



Pengaruh Variasi Suhu Tempering Terhadap Hasil Pengelasan Elektroda SMAW E6013 Pada Baja SS400

Leo Van Gunawan¹, Muhammad Luthfi², Muhamad Ghozali³, Sukroni⁴, Mohammad Azwar Amat⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Indramayu

¹leovangunawan@polindra.ac.id ²mhm.luthfi@polindra.ac.id ³muhamadghozali@polindra.ac.id
⁴sukroni1990@polindra.ac.id ⁵azwar.amat@polindra.ac.id

Abstract

E6013 is a Shield Metal Arc Welding (SMAW) welding electrode which is often used in the building construction and shipbuilding industries. Apart from its cheap price, this electrode can also be used in all kinds of welding positions and can be used on AC / DC welding machines. SS400 is a type of low carbon steel that is most widely used in building and ship construction. SS400 steel is required to have metal mechanical properties that are able to withstand stress in building and ship construction, so a tempering process is required for the welding material to eliminate residual stress and increase the ductility of the material. The aim of this research is to determine the effect of variations in tempering temperature on welding SS400 steel. The welding position used in this research is 1G with a single V-Groove. The research method used is experimentation. The specimens were divided into two groups, namely the control group and the experimental group. The control group contains welding specimens that were not given tempering treatment. The experimental group contains welding specimens that were given various tempering temperatures. The tensile test results of the material showed the highest increase due to the influence of the tempering temperature of 541.195 MPa at a temperature of 200°C. The highest decrease in material hardness at a temperature of 350°C was 165.69 HV. The growth of ferrite grains in the microstructure of the material also indicates that the welded material becomes more ductile after the tempering process. The results of this research can be used as an alternative way to increase the ductility of welded materials, especially SS400 steel.

Keywords: Tempering, SMAW, E6013, SS400

Abstrak

E6013 merupakan elektroda pengelasan *Shield Metal Arc Welding* (SMAW) yang sering digunakan dalam industri konstruksi bangunan maupun galangan kapal. Selain harganya yang murah, elektroda ini juga dapat digunakan pada segala macam posisi pengelasan serta dapat digunakan pada mesin Las AC / DC. SS400 merupakan jenis baja karbon rendah yang paling banyak digunakan dalam pembuatan konstruksi bangunan maupun kapal. Baja SS400 dituntut memiliki sifat mekanik logam yang mampu menahan tegangan pada konstruksi bangunan maupun kapal, sehingga diperlukan proses tempering pada material pengelasan untuk menghilangkan tegangan sisa dan meningkatkan keuletan material. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi suhu tempering terhadap pengelasan baja SS400. Posisi pengelasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1G dengan kampuh *single V-Groove*. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen. Spesimen dibagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Kelompok kontrol berisi spesimen hasil pengelasan yang tidak diberikan perlakuan tempering. Kelompok eksperimen berisi spesimen hasil pengelasan yang diberikan variasi suhu tempering. Hasil pengujian tarik material menunjukkan peningkatan tertinggi akibat pengaruh suhu tempering sebesar 541,195 MPa pada suhu 200°C. Penurunan tertinggi kekerasan material pada suhu 350°C sebesar 165,69 HV. Tumbuhnya butiran ferrit pada struktur mikro material juga mengindikasikan semakin uletnya material hasil pengelasan setelah dilakukan proses tempering. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai alternatif cara untuk meningkatkan keuletan material hasil pengelasan khususnya pada baja SS400.

Kata kunci: Tempering, SMAW, E6013, SS400

1. Pendahuluan

Shield Metal Arc Welding (SMAW) adalah jenis pengelasan yang umum digunakan di Indonesia. SMAW digunakan dalam berbagai industri seperti konstruksi bangunan dan galangan kapal. Pengelasan SMAW merupakan proses pengelasan yang menggunakan panas untuk mencairkan material dasar atau logam induk dan elektroda (logam pengisi) [1]. Selama proses pengelasan *fluks* pada elektroda akan terbakar dan menghasilkan gas pelindung untuk melindungi cairan logam las, menstabilkan busur dan melindungi dari kotoran seperti oksida dan nitride [2]. Beragamnya elektroda yang dapat digunakan pada SMAW seperti *Basic Low Hydrogen (E7018)*, *Rutile (E6013)* dan *Cellulosa (E6010)* menjadikan proses pengelasan SMAW menarik untuk dilakukan penelitian tentang sifat metalurginya [3].

E6013 merupakan elektroda pengelasan *Shield Metal Arc Welding (SMAW)* yang sering digunakan dalam industri konstruksi bangunan maupun galangan kapal. Selain harganya yang murah, elektroda ini juga dapat digunakan pada segala macam posisi pengelasan serta dapat digunakan pada mesin Las AC / DC. Menurut *American Welding Society (AWS)* Elektroda E6013 memiliki kandungan *fluks* titanium oksida tinggi dengan kandungan serbuk besi sebanyak 30%. Penggunaan elektroda ini dapat mengurangi *spatter* pada hasil pengelasan [4].

Salah satu proses perlakuan panas yang dapat mengurangi tegangan sisa, merubah susunan butiran material, mengurangi kekerasan material dan meningkatkan keuletan material setelah proses pengelasan adalah tempering [5]. Tempering merupakan proses perlakuan panas dengan cara memanaskan kembali suatu logam yang telah dikeraskan melalui proses *quenching* pada suhu di bawah suhu kritisnya selama waktu tertentu [6].

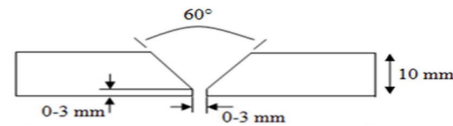
SS400 merupakan jenis baja karbon rendah yang memiliki kadar karbon di bawah 0,3%. Baja SS400 paling banyak digunakan dalam pembuatan konstruksi lambung kapal [7]. Material Baja SS400 dituntut memiliki sifat mekanik logam yang mampu menahan tegangan pada konstruksi lambung kapal, sehingga diperlukan proses tempering pada hasil pengelasan untuk menghilangkan tegangan sisa, menurunkan kekerasan dan meningkatkan keuletan material.

Penelitian terdahulu tentang pengaruh variasi suhu tempering 300°C, 400°C dan 500°C terhadap Baja AISI 4140 di dapatkan bahwa semakin meningkatnya suhu tempering dapat menurunkan kekerasan suatu material dan meningkatkan kekuatan tarik material [8]. Penelitian lain tentang pengaruh variasi suhu tempering 200°C, 400°C dan 600°C pada Baja Karbon NS 1045 dapat memperbaiki struktur butir logam setelah dilakukan pengujian mikrostruktur [9].

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah spesimen yang diberikan tempering merupakan Baja SS400 yang telah dilakukan pengelasan SMAW menggunakan elektroda E6013. Variasi suhu tempering yang digunakan adalah 200°C, 250°C, 300°C dan 350° yang ditahan selama 60 menit. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperbaiki struktur butir akibat tegangan sisa pengelasan, menurunkan kekerasan material dan meningkatkan keuletannya.

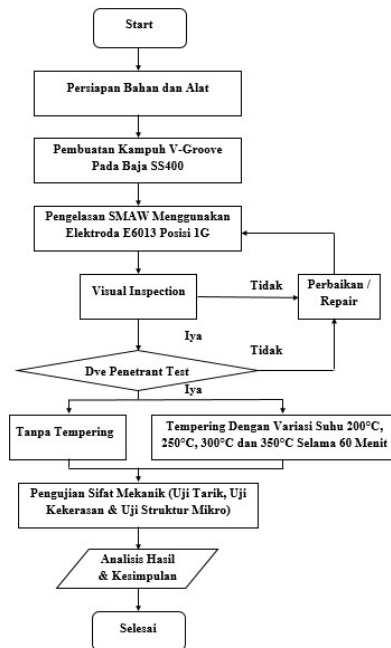
2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *experiment*. Material logam induk yang digunakan untuk pengelasan adalah Baja SS400 dengan dimensi pelat 200x100x10 mm. Posisi pengelasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1G dengan dimensi kampuh seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Dimensi Kampuh *Single V-Groove*

Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini adalah E6013 dengan polaritas DCEN untuk pengelasan *Root* dan DCEP untuk pengelasan *Fill* dan *Capping*. Setelah selesai dilakukan proses pengelasan maka spesimen di dinginkan menggunakan udara. Adapun tahapan proses penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Setelah spesimen selesai dilakukan proses pengelasan maka tahap selanjutnya adalah dilakukan proses inspeksi dan pengujian sebagai berikut :

1) Visual Inspection

Visual Inspection dilakukan dengan memeriksa permukaan hasil pengelasan pada bagian *capping* dan *root* menggunakan kaca pembesar, lampu senter dan *welding gauge* [10]. Hal ini untuk memeriksa apakah ada cacat pengelasan pada permukaan las seperti *undercut*, *porosity* dll. Spesimen yang lulus *visual inspection* kemudian akan dilakukan inspeksi menggunakan *dye penetrant*.

2) Dye Penetrant

Dye Penetrant dilakukan untuk menginspeksi cacat pada rongga permukaan hasil pengelasan di bagian *capping* ataupun *root* yang tidak bisa dilihat secara visual menggunakan kaca pembesar. Spesimen yang lulus inspeksi *dye penetrant* ditandai dengan tidak munculnya cairan warna merah pada permukaan hasil pengelasan. Spesimen yang lulus inspeksi *dye penetrant* seperti Gambar 3 akan digunakan sebagai variabel kontrol penelitian dan sebagian lagi akan dilakukan proses tempering dengan variasi suhu 200°C, 250°C, 300°C dan 350°C serta ditahan selama 60 menit.

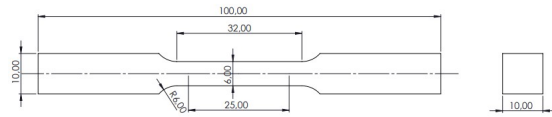


Gambar 3. Hasil Inspeksi *Dye Penetrant*

3) Uji Tarik

Pengujian tarik merupakan jenis pengujian untuk mengetahui kapasitas tegangan tarik maksimum dan regangan dari suatu material. Prosedur pengujian dan dimensi spesimen uji tarik

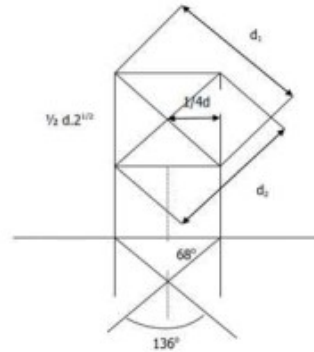
menggunakan standar ASTM E8 seperti ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Dimensi Spesimen Uji Tarik

4) Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan menggunakan metode Vickers dimana piramida intan pada indentor ditekan dengan tekanan tertentu sehingga meninggalkan bekas pada material yang dapat dihitung sebagai nilai kekerasan Vickers [11]. Pengujian ini menggunakan standar ASTM 92-82. Dimensi indentor yang digunakan untuk pengujian Vickers seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Dimensi Indentor

5) Uji Struktur Mikro

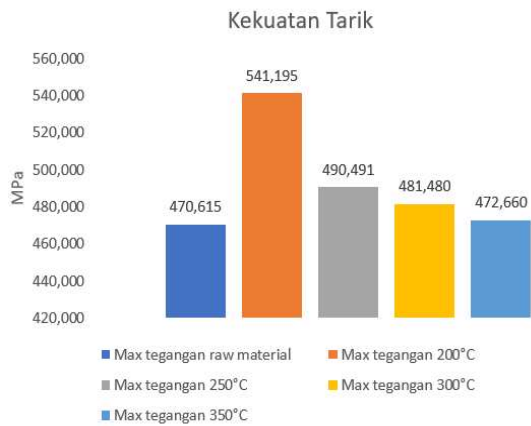
Pengujian struktur mikro ini menggunakan standar ASTM E3 dengan langkah-langkah pengujian sebagai berikut : pemotongan spesimen, pengerindaan, polishing, etsa dan pengamatan menggunakan mikroskop [12]. Mikroskop yang digunakan pada penelitian ini adalah Olympus BX3M seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Olympus BX3M

3. Hasil dan Pembahasan

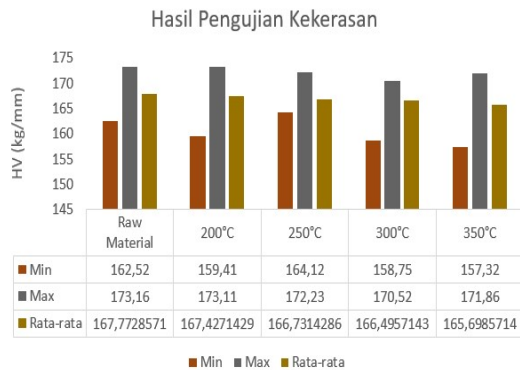
3.1 Hasil Pengujian Tarik



Gambar 7. Grafik Hasil Uji Kekuatan Tarik

Gambar 7 menunjukkan grafik hasil pengujian tarik material hasil pengelasan baja SS400 tanpa perlakuan tempering (*raw material*) dan dengan variasi suhu tempering 200°C, 250°C, 300°C dan 350°C. Kekuatan tarik maksimum tanpa perlakuan tempering (*raw material*) didapatkan 470,615 MPa. Kekuatan tarik material dengan variasi suhu tempering 200°C, 250°C, 300°C dan 350°C mengalami peningkatan dari *raw material*. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan kekuatan material karena pengaruh suhu tempering. Hal ini selaras dengan hasil penelitian Harahap [13]. Peningkatan kekuatan tarik tertinggi terjadi pada spesimen dengan perlakuan tempering 200°C sebesar 541,195 MPa. Namun semakin tinggi suhu tempering maka kekuatan tarik yang dihasilkan semakin menurun [14].

3.2 Hasil Pengujian Kekerasan

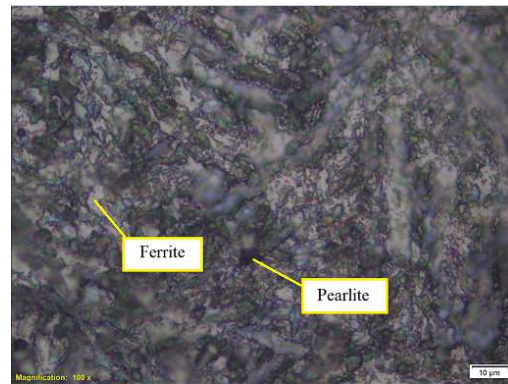


Gambar 8. Grafik Hasil Uji Kekerasan

Gambar 8 menunjukkan grafik hasil pengujian kekerasan hasil pengelasan baja SS400 tanpa perlakuan tempering (*raw material*) dan dengan variasi suhu tempering 200°C, 250°C, 300°C dan 350°C. Setelah melakukan pengujian kekerasan dengan menggunakan metode Vickers sebanyak tujuh

kali percobaan di dapatkan bahwa rata-rata hasil pengujian kekerasan pada material yang diberikan tempering cenderung menurun nilai kekerasannya dari *raw material*. Penurunan nilai kekerasan tertinggi terjadi pada spesimen yang diberikan perlakuan tempering dengan suhu 350°C sebesar 165,69 HV. Hal ini sesuai dengan tujuan dari proses dilakukannya tempering yaitu untuk mengurangi nilai kekerasan dari suatu material [15]. Nilai kekerasan material turun akibat berkurangnya fasa *Martensite* akibat proses tempering pada material [16].

3.3 Hasil Pengujian Mikrostruktur



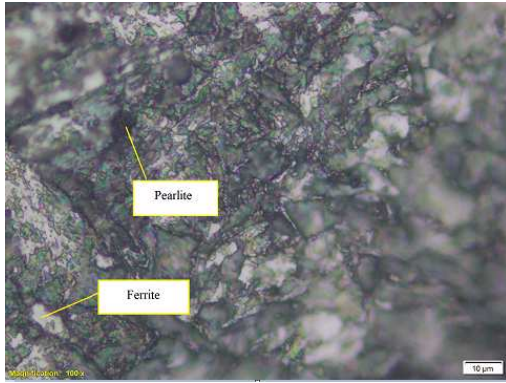
Gambar 9. Strukturmikro Tanpa Tempering



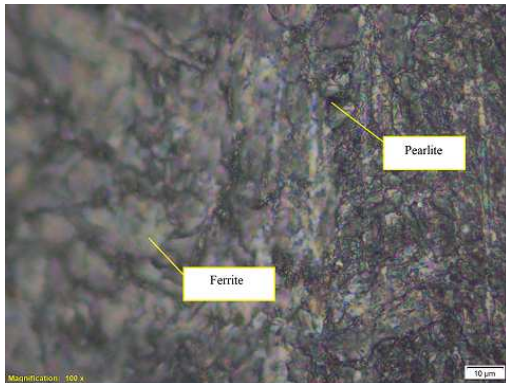
Gambar 10. Strukturmikro Suhu Tempering 200°C



Gambar 11. Strukturmikro Suhu Tempering 250°C



Gambar 12. Strukturmikro Suhu Tempering 300°C



Gambar 13. Strukturmikro Suhu Tempering 350°C

Hasil pengujian strukturmikro pada Gambar 9-13 di dapatkan dua bagian yaitu *Pearlite* (bagian berwarna hitam) dan *Ferrite* (bagian berwarna putih). *Pearlite* memiliki pengaruh keras dan getas pada material. *Ferrite* memiliki pengaruh lunak, ulet dan memiliki konduktivitas tinggi pada material [17]. Hasil pengujian strukturmikro di dapatkan bahwa pemberian perlakuan suhu tempering pada material hasil pengelasan akan menyebabkan bertumbuhnya butiran *Ferrite* sehingga dapat meningkatkan keuletan material.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa pemberian perlakuan variasi suhu tempering pada hasil pengelasan elektroda E6013 pada baja SS400 dapat meningkatkan keuletan material dan menurunkan kadar kekerasannya. Peningkatan kekuatan tarik tertinggi di dapatkan pada suhu tempering 200°C sebesar 541,195 MPa. Penurunan kadar kekerasan tertinggi di dapatkan pada suhu tempering 350°C sebesar 165,69 HV. Semakin tinggi suhu tempering akan mempengaruhi pertumbuhan butiran *ferrite* semakin banyak sehingga dapat menambah keuletan dan konduktivitas material.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada Politeknik Negeri Indramayu yang telah memfasilitasi laboratorium untuk pengujian material.

Daftar Pustaka

- [1] B. Surono, T. C. Wahyudi, E. Nugroho, and S. Santoso, "Pengaruh Jenis Elektroda Pada Sambungan Las Plat Baja Terhadap," vol. 12, no. 02, Hal. 363–371, 2023.
- [2] D. E. P. Klenam *et al.*, "Welding of magnesium and its alloys: An overview of methods and process parameters and their effects on mechanical behaviour and structural integrity of the welds," *Manuf. Rev.*, vol. 8, 2021, doi: 10.1051/mfreview/2021028.
- [3] A. Nassar, R. Lefta, and M. Abdulsada, "Experimental Study of the Effect of Welding Electrode Types on Tensile Properties of Low Carbon Steel Aisi1010," *Kyfa J. Eng.*, vol. 9, no. 4, pp. 163–173, 2021, doi: 10.30572/2018/kje/090411.
- [4] Suherman, "Pengaruh Jenis Elektroda E6013 Pada Pengelasan Smaw Terhadap," *Confrence Pap.*, no. March, 2019.
- [5] Budiarto, A. H. Dikki, Adiman, and O. D. Fajar, "The heat treatment of austenitisation analysis of medium carbon steel to the hardness, microstructure, and tensile strength," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 725, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/725/1/012036.
- [6] L. Van Gunawan, P. S. Andika, T. Endramawan, and ..., "Analisis Pengaruh Variasi Suhu Tempering Pada Sifat Mekanik Baja ASTM A36 Setelah Pengelasan SMAW Menggunakan Elektroda E 7016," *Infotekmesin*, vol. 15, no. 01, Hal. 187–193, 2024, doi: 10.35970/infotekmesin.v15i1.2144.
- [7] S. J. Mathews Yose Pratama, Untung Budiarto, Wilma, "Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik, Tekuk, dan Mikrografi Pada Sambungan Las Baja SS 400 Akibat Pengelasan FCAW (Flux- Cored Arc Welding) dengan Variasi Jenis Kampuh dan Posisi Pengelasan," *Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 2, Hal. 152–160, 2019.
- [8] S. Mahardika, "Analisa Rekayasa Sifat Mekanik Baja Aisi 4140 Dengan Variasi Suhu Tempering Untuk Meningkatkan Keuletan Dan Kekerasan Material," *J. Mekanova*, vol. 6, no. 1, Hal. 1–6, 2020.
- [9] B. A. Hanggara and M. R. Harahap, "Pengaruh Posisi Pengelasan SMAW Dengan Variasi Posisi Elektroda E3086 Terhadap Kekuatan Impak Pada Stainless Steel AISI 304," *Piston*, vol. 4, no. 1, Hal. 22–28, 2019.
- [10] A. Wari, H. Nurdin, and K. Z. Ya, "Porosity Defect Analysis in ST 37 Steel Welding Joints Using the Dye Penetrant Method," *Teknomekanik*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, 2020, doi: 10.24036/tm.v3i1.5272.
- [11] A. Santoso, A. Sirajuddin, Mustafa, and A. Idhan, "Analisis Kekuatan Tarik, Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Pengelasan SMAW Yang Menggunakan Elektroda E6013 Dengan Variasi Gerakan Elektroda," *J. Mek.*, vol. 9, no. 2, Hal. 855–864, 2018.

- [12] B. Prabawanto, A. Hafizh, and A. Rasyid, "Pengaruh Annealing Terhadap Sifat Mekanis Daerah HAZ Pengelasan GMAW Baja SM490 Pada Bogie Kereta Api Pengaruh Annealing Terhadap Sifat Mekanis Daerah Haz Pengelasan Gmaw Baja Sm490 Normalizing Dan Tanpa Normalizing Pada Bogie Kereta Api Di Pt.Inka Madiun," *J. Tek. Mesin Unesa*, Hal. 75–82, 2018.
- [13] M. R. Harahap, "Pengaruh Tempering Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Ns-1045 Yang Dikarbonisasi," *Semin. Nas. Tek. UISU*, Hal. 11–15, 2022
- [14] Resky Aditama, "Studi Ekseperimen Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Baja Karbon Pegas Daun AISI 1095 Pada Mobil Kijang Kapsul 7K-EFI Tahun 2000 Dengan Perlakuan Panas Tempering," *J. Tek. Mesin Unesa*, vol. 7, no. 1, Hal. 1–10, 2019.
- [15] M. N. Mujaddedy, J. Jufriadi, and A. Ibrahim, "Analisa Pengaruh Qhuenching Dan Tempering Terhadap Sifat Mekanik Pada Baja Aisi 1050," *J. Mesin Sains Terap.*, vol. 4, no. 2, Hal. 125, 2020, doi: 10.30811/jmst.v4i2.2020.
- [16] A. R. S. Nurhidayat, N. A. S. Laksana, and Y. Yurianto, "Pengaruh Metode Quenching dan Tempering Terhadap Kekerasan Material Hot rolled Plate (HRP) Steel," *Infotekmesin*, vol. 14, no. 2, Hal. 362–367, 2023, doi: 10.35970/infotekmesin.v14i2.1927.
- [17] L. Farida, M. Hidayat, and M. Fawaid, "Pengaruh Variasi Sudut Pengelasan Gmaw Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Baja Astm a36," *J. Pendidik. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 1, Hal. 15–27, 2022, doi: 10.36706/jptm.v9i1.15940.
-