ITATS

SEMITAN

Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan

https://ejurnal.itats.ac.id/semitan

Analisis Teknis Dan Ekonomis Perbedaan Kuat Arus Pada Proses Pemotongan Pelat Menggunakan Cnc Plasma Cutting

Muhammad Rizal Afandhi [1,*], Minto Basuki [1]

[1)] *Jurusan Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya*

Jl. Arief Rachman Hakim, No. 100 Surabaya

[*)] email: afandhi1010@gmail.com

Info Artikel

Diserahkan:
25 Juli 2022
Direvisi:
01 Agustus 2022
Diterima:
02 Agustus 2022
Diterbitkan:
06 Agustus 2022

Abstrak

Penelitian ini dilakukan guna mengetahui pengaruh variasi kuat arus terhadap lebar kerf dan lebar HAZ *(Heat Affected Zone)* pada material baja karbon grade A type ASTM A36. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental dengan menggunakan variasi kuat arus sebesar 100 A, 130 A dan 200 A. Data yang diperoleh kemudian dilakukan analisis secara teknis maupun ekonomis. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa lebar kerf mengalami perbedaan dengan lebar kerf terbesar dihasilkan saat pemotongan menggunakan kuat arus 200 A yaitu sebesar 4 mm pada permukaan atas material dan 2,65 mm pada permukaan bawah permukaan material dan lebar terkecil di dapatkan saat pemotongan menggunakan kuat arus 100 A yaitu sebesar 2,5 mm pada permukaan atas material dan 1 mm pada permukaan bawah material. Kemudian lebar HAZ *(Heat Affected Zone)* terkecil dihasilkan pada kuat arus sebesar 100 A dengan lebar HAZ sebesar 4,8 mm. Dari proses pemotongan tersebut kecepatan pemotongan tercepat ditunjukkan pada kuat arus sebesar 200 A dengan kecepatan potong 235 cm/min dan memiliki kemampuan potong per-hari sepanjang 705 m dan memiliki selisih 1,12 kali lebih cepat dari penggunaan kuat arus sebesar 100 A. Ditinjau dari pengeluar biaya operasional pada kuat arus sebesar 200 A memiliki selisih 1,98 kali lebih besar dari penggunaan kuat arus sebesar 100 A.

Kata Kunci: Lebar kerf, Besar HAZ, Biaya operasional

Abstrac

This research was conducted to determine the effect of variations in current strength on kerf width and HAZ (Heat Affected Zone) width on grade A carbon steel material type ASTM A36. The method used in this study is experimental by using variations in current strength of 100 A, 130 A and 200 A. The data obtained are then analyzed technically and economically. The results of this study showed that the width of the kerf experienced a difference with the largest kerf width produced when cutting using a current of 200 A which was 4 mm on the upper surface of the material and 2.65 mm on the subsurface of the material and the smallest width was obtained when cutting using a strong current. 100 A is 2.5 mm on the top surface of the material and 1 mm on the bottom surface of the material. Then the smallest HAZ (Heat Affected Zone) width is generated at a current of 100 A with a HAZ width of 4.8 mm. From the cutting process, the fastest cutting speed is indicated by a current of 200 A with a cutting speed of 235 cm/min and has the ability to cut 705 m per day and has a difference of 1.12 times faster than the use of a current of 100 A. operating

ITATS
SEMITAN
Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan
https://ejurnal.itats.ac.id/semitan

costs at a current of 200 A have a difference of 1.98 times greater than the use of a current of 100 A.

Keyword: Kerf width, HAZ Size, Operating Cost

1. Pendahuluan

Dalam industri rangka baja, perkembangan teknologi pemotongan lembaran pelat yang berkelanjutan telah mengalami peningkatan. Manajemen waktu dan kecepatan alat dalam proses pengoperasian memiliki pengaruh pada kebutuhan Jam Orang yang dimana Jam Orang masuk dalam anggaran. apabila suatu paket kerja tidak lengkap ketika anggaran telah habis, maka akan ada kecenderungan meminjam jam orang dari pekerjaan lain yang melebihi anggaran [1]. Alat yang semakin kompleks akan mendorong pelaku industri untuk mencapai hasil yang maksimal. Plasma cutting merupakan salah satu metode pemotongan pelat yang mampu meningkatkan perusahaan yang bergerak di bidang industri untuk memberikan hasil terbaik. Pemotongan menggunakan plasma cutting merupakan metode pemotongan yang lebih efektiv jika dibandingkan dengan menggunakan *oxy-fuel cutting* dan *water jet cutting* dalam segi kecepatan potong dan biaya awal [15]. Proses pemotongan dimulai dengan pembentukan busur yang tercipta adanya reaksi ionisasi gas pemotongan. Gas dipanaskan oleh busur sehingga mampu menaikkan suhunya, gas pemotong akan mengalami ionisasi dan menjadi konduktor arus listrik. Kemudian gas yang mengalami ionisasi adalah plasma. Untuk memotong benda kerja plasma dialirkan melalui nozzle [2]. Plasma *cutting* merupakan salah satu metode pemotongan yang ekonomis dan sering digunakan, plasma *cutting* mampu memotong berbagai logam berat dan tebal dengan hasil lebih akurat. Kualitas hasil pemotongan menggunakan plasma *cutting* lebih halus, lebih cepat dan efisien jika dibandingkan dengan menggunakan *Oxy-Acetylene Torch* [13]. Dalam proses pemotongan plat menggunakan plasma yang awalnya dilakukan secara manual, kini dapat dimodifikasi dengan menggunakan sistem kontrol numerik agar pergerakannya lebih stabil.

Mesin CNC akan sangat membantu untuk memperoleh kualitas hasil pemotongan yang efektif dan efisien terutama dalam hal kepresisian pemotongan pelat. Kepresisian merupakan hal yang berpengaruh karena akan mempengaruhi kualitas hasil pemotongan sesuai dengan desain atau tidak, untuk mendapatkan kepresisian yang sesuai maka kerf yang timbul tidak boleh terlalu lebar. kerf merupakan celah hasil pemotongan yang muncul akibat adanya proses pemotongan pada bahan material tersebut. Besar kuat arus, besar tekanan gas, aliran gas plasma, kecepatan proses pemotongan, ketinggian torch adalah Parameter yang mempengaruhi kualitas hasil pemotongan [5]. Salah satu dari parameter tersebut yang mempengaruhi kualitas hasil terhadap proses pemotongan yaitu besar kuat arus. Kuat arus adalah salah satu dari parameter yang berpengaruh terhadap kecepatan melelehkan logam. Jika besar kuat arus yang akan dipakai dalam proses pemotongan semakin meningkat maka temperatur pada busur plasma akan meningkat, sehingga proses pencairan logam menjadi lebih singkat. Energi panas yang terfokus pada proses *cutting* menggunakan plasma dapat memperlebar kerf dan memperbesar nilai HAZ, hal tersebut dapat mengakibatkan pengurangan terhadap ketelitian hasil potongan dan hasil dari potongan membuat kerugian karena dimensi pada gambar kerja/design menjadi tidak sesuai dengan hasilnya [12].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Agnitias dan Rusiyanto menunjukkan bahwa variasi arus terhadap nilai dan lebar pemotongan memiliki pengaruh sebesar 99,59%. Nilai lebar pemotongan terendah didapatkan pada penggunaan arus sebesar 20A dengan nilai lebar pemotongan 1,64 mm dan nilai lebar terbesar didapatkan pada penggunaan arus sebesar 40 A dengan nilai lebar pemotongan sebesar 2,58 mm[12]. Sehingga dapat ditarik kesimpulan apabila arus yang digunakan dalam proses pemotongan semakin besar hal tersebut akan mengakibatkan lebar celah pemotongan atau kerf semakin lebar. Kemudian berdasarkan hasil pengujian menggunakan metode desain eksperimen dan analisis varians oleh Salonitis and Vatousianos, ditemukan bahwa kekasaran permukaan dan konisitas terutama dipengaruhi oleh tinggi pemotongan, sedangkan zona yang terkena

SEMITAN
Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan
https://ejurnal.itats.ac.id/semitan

panas terutama dipengaruhi oleh arus pemotongan [5]. Kemudian pada penelitian yang telah dilakukan oleh Oliveira and Gordo mereka melakukan perhitungan pada biaya pekerjaan persiapan pemotongan dengan cara manual dengan bantuan teknisi dan dengan cara otomatis [9]. Pada penelitian kali ini yang menjadi aspek perhatian yaitu perbedaan kuat arusnya ditinjau dari lebar celah hasil potongan atau kerf, besar HAZ, besar penggunaan energi listrik, karena kuat arus memiliki peran yang secara langsung mempengaruhi kecepatan pemotongan, apabila arus yang digunakan semakin tinggi maka temperatur pada busur plasma ikut meningkat [6].

Penggunaan kuat arus sangat berdampak pada keefisiensian proses pemotongan pelat berdasarkan jumlah energi listrik yang digunakan, karena jika arus yang digunakan terlalu besar dengan kecepatan pemotongan pelat yang rendah atau tidak sesuai maka akan berdampak pada lebar kerf dan zona yang terkena panas semakin besar. Selain itu juga berdampak pada penggunaan energi listrik yang meningkat, oleh karena itu pentingnya pengaturan kuat arus pada proses pemotongan pelat sangat berpengaruh pada zona yang terkena panas, lebar kerf dan kecepatan pemotongan. guna meningkatkan keefisiensian dan keefektivan dalam proses pemotongan. Faktor- faktor yang mempengaruhi keefektivan mesin plasma *cutting* adalah metode, lingkungan, SDM, dan material [17].

2. Metodologi

Lokasi dan Waktu Penelitian

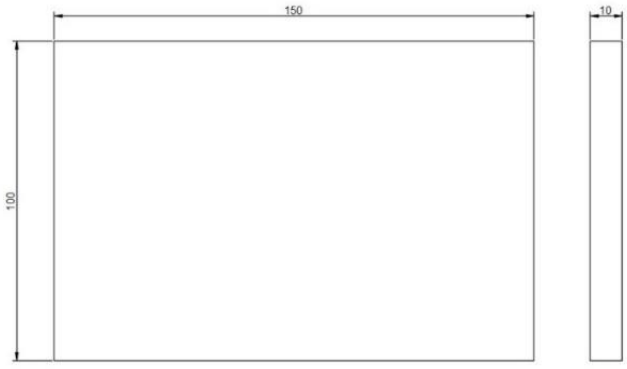
Penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun 2022 tepatnya pada bulan mei-Juni 2022 berlokasi di PT. PAL INDONESIA (PERSERO) Divisi Kapal Niaga Department Kontruksi Lambung.

Variable Penelitian

Penelitian ini menggunakan 3 macam besar kuat arus sebagai variable utama, yang dimana besar kuat arus yang akan di ujikan yaitu sebesar 100A, 130A, 200A. pada proses pemotongan dilakukan dengan tekanan gas yang sama yaitu sebesar 7 bar dan dipotong secara tegak lurus vertikal.

Obyek Penelitian

Penelitian ini terfokuskan pada hasil pemotongan yang berkaitan pada lebar kerf, besar HAZ, dan besar penggunaan energi listrik selama proses pemotongan. Material yang dijadikan bahan uji yaitu menggunakan material baja karbon grade A tipe ASTM A36 dengan ketebalan 10 mm dengan dimensi seperti gambar 1.



Gambar 1. Dimensi Spesimen Uji

3. Hasil Dan Pembahasan

Lebar kerf

Hasil dari penelitian ini telah disesuaikan dengan standart yang diinginkan oleh PT.PAL Indonesia (persero), yang dimana standart yang diinginkan yaitu kepresisian pemotongan dengan gambar kerja dengan toleransi ukuran ± 2 mm. Material dipotong menggunakan mesin CNC plasma

SEMITAN
Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan
https://ejurnal.itats.ac.id/semitan

cutting dengan menggunakan oksigen sebagai gas pemotong dan udara sebagai pelindung plasma. Material dipotong pada ketinggian nozzle dengan bendan kerja setinggi 5-7 mm sesuai dengan standart mesin.

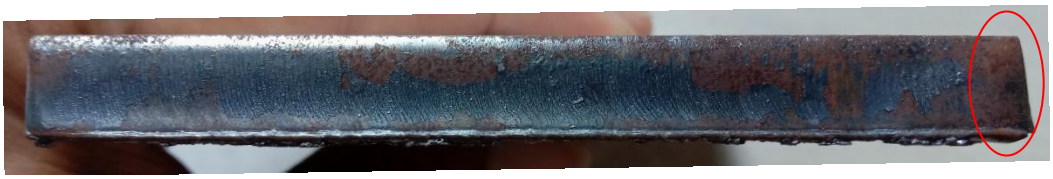
Tabel 1. Lebar Kerf

Kuat arus	Kecepatan potong (cm/min)	Tegangan (volt)	Lebar kerf bagian atas (mm)	Lebar kerf bagian bawah (mm)
100 A	210	127	2,5	1
130 A	225	131	3	1,18
200 A	235	133	4	2,65

Tabel 2. Dimensi Material Setelah Di Potong

Kuat arus	Dimensi material pada penampang atas (mm)		Dimensi material pada penampang bawah (mm)	
	P	L	P	L
100 A	100	150	101	151
130 A	99,5	149,5	101,46	151,46
200 A	99,4	149,4	99,7	149,7

Dari kedua tabel diatas (tabel 1 dan tabel 2) hasil dimensi material setelah dipotong telah sesuai dengan SK *cutting/*pemotongan kontruksi lambung PT. PAL Indonesia (Persero). Dalam hasil pemotongan terdapat perbedaan lebar kerf pada bagian penampang atas dengan penampang bawah, hal ini disebabkan karena pada bagian penampang atas merupakan bagian yang secara langsung terkena dari busur plasma dan area yang sangat dekat dengan nozzle plasma. Bentuk busur plasma yang mengerucut juga mempengaruhi bentuk hasil dari pemotongan, sehingga material yang telah dipotong berbentuk trapesium atau bagian yang terpotong mengalami kemiringan. Dapat dilihat pada gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Hasil Potongan

Besar HAZ (*Heat Affected Zone*)

Dari hasil pemotongan tiap besaran arus memiliki lebar HAZ *(Heat Affected Zone)* yang berbeda-beda semakin besar arus yang digunakan maka mengakibatkan lebar HAZ *(Heat Affected Zone)* semakin lebar. Pada material jenis baja karbon daerah HAZ *(Heat Affected Zone)* dapat dilihat secara visual ditandai dengan perubahan warna material pada sekitar area yang terkena busur plasma dapat dilihat pada gambar dan tebel berikut (gambar 3 dan tabel 3). Dari tabel 3 dapat dilihat bahwa lebar HAZ terbesar dialami saat pemotongan menggunakan kuat arus sebesar 200 A dan lebar HAZ terkecil dialami oleh hasil pemotongan menggunakan kuat arus sebesar 100 A. Dapat diartikan bahwa kuat arus yang semakin besar maka temperatur dari busur plasma semakin meningkat.

ITATS
SEMITAN
Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan
https://ejurnal.itats.ac.id/semitan

Gambar 3. Lebar HAZ *(Heat Affected Zone)*

Tabel 3. Lebar HAZ (*Heat Affected Zone*)

Kuat arus	Kecepatan potong (cm/min)	Tegangan (volt)	Lebar HAZ (mm)
100 A	210	127	4,8
130 A	225	131	7,84
200 A	235	133	9,32

Analisis ekonomis

Setelah dilakukan analisis secara teknis. Maka dilanjutkan dengan analisis secara ekonomis guna mengetahui besaran biaya yang dikeluarkan apabila mesin dijalankan selama 5 jam per-hari. Hal ini perlu dilakukan karena dalam setiap pekerjaan tidak hanya mementingkan aspek secara teknis namun juga ditinjau secara ekonomis guna mengetahui kemampuan finansial dari perusahaan.

Untuk mengetahui besaran biaya yang dikeluarkan per kWh per-satu hari maka dapat ditentukan terlebih dahulu besar daya yang digunakan dalam proses pemotongan dan didapatkan daya yang digunakan dalam proses pemotongan dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Besar Daya Yang Digunakan

Kuat arus	Kecepatan potong (cm/min)	Tegangan (volt)	Daya (kW)
100 A	210	127	12,7
130 A	225	131	17,03
200 A	235	133	26,6

Untuk menggerakkan sensor pneumatic mesin CNC dibutuhkan gas dan udara dengan bertekanan minimum 6 bar. Udara disuplai dari kompresor, kompresor yang menyala juga menggunakan daya listrik yang secara tidak langsung juga memberikan pengeluaran finansial. Pada penelitian ini kompresor memiliki daya sebesar 5,5 kW dan memiliki sensor otomatis, dimana kompresor akan mati secara otomatis apabila tekanan didalam tabung kompresor mencapai 10,5 bar dan akan menyala secara otomatis apabila tekanan didalam tabung kompresor mencapai 8.5 bar.

Tabel 5. Operasional Kompresor

Durasi kompresor hidup (8,5 bar – 10,5 bar)	48 detik
Durasi kompresor mati (10,5 bar – 8,5 bar)	3,22 menit
Jam kerja 1 hari	8 jam
Durasi kompresor hidup selama 1 hari kerja	1,40 jam

ITATS
SEMITAN
Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan
https://ejurnal.itats.ac.id/semitan

Dari tabel 4 dan tabel 5 dapat diketahui besar daya dan durasi operasional mesin selama 1 hari kerja. Maka dapat dikalkulasikan daya total dari proses pemotongan dan kebutuhan dari kompresor. Hasil dari kalkulasi biaya dapat dilihat pada tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6. Biaya Proses Pemotongan

Kuat arus	Daya total (Pplasma+Pkompreor)	Biaya per-hari (Rp 996,74 per-kWh)	Kemampuan potong per-hari
100 A	71 kWh	Rp 70.967,89	630 m
130 A	93 kWh	Rp 92.547,31	675 m
200 A	141 kWh	Rp 140.241,32	705 m

Dari tabel 6 dapat diketahui bahwa daya yang digunakan selama proses pemotongan memiliki pengaruh terhadap biaya yang cukup signifikan. Pada penggunaan kuat arus listrik sebesar 100A membutuhkan biaya operasinal yang lebih murah jika dibandingkan dengan penggunaan arus sebesar 130 A dan 200 A. namun pada kemempuan potong per-harinya pada proses pemotongan menggunakan arus sebesar 200 A memiliki kemampuan potong sangat tinggi yaitu 705 m.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, pada pengaruh variasi kuat arus terhadap lebar kerf dan besar HAZ *(Heat Affected Zone)* terhadap material baja karbon grade A type ASTM A36 dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada hasil pemotongan didapatkan lebar kerf terkecil dihasilkan pada saat pemotongan menggunakan kuat arus sebesar 100 A yaitu sebesar 2,5 mm pada bagian atas permukaan dan 1 mm pada bagian bawah permukaan. Kemudian untuk tingkat kepresisi hasil pemotongan pada proses pemotongan menggunakan kuat arus 100 A lebih presisi jika dibandingkan dengan penggunaan kuat arus sebesar 130 A dan 200 A karena tidak mengurangi dimensi asli pada gambar kerja.
2. Dari hasil pemotongan Lebar HAZ *(Heat Affected Zone)* terbesar dihasilkan saat pemotongan menggunakan kuat arus sebesar 200 A, lebar HAZ *(Heat Affected Zone)* yang terlalu besar tidak begitu baik karena pada daerah HAZ *(Heat Affected Zone)* mengalami perubahan struktur mikro dan sifat sehingga daerah HAZ *(Heat Affected Zone)* merupakan daerah yang kritis.
3. Dari proses pemotongan mengunakan kuat arus 100 A, 130 A dan 200 A memiliki perbedaan konsumsi penggunaan energi listrik, pada kuat arus sebesar 200 A menggunakan daya listrik sebesar 141 kWh 1,98 kali lebih besar dari kuat arus 100 A, pada kuat arus sebesar 130 A daya lsitrik yang digunakan sebesar 93 kWh. Kemudian dari biaya pengoperasian CNC plasma cutting penggunaan kuat arus sebesar 100 A lebih ekonomis dari penggunaan kuat arus sebesar 130 A dan 200 A, namun pada penggunaan kuat arus sebesar 130 A memiliki selisih sebesar 1,3 kali lipat. Pada kecepatan pemotongan penggunaan kuat arus sebesar 200 A memiliki kecepatan pemotongan yang paling tinggi yaitu sebesar 235 cm/min yang mampu memotong gambar kerja sepanjang 705 m per-hari. Selisih kecepatan potong menggunakan kuat arus 200 A 1,12 kali lebih cepat dari kuat arus sebesar 100 A.

Daftar Pustaka

[1] Suwasono, Bagyo, 2004. Manajemen Pembangunan Kapal. Surabaya Universitas Hang Tuah Surabaya

[2] Akhmad, A. A., (2009), *Pemesinan Nonkonvensional Plasma Arc Cutting*, Jurnal Rekayasa Mesin Universitas Sriwijaya, 9(2), 51-56.

[3] Kadirgama, K., Noor, M. M., Harun, W. S. W., and Aboue-El-Hossein, K. A., (2010), *Optimisation of Heat Affected Zone By Partial Swarm Optimisation In Air Plasma Cutting Operation*, Journal of Scientific and Industrial Research, 69, 439-443.

[4] Nur, M., (2011), *Fisika Plasma dan Aplikasinya*, Semarang, Universitas Diponegoro.

ITATS
SEMITAN
Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan
https://ejurnal.itats.ac.id/semitan

[5] Salonitis, K., and Vatousianos, S., (2012), *Experimental Investigation of The Plasma Arc Cutting Process*, Procedia cirp, 3, 287-292.
[6] Jeffus, L. (2012). Welding Principles and Applications 7th ed. US: Cengage Learning.
[7] Krajcarz, D., (2014), *Comparison Metal Water Jet Cutting With Laser and Plasma Cutting*, Procedia Engineering, 69, 838-843.
[8] Hamid, A., Novareza, O., dan Widodo, T. D., (2018), *Optimasi Proses Parameter Pemotongan Plasma Arc Cutting pada Logam Aluminium Menggunakan Metode Taguchi*, Prosiding SNST Fakultas Teknik, 1(1).
[9] Oliveira, A., and Gordo, J., (2018), *Cutting Processes In Shipbuilding a Case Study, Maritime Transportation and Harvesting of Sea Resources, Lisbon: Taylor and Francis Group*, 757-762.
[10] Noya, A. D., (2018), *Pengaruh Variasi Besarnya Arus Terhadap Nilai Kekerasan Permukaan dan Lebar HAZ pada Proses Pemotongan Baja SS 400 Menggunakan Elektroda Carbon Gouging Diameter 6MM*, Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
[11] Agnitias, R. S., (2019), *Pengaruh Variasi Kuat Arus Terhadap Lebar Pemotongan (Kerf Width) dan Kekerasan pada Pemotongan Baja Karbon Dengan CNC Plasma Arc Cutting*, Doctoral dissertation, UNNES.
[12] Agnitias, R. S., dan Rusiyanto, R., (2019), *Pengaruh Variasi Kuat Arus Terhadap Lebar Pemotongan dan Kekerasan pada Baja Karbon Sedang dengan CNC Plasma Arc Cutting*, Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin, 4(2), 99-104.
[13] Hakim, A. R., (2019), *Rancang Bangun Alat Bantu Pemotongan pada Plat Berbentuk Circle Menggunakan Plasma Cutting*, Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya.
[14] Rahmawati, A. R., Anis, S., dan Rusiyanto, R., (2019), *Pengaruh Kecepatan Pemotongan dan Ketebalan Bahan Terhadap Kekerasan dan Kekasaran Permukaan Baja AISI 1045 Menggunakan CNC Plasma Arc Cutting*, Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin, *4*(2), 93-98.
[15] Rizkiawan, D., dan Sumbodo, W., (2019), *Pengaruh Variasi Tekanan Udara pada Pemotongan Plat Baja ST 37 Menggunakan CNC Plasma Cutting Terhadap Struktur Mikro, Kerf, dan Kekerasan*, Doctoral dissertation, UNNES.
[16] Wibisana, A., Adlin, I. A., dan Indrawati, W., (2020), *Ekonomi Teknik, Tangerang Selatan*, UNPAM PRESS.
[17] Mendrofa, A. J. dan Mulyanto, T., (2020), *Analisis Pengukuran Total Efektivitas Mesin Flame Cutting dan Plasma Cutting pada Perusahaan Industri Strategis*, Jurnal Ilmiah Teknik Industri, 8(3), 172-184.
[18] Malik, I., Mardiana, M., dan Asshydiq, A. R. A., (2021), *Analisa Kekasaran Permukaan Hasil Pemotongan pada Baja SS400 Menggunakan Mesin CNC Plasma Cutting Dengan Pengaruh Variasi Kuat Arus dan Ketinggian Torch*, AUSTENIT, 13(2), 54-58.
[19] Biro Klasifikasi Indonesia, (2022), *Rules For Cclassification and Construction: Rules For Welding, Part 1 Seagoing Ships*, Volume VI, Consolidated edition 2022.
[20] Sumber Internet, https://ardra.biz/sain-teknologi/metalurgi/besi-baja-iron-steel/pengujian-pengamatan-metalografi/struktur-mikro-baja-karbon-rendah-medium-tinggi/.
[21] Sumber Internet, https://www.zenius.net/blog/rumus-daya-contoh-soal-dan-penerapannya.
[22] Sumber Internet, https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-the-heat-affected-zone
[23] Sumber Internet, https://money.kompas.com/read/2022/07/03/130130526/daftar-harga-listrik-per-kwh-2022-untuk-golongan-tarif-non-subsidi?page=all&jxconn=1*2woxbf*other_jxampid*QlNfbzZQcHUxc05seTh5b1U5UgtCX1dzZHo4YlRIR2Ffd3BKdVplcXpzMXpHZDg1Qml3ektma0IwZXR2dmhsNQ..#page2