

ANALISIS PENGARUH VARIASIRAH PENGELASAN *HARDFACING* TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA ASTM A36

Jatmoko Awali ¹⁾ ✉, M. Arzil Maulana ¹⁾, Fikan Mubarak Rohimsyah ¹⁾, Yunita Triana ¹⁾

¹⁾ Teknik Material dan Metalurgi
Institut Teknologi Kalimantan
Soekarno Hatta KM 15, Karang Joang,
Kecamatan Balikpapan Utara, 76127
jatmoko.awali@lecturer.itk.ac.id
06181048@itk.ac.id
Fikan.mubarak@lecturer.itk.ac.id
nita@lecturer.itk.ac.id

Abstract

Welding is a metal joining process with filler or without filler. The welding method is also used to thicken the surface of the material or hardfacing. Hardfacing is a welding process with the aim of improving mechanical properties and is used on worn components by using SMAW welding, SMAW welding is used because it is relatively inexpensive and flexible. The purpose of this study was to determine the effect of hardfacing with SMAW welding direction variations on the tensile strength and microstructure of ASTM A36 steel material. The welding directions are horizontal, vertical and diagonal. This study used ASTM A 36 steel with a thickness of 5 mm. The welding electrode was E7018 with a diameter of 3.2 mm and a current of 130 A. After conducting this research, the highest average tensile strength value was found in the vertical direction, which was 474.74 N/mm². The average value of the tensile strength in the diagonal direction is 446.715 N/mm². The average horizontal tensile strength value is 420.785 N/mm².

Keywords: *Hardfacing, Welding Direction, Tensile Strength, ASTM A36, SMAW*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam segala bidang kehidupan semakin berkembang pesat, salah satu diantaranya adalah bidang Industri. Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2020 impor baja sebesar 3,9 juta ton dan mengalami peningkatan sebesar 4,8 juta ton pada tahun 2021. Kebutuhan besi dan baja setiap tahunnya yang mengalami peningkatan, tentunya berdampak pada kenaikan harga pada material dan juga terhadap produk yang akan dijual. Hal ini proses *remanufacturing* perlu dilakukan perusahaan yang bergerak dalam bidang industri besi dan baja.

Proses *remanufacturing* yaitu proses membuat barang yang habis masa pakainya yang mempunyai kualitas yang meliputi fungsi, kegunaan, performa seperti barang baru, selain itu bisa menghemat dalam beberapa komponen biaya akan tetapi mempunyai kualitas yang bisa bersaing, harga lebih rendah daripada harga produk baru ^[1]. Contoh proses *remanufacturing* dalam dunia industri adalah pengelasan, pada umumnya pengelasan termasuk penyambungan 2 material ataupun lebih. Akan tetapi pengelasan juga bisa dipakai guna mengisi lubang hasil pengecoran, menciptakan lapisan perkakas dan juga untuk mempertebal permukaan material ^[2]. Menurut definisi *Deutsche Industrie Normen* (DIN), pengelasan

Corresponding Author:

✉ **Jatmoko Awali**

Received on: 2023-03-21

Revised on: 2023-08-28

Accepted on: 2023-08-28

adalah ikatan metalurgi dari sambungan logam paduan dalam keadaan cair. Pada saat pengelasan, arus merupakan faktor yang mempengaruhi hasil pengelasan busur. Jika arus yang digunakan rendah maka penyalaan busur listrik kurang stabil, sehingga *substrate* dan elektroda tidak mencair dengan baik dan menghasilkan rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penetrasinya kurang dalam. Jika arus yang digunakan semakin besar maka akan mencair terlalu cepat dan permukaan las yang lebar serta penetrasinya dalam sehingga kekuatan Tarik akan semakin rendah dan hasil pengelasan akan rapuh [3].

Metode yang dipakai untuk mengeraskan permukaan material baja karbon bisa dilaksanakan dengan proses *carburizing*, *carbonitriding*, *hardfacing* dan lain – lain, proses itu yang menyatukan karbon pada permukaannya [4]. Akan tetapi metode *hardfacing* lebih sering dipakai sebab mempunyai keuntungan diantaranya *cost* rendah, penggunaannya yang relatif mudah serta sifat mekanik yang dihasilkan juga tinggi. Metode pelapisan ataupun penambahan daging yang sering juga disebut proses *hardfacing*. *Hardfacing* merupakan proses perbaikan pada permukaan logam menggunakan proses pengelasan dengan material yang baru untuk memperpanjang umur pakainya [5]. *Hardfacing* juga termasuk aplikasi *build up* dari deposito baja karbon rendah, seperti baja ASTM A36 dengan cara proses pengelasan. Prosedur ini menghasilkan endapan las pada pelat baja dengan melelehkan kawat las dan pelat baja sebagai substrat. Deposit *layer* disusun di atas substrat hingga mengisi seluruh permukaan dari substrat itu untuk meningkatkan kualitas mekaniknya serta membangun struktur yang lebih kaku *Hardfacing* bisa dilaksanakan dengan beberapa proses pengelasan, tetapi yang umum dipakai adalah proses pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc welding*) [6].

SMAW adalah proses pengelasan yang memakai arus busur dan elektroda berlapis. Pada pengelasan SMAW, gas pelindung dihasilkan saat membran elektroda meleleh, oleh sebab itu tidak perlu memakai gas inert untuk melindunginya dari kontaminasi udara, yang bisa menyebabkan korosi dan gelembung pada las [7]. Arus dapat mempengaruhi hasil pengelasan seperti sifat mekanik dan juga struktur mikronya [8]. Pengelasan SMAW mempunyai beberapa kelebihan diantaranya adalah proses pengelasannya bisa dilaksanakan pada beberapa posisi pengelasan, fleksibel, dan lebih ekonomis jika dibandingkan dengan proses pengelasan lainnya. Pada penggunaannya pengelasan *hardfacing* metode SMAW sering digunakan sebatas untuk mengeraskan permukaan material, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai analisis pengaruh *hardfacing* pengelasan SMAW variasi arah pengelasan terhadap kekuatan Tarik dan struktur mikro pada baja ASTM A36 yang bertujuan untuk mengetahui variasi arah pengelasan terhadap sifat mekanik dari hasil pengelasan *hardfacing*. Selain itu penelitian ini dapat menghasilkan material yang dapat diimplementasikan pada perusahaan sebagai material baru dengan biaya produksi yang rendah.

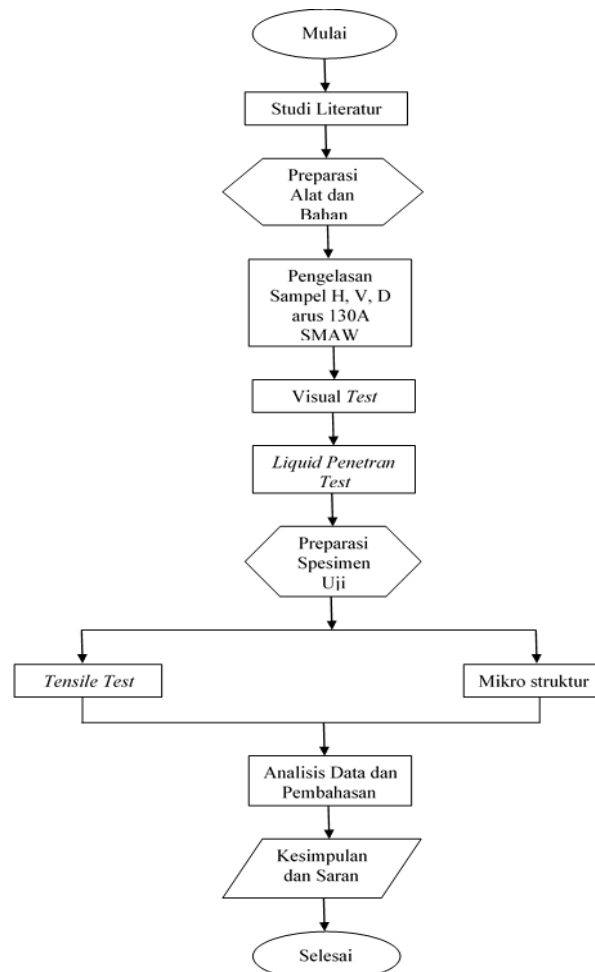
2. METODE DAN BAHAN

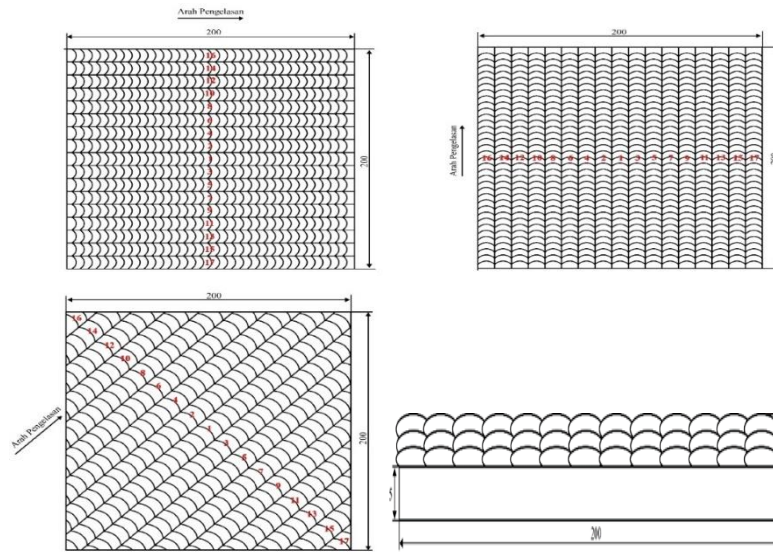
Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja ASTM A36 sebanyak 3 pelat, masing-masing berukuran 200 x 200 x 5 mm. Kemudian elektroda yang digunakan pada pengelasan SMAW yaitu E7018 diameter 3,2 mm. Baris kedua dari *chapter/sub chapter* tertentu.

Tabel 1: Parameter Pengelasan

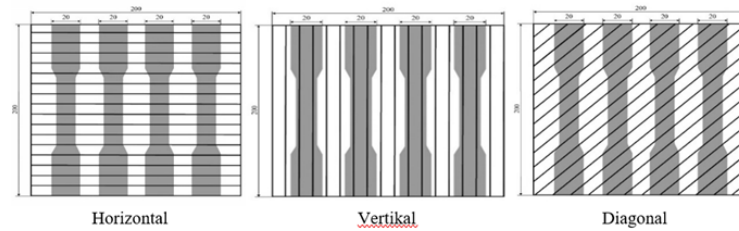
MATERIAL	METODE	ARUS SMAW	TEGANGAN	POLARITAS
ASTM A36	SMAW	130 A	24 V	DCEP
ASTM A36	SMAW	130 A	24 V	DCEP
ASTM A36	SMAW	130 A	24 V	DCEP

Metode pada penelitian ini yaitu melakukan preparasi spesimen dengan melakukan pemotongan pelat sesuai dengan dimensi. Adapun dimensi yang digunakan yaitu 200 x 200 x 5 mm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Kemudian dilakukan proses pengelasan *Hardfacing* SMAW dengan variasi arah pengelasan yaitu arah vertikal, arah diagonal dan arah horizontal menggunakan arus 130 A. Proses pengelasan pertama dilakukan pada bagian tengah pelat kemudian didinginkan pada temperatur ruang, kemudian dilakukan proses pengelasan pada sisi kanan dan kiri secara menyeluruh. Banyaknya *layer* pengelasan adalah 3 *layer* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, dengan parameter pengelasan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Kemudian sampel diuji tarik dan struktur mikro, pada pengujian tarik sampel yang digunakan sebanyak 12 sampel dan untuk pengujian struktur mikro sebanyak 3 sampel, sampel uji tarik berukuran 200 x 20 x 10 mm, seperti pada Gambar 3.

**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Bentuk Layer Pengelasan



Gambar 3. Dimensi sampel uji tarik dan struktur mikro

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1. Analisis Pengamatan Visual

Setelah dilakukan proses pengelasan pada pelat baja ASTM A36, selanjutnya dilakukan pengamatan secara visual hasil pengelasan seperti Gambar 4. disertai penjelasan karakteristiknya



Gambar 4. Hasil Pengelasan *Hardfacing* metode SMAW

Setelah dilakukan analisis secara visual pada hasil pengelasan *hardfacing* dengan metode SMAW, dapat dilihat pada Gambar 4 tidak ditemukannya cacat yang terlihat secara kasat mata. Berdasarkan standar AWS D1.1 terkait *acceptance criteria* pada bagian *weld profile* untuk spesimen dengan R max yaitu 3 mm maka ketebalan plat yang diizinkan

berkisar pada < 1 in atau 25 mm. Selanjutnya pada bagian *weld profile* hasil pengelasan SMAW ketebalan plat kurang dari 3 mm sehingga masuk dalam kriteria yang diinginkan dan karena tidak ditemukan adanya indikasi cacat seperti porositas, *undercut*, dan *crack* pada permukaan secara visual ^[9].

3.2. Analisis Uji Tarik

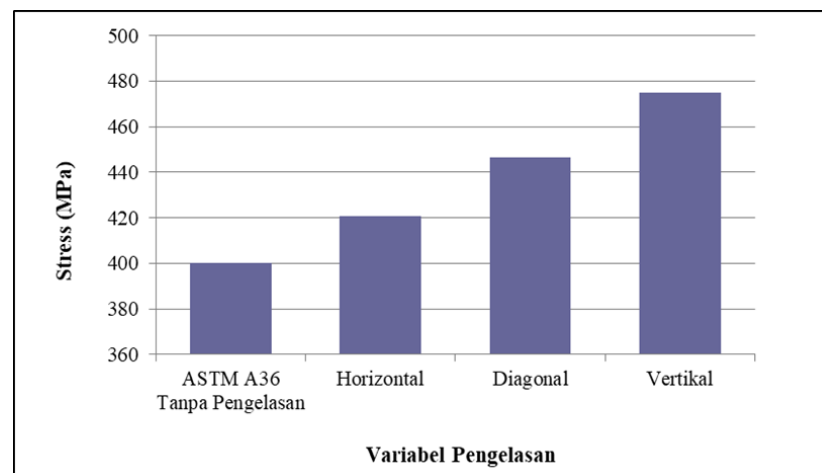
Pada penelitian dilakukan pengujian tarik untuk mengetahui pengaruh variasi arah pengelasan *hardfacing* terhadap kekuatan dan ketahanan hasil pengelasan *hardfacing* terhadap pembebanan tarik yang diberikan secara perlahan dan terus – menerus hingga material mengalami kegagalan.



Gambar 5. Spesimen Hasil Uji Tarik

Tabel 2. Spesimen Uji Tarik

Spesimen	Arus (A)	Kekuatan Tarik (MPa)	Regangan (%)	Standar Deviasi
Horizontal	130	420,785	3,90	10,319
Diagonal	130	446,715	4,14	24,113
Vertikal	130	474,74	4,87	10,337



Gambar 6. Hasil Uji Tarik

Berdasarkan *American Society of Mechanical Engineers (ASME) IX* tentang *acceptance criteria tension test*, menyatakan bahwa pengujian dapat diterima jika kekuatan tarik lebih besar atau sama dengan kekuatan tarik minimum *base metal* ^[10]. Kekuatan tarik pada penelitian ini pengujian telah sesuai kriteria, nilai dari semua pengujian yang didapatkan lebih besar dari pada nilai minimum kekuatan tarik dari *base metal*. Nilai kekuatan tarik dari pengelasan SMAW dengan variasi arah *hardfacing* pada material ASTM A36 semakin meningkat dengan perbedaan arah tariknya. Dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 6 pada arus 130 A pengelasan SMAW dengan arah *hardfacing* vertikal didapatkan

rata-rata nilai kekuatannya adalah 474,74 N/mm², dengan nilai regangan 4,87%, standar deviasinya sebesar 10,337. Pada arus 130 A pengelasan SMAW dengan arah *hardfacing horizontal* didapatkan rata-rata nilai kekuatannya adalah 420,785 N/mm², dengan nilai regangan 3,90%, standar deviasinya sebesar 10,139. Pada arus 130 A pengelasan SMAW dengan arah *hardfacing diagonal* didapatkan rata-rata nilai kekuatannya adalah 446,715 N/mm², nilai regangan yaitu 4,14 %, standar deviasinya sebesar 24,113, sedangkan nilai kekuatan tarik minimum baja ASTM A36 sebesar 400 N/mm². Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh ^[11], yang menyatakan bahwa metode *hardfacing* dapat menyerupai nilai kekuatan tarik dari spesimen dengan ketebalan tertentu dan dapat juga meningkatkan nilai kekuatan tariknya. Selain itu arah pembebanan tarik dengan arah pengelasan juga mempengaruhi kekuatan tarik material, penelitian yang dilakukan oleh ^[12] menyatakan bahwa material material yang ditarik dengan arah longitudinal lebih baik jika dibandingkan dengan material yang ditarik dengan arah transversal.

Selama proses deformasi plastis Gerakan dislokasi harus melewati batas butir, dimana batas butir sebagai penghambat dari Gerakan dislokasi karena pada dua butir memiliki orientasi yang berbeda. Akibat tertahannya dislokasi ini maka memberikan waktu untuk material menahan pembebanan lebih lama sebelum mengalami kegagalan. Dimana dislokasi bergerak melalui kisi kristal sampai dengan batas butir. Ketidaksesuaian orientasi kisi antara dua batas butir mengganggu bidang slip dislokasi. Dislokasi ini dipaksa berhenti didepan batas butir, dan ketika lebih banyak dislokasi yang bergerak ke batas butir maka penumpukan terjadi karena kelompok dislokasi yang tumbuh tidak dapat melewati batas, sehingga pada penelitian ini arah pengelasan vertikal yang searah dengan arah pembebanan memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi dikarenakan tidak adanya Batas lasan sehingga perambatan dislokasi dari ujung ke ujung akan diteruskan. Sedangkan pada arah diagonal dan juga horizontal terdapat Batasan las, sehingga tidak dapat meneruskan arah perambatan dislokasinya akibat dari batas lasan tersebut ^[13].

Setelah uji tarik dilakukan maka didapatkan pola patahan, dimana pola patahannya adalah pola patahan ulet yang ditandai dengan terbentuknya pola *cup* dan *cone*. Proses terjadinya *cup* dan *cone* yaitu dimulai dengan munculnya *microvoid* pada saat *necking*, pada saat terjadinya deformasi *microvoid* semakin membesar kemudian menjadi sebuah retakan yang tegak lurus terhadap arah tegangan. Retakan inilah merambat sehingga terjadi patahan pada daerah yang *necking*. Selain itu pola patahan ulet itu memiliki warna abu-abu, berserabut dan juga tidak memantulkan cahaya ^[14].



Gambar 7. Pola Patahan

Pada penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa Perbedaan nilai kekuatan tarik terjadi karena adanya Batasan las pada variasi arah horisontal dan diagonal sehingga nilai kekuatan tariknya lebih rendah jika dibandingkan dengan variasi arah vertikal, dan juga dipengaruhi oleh arah pembebanan tariknya yang dimana arah vertikal searah dengan pembebanan tariknya sedangkan arah horisontal dan diagonal tegak lurus dengan arah pembebanan tariknya. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh ^[15], dengan metode WAAM pengelasan GMAW dengan variasi arah deposisi spesimen, dimana hasil

yang didapatkan yaitu spesimen dengan arah deposisi sejajar memiliki kekuatan tarik dan keuletan yang lebih baik jika dibandingkan dengan arah yang tegak lurus

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Pada penelitian ini variasi arah pengelasan *hardfacing* SMAW berpengaruh terhadap kekuatan tarik pada material ASTM A36, didapatkan hasil bahwa variasi arah pengelasan vertikal memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi, kemudian variasi arah diagonal dan variasi arah horisontal memiliki kekuatan tarik terendah. Hal ini dikarenakan pada variasi arah vertikal tidak memiliki Batasan lasan dan juga arah pembebanan tariknya searah dengan arah pengelasan, sedangkan variasi arah horisontal memiliki Batasan las dan juga arah pembebanan tariknya tegak lurus dengan arah pengelasannya sehingga nilai kekuatan tariknya lebih rendah.
2. Pada penelitian ini didapatkan hasil nilai kekuatan Tarik material ASTM A36, dimana kekuatan tarik Baja ASTM A36 tanpa pengelasan sebesar 400 N/mm², sedangkan material dengan pengelasan variasi arah vertikal sebesar 474,74 N/mm², diikuti dengan variasi arah diagonal sebesar 446,715 N/mm², kemudian nilai kekuatan tarik terendah yaitu pada variasi arah horizontal sebesar 420,785 N/mm².

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ijomah, W.L., Childe, S.J., “*A model of the operations concerned in remanufacture*”. *International Journal of Production Research*, Vol. 45, No. 24, pp. 5857–5880, 2007.
- [2] Saini, S., Sahni, S., Singh, S., “*A Review of Hardfacing and Wear Reducing Techniques on Industrial Valves*”. *International Journal of Research In Engineering & TecShnol- ogy* volume 4,23.
- [3] Waqas, A., Qin, X., Xiong, J., Wang, H., & Zheng, C., “*Optimization of process parameters to improve the effective area of deposition in GMAW based additive manufacturing and its mechanical and microstructural analysis*”. Metals, Washington: API.
- [4] Choteborsky, R, “*Abrasive wear of high chromium fe-Cr-C hardfacing alloy*”, *research in agricultural Engineering*. 2008.
- [5] Suryo Darmo, Braam Delfian Prihadianto “*The Effect Of Hard Facing Process On The Hardness And Microstructure Of Bucket Tooth For Different Manganese Content*” *Jurnal Rekayasa Mesin*, v. 13, n. 3, pp. 827 – 836, 2022.
- [6] Pradeep, A., Gk Balaji, S Muthukumaran, S Senthilkumaran., “ *Optimization of friction welding of tube-to-tube plate using an external tool with filler plate*”. *Journal of materials engineering and performance* 21, 1199-1204. 2012.
- [7] Soleh, A,A., Purwanto, H.,& Syafa’at, I., “*Analisa Pengaruh Kuat Arus Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan, Kekuatan Tarik, Pada Baja Karbon Rendah Dengan Las SMAW Menggunakan Jenis Elektroda E7016*” , Cendekia Eksata, 2017.
- [8] Bintarto, Redi., et al., “*Analisa Struktur Mikro dan Kekuatan Bending Sambungan Las TIG dengan Perbedaan Kuat Arus Listrik pada Logam Tak Sejenis Aluminium Paduan 5052-Baja Galvanis dengan Filler Al-Si 4043*”, *Jurnal Rekayasa Mesin*, v. 11, n. 1, pp. 125-131, May 2020.

- [9] AWS D1.1., “*Structural Welding Code Steel. American Welding Society*”, 2015.
- [10] ASME IX., “*Qualifications Standard Forb Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators*”. The American Society of Mechanical Engineers. New York, 2010.
- [11] Ye Eun Jeong, Gwang Yong Shin, Do Sik Shim., “*Effect of P21 buffer layer on interfacial bonding characteristics of high-carbon tool steel hardfaced through directed energy deposition*”, *Department of Ocean Advanced Materials Convergence Engineering, Korea Maritime and Ocean University, 727 Taejong-ro, Yeongdo-Gu, Busan 49112, Republic of Korea*. 2021.
- [12] Heri Wibowo, M.Noer Ilman , PriyoTri Iswanto “*Analisa Heat Input Pengelasan terhadap Distorsi, Struktur Mikro dan Kekuatan Mekanis Baja A36*” *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol.7, No.1 Tahun 2016: 5-12, Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika no 2 Yogyakarta 55281.
- [13] Ayan, Y. Dan Kahraman, N., “*Wire Arc Additive Manufacturing of LowCarbon Mild Steel Using Two Different 3D Printers*”, *Physics of Metals and Metallography*, Vol. 122 No. 14, hal. 1521–1529.
- [14] Callister, William, D J., “*Materials Science and Engineering an Introduction*” John Wiley and Sons. Singapore. 2014
- [15] Zamil Moch Farid, *Proses Pengelasan Listrik*. Diambil dari. <http://laslistrik.blogspot.com>. Terakhir diakses pada November 2014