

Pengaruh Penambahan Lapisan Oksida Logam pada Elektroda E6013 terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanis Pengelasan Baja St 37

Adi Wahyu Saputra¹, Juriah Mulyanti^{1*}

¹Departemen Teknik Mesin, Universitas Janabadra,
Jl. Tentara Rakyat Mataram No.55-57, Bumijo, Kec. Jetis, Kota
Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55231

*E-mail: jm.yanti@janabadra.ac.id

Abstrak

Elektroda stick pada pengelasan SMAW adalah logam isian yang dibungkus fluks. Jenis elektroda E6013 merupakan jenis yang banyak digunakan dengan harga yang cukup murah. Komposisi fluks secara detail dari elektroda stick ini tidak diketahui secara pasti. Fluks pada elektroda stick mempunyai banyak fungsi seperti menambah unsur paduan, terbakar sebagai gas pelindung dan pemantap busur. Penelitian ini dilakukan karena adanya keinginan untuk meningkatkan kualitas sambungan las menggunakan elektroda E6013 dengan biaya yang relatif murah untuk jenis baja yang lain seperti baja karbon medium dan baja paduan rendah. Hasil pengujian tarik menunjukkan adanya peningkatan kekuatan pada daerah weld metal untuk beberapa jenis lapisan tambahan oksida logam dibanding tanpa plat tanpa tambahan lapisan oksida logam. Lapisan oksida logam dari jenis MnO mempunyai efek yang lebih besar dari lapisan oksida logam lainnya. Pengujian bending juga menunjukkan kecenderungan yang sama. Hal ini dibuktikan dengan kemampuan ketiga lapisan oksida logam dalam mereduksi penyusupan hidrogen dan oksigen selama pengelasan. Pengamatan fasa-fasa pada sampel las yang di etsa juga menunjukkan penurunan ukuran butir (grain refinement) yang tampak pada weld metal. Pengaruh yang lebih dominan pada penurunan ukuran butir pada weld metal terhadap peningkatan sifat mekanik tidak bisa ditentukan.

Kata kunci: Fluks Al₂O₃, TiO₂, MnO, Elektroda E6013, Sifat Mekanik, Pengelasan SMAW

Abstract

The stick electrode in SMAW welding is a flux-wrapped fill metal. The type of electrode E6013 is the type that is widely used with a fairly cheap price. The detailed flux composition of this stick electrode is not known with certainty. The flux at the stick electrode has many functions such as adding alloying elements, burning as a shielding gas and arc stabilizing. This research was conducted because of the desire to improve the quality of welded joints using E6013 electrodes at a relatively low cost for other types of steel such as medium carbon steel and low alloy steel. The results of the tensile test showed an increase in strength in the weld metal area for several types of metal oxide additional layers compared to no plates without additional metal oxide layers. The metal oxide layer of the MnO type has a greater effect than the other metal oxide layers. The bending test also shows the same tendency. This is evidenced by the ability of the three metal oxide layers to reduce the infiltration of hydrogen and oxygen during welding. Observation of the phases in the etched weld samples also showed a decrease in grain size (grain refinement) which was seen in the weld metal. The more dominant effect on decreasing grain size of weld metal on increasing mechanical properties could not be determined.

Keywords: Flux Al₂O₃, TiO₂, MnO, E6013 Electrode, Mechanical Properties, SMAW Welding

1. Pendahuluan

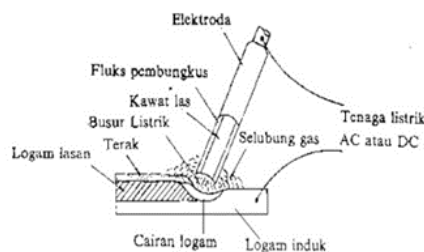
Pada umumnya suatu pabrik yang memproduksi elektroda mempunyai kualitas produk yang sama, akan tetapi komposisi kandungan fluks yang di produksi oleh produsen tersebut tidak diketahui secara pasti. Penggunaan elektroda tertentu dengan jenis material yang bisa dilas serta parameter pengelasan yang diisyaratkan telah memudahkan pengguna las dalam memilihnya. Biasanya standar pengelasan seperti AWS tidak merinci komposisi detail dari fluks dan proses detail untuk pembuatan logam isian (filler metal). Elektroda hanya diisyaratkan untuk memenuhi sifat mekanik minimum dan parameter pengelasan yang bisa digunakan. Seharusnya jika elektroda diproduksi sesuai dengan standard akan memiliki kualitas produk yang sama walaupun dibuat dengan berbagai merk. Dengan bervariasinya komposisi fluks tambahan dan variasi komposisi logam isian menyebabkan kualitas elektroda akan berbeda tiap produsen. Selain itu komposisi kandungan fluks yang diproduksi oleh masing-masing produsen elektroda tersebut tidak dicantumkan dalam kemasan elektroda. Hal ini mungkin sudah menjadi rahasia pabrik dan rahasia dagang pembuat elektroda [1 – 5].

Pada dasarnya semua merk telah memasukan unsur-unsur atau senyawa yang diperlukan seperti yang diisyaratkan oleh standard. Tetapi setelah diuji dengan serangkaian penelitian terdahulu tentang Karakteristik Elektroda E6013 Berbagai Merk terhadap Kualitas All Weld Metal Sambungan Baja Karbon Rendah, lain merk ternyata lain pula karakteristik proses dan kualitas sambungan melalui serangkaian pengujian mekanik dan pengamatan struktur mikro [6].

Dari penelitian sebelumnya tentang Pengamatan Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada Pengelasan A-TIG Baja Tahan Karat AISI 316 dengan Memvariasikan Jenis Komponen Fluks Yunuzir, R. [7] juga diperoleh bahwa karakteristik fluks sangat berpengaruh pada kualitas sambungan dan bentuk busur las TIG. Bentuk busur las yang baik akan memberikan performa sambungan yang baik pula. Dengan alasan ini maka dilakukan penelitian tentang mengaplikasikan fluks ini sebagai tambahan fluks pada elektroda SMAW dengan tujuan mendapatkan peningkatan kualitas yang tinggi dengan biaya rendah. Elektroda E6013 adalah elektroda yang cukup mudah diperoleh di pasaran. Penggunaan elektroda ini terbatas pada baja karbon rendah dengan kekuatan yang tidak terlalu besar. Dengan penambahan fluks diharapkan elektroda ini bisa dipakai pada berbagai jenis baja dengan kualitas yang memadai [8].

1.1 Las SMAW

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) atau Stick welding adalah proses penyambungan logam dengan elektroda berbentuk stick yang terbungkus fluks. Bagian luar (coating fluks) elektroda akan terbakar pada saat proses pengelasan berlangsung dan sebagian menghasilkan gas yang melindungi proses pengelasan terhadap kontaminasi udara luar. Sebagian dari fluks kemudian membentuk slag dan berfungsi untuk menghambat laju pendinginan, sehingga kualitas sambungan lasan menjadi baik. Inti elektroda berfungsi sebagai filler metal (logam isian). Jika elektroda digerakkan pada benda kerja dengan kecepatan yang tepat dan goyangan yang sesuai akan diperoleh deposit lasan seragam disebut dengan weld bead (manik las). Prinsip proses pengelasan SMAW terlihat pada Gambar 1. Busur terbentuk di antara logam induk dan ujung elektroda yang menghasilkan panas sehingga logam induk dan ujung elektroda mencair kemudian membeku bersamaan. Bagian fluks yang mencair berfungsi sebagai penambah unsur paduan pada logam las dan sebagian besar menjadi terak di permukaan untuk melindungi logam yang masih panas dari kontaminasi atmosfer dan menghambat laju pendinginan.



Gambar 1. Pengelasan SMAW

1.2 Elektroda Las

Elektroda E 6013 termasuk elektroda dengan kandungan hidrogen yang rendah dengan slag yang mudah dibuang. Penandaan menurut AWS biasanya dengan kode EXXXX. Huruf E menyatakan elektroda terbungkus untuk SMAW, XX setelah E menyatakan kekuatan tarik deposit bahan lasan dalam 1000 psi, X ketiga menyatakan posisi pengelasan yang bisa dilakukan, X keempat menyatakan jenis fluks yang digunakan. Elektroda E 6013 bisa dipakai untuk berbagai posisi pengelasan juniadi [9].". Berdasarkan AWS Kurniawan, Beny [10]., elektroda E 6013 mempunyai kriteria sebagai berikut :

- Komposisi dari Elektroda E6013
Komposisi karbon dalam elektroda mild steel sekitar 0.15 %, mangan 1.6 %, dan silikon 1 % dari berat elektroda.
- Komposisi dari pelapis kawat inti Elektroda E6013
Pelapis dari kawat ini E6013 terbuat dari low hydrogen potassium, artinya fluks yang mempunyai kandungan hidrogen rendah.

1.3 Fluks/pelapis kawat inti elektroda E6013

Di dalam las elektroda terbungkus fluks yang memegang peran penting karena fluks dapat bertindak sebagai :

- Pemantab Busur
Pembakaran oksida mempengaruhi intensitas loncatan elektron dari elektroda ke logam induk dan ion dari logam induk ke elektroda. Loncatan ion dan elektroda terjadi pada busur yang disebut plasma. Semakin tinggi intensitas semakin banyak energi yang dibawa dan semakin tinggi kemampuan mencairkan logam akan semakin baik terhadap kedalaman penetrasi ataupun lebar manik las.
- Penghasil gas pelindung
Fluks akan terbakar menghasilkan gas yang berfungsi sebagai pelindung busur dan logam cair dari kontaminasi udara luar. Dua jenis gas yang berbahaya bila menyusup adalah oksigen dan hidrogen. Kelarutan gas oksigen dan hidrogen dalam keadaan padat lebih rendah dibanding dalam keadaan cair. Dengan pendinginan yang cepat dikhawatirkan pelepasan gas akibat penurunan batas kelarutan lebih lambat dibanding laju pendinginan yang menyebabkan gas-gas terperangkap.
- Sumber-sumber unsur paduan
Fluks yang digunakan pada pengelasan sebagian akan masuk ke dalam logam lasan, hal ini akan mempengaruhi sifat mekanik dari logam lasan sesuai dengan karakteristik dari bahan yang terkandung pada fluks yang digunakan.

d. Pengatur penetrasi

Kedalaman penetrasi pengelasan dipengaruhi oleh fluks, hal ini juga berhubungan dengan fungsi fluks sebagai pemantap busur, dimana jika busur yang dihasilkan baik maka penetrasinya akan semakin baik. Fluks terdiri dari komposisi bahan-bahan tertentu. Bahan-bahan yang digunakan dapat digolongkan ke dalam bahan pemantapan busur, pembuat terak, penghasil gas, unsur paduan dan bahan pengikat. Bahan-bahan tersebut antara lain oksida-oksida logam, karbonat, silikat, fluorida, zat organik, baja paduan dan serbuk besi. Proses pemindahan logam dari elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa oleh arus busur listrik. Jika arus listrik yang digunakan besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus, sebaliknya arus listrik yang kecil menyebabkan butiran logam cair yang terbawa menjadi kasar. Pola pemindahan logam cair mempengaruhi bentuk manik las dan kedalaman penetrasi dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi bahan fluks yang digunakan [11].

1.4 Fluks/pelapis kawat inti elektroda E6013

a. TiO_2 (*Titanium Dioksida*)

Titanium dioksida merupakan suatu oksida logam yang jika digunakan sebagai oksida logam tambahan pada permukaan elektroda dapat berfungsi sebagai penghasil slag yang baik. Slag yang dihasilkan oleh oksida logam ini sangat baik dalam melindungi lasan dari kontaminasi udara luar dan mencegah udara masuk ke dalam lasan. Selain itu fluks yang mengandung TiO_2 juga berfungsi sebagai penstabil busur yang baik, sehingga dapat memperbaiki penetrasi pengelasan. Manik las yang dihasilkan oleh fluks ini sangat halus sehingga kekuatannya meningkat. Karakteristik dari fluks ini dapat meningkatkan kualitas sambungan las yang diindikasikan dengan meningkatnya sifat mekanik logam lasan [12].

b. Al_2O_3 (*AlumuniumDioksida*)

Oksida logam Al_2O_3 merupakan suatu oksida logam yang selain berfungsi sebagai penghasil slag yang baik juga berfungsi sebagai deoksidator pada proses pengelasan. Dimana oksida logam Al_2O_3 dapat mengikat hidrogen dengan baik sehingga produk lasan memiliki cacat yang sedikit. Akan tetapi oksida logam Al_2O_3 tidak begitu berperan sebagai penstabil busur sehingga penetrasi yang didapatkan tidak begitu meningkat dibandingkan tanpa menggunakan fluks tambahan.

c. MnO (*Manganese Okside*)

Fungsi utama dari oksida logam MnO adalah penghasil slag yang baik, lapisan slag dari fluks MnO melindungi logam lasan dari kontak dengan udara luar sehingga dapat mencegah masuknya hidrogen maupun oksigen ke dalam logam lasan. Weld bead dari fluks MnO juga halus sehingga kekuatan dari logam lasan meningkat. Oksida logam MnO juga berperan sebagai deoksidator yang baik. Selain itu oksida logam MnO memiliki karakteristik sebagai elemen penambah paduan logam lasan.

2. Metode Penelitian

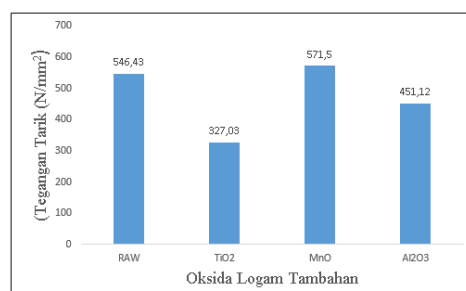
Penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimen yaitu metode penelitian yang digunakan untuk mencari perubahan dari perlakuan tertentu pada kondisi yang dapat dikendalikan. Plat Baja ST 37 dengan ukuran tertentu sebagai base metal dilas dengan tambahan oksida logam dari oksida Al_2O_3 , TiO_2 , dan MnO . Sebagai pembanding digunakan plat yang dilas tanpa lapisan oksida logam tambahan pada elektroda. Oksida logam dilarutkan dalam acetone hingga berbentuk pasta. Pelapisan dilakukan dengan kuas dan dikeringkan hingga semua acetone menguap meninggalkan lapisan fluks tambahan pada elektroda E6013. Semua sampel dilas dengan parameter pengelasan yang dibuat sama.

Pengujian mekanik yang dilakukan meliputi pengujian tarik, uji bending dan pemeriksaan kekerasan mikro. Sampel uji tarik dan uji bending dibuat menurut standard ASTM E8 dan IS 1599 dan dilakukan pada JTM-UTC 220 serial 6604. Pengamatan struktur mikro dilakukan pada daerah weld metal (logam isian) [13].

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Pengujian Tarik

Perbandingan harga kekuatan tarik masing-masing lasan yang elektrodanya dilapisi oksida tambahan dan tanpa oksida logam tambahan diperlihatkan pada Gambar 3. Kekuatan tarik tertinggi diperoleh dari pengelasan dengan elektroda E 6013 yang dilapisi fluks MnO tambahan sebesar 571,46 N/mm^2 , diikuti oleh fluks RAW (tanpa lapisan) tambahan sebesar 546,43 N/mm^2 , sebaliknya pengelasan yang menggunakan elektroda yang dilapisi fluks Al_2O_3 dan TiO_2 lebih rendah dibandingkan dengan elektroda tanpa penambahan lapisan oksida logam.



Gambar 2. Grafik kekuatan tarik rata-rata spesimen uji (σ)

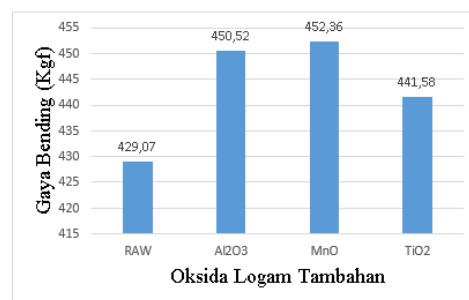
Perbandingan harga kekuatan tarik masing-masing lasan yang elektrodanya dilapisi oksida tambahan dan tanpa oksida logam tambahan diperlihatkan pada Gambar 4. 1. Kekuatan tarik tertinggi diperoleh dari pengelasan dengan elektroda E 6013 yang dilapisi fluks MnO tambahan sebesar 571,46 N/mm², diikuti oleh fluks RAW (tanpa lapisan) tambahan sebesar 546,43 N/mm², sebaliknya pengelasan yang menggunakan elektroda yang dilapisi fluks Al₂O₃ dan TiO₂ lebih rendah dibandingkan dengan elektroda tanpa penambahan lapisan oksida logam.

Berdasarkan kualifikasi AWS (American Welding Society), kekuatan tarik terendah untuk elektroda terbungkus kelompok E 60XX setelah dilas yaitu sebesar 430- 460 N/mm². Sementara nilai kekuatan tarik yang didapat dari pengujian untuk beberapa spesimen ada lebih kecil dari nilai yang seharusnya untuk elektroda E 6013 menurut AWS, hal ini terjadi karena pada saat pengujian bagian dari benda uji yang putus adalah daerah base metal atau HAZ. Hasil ini mengindikasikan bahwa kekuatan sambungan las dari elektroda yang digunakan dalam pengujian lebih baik dari kekuatan logam induk. Untuk mengetahui kekuatan logam las harus diuji pada All Weld Metal, artinya pengujian harus dilakukan pada seluruh logam las bukan pada sambungan las.

Hasil kekuatan tarik elektroda yang menggunakan fluks MnO masih lebih baik dari pada tanpa oksida logam tambahan. Dikarenakan selama logam mencair MnO akan melepas oksigen dan Mn akan mengikat sulfur. Diketahui bahwa sulfur yang rentan membentuk fasa getas FeS. Mangan yang ditambahkan melalui MnO dapat mereduksi sulfur yang terdapat pada logam. Adanya gas terperangkap membentuk porositas dan fasa getas FeS (dapat dianggap sebagai pengotor/inklusi) dapat terlihat jelas sebagai void pada logam yang diamplas dan dipoles sebelum dietsa.

3.2. Pengujian Bending

Perbandingan harga kekuatan bending empat variasi lapisan fluks pada permukaan elektroda dapat dilihat pada Gambar 4. berikut ini



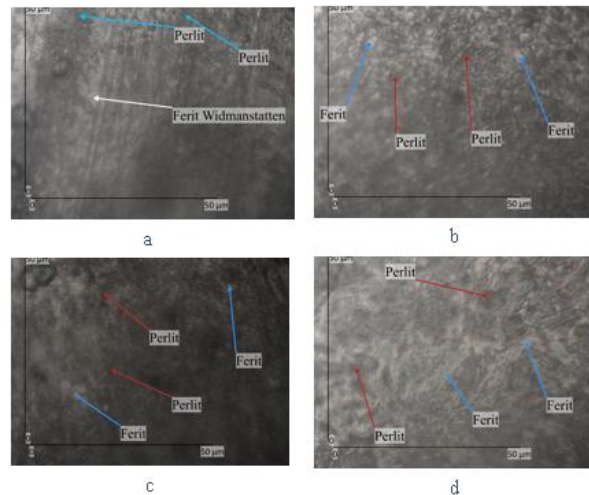
Gambar 3. Grafik gaya bending rata-rata spesimen uji (Kg)

Pada data diatas diperoleh bahwa gaya bending tertinggi diperoleh pada pengelasan yang menggunakan lapisan oksida logam tambahan MnO yaitu 452,36 kgf, diikuti oleh fluks Al₂O₃ senilai 450,52 kgf, fluks TiO₂ sebesar 441,58 kgf. Pengelasan tanpa oksida logam tambahan mempunyai gaya bending terkecil yaitu 429,07 kgf. Dapat disimpulkan bahwa semua jenis oksida logam (TiO₂, MnO dan Al₂O₃) mempunyai efek positif meningkatkan kekuatan bending logam lasan.

Mendukung hasil pengujian tarik hasil diperoleh kekuatan tarik tertinggi adalah fluks dengan lapisan MnO dan hasil yang terendah dari pengujian tarik adalah TiO₂, hasil pengujian bending juga diperoleh kekuatan bending tertinggi dengan oksida logam tambahan MnO, sedangkan yang paling rendah terdapat pada tanpa penambahan fluks. Penjelasan yang paling masuk akal adalah karena fluks MnO mampu menahan masuknya gas-gas selama proses dan pelindung yang baik dalam bentuk slag. Semakin sedikit gas-gas yang terperangkap semakin sedikit void yang terdapat pada logam lasan dan akhirnya kekuatan bending akan lebih baik.

3.3. Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dari logam juga dilakukan pada permukaan yang sudah dietsa. Permukaan etsa memperlihatkan distribusi fasa, jenis fas dan ukuran fasa-fasa. Hasil proses pengelasan akan terlihat jelas perubahan struktur mikro akibat pemanasan dan pendinginan serta memberikan informasi mengenai kualitas weld metal.



Gambar 4. Struktur mikro (a) Tanpa lapisan oksida logam, (b) lapisan oksida logam Al_2O_3 , (c) lapisan oksida logam MnO , (d) lapisan oksida logam TiO_2

Pada pengamatan fasa-fasa pada weld metal diperoleh fasa ferrite lebih dominan dibanding pearlite. Pearlite adalah gabungan dua fasa ferrite dan cementite terjadi dengan reaksi tiga fasa eutektoid. Semakin sedikit jumlah pearlite menunjukkan kandungan karbon yang semakin rendah dari logam. Terlihat untuk satu jenis oksida logam tambahan ukuran butir hampir merata pada setiap bagian. Bagian yang gelap merupakan fasa pearlite sedangkan bagian yang terang adalah fasa ferrite [14].

Ukuran fasa-fasa pada mikroskop struktur weld metal pada Gambar 4. Menunjukkan butir yang paling besar pada pengelasan tanpa fluks tambahan. Semua fluks mempunyai pengaruh yang hampir sama yaitu mereduksi ukuran butir pada weld metal. Efek paling besar diberikan oleh Fluks MnO dengan ukuran butir paling kecil [15].

4. Kesimpulan

Pengujian kekuatan sambungan dengan menambahkan oksida logam sebagai pelapis fluks pada elektroda E6013 untuk pengelasan baja St 37 memberikan kesimpulan sebagai berikut :

- Kekuatan tarik tertinggi terdapat pada elektroda dengan oksida logam tambahan MnO .
- Kekuatan bending yang paling baik adalah pada elektroda yang dilapisi oksida logam tambahan MnO .
- Fasa yang terbentuk adalah ferrite dan pearlit.
- Semua jenis oksida logam tambahan memberikan efek penghalusan butir pada weld metal dan mampu meningkatkan sifat mekanik. Efek yang paling besar diberikan oleh oksida logam tambahan MnO .
- Oksida Logam yang paling baik sebagai oksida logam tambahan adalah oksida MnO .

Daftar Pustaka

- [1] Hery Sonawan, R. S. (2006). Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam. Cetakan Kedua.
- [2] Wiryosumano, H. (2000). TEKNOLOGI PENGELASAN LOGAM. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- [3] BHAVAN, M. (1997, FEBRUARY). METHOD FOR BEND TEST. INDIAN STANDARD.
- [4] Arifin, S. (1997). Las Listrik dan Otogen. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- [5] Alip, M. (1989). Teori dan Praktik Las. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- [6] Affi, J. (2000, oktober). Karakteristik Elektroda E6013 Berbagai Merk terhadap Kualitas All Weld Metal Sambungan. Laporan Tugas Akhir.
- [7] Yunuzir, R. (2005). Analisis perbandingan kualitas elektroda E6013 produk lokal dan import. Laporan Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin, asan Pegas Daun Dalam Proses Hardening. *Jurnal POROS TEKNIK*, 6, 55-120.
- [8] Affi, J. (2003, oktober). Pengaruh lapisan SiO_2 dan Al_2O_3 Pada Permukaan Logam Yang Dilas dengan TIG terhadap Penetrasi dan Produktifitas. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri Edisi 5 tahun III*.
- [9] Juniadi. (2021). "Elektroda berselaput", junaidilas.blogspot.com/2018/01/elektroda-berselaput.html, diakses pada 10 juli 2021 pukul 19:00
- [10] Kurniawan, Beny. (2021). "Menghitung Berat Kawat Las Berdasarkan Diameter Dan Panjangnya", <https://id.scribd.com/doc/138324596/Menghitung-Berat-Kawat-Las-Berdasarkan-Diameter-Dan-Panjangnya>, diakses pada 14 juni 2021 pukul 12:00.

- [11] ANDANI, R. (2015). Pengaruh Doping MnO_2 Dan Temperatur Sintering Terhadap Sifat Ferroelektrik Dan Magnetik $PbTiO_3$ Dengan Metode Mechanical Alloying. JURNAL TUGAS AKHIR – TL 141584.
- [12] Stefanie Amni Pataya, P. L. (2016). Karakterisasi Lapisan Tipis Titanium Dioksida (TiO_2) Yang Ditumbuhkan Dengan Metode Spin Coating Diatas Substrat Kaca. jurnal Tugas Akhir, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- [13] ASM. (1989). Metallurgy and Microstructures. ohio: ASM Handbook Committe.
- [14] Adawiyah, R. (2014, Adawiyah, R. (2014, desember). Pengaruh Perbedaan Media Pendingin Terhadap Strukturmikro Dan Kekerasan Pegas Daun Dalam Proses Hardening. Jurnal POROS TEKNIK, 6, 55-120.
- [15] Ariyanta, A. (2020). ANALISIS PENGARUH WAKTU TAHAN PENDINGINAN PROSES HEAT TREATMENT DENGAN MEDIA PENDINGIN OLI PADA BAJA AISI 1045 APLIKASI PISAU PENCACAH. Laporan Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin