungkin merupakan nilai besaran ukur yang dicari. Suatu pengukuran tidak dapat menentukan nilai dengan tepat dan akurat, yang dapat dilakukan hanya membuat perkiraan (Cox, et al., 2006). Ketidakpastian pengukuran merupakan hal yang terpenting dalam hasil pengukuran. Toleransi adalah besarnya kesalahan atau deviasi yang diizinkan pada produk atau hasil

kerja yang ditetapkan dalam desain, peraturan, standar dan lain-lain sehingga ketidakpastian pengukuran digunakan untuk mengetahui apakah suatu produk memenuhi toleransi yang telah ditetapkan. Sumber-sumber ketidakpastian dari suatu pengukuran (pengujian/kalibrasi) diantaranya adalah standar/alat ukur, benda ukur, peralatan, metode pengukuran, lingkungan, personel, dan sumber-sumber lain (Meyer, 2007).

Menurut Balai Besar Bahan dan Barang Teknik, kalibrasi merupakan proses verifikasi bahwa suatu akurasi alat ukur sesuai dengan rancangannya. Kalibrasi biasa dilakukan dengan membandingkan suatu standar yang terhubung dengan standar nasional maupun internasional dan bahan-bahan acuan tersertifikasi.. Tujuan kalibrasi adalah untuk mencapai ketertelusuran pengukuran dan mendukung sistem mutu yang diterapkan di berbagai industri pada peralatan laboratorium dan produksi yang dimiliki. Dengan melakukan kalibrasi, bisa diketahui seberapa jauh perbedaan (penyimpangan) antara harga benar dengan harga yang ditunjukkan oleh alat ukur. Pada kegiatan industri dan penelitian, peranan kalibrasi merupakan salah satu tolok ukur jaminan mutu suatu produk/penelitian, sehingga semua alat ukur (instrumentasi) dan bahan ukur harus dilakukan kalibrasi secara periodik, sesuai dengan persyaratan standar atau spesifikasi teknis yang berlaku (B4T, 2022).



Gambar 2.8 Proses pengukuran arus mesin las SMAW

Prinsip mengkalibrasi megkalibrasi antara lain :

1. Obyek ukur (unit under test).
2. Standar ukur (alat standar kalibrasi, prosedur / metode standar yang mengacu ke standar kalibrasi internasional).
3. Operator / teknisi (Dipersyaratkan operator/teknisi yang mempunyai kemampuan teknis kalibrasi).
4. Lingkungan yang dikondisikan (suhu dan kelembaban selalu dikontrol, gangguan faktor lingkungan luar selalu diminimalkan & sumber ketidakpastian pengukuran) (KIM LIPI, 2016)

Standar acuan yang digunakan dalam mengkalibrasi mesin las adalah menggunakan BS (*British Standard*) 7570:2000 yang mana sebagai tolak ukur hasil penyimpangan arus las yang diizinkan (standar).

Tabel 2.8 Akurasi toleransi penyimpangan yang diizinkan (BS 7570:2000)

<i>Quantity</i>	<i>Accuracy</i>
Current and Voltage (BS EN 60974-1)	$\pm 10\%$ of the true value, between 100% and 25% of the maximum setting $\pm 2.5\%$ of the maximum setting, below 25% of the maximum setting

Tabel 2.9 Standar akurasi penyimpangan yang presisi (BS 7570:2000)

<i>Quantity</i>	<i>Accuracy</i>
Current	$\pm 2.5\%$ of the true value, between 100% and 40% of the maximum setting $\pm 1\%$ of the maximum setting, below 1% of the maximum setting

2.5 Alat Ukur Tang Ampere

Pengukuran besarnya arus yang melewati sebuah kabel merupakan salah satu cara orang melakukan perawatan berkala. Tetapi pengukuran arus secara konvensional mengharuskan seseorang memotong kabel yang akan diukur arusnya, sedangkan hal ini tidak dapat dilakukan pada semua sistem. Salah satu metode yang dapat dilakukan adalah menggunakan clamp meter. Caranya

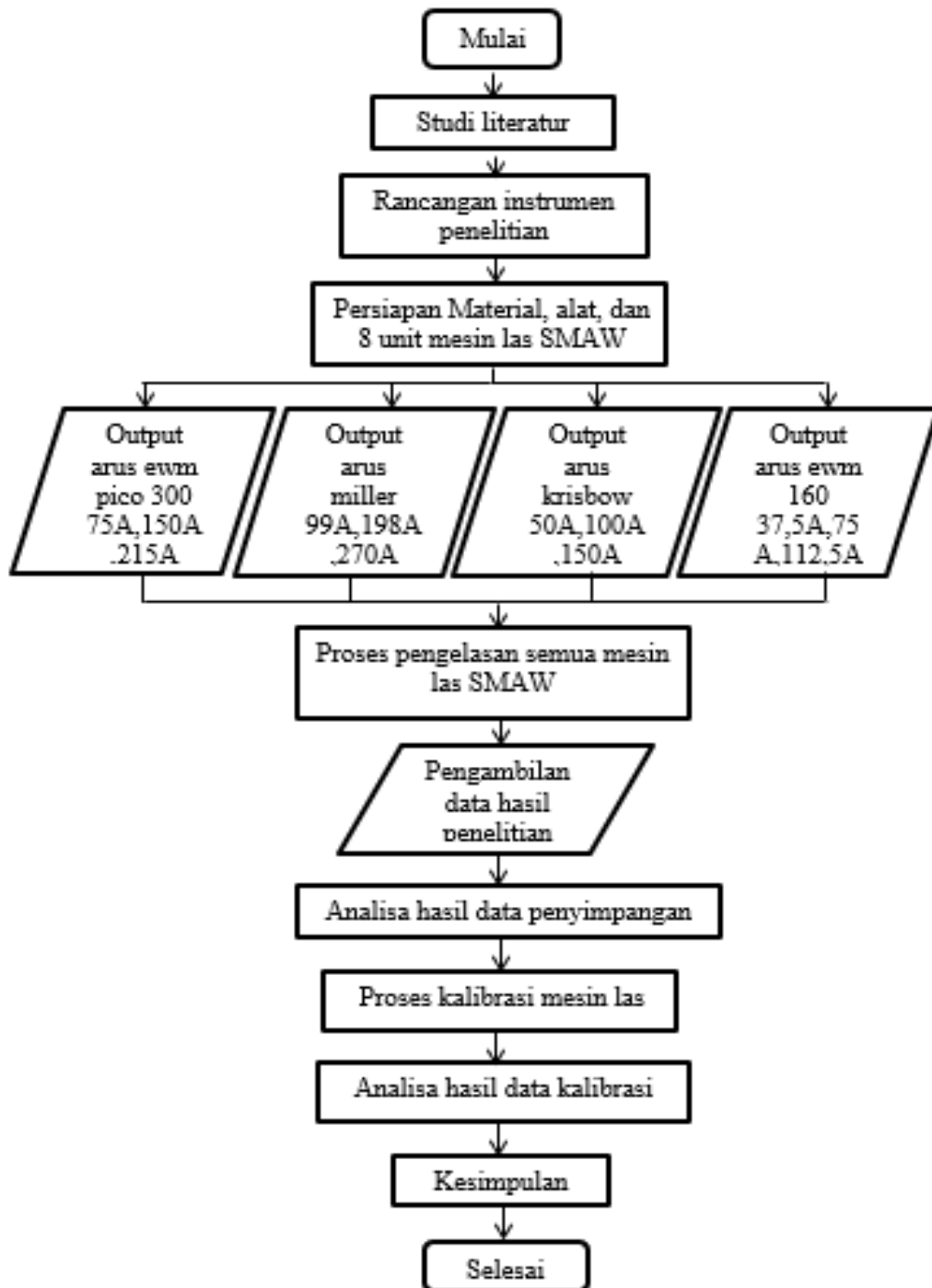
adalah memasukkan kabel yang akan diukur arusnya ke dalam sebuah kumparan. Hasil akhir yang diharapkan adalah besarnya arus yang melewati kabel itu.



Gambar 2.9 Tang ampere

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Tahapan Penelitian

3.2.1 Studi Literatur

Study literatur dilakukan kajian literatur jurnal, karya tulus ilmiah, buku maupun yang berada di internet dan dari banyak sumber refesensi dan kajian pustaka untuk mendapatkan gambaran bagaimana melakukan pengelasan rigi-rigi dengan posisi *flat* teknik pengelasan rigi-rigi dan melakukan penelitian pengukuran data arus output mesin las SMAW Polman Babel.

3.2.2 Rancangan Instrumen Penelitian

Dalam penelitian tugas akhir ini adalah untuk mengetahui perbedaaan (penyimpangan) antara nilai output arus mesin las dengan nilai yang ditunjukkan alat ukur pada saat proses pengelasan lalu membandingkan dengan standar acuan BS 7570:2000, apa penyebab penyimpangan yang terjadi dimesin las selama pengelasan berlangsung kepada hasil lasannya sehingga peneliti ini membuktikan bagaimana kondisi mesin las yang ada di Polman Negeri Babel agar tetap sesuai dengan batas spesifikasi, apakah masih layak dipakai (berjalan normal) atau diperlukan perbaikan.

Berikut langkah-langkah pengelasan dan pengambilan data penyimpangan pada baja karbon St37 dengan menggunakan posisi pengelasan flat teknik las rigi:

1. Pemotongan baja karbon St37 menjadi bentuk persegi panjang dengan panjang 200 mm, lebar 75 mm, dan tinggi 10 mm sebanyak 27 buah.
2. Membuat jalur rigi-rigi las pada masing-masing benda kerja agar mempermudah peneliti melakukan pengelasan.
3. Mempersiapkan 8 mesin las SMAW dengan polaritas DC dan elektroda yang akan digunakan.
4. Mempersiapkan bahan yang akan diperlukan untuk proses pengelasan pada meja las.
5. Posisi pengelasan yang digunakan adalah *flat* teknik las rigi dibawah tangan.
6. Tahap pengelasan yang dilakukan sesuai dengan jumlah mesin yaitu 8 unit, amper yang digunakan yaitu 75A, 150A, dan 215A pada mesin

pico 300 cel, 99A, 198A, dan 270A pada mesin miller gold star 402, 50A, 100A, dan 150A pada mesin krisbow kw14-722, dan 37,5A, 75A, 112,5A pada mesin ewm pico 160.

7. Banyaknya jalur pengelasan tiap masing ampere yaitu 3 jalur pengelasan.
8. Proses pengelasan dan pengambilan data *ampere* dilakukan perekaman untuk mengetahui penyimpangan apa saja yang terjadi pada saat proses pengelasan berlangsung.
9. Setelah proses pengelasan, dilakukan pengamatan hasil perekaman dan menginput hasil data arus mesin las kemudian mencari nilai penyimpangan (deviasi) arus mesin las.

3.2.3 **Persiapan Material, Alat, dan Mesin Las SMAW**

Adapun material dan alat yang diperlukan dalam proses penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Elektroda AWS A5.1 E6013 diameter 2,0 mm, 2,6 mm, 3,2 mm, 4,0 mm, 5,0 mm.
2. Baja karbon ST37 dengan panjang 200 mm, lebar 75 mm, dan tinggi 10 mm.
3. Mesin Las SMAW merk pico 300 cel, miller gold star 402, krisbow kw14-722, ewm pico 160.
4. 2 kamera
5. Kabel massa dan kabel elektoda.
6. Holder dan klem massa.
7. Elektoda .
8. Sikat baja.
9. Tang penjepit.
10. Palu cipping.
11. Alat proteksi diri.

Tahapan lanjutan untuk proses penelitian dengan melakukan persiapan material dengan membuat jalur las rigi-rigi menggunakan gerinda tangan pada plat

baja karbon St 37 dengan ukuran 200×75×10 mm (Gbr 3.2) sebanyak 27 benda kerja.



Gambar 3.2 Material St37 ukuran 200×75×100 mm

3.2.4 Proses Pengelasan Dan Pengambilan Data Arus Mesin Las

Setelah pembuatan jalur las selesai, lalu dilakukan proses pengelasan dengan metode pengelasan SMAW pada posisi *flat* teknik las rigi dengan jumlah 8 unit mesin las SMAW di bengkel mekanik Polman Babel yaitu 3 mesin ewm pico 300 cel, 3 mesin miller gold star 402, 1 mesin krisbow kw14-722, dan 1 mesin ewm pico 160, dengan polaritas DC (*Direct Current*) dan pengkatuban DCRP (*Direct Current Reverse Polarity*). Menggunakan Elektroda AWS A5.1 E6013 berdiameter 2 mm, 2,6 mm, 3,2 mm, 4 mm, dan 5 mm.

. Tiap mesin memiliki 3 parameter variasi ampere dengan 3 jalur pengelasan dimasing-masing ampere. Panjang pengelasan mengikuti ukuran panjang benda kerja yaitu 200 mm. Akan ada 3 buah benda kerja dari 1 mesin, sehingga akan ada total 24 benda kerja hasil pengelasan rigi-rigi.

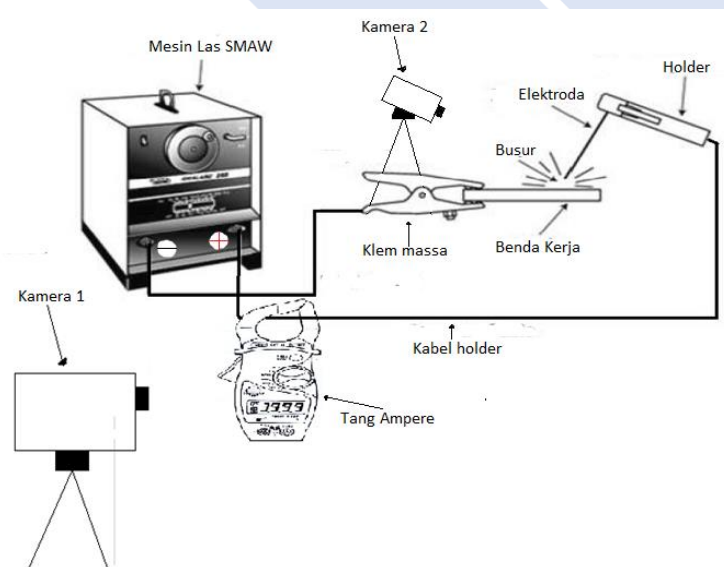
Variasi ampere yang digunakan di tiap mesin mengacu pada kapasitas maksimal ampere mesin, yaitu 25% dari kapasitas maksimal, 50% dari kapasitas maksimal, 75% dari kapasitas maksimal. Khusus untuk arus las 75% pada mesin miller gold star 402 diturunkan menjadi 68% karena arus yang diizinkan elektroda berdiameter 5,0 mm adalah 270A. Posisi pengelasan yang digunakan adalah *flat* teknik las rigi dan proses pengelasan dilakukan sepanjang 200 mm sebanyak 3 jalur pada masing-masing ampere. Benda kerja yang digunakan adalah baja karbon rendah St 37 dengan ketebalan 10mm, lebar 75mm, dan panjang 200mm.

Saat proses pengelasan berlangsung dilakukan pengkalibrasian untuk melihat penyimpangan menggunakan alat ukur *digital calmpmeter* yang dijepit pada kabel di mesin las SMAW dan direkam menggunakan kamera perekam.

Tabel 3.1 Variasi arus pengelasan

No	Mesin Las SMAW	Kapasitas Maksimal	Arus	Jumlah Jalur
1	Ewm pico 300 cel	300 A	75A, 150A, 215A	3 Jalur
2	Ewm pico 300 cel	300 A	75A, 150A, 215A	3 Jalur
3	Ewm pico 300 cel	300 A	75A, 150A, 215A	3 Jalur
4	Miller gold star 402	395 A	99A, 198A, 270A	3 Jalur
5	Miller gold star 402	395 A	99A, 198A, 270A	3 Jalur
6	Miller gold star 402	395 A	99A, 198A, 270A	3 Jalur
7	Krisbow kw14-722	200 A	50A, 100A, 150A	3 Jalur
8	Ewm pico 160	150 A	37,5A, 75A, 112,5A	3 Jalur

Proses pengelasan dan pengambilan data *ampere* dilakukan perekaman untuk mengetahui penyimpangan apa saja yang terjadi pada saat proses pengelasan berlangsung. Untuk lebih memperjelas penelitian ini dapat dilihat pada skematika proses pengelasan dari gambar 3.3.



Gambar 3.3 Skematika proses pengelasan

3.2.5 Data Penyimpangan Arus Hasil Penelitian

Peneliti melakukan perhitungan penyimpangan yang terjadi disetiap arus pengelasan 8 unit mesin las SMAW. Untuk panduan dalam mengkalibrasi, penelitian ini menggunakan standar acuan yang digunakan untuk mengkalibrasi mesin las SMAW yaitu menggunakan standar acuan *British Standard BS 7570:2000*. Standar tersebut akan menentukan kriteria penerimaan nilai penyimpangan maksimum dari output mesin las.

3.2.6 Analisis Hasil Data dan Pembahasan

Dari data yang didapat dari proses penyimpangan arus, akan dilakukan analisa-analisa untuk melihat dan mengetahui sejauh mana perbedaan (penyimpangan) antara nilai output arus mesin las dengan nilai yang ditunjukkan alat ukur pada saat proses pengelasan lalu membandingkan dengan standar acuan BS 7570:2000. Bagaimana kondisi mesin las SMAW berdasarkan hasil data penyimpangan tersebut agar tetap sesuai dengan standar spesifikasi.

3.2.7 Kalibrasi Mesin Las

Kalibrasi mesin las pada penelitian ini mengkalibrasi mesin las yang penyimpangannya diluar toleransi dan membuat output arus mesin tersebut kembali ke setelan awal.

3.2.8 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini akan menjelaskan keseluruhan data yang diperoleh dari hasil proses pengelasan dan penyimpangan arus mesin las SMAW dengan parameter yang bervariasi. Saran akan diberikan oleh penulis dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Rancangan Penelitian

Rancangan Penelitian meliputi, persiapan mesin yang akan diuji dan perlengkapannya dengan menggunakan 8 unit mesin las SMAW tipe arus DC, polaritas elektroda positif (DCEP). Persiapan yang dilakukan pengaturan arus yang digunakan tiap mesin, pengkondisian posisi kamera dan benda kerja pada saat proses pengelasan. Parameter dan kondisi untuk pengujian penelitian ini dapat ditunjukkan pada tabel.

Tabel 4.1 Parameter dan Kondisi Pengujian Mesin Las

No	Uraian	Keterangan
1	Mesin las yang diuji	1. Ewm Pico 300 cel (3 unit) 2. Miller Gold Star 402 (3 unit) 3. Krisbow kw14-722 (1 unit) 4. Ewm Pico 160 (1 unit)
2	Elektroda	AWS A5.1 E6013 diameter 2,0mm, 2,6mm, 3,2mm, 4,0mm, 5,0mm berdasarkan arus yang digunakan
3	Pelat Benda Kerja	Pelat St37 ukuran 200 x 75 x 10 mm
4	Jenis Pengelasan	Rigi-rigi 3 jalur
5	Posisi Pengelasan	Flat
6	Variasi Arus Tiap Mesin	Variasi arus yang digunakan meliputi 25%, 50%, dan 75% mengikuti dari kapasitas maksimal tiap mesin

7	Pengaturan Posisi Kamera	Menggunakan 2 Kamera yang diletakkan di depan benda kerja dan di depan alat ukur
---	--------------------------	--

Tabel 4.2 Variasi Arus Pengelasan Pada Mesin Las

No	Mesin Las SMAW	Arus	Diameter Elektroda	Jumlah Jalur
1	Ewm pico 300	75A,150A,215A	2,6 mm, 3,2 mm,4 mm	3
2	Ewm pico 300	75A,150A,215A	2,6 mm, 3,2 mm,4 mm	3
3	Ewm pico 300	75A,150A,215A	2,6 mm, 3,2 mm,4 mm	3
4	Miller gold star	99A,198A,270A	3,2 mm, 4 mm, 5mm	3
5	Miller gold star	99A,198A,270A	3,2 mm, 4 mm, 5mm	3
6	Miller gold star	99A,198A,270A	3,2 mm, 4 mm, 5mm	3
7	Krisbow	50A,100A,150A	2,6 mm, 3,2 mm, 4 mm	3
8	Ewm pico 160	37,5A,75A,112,5A	2 mm , 2,6 mm, 3,2mm	3

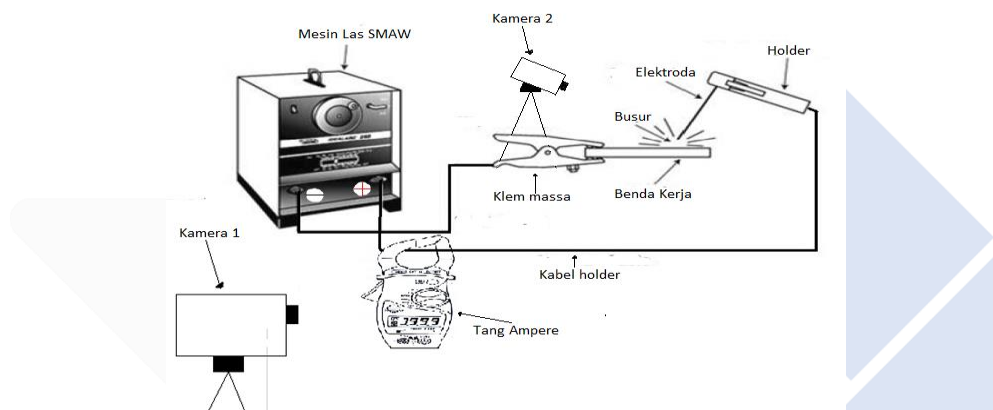
4.2 Pengujian Dan Pengambilan Data Arus Mesin Las

Proses pengelasan ini merupakan pengelasan rigi-rigi posisi *flat* yang busur elektrodanya dijalankan perlahan mundur ke kanan dengan proses pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) yang dilakukan di Laboratorium Pengelasan dan pabriasi logam Bengkel Mekanik Polman Negeri Bangka Belitung. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menguji sebanyak 8 mesin las SMAW dimana parameter arus pengelasan berbeda ditiap mesin dengan 3 variasi ampere yang berbeda dan masing-masing ampere dilakukan sebanyak 3 (tiga) jalur las.

Pengujian Mesin yang pertama yaitu mesin ewm pico 300 cel. Tang ampere dicekam pada kabel positif elektroda dengan ampere yang pertama yaitu dengan arus sebesar 75A melakukan pengelasan sepanjang 200 mm sebanyak 3 jalur, dengan

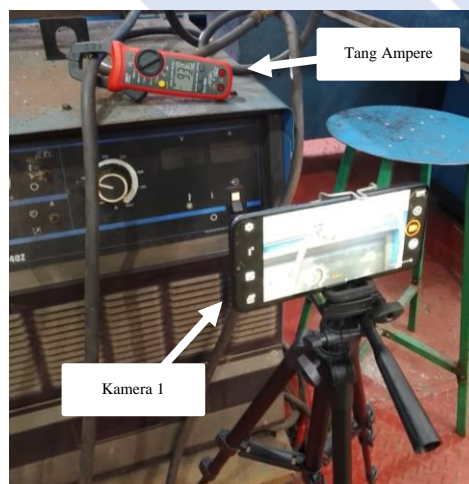
kondisi pengelasan horizontal dimana benda kerja berada di meja las dan awal pengelasan dimulai dari kiri ke kanan. Pengamatan proses pengelasan pada alat ukur arus yang terjadi diamati dengan menggunakan sebuah kamera untuk menentukan pengamatan terhadap penyimpangan akan dijadikan sebagai data pada penelitian ini.

Pengujian arus mesin las pada pengambilan data berikutnya hampir sama hanya mengganti amper dan mengganti mesin yang akan digunakan. Untuk lebih memperjelas skematika proses percobaan dapat dilihat pada gambar 4.1.

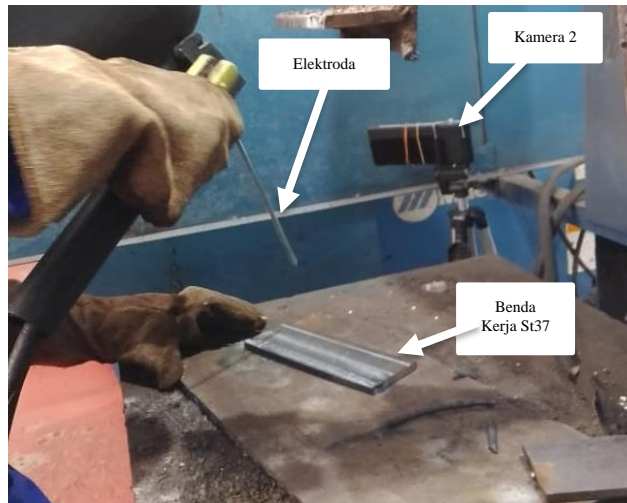


Gambar 4.1 Skematika Pengambilan Data Arus Mesin Las

Untuk kondisi pemasangan kamera perekam pada saat proses pengelasan dapat dilihat pada gambar 4.2.

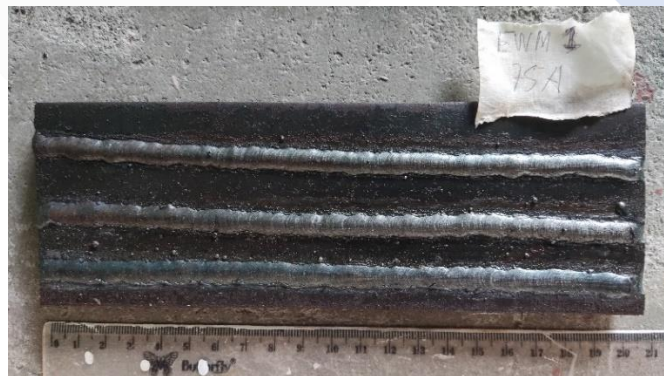


Gambar 4.2 Pemasangan Kamera Perekam Pengambilan Data

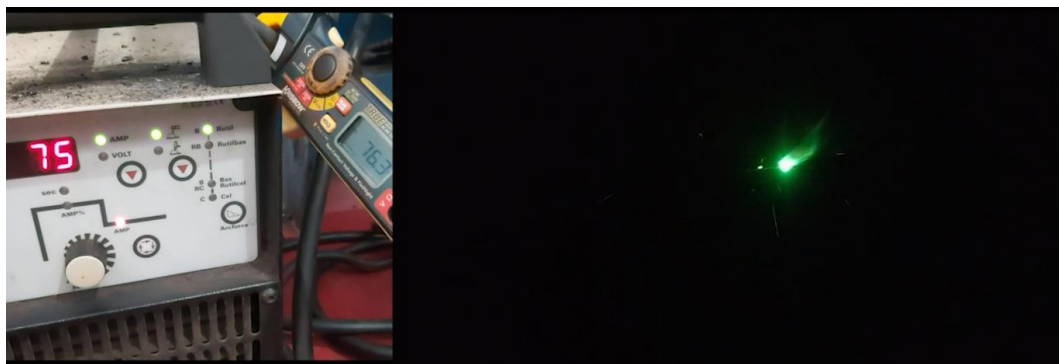


Gambar 4.3 Pemasangan Kamera Perekam Pengambilan Data

Hasil dari rekaman tersebut akan memperlihatkan output arus mesin las dalam pengelasan kemudian dilakukan pengukuran dengan mengambil data dari hasil rekaman.



Gambar 4.4 Hasil Pengelasan 75A Ewm pico 300



Gambar 4.5 Pengamatan Arus Mesin Pada Alat Ukur

4.3 Data Penyimpangan Mesin Las

Data penyimpangan mesin las yang disajikan meliputi nilai output arus mesin dan deviasi arus mesin. Perhitungan penyimpangan arus mesin las menggunakan rumus umum adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Deviasi}(\%) &= \frac{(\text{selisih nilai arus mesin dan alat ukur})}{\text{nilai arus mesin las}} \times 100\% \\ &= \frac{(80-75)}{75} \times 100\% \\ &= 6,7\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan penyimpangan arus pada 8 unit mesin las SMAW secara lengkap terdapat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.3 Ewm pico 300 cel 1

Maks. Arus (A)	Setting	Arus Mesin (A)	Jalur	Arus Alat ukur (A)	Rata-rata Arus (A)	Deviasi (%)	Rata-rata deviasi (%)
300A	25%	75A	1	80,0 A	80,1 A	6,7%	6,75%
			2	80,1 A		6,8%	
			3	80 A		6,7%	
	50%	150A	1	152,1A	152,3 A	2,8%	3,1%
			2	152,2A		2,9%	
			3	152,8A		3,7%	
	75%	215A	1	216,1A	216,1 A	0,51%	0,54%
			2	216,3 A		0,6%	
			3	216,1 A		0,51%	

Untuk data hasil perhitungan penyimpangan arus mesin ewm pico 300 cel 2 dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Ewm pico 300 cel 2

Maks. Arus (A)	Setting	Arus Mesin (A)	Jalur	Arus Alat ukur (A)	Rata-rata Arus (A)	Deviasi (%)	Rata-rata deviasi (%)
300A	25%	75A	1	80,7 A	80,6 A	7,6%	7,46%
			2	80,6 A		7,4%	
			3	80,6 A		7,4%	
	50%	150A	1	149,7 A	150,1 A	0,2%	0,2%
			2	150,6 A		0,4%	
			3	150 A		0%	

			1	214,6A		0,18%	
75%	215A		2	214,6 A	214,6 A	0,18%	0,16%
			3	214,7 A		0,13%	

Untuk data hasil perhitungan penyimpangan arus mesin ewm pico 300 cel 3 dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Ewm pico 300 cel 3

Maks. Arus (A)	Setting	Arus Mesin (A)	Jalur	Arus Alat ukur (A)	Rata-rata Arus (A)	Deviasi (%)	Rata-rata deviasi (%)
	25%	75A	1	73,6 A		1,86%	
			2	73,5 A	73,5A	2%	1,9%
			3	73,6 A		1,86%	
300A	50%	150A	1	147,5 A		1,6%	
			2	147,2 A	147,4A	1,86%	1,73%
			3	147,7 A		1,73%	
	75%	215A	1	216 A		0,45%	
			2	215,3 A	215,5A	0,13%	0,22%
			3	215,2 A		0,1%	

Untuk data hasil perhitungan penyimpangan arus mesin miller gold star 402 1 dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Miller gold star 402 1

Maks. Arus (A)	Setting	Arus Mesin (A)	Jalur	Arus Alat ukur (A)	Rata-rata Arus (A)	Deviasi (%)	Rata-rata deviasi (%)
	25%	99A	1	96,6 A		2,42%	
			2	95,5 A	95,9A	3,53%	3,06%
			3	95,8 A		3,23%	
395A	50%	198A	1	178,5 A		9,89%	
			2	179 A	178,7A	9,59%	9,7%
			3	178,8A		9,69%	
	69%	270A	1	259,7 A		3,81%	
			2	257,6 A	258,8A	4,59%	4,12%
			3	259,3 A		3,96%	

Untuk data hasil perhitungan penyimpangan arus mesin miller gold star 402 2 dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Miller gold star 402 2

Maks. Arus (A)	Setting	Arus Mesin (A)	Jalur	Arus Alat ukur (A)	Rata-rata Arus (A)	Deviasi (%)	Rata-rata deviasi (%)
395A	25%	99A	1	89,4 A	89,9A	9,69%	9,15%
			2	90,1 A		8,98%	
			3	90,2 A		8,8%	
	50%	198A	1	164 A	165,3A	17,1%	16,4%
			2	165 A		16,6%	
			3	167 A		15,6%	
	69%	270A	1	241,6 A	258,4A	10,5%	10,9%
			2	240,1 A		11%	
			3	293,6 A		11,2%	

Untuk data hasil perhitungan penyimpangan arus mesin miller gold star 402 3 dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Miller gold star 402 3

Maks. Arus (A)	Setting	Arus Mesin (A)	Jalur	Arus Alat ukur (A)	Rata-rata Arus (A)	Deviasi (%)	Rata-rata deviasi (%)
395A	25%	99A	1	80,2 A	79,4A	18,9%	19,7%
			2	79,6 A		19,5%	
			3	78,5 A		20,7%	
	50%	198A	1	160,8 A	159,9A	18,7%	19,1%
			2	159,4 A		19,2%	
			3	159,5 A		19,4%	
	69%	270A	1	225,4 A	226A	16,5%	16,2%
			2	224,5 A		16,8%	
			3	228,3 A		15,4%	

Untuk data hasil perhitungan penyimpangan arus mesin krisbow kw14-772 dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Penyimpangan Arus Mesin Krisbow kw14-722

Maks. Arus (A)	Setting	Arus Mesin (A)	Jalur	Arus Alat ukur (A)	Rata-rata Arus (A)	Deviasi (%)	Rata-rata deviasi (%)
200	25%	50A	1	54,7	54,5A	9,4%	9,3%
			2	54,5		9%	
			3	54,8		9,6%	
	50%	100A	1	98	97,6A	2%	2,2%
			2	97,5		2,5%	
			3	97,5		2,5%	
	75%	150A	1	141	140,8A	6%	6,2%
			2	140,7		6,2%	
			3	140,4		6,4%	

Untuk data hasil perhitungan penyimpangan arus mesin ewm pico 160 dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Penyimpangan Arus Mesin Ewm Pico 160

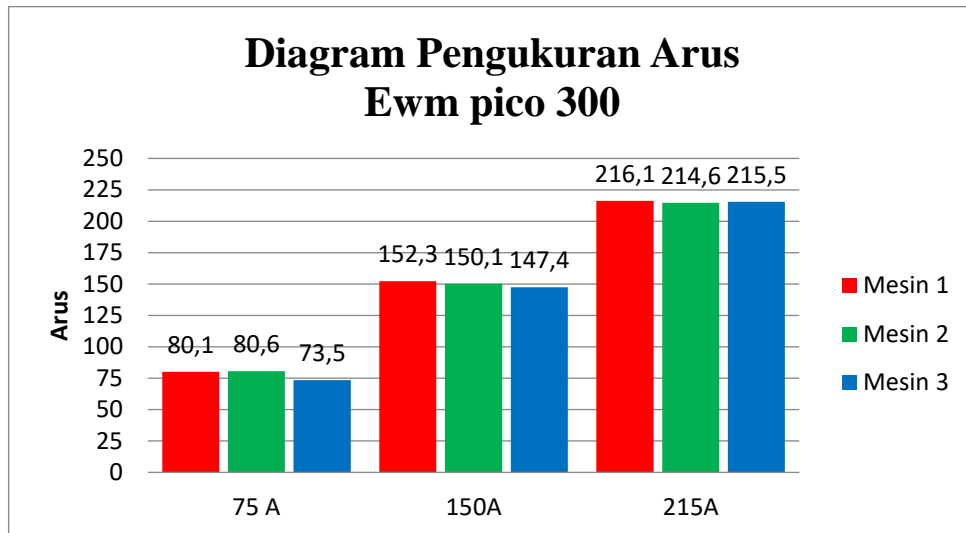
Maks. Arus (A)	Setting	Arus Mesin (A)	Jalur	Arus Alat ukur (A)	Rata-rata Arus (A)	Deviasi (%)	Rata-rata deviasi (%)
150	25%	37,5A	1	40,3	40,6A	7,4%	8,1%
			2	40,4		7,7%	
			3	41,1		9,6%	
	50%	75A	1	81,4	81,6A	8,5%	8,8%
			2	81,9		9,2%	
			3	81,6		8,8%	
	75%	112,5A	1	117,6	118A	4,5%	4,86%
			2	118,3		5,1%	
			3	118,2		5%	

4.4 Analisis Hasil Penyimpangan Mesin Las SMAW

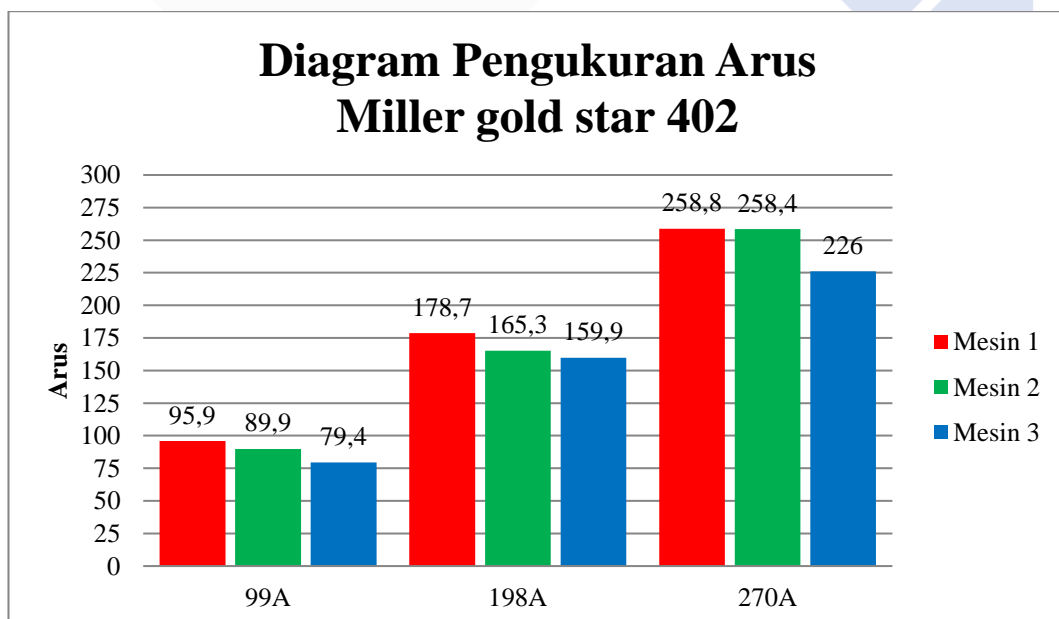
Analisis yang dilakukan pada hasil penyimpangan mesin las SMAW meliputi hasil nilai pada pengukuran arus output ke 8 unit mesin las dan hasil deviasi (penyimpangan) arus ke 8 mesin las SMAW.

Analisis penyimpangan arus mesin las didapat dengan cara mengambil nilai rata-rata pengukuran arus mesin las dari semua arus yang digunakan lalu mencari

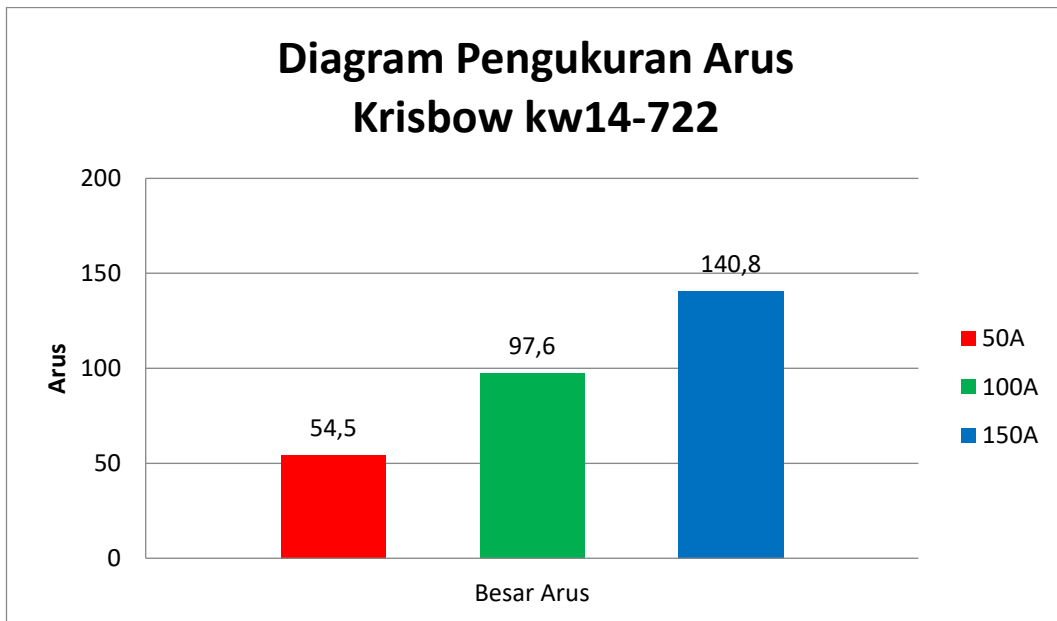
nilai penyimpangan (deviasi) dari output arus mesin las tersebut. Hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar diagram berikut ini:



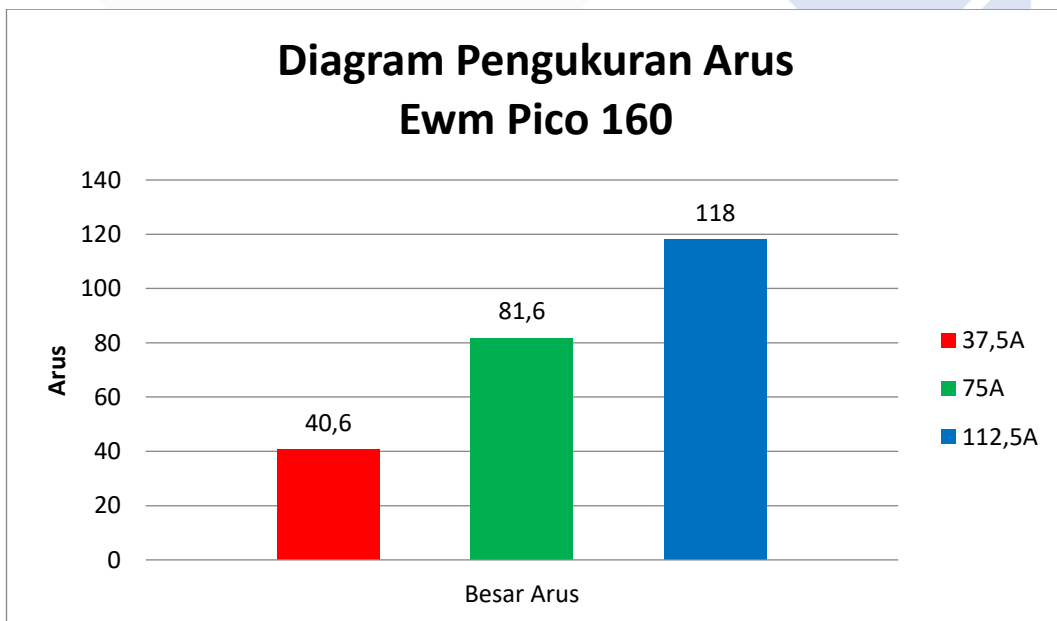
Gambar 4.6 Diagram Pengukuran Arus Ewm Pico 300



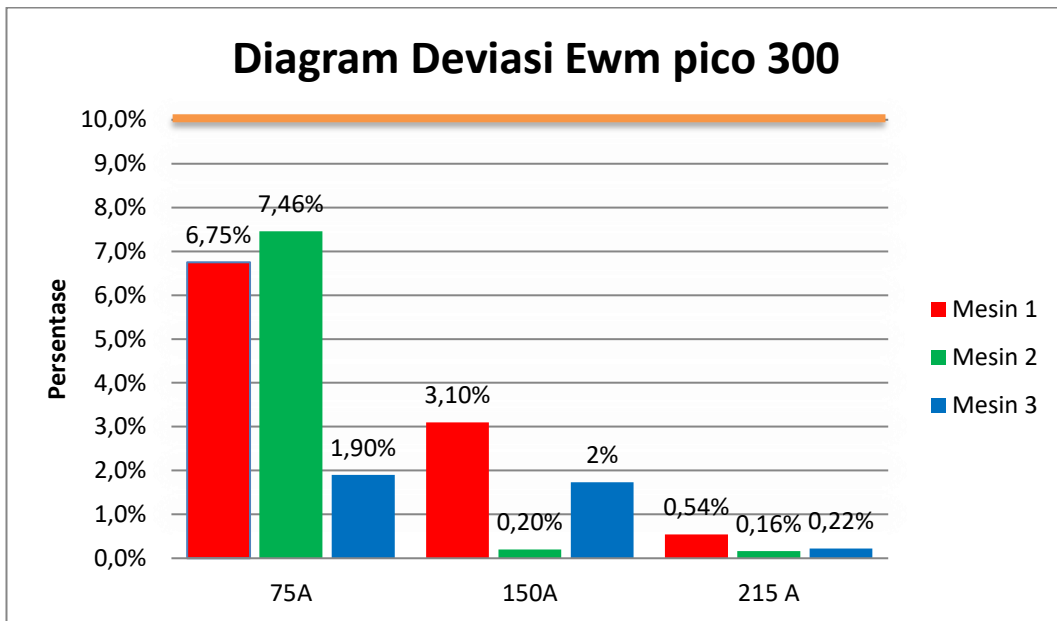
Gambar 4.7 Diagram Pengukuran Arus Miller gold star 402



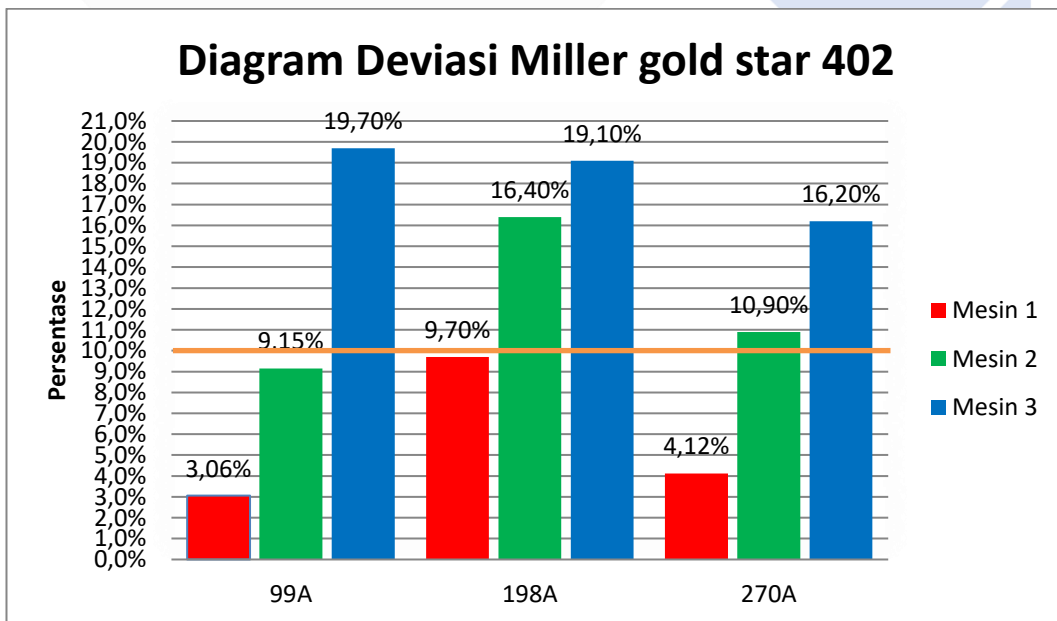
Gambar 4.8 Diagram Pengukuran Arus Krisbow kw14-722



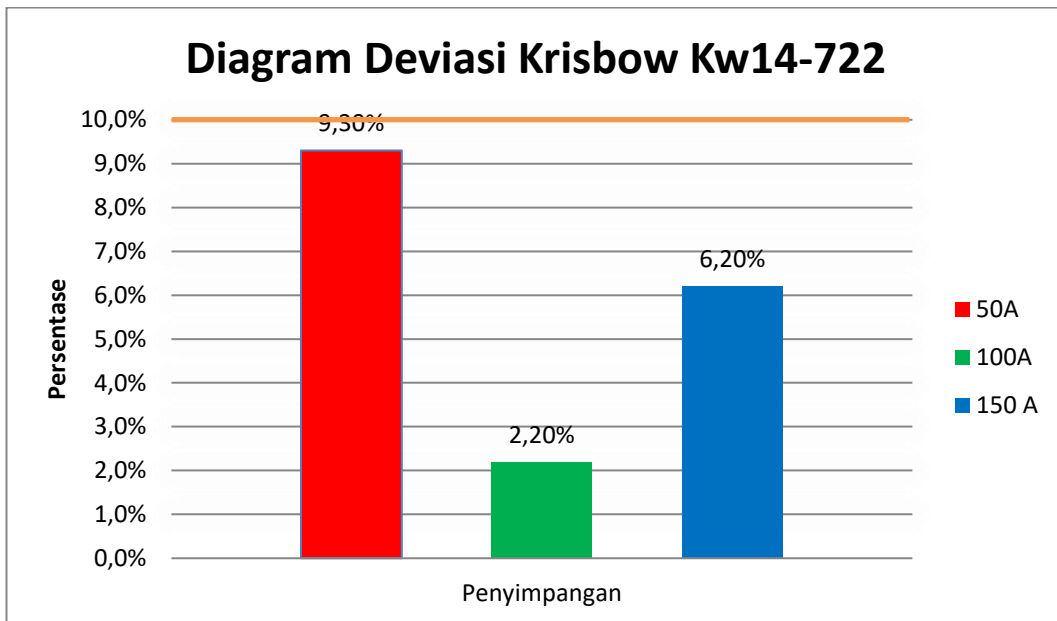
Gambar 4.9 Diagram Pengukuran Arus Ewm Pico 160



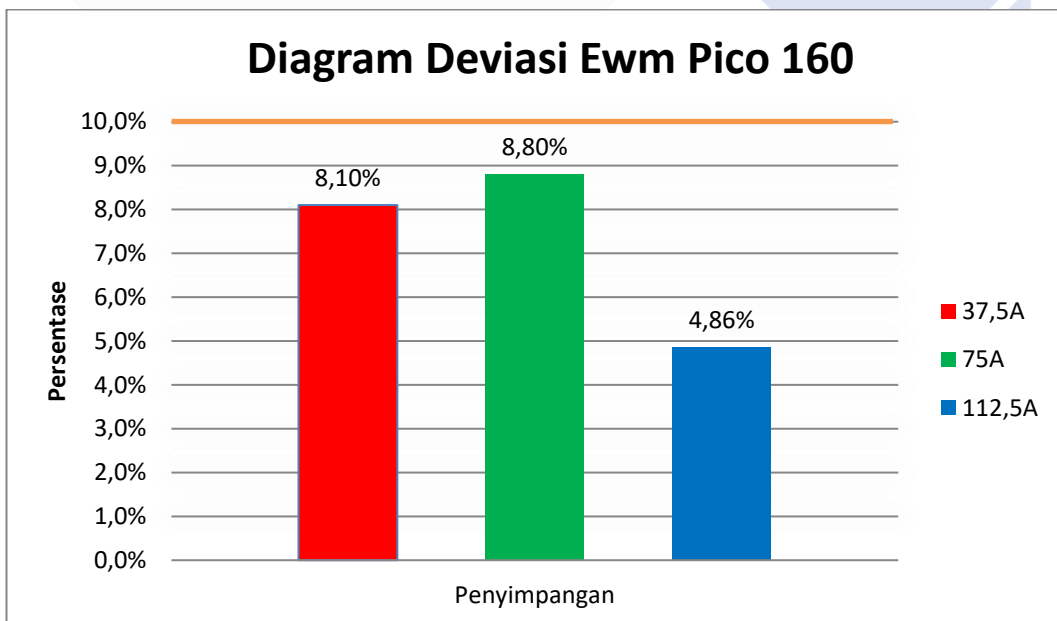
Gambar 4.10 Diagram Deviasi Ewm Pico 300



Gambar 4.11 Diagram Deviasi Miller Gold Star 402



Gambar 4.12 Diagram Devisai Krisbow kw14-722



Gambar 4.13 Diagram Deviasi Ewm Pico 160

Pada gambar diagram 4.10 diatas dapat dilihat deviasi dari 3 mesin ewm pico 300 dengan arus 75A, 150A, 215A. Semua arus proses pengelasan ketiga mesin tersebut berada di dalam toleransi berdasarkan standar BS 7570:2000 toleransi penyimpangan maksimal sebesar 10%, karena penyimpangan yang paling tertinggi

terdapat di mesin 2 setting arus 75A yaitu 7,46% dan. Namun arus 150A dan 215A memiliki akurasi penyimpangan yang presisi dibanding arus 75A.

Pada gambar diagram 4.11 dapat dilihat deviasi dari 3 mesin miller gold star 402 dengan arus 99A, 198A, 270A. Semua arus pada mesin 1 berada di dalam toleransi yang diizinkan dengan arus paling tinggi yaitu 9,7% pada arus 198A, namun arus pada mesin 2 dan 3 berada diluar toleransi yang diizinkan yakni lebih dari 10% yakni pada arus mesin 2 setting 198A dan 270A adalah 16,4% dan 10,9%, mesin 3 di semua arus yaitu 19,7%, 19,1%, 16,2%.

Pada gambar diagram 4.12 dapat dilihat penyimpangan semua arus saat proses pengelasan krisbow kw14-722 berada di dalam toleransi karena penyimpangan yang tertinggi hanya terdapat disetting arus 50A yaitu 9,3%.

Pada gambar diagram 4.13 dapat dilihat penyimpangan semua arus saat proses pengelasan ewm pico 160 berada di dalam toleransi karena penyimpangan yang tertinggi hanya terdapat disetting arus 75A yaitu 8,8% .

Jarak antara benda kerja dan ujung elektroda pada proses pengelasan sangat mempengaruhi nilai arus mesin las. Jika jaraknya terlalu jauh, api menyala dengan besar sehingga arus yang keluar akan membesar dari arus yang kita gunakan. Sebaliknya, Jika jarak terlalu dekat, api tidak menyala dengan sempurna dan arus yang keluar tidak stabil (Utomo, 2019). Penyimpangan yang terlalu jauh bisa juga disebabkan oleh *knob adjust* mesin las sudah melenceng. Dari penelitian ini dapat dibuktikan bahwa mesin 2 dan 3 miller gold star 402 memerlukan perbaikan yaitu dengan cara memperbaiki knob adjust di mesin 2 dan 3 miller gold star 402.

4.5 Kalibrasi Mesin Las

Kalibrasi mesin las pada penelitian ini mengkalibrasi mesin las yang penyimpangannya diluar toleransi dan membuat output arus mesin tersebut kembali ke setelan awal. Adapun proses yang dilakukan dalam mengkalibrasi mesin las sebagai berikut:

- Menyiapkan mesin las yang akan dikalibrasi berjumlah 2 mesin (miller gold star 402).

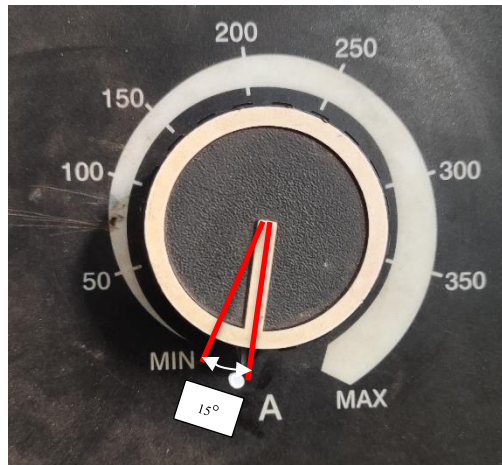
- Menentukan rata-rata penyimpangan miller gold star 402 sesuai data (sebesar 30A).
- Mengubah *knob adjust* putaran arus dari titik 0 ke 30A sebesar 15°
- Menyiapkan perlengkapan dan material pengelasan.
- Mensetting mesin las SMAW arus (99, 198, 270 A).
- Melakukan pengelasan tiap arus sesuai garis pada pelat sepanjang 200mm.
- Melakukan pengecekan pada kamera perekam dan mencatat hasil output arus pengelasan.
- Mesin las telah terkalibrasi.



Gambar 4.14 *Knob Adjust* Sebelum Dikalibrasi



Gambar 4.15 *Knob Adjust* Dilepas



Gambar 4.16 Knob Adjust Setelah Dikalibrasi

Tabel 4.11 Arus dan Penyimpangan Mesin Las Miller Gold Star 402 2

Maks. Arus (A)	Setting	Arus Mesin (A)	Arus Alat Ukur (A)	Deviasi (%)
395A	25%	99A	107,8A	8,8%
	50%	198A	188,1A	5%
	69%	270A	268,6A	0.5%

Tabel 4.12 Arus dan Penyimpangan Mesin Las Miller Gold Star 402 3

Maks. Arus (A)	Setting	Arus Mesin (A)	Arus Alat Ukur (A)	Deviasi (%)
395A	25%	99A	95,2A	3,8%
	50%	198A	187,6A	5,2%
	69%	270A	260,6A	3,4%

Pada gambar tabel 4.11 dan 4.12 dapat dilihat nilai deviasi dari kalibrasi mesin 2 dan 3 miller gold star 402 dengan arus 99A, 198A, 270A. Semua penyimpangan arus semula berada diluar toleransi kemudian setelah kalibrasi berada di dalam toleransi yang diizinkan dimana penyimpangan yang paling besar terdapat di mesin 2 setting 99A yaitu 8,8%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan mengenai pengujian mesin las SMAW di bengkel mekanik Polman Negeri Bangka Belitung dapat disimpulkan bahwa:

1. Penyimpangan arus pengujian pengelasan ketiga mesin ewm pico 300 cel, mesin 1 miller gold star 402, krisbow kw14-722, pico 160 tersebut berada di dalam toleransi karena berdasarkan standar BS 7570:2000 toleransi penyimpangan maksimal sebesar 10%. Penyimpangan arus yang tidak diizinkan terdapat pada mesin 2 dan 3 mesin miller gold star 402, yaitu pada mesin 2 setting 198A dan 270A adalah 16,4% dan 10,9%, mesin 3 di semua arus yaitu 19,7%, 19,1%, 16,2%.
2. Ampere yang sering digunakan deviasinya akan semakin meningkat mengingat frekuensi pemakaian praktik mingguan pada mesin las hanya bermain di ampere kisaran antara 70-90A. Hal ini dibuktikan pada hasil penyimpangan arus semua mesin ewm pico cel 300, 75A deviasinya lebih tinggi dibandingkan ampere yang tinggi yaitu 150 dan 215A.
3. Hasil kalibrasi pada mesin 2 dan 3 mesin miller gold star 402 setelah dikalibrasi adalah mesin 2 setting 198A dan 270A adalah 5% dan 0,5%, mesin 3 di semua arus yaitu 3,8%, 5,2%, 3,4%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa arus berada di dalam toleransi karena berdasarkan standar BS 7570:2000 toleransi penyimpangan maksimal sebesar 10%.

5.2 Saran

Adapun saran pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebelum melakukan praktik pengelasan, mesin las dikalibrasi terlebih dahulu agar mesin layak pakai atau tidak mengingat hampir tiap minggu mesin las digunakan untuk praktik mingguan.

2. Untuk penelitian selanjutnya, penelitian dapat menerapkan sistem penjadwalan perawatan pada mesin las SMAW di fabrikasi logam dan mencari penyebab kerusakan sebagian besar mesin las SMAW bengkel mekanik Polman Babel



DAFTAR PUSTAKA

Achmadi, 2020. *Cara Mengatur Ampere Las Listrik dan Tipsnya*. [Online] Available at : <https://www.pengelasan.net> [Diakses 24 Mei 2021].

Arifin, 1997. *Las Listrik dan Oktogen*, Jakarta: s.n.

B4T, 2022. *Balai Besar Bahan dan Barang Teknik Laboratorium Kalibrasi*. [Online] Available at: <https://www.b4t.go.id/pelayanan-publik/fasilitas/laboratorium/laboratorium-kalibrasi/>

Caciotta, M., 2008. Informative calibration of the instrumentation. *Measurement*, Volume 41(2), pp. 211-218.

Cox, Maurice, G. & Harris, P. M., 2006. Measurement uncertainty and traceability. *Measurement Science and Technology*, Volume 17(3), p. 533.

DIN1629. *Komposisi baja St37*. s.l.:Deutsches Institut für Normung.

Edzona, 2020. *Edzona: Teknik Las Rigi SMAW*. [Online] Available at: <https://kawatlas.jayamanunggal.com/teknik-las-rigi-smaw/> [Diakses 20 Januari 2022].

Felani, F. N., 2017. Uji Perbandingan Kekuatan Tarik Pengelasan Stainless Steel AISI 304 Menggunakan Las TIG (Tungsten Inert Gas) dan Las MIG (Metal Inert Gas) Dengan Variasi Media Pendingin. *J-Proteksion*, Volume 1 (2), p. 13.

Hadi, A., 2018. *Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian & Laboratorium Kalibrasi ISO/IEC 17025: 2017*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Hamid, A., 2016. Analisa pengaruh arus pengelasan SMAW pada material baja karbon rendah terhadap kekuatan material hasil sambungan. *Jurnal Teknologi Elektro*, Volume 7 (1), p. 142425.

Jalil, S. A., Zulkifli, Z. & Rahayu, T., 2017. Analisa kekuatan impact pada penyambungan pengelasan smaw material ASSAB 705 dengan variasi arus pengelasan. *Jurnal Polimesin*, Volume 15(2), pp. 58-63.

Kirono, S. & Azhari, A., 2011. Pengaruh Tempering Pada Baja St 37 Yang Mengalami Karburasi Dengan Bahan Padat Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, p. 5(1).

Meyer, V. R., 2007. Measurement uncertainty. *Journal of Chromatography A*, pp. 15-24.

Oktovalen, F., 2021. *Pengaruh Variasi Arus Pada Pengelasan Baja ST37 Menggunakan Las Shield Metal Arc Welding (SMAW) Dengan Posisi Pengelasan 3F*. s.l.:Doctoral dissertation, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Sahid, 2020. *Mesin Las Listrik*. [Online] Available at :<https://www.bumi.info/mesin-las-listrik/> [Diakses 10 Januari 2022].

Saputra, H., 2014. Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Baja ST37 Pasca Pengelasan Menggunakan Las Listrik. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam*.

Siswanto, 2011. *Konsep Dasar Teknik Las (Teori dan Praktik)*. Jakarta: P.T. Prestasi Pustakarya.

Suparman, 2008. *Lathan Las Listrik (Membuat Rigi-Rigi Las)*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Syahyuniar, R., 2017. Kalibrasi Pompa Injeksi Tipe Distributor dalam Persamaan Aliran Bahan Bakar Terhadap Konsumsi Tiap Silinder Engine Diesel. *ELEMEN: JURNAL TEKNIK MESIN 4.3*, pp. 61-69.

Utomo, S., 2019. *Materi Pengelasan*. Malang: Politeknik Negeri Malang.

Widyanto, A. T., 2020. Pengaruh Variasi Waktu Inhibisi dan Media Asam Terhadap Laju Korosi dan Sifat Mekanik Baja ST-41 dengan Inhibitor Ekstrak Kacang Kedelai. *Doctoral dissertation, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya*, p. 4.

Wiriosumarto, H. & Okumura, T., 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT. Pradnya Parmita.

Yudha, 2017. www.niagamas.com. [Online] Available at: <https://www.niagamas.com/company-profile/mesin-las-listrik/> [Diakses 05 Agustus 2021].

Zuhri, T. S., 2017. *Pengelasan Dengan Menggunakan Las Busur Listrik Manual*. [Online] Available at: <https://p4tkpertanian.kemendikbud.go.id> [Diakses 24 Mei 2021].

LAMPIRAN 1

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Muhamad Hafiz
Tempat & Tanggal lahir : Panagkal Pinang, 3 Februari 2000
Alamat : Ds. Sungai Daeng, kec. Muntok
Bangka Barat,
Prov. Bangka Belitung.
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Telp : -
Hp : 082286976336
E-mail : muhammad.mh27.93@gmail.com



2. Riwayat Pendidikan

SD NEGERI 21 Muntok Lulus Tahun 2012
SMP NEGERI 1 Muntok Lulus Tahun 2015
SMA NEGERI 1 Muntok Lulus Tahun 2018

3. Riwayat Pendidikan Non Formal

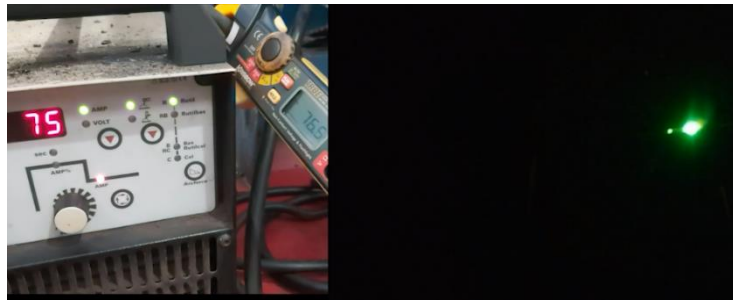
-

Sungailiat, 20 Januari 2022

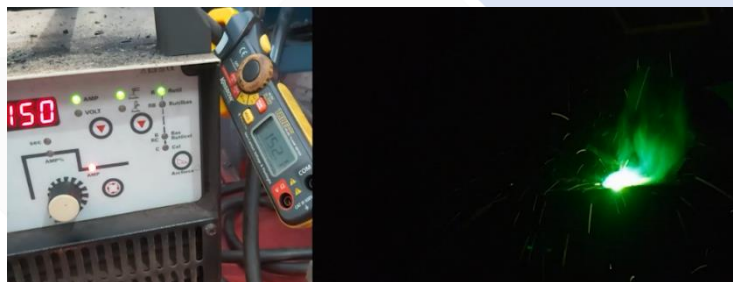
Muhamad Hafiz

LAMPIRAN 2

GAMBAR PENGAMBILAN DATA



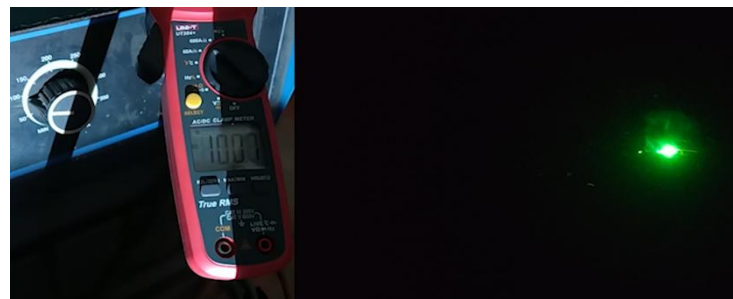
Gambar pengambilan data 75 A mesin ewm pico 300 cel



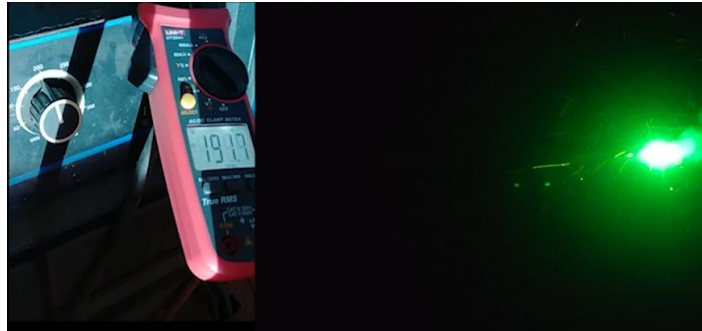
Gambar pengambilan data 150 A mesin ewm pico 300 cel



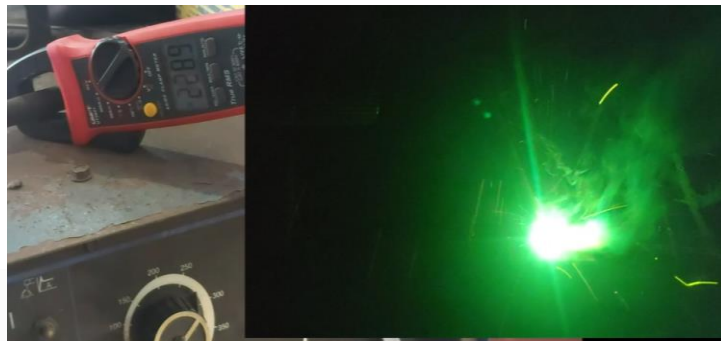
Gambar pengambilan data 150 A mesin ewm pico 300 cel



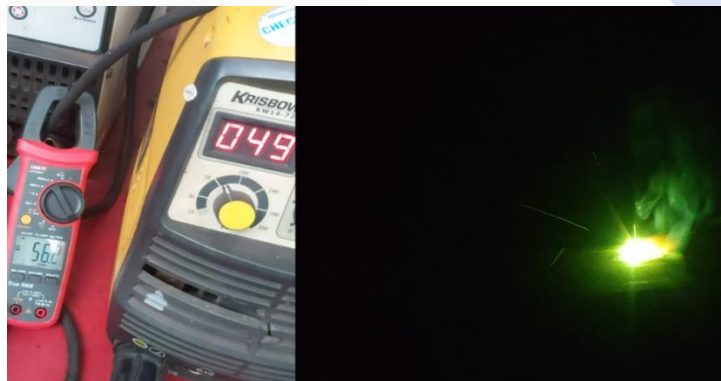
Gambar pengambilan data 99 A mesin miller gold star 402



Gambar pengambilan data 198 A mesin miller gold star 402



Gambar pengambilan data 270 A mesin miller gold star 402



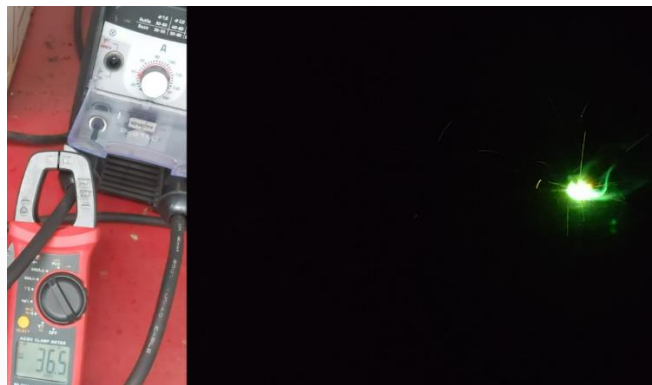
Gambar pengambilan data 50 A mesin krisbow kw14-722



Gambar pengambilan data 100 A mesin krisbow kw14-722



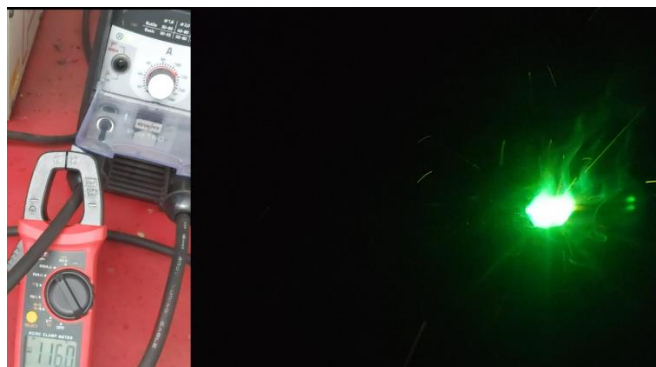
Gambar pengambilan data 150 A mesin krisbow kw14-722



Gambar pengambilan data 37,5 A mesin ewm pico 160



Gambar pengambilan data 75 A mesin ewm pico 160



Gambar pengambilan data 112,5 A mesin ewm pico 160



Gambar saat proses pengelasan



Gambar saat proses kalibrasi