

Perbandingan Variasi *Power* Dalam Proses Laser *Engraving* Terhadap Hasil Produk Stainless Steel

A.S. Purba,^{1*}, M. G. R. Hermawan¹, M.M. Manurung¹, W. Stefani¹, M. A. Dzulfiqar², dan L. V. Gunawan³

¹Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam, Kepulauan Riau, Indonesia.

²Teknik Perawatan Pesawat Udara, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam, Kepulauan Riau, Indonesia.

³Perancangan Manufaktur, Politeknik Negeri Indramayu, Indramayu, Indonesia.

ABSTRAK - Proses permesinan *marking* menggunakan laser sudah berkembang di dunia industri. Memiliki kepresisian yang tinggi dan kualitas akhir yang baik adalah salah satu keunggulan dari permesinan laser ini. Adanya efek termal yang dihasilkan dalam proses tersebut, sehingga kita harus memahami dampak dari daya yang diberikan terhadap material. Melakukan proses laser *marking* dengan metode *engraving* pada material plat stainless steel yang diberikan variasi *power* untuk mengamati perbedaan hasil akhir dari sebuah *marking*. Membuat produk sebanyak 3 pcs disetiap variasi parameter *power*/daya. Produk yang telah dihasilkan juga akan dilakukan pengamatan kekasaran permukaan pada *marking*, yang bertujuan untuk mengetahui seberapa dalam pemakanan dari *marking* tersebut. Pengamatan kekasaran permukaan *marking* pada produk menggunakan surface roughness tester sebanyak 3 kali disetiap produk. Hasil dari data yang telah diambil hanya akan diamati dan memasukkan hasil *marking* kedalam kelas kekasaran menurut ISO atau DIN 4763:1981. Proses *marking* menggunakan variasi *power* sebesar 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%. Hasil *marking* dengan *power* terendah sebesar 20% menghasilkan *marking* dengan nilai kekasaran 0.029 μ m – 0.110 μ m dan masuk kedalam kelas N3 sedangkan hasil *marking* dengan *power* terbesar yaitu 100% didapatkan nilai kekasaran sebesar 18.210 μ m – 19.876 μ m yang masuk kedalam kelas kekasaran N10. Berdasarkan data yang diperoleh pada proses *engraving* dengan variasi *power* yang berbeda, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi *power* yang diberikan akan menghasilkan nilai kekasaran yang tinggi.

Kata kunci: *Laser, Engraving, Daya, Kekasaran Permukaan,*

ABSTRACT - Marking machining processes using lasers have developed in the industrial world. Having high precision and good final quality is one of the advantages of this laser machine. There is a thermal effect generated in the process, so we must understand the impact of the *power* applied to the material. Carry out the laser marking process with the engraving method on a stainless steel plate material which is given a variation of strength to observe the difference in the final result of a marking. Make as many as 3 pcs of products for each variation of *power* parameters. The product that has been produced will also be observed for surface roughness on the marking, which aims to find out how deep the food is from the marking. Observation of the surface roughness of the marking on the product using the Surface Roughness Tester 3 times for each product. The results of the data that have been taken will only be observed and entered into the marking results into the roughness class according to ISO or DIN 4763:1981. The marking process uses *power* variations of 20%, 40%, 60%, 80% and 100%. The results of the marking with the lowest *power* of 20% produce markings with a roughness value of 0.029 μ m – 0.110 μ m and enter into class N3 while the results of marking with the greatest *power* of 100% obtain a roughness value of 18.210 μ m – 19.876 μ m which is included in the roughness class N10. Based on the data obtained in the engraving process with different *power* variations, it can be interpreted that the higher the *power* supplied, the higher the roughness value

Keyword: *Laser, Engraving, Power, Surface Roughness*

Dikirim: 13 Juni 2023; Direvisi: 19 Juni 2023; Diterima: 20 Juni 2023

PENDAHULUAN

CNC Laser *Engraving* atau *marking* merupakan salah satu kemajuan teknologi dalam sebuah industri, di mana dengan bantuan mesin ini akan lebih memudahkan dalam proses *marking* suatu material yang tidak dapat dilakukan dengan menggunakan proses permesinan konvensional [1]. Pada awalnya *marking* dilakukan dengan cara manual menggunakan alat pahat dan tangan, namun seiring berjalannya waktu proses tersebut tidaklah efisien dikarenakan bertambahnya keragaman material dan naiknya angka produksi [2]. Dilihat dari metode yang digunakan pada mesin *marking*, dapat dibedakan menjadi beberapa macam antara lain metode ketuk (*Dot-Peen*), metode gores (*scribing*), metode tekan (*stamp*) dan metode laser (*light amplification*), yang mana setiap metode memiliki kelemahan dan keunggulannya masing-masing. Prinsip kerja mesin dengan metode laser adalah dengan menggunakan kekuatan cahaya yang difokuskan pada satu titik [3]. Metode tersebut dapat digunakan untuk menandai hampir seluruh material termasuk metal, plastik, keramik, kaca, kayu, kulit serta permukaan yang sudah dicat [4]. Perlu dipahami ada dampak dari daya yang diberikan mengakibatkan efek termal dan perlu dioptimalkan pada parameter untuk memberikan kualitas yang diperlukan. Besar dan bentuk dari pemakanan pada titik pemakanan dipengaruhi oleh sebuah parameter bagaimana daya dan kemampuan mesin tersebut dimanfaatkan [5].

Umumnya, terdapat tiga bagian utama pada mesin laser yaitu laser, kontroler, dan permukaan material. Kontroler berfungsi untuk mengontrol arah, intensitas, penyebaran sinar laser yang diarahkan ke material, dan juga untuk mengendalikan kecepatan gerakan [6]. Pengaturan dari perangkat laser sebagai *marking* yang digunakan nantinya akan mempengaruhi struktur permukaan *stainless steel* yang ditandai [7].

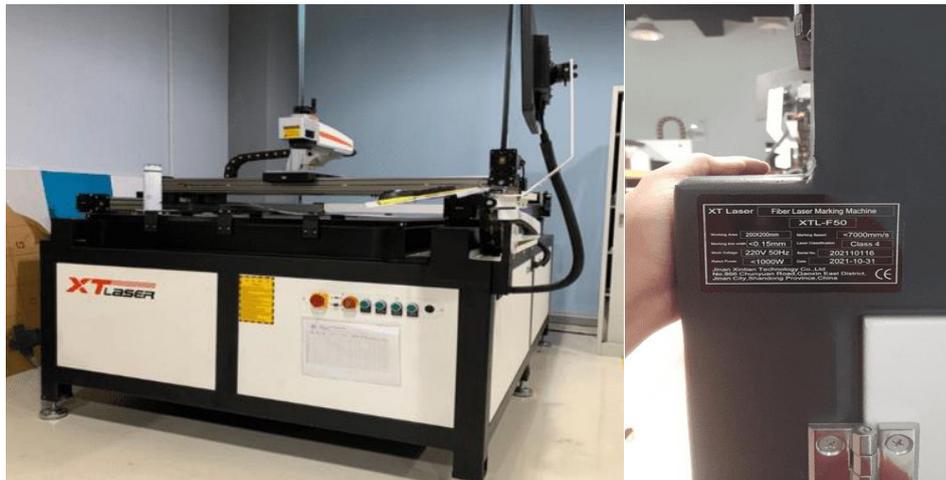
CNC Laser *Engraving* atau *marking* merupakan salah satu kemajuan teknologi dalam sebuah industri, di mana dengan bantuan mesin ini akan lebih memudahkan dalam proses *marking* suatu material yang tidak dapat dilakukan dengan menggunakan proses permesinan konvensional untuk menggantikan tenaga manusia [8]. *Marking engraving* adalah *marking* yang dilakukan dengan cara menghilangkan material induk sebagai tanda *marking* [2]. Ada tiga parameter utama pemrosesan yang digunakan dalam penandaan laser: arus listrik yang digunakan untuk menghasilkan sinar laser, frekuensi *pulse*, dan kecepatan lintasan sinar laser [9]. Kualitas tanda dapat dievaluasi dengan kedalaman tanda [3]. Memiliki keunggulan dalam kepresisian yang tinggi dengan otomatisasi, tanpa adanya keausan alat, dan kualitas akhir yang sangat baik menjadikan mesin ini adalah mesin yang sangat memperhatikan parameter yang diberikan. Perbedaan perlakuan daya yang diberikan dapat menghasilkan hasil akhir yang berbeda [10].

Pengamatan atau penelitian ini sebelumnya sudah dilakukan oleh Lydia Sobotova dan Miroslav Badida pada jurnal yang berjudul *Laser Marking as Environment Technology*, kesimpulan penelitian tersebut adalah perubahan parameter *speed* dan frekuensi terhadap hasil *marking* menghasilkan perbedaan yang terlihat baik secara kasat mata ataupun dengan pengujian menggunakan *surface roughness testing*. Sebelumnya juga penelitian yang sama oleh Lydia Sobotova dan Peter Demec dengan judul *Laser Marking of Metal Materials* berisi tentang kurangnya perhatian terhadap proses kimiawi kompleks yang dapat diamati menggunakan visual dan mikroskop saat menggunakan laser yang nyatanya dengan mengubah parameter dari laser yang digunakan, dapat membawa dampak pada penampilan akhir dari bahan logam yang diuji. Parameter pada laser *marking* terutama *engraving* memiliki 3 parameter utama yaitu *Speed*, *Frequency*, dan *Power*. Jurnal tersebut mengamati perubahan yang dilakukan dengan memvariasikan perubahan terhadap parameter frekuensi dan kecepatan pemakanan, namun tidak ada data yang menunjukkan hubungan *power* dengan hasil *engraving* produk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbandingan variasi *power* dalam proses laser *engraving* dengan pengamatan secara visual dan pengujian kekasaran permukaan dengan menggunakan *surface roughness tester*.

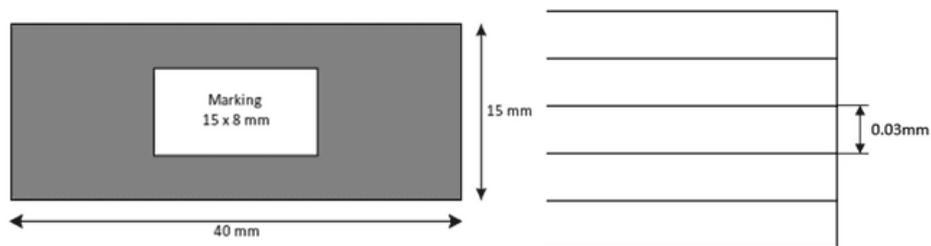
METODE

Peralatan yang digunakan adalah mesin Laser *Engraving* Metal XTL-F50 yang memiliki daya <1000 Watt dan voltase 220V 50Hz, mesin ini dapat melakukan *marking speed* hingga 7000 mm/s. Mesin ini dikhususkan

untuk penggunaan terhadap produk metal dengan *Nanosecond Pulsed Fiber* yang dapat menghasilkan lebar *marking* <0.15 mm yang dapat diatur parameternya dengan menggunakan perangkat komputer yang sudah terhubung dengan mesinnya. Parameter yang dapat diubah adalah kecepatan *marking*, kekuatan atau *power* laser, dan frekuensinya.

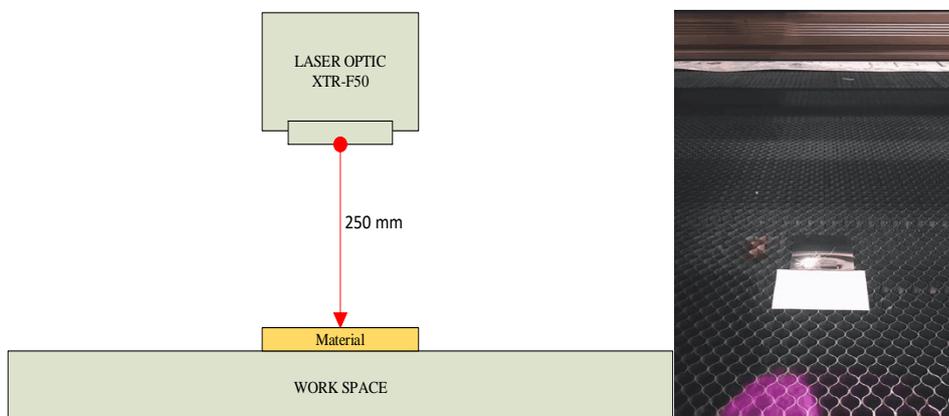


Gambar 1. Mesin dan Spesifikasi CNC Laser Marking Engraving XTL-F50



Gambar 2. Dimensi Material Uji

Persiapan material uji dilakukan dengan pemberian *marking* pada material dengan dimensi 15 mm x 8 mm pada plat stainless steel ukuran 40 mm x 15 mm. Motif *marking* berbentuk persegi yang memiliki *line space* sebesar 0.03 mm dan 0 derajat dengan posisi mesin *pulse optic laser* terhadap material berjarak 250 mm secara vertikal.



Gambar 3. Letak Material dan Proses *Marking* dengan Laser Optik

Pada penelitian yang dilakukan yang menjadi parameter yang divariasikan adalah *power* sedangkan *speed* serta frekuensi sebagai parameter tetap. Variasi *power* dilakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali. Proses

pengukuran kekasaran permukaan dilakukan pada 3 titik pengukuran dengan menggunakan *surface roughness tester*.

HASIL EKSPERIMEN

Pembahasan

Laser *Marking* dengan metode *engraving* adalah kegiatan laser *marking* dengan menghilangkan sebagian dari material induk dengan cara menembak *pulse* yang akan memanaskan dan meleburkan material dengan daya yang tinggi. *Power* pada mesin laser adalah daya *pulse* atau daya tembak laser yang diberikan oleh mesin dengan kemampuannya masing-masing, mesin yang memiliki kemampuan daya hingga 1000 W yang sesuai untuk proses *marking* pada material berbahan metal. Oleh karena itu penelitian yang dilakukan pada material plat dengan ukuran 40 mm x 15mm dengan tebal 0,8 mm.

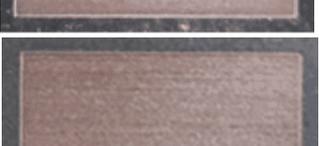
Pengujian yang dilakukan dengan menggunakan variasi *power* sebesar 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dengan frekuensi 20 kHz, *speed rate* sebesar 250 mm/s dengan jumlah sampel uji pada setiap variasi *power* sebanyak 3 sampel plat. Pada setiap plat sampel akan dilakukan pengujian kekasaran menggunakan *surface roughness tester* secara berulang untuk mengetahui kedalaman pemakanan pada *marking* mengikuti acuan jurnal *Open Engineering* tentang *Laser Marking as Environment Technology*. Pengukuran dilakukan dengan meletakkan jarum dan lengan *surface roughness tester* secara tegak lurus dengan arah garis *marking*.

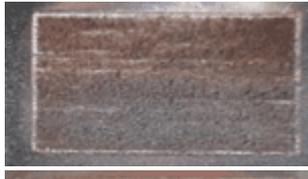
Pelaksanaan *marking* dengan parameter yang berbeda-beda tanpa mengubah parameter lainnya menghasilkan produk yang berbeda. Perbedaan setiap produk hasil *marking* akan dilakukan uji kekasaran permukaan dengan menggunakan alat *surface roughness tester*, selain itu pengujian akan dilakukan secara berulang sebanyak 3 kali dari setiap lembar sampel yang telah di *marking*. Pengamatan visual sampel dan hasil pengujian dengan uji *roughness tester* dari setiap masing-masing produk terdapat pada tabel 2. Hasil perhitungan rata-rata dari nilai kekasaran akan dimasukkan kedalam kelas kekasaran menurut ISO atau DIN 4763:1981 dimana N1 hingga N12 memiliki angka kekasaran yang berbeda seperti pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. ISO atau DIN 4763:1981

Kekasaran Ra (μm)	Kelas kekasaran	Panjang Sampel (μm)
50	N12	8
25	N11	
12,5	N10	2.5
6,3	N9	
3,2	N8	0.8
1,6	N7	
0,8	N6	
0,4	N5	
0,2	N4	0.25
0,1	N3	
0,05	N2	
0,025	N1	0.08

Tabel 2. Hasil pengujian dengan surface roughness

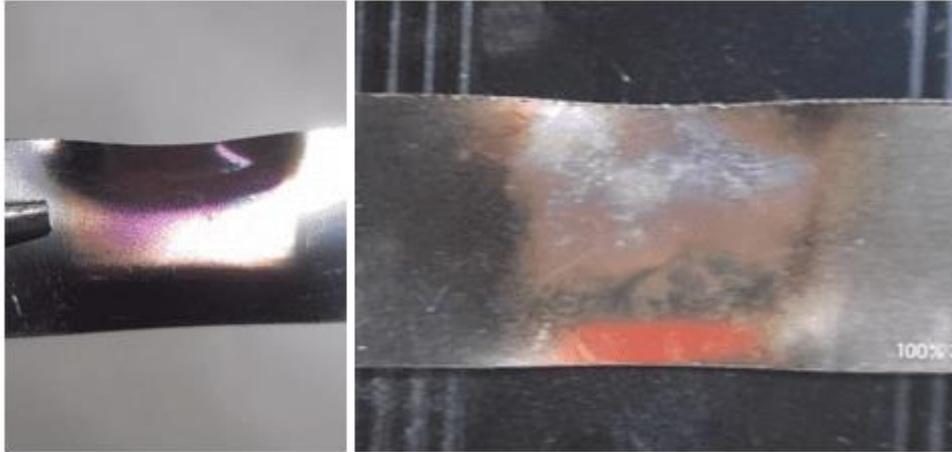
Parameter Power	Produk Visual	Avg. Surface Roughness Test (Ra) μm	Kelas Kekerasan
Power 20%		0.110 μm	0.029 – 0.110 N3
		0.063 μm	
		0.029 μm	
Power 40%		0.249 μm	0.249 – 0.292 N4
		0.264 μm	
		0.292 μm	
Power 60%		0.467 μm	0.467 – 0.527 N5
		0.527 μm	
		0.524 μm	

Power 80%		8.876 μm	8.876 – 9.545 N9
		9.545 μm	
		9.616 μm	
Power 100%		19.876 μm	18.210 – 19.876 N10
		19.319 μm	
		18.210 μm	

Tabel 2 adalah hasil pengujian sampel secara berulang menggunakan *surface roughness tester* untuk mendapatkan rata-rata aritmetis (Ra) sebagai parameter dari pengujian. Hasil rata-rata dari pengujian yang dilakukan akan dikategorikan kepada kelas kekasaran sesuai kelas kekasaran menurut ISO atau DIN 4763:1981.

Hasil pengujian sampel 1 pada *power 20%* diperoleh nilai rata-rata dari setiap sampel yang diuji sebesar 0.029 μm hingga 0.110 μm dan masuk kedalam kelas kekasaran N2. Pada *power 40%* nilai kekasaran yang didapat setelah pengujian kekasaran sampel sebesar 0.249 μm hingga 0.292 μm pada rata-rata hasil pengamatan 3 produk yang masuk kedalam kelas kekasaran N4. Hasil sampel uji dengan *power 60%* sangat terlihat jelas perbedaannya, hasil pengujian yang didapati memiliki nilai kekasaran 0.467 μm hingga 0.527 μm , dari hasil tersebut terlihat perbedaan kekasaran sebesar ± 0.2 μm . Pada nilai kekasaran pada produk 60% masuk kedalam kelas N5. Hasil sampel pengujian dengan variasi *power 80%* memiliki perubahan warna di area sekitar *marking*. Hal tersebut dikarenakan besarnya pemberian daya pada pulse sebesar 800 Watt, yang mengakibatkan plat kebengkokan pada material. Hasil kekasaran dari produk juga terlihat jauh berbeda dengan hasil yang sebelumnya, yaitu 8.876 μm hingga 9.545 μm dengan selisih 8 μm . Nilai *marking* tersebut masuk kedalam kelas kekasaran N9. Pada variasi *power 100%* memiliki perubahan yang sangat jauh jika

dibandingkan dengan 80%, dengan hasil pengukuran 18.210 μm hingga 19.876 μm yang memiliki selisih 10 μm . Selain dari hasil pengukuran nilai kekasaran, secara visual sampel produk pada variasi *power* 100% memiliki perubahan bentuk seperti gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Gambar Sampel dengan Variasi *Power* 100%

Pada gambar 4 yang ditunjukkan oleh sampel dengan variasi *power* 100% terlihat perubahan bentuk dan warna yang terjadi pada bagian belakang produk, hal ini dikarenakan daya yang diberikan pada saat proses *marking* adalah daya maksimal mesin sehingga panas yang dihasilkan oleh *pulse* laser menyebabkan perubahan tersebut. Proses perubahan warna disebabkan oleh panas yang ditimbulkan laser memicu proses oksidasi besi yang terkandung di dalam material *stainless steel*. Tingkat kecerahan warna yang ditimbulkan dipengaruhi oleh frekuensi dan lama kontak *pulse* dengan permukaan material [9].

KESIMPULAN

Pada proses *marking* non konvensional terdapat proses yang menggunakan laser sebagai media penghilang atau pembentuk pola. Kedalaman dan kerapihan hasil *marking* dapat diatur dengan menentukan parameter. Parameter adalah hal yang penting untuk dipahami dan diamati dalam proses laser *marking*, perubahan yang dilakukan terhadap parameter akan berpengaruh kepada hasil akhir dari produk. Membuat sebuah produk dengan memvariasikan parameter *power* dan tanpa mengubah parameter lainnya sedikitpun, nantinya akan dilakukan pengamatan secara visual dan pengujian kekasaran permukaan menggunakan *surface roughness tester* untuk melihat perbedaan yang dihasilkan dari variasi tersebut.

Parameter yang digunakan adalah parameter *power* dengan memiliki variasi 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%, sedangkan parameter frekuensi yang digunakan adalah 20kHz dan *Speedrate* 250 mm/s pada material *stainless steel*. Acuan standar yang digunakan dalam mengukur tingkat kekasaran permukaan adalah ISO atau DIN 4763:1981. Hasil yang diperoleh pada parameter *power* terendah yaitu 20% memiliki nilai kekasaran 0.029 μm – 0.110 μm dan masuk ke dalam kelas N3, *power* 40% memiliki nilai kekasaran 0.249 μm – 0.292 μm dan masuk ke dalam kelas N4, *power* 60% memiliki nilai kekasaran 0.467 μm – 0.527 μm dan masuk ke dalam kelas N5, *power* 80% memiliki nilai kekasaran 8.876 μm – 9.545 μm dan masuk kedalam kelas kekasaran N9, *power* 100% memiliki nilai kekasaran 18.210 μm – 19.876 μm dan masuk kedalam kelas N10. Berdasarkan hasil yang diperoleh, didapati bahwa semakin besar *power* yang diberikan pada proses *engraving* menghasilkan tingkat kekasaran yang semakin tinggi.

REFERENSI

1. M. Manninen dkk, *Effect of Pulse Length on Engraving Efficiency in Nanosecond Pulsed Laser Engraving of Stainless Steel*, Metallurgical and Materials Transactions , 2015. **46(B)**: p. 2129-2136.
2. L. Sobotova dan M. Badida, *Laser marking as environment technology*, Open Engineering,2017. **46(1)**
3. Y.M. Zhu, dkk , *A study on the laser marking process of stainless steel*, Journal of Materials Processing Technology, 2003. **139(1-3)** :pp. 273-276.
4. L. Sobotova dan P. Demec, *Laser marking of Metal Materials*, Science Journal, 2015: pp. 808-812.
5. M. M. Georgi dkk , *Approach to Building a Specialized CNC System for Laser Engraving Machining*, Procedia CIRP,2016. **41**: p. Procedia CIRP.
6. D. K. Patel and D. M. Patel, *Parametric Optimization of Laser Engraving Process for different Material using Grey Relational Technique-A Review*, International Journal of Engineering Sciences & Research Technology,2014. **3(4)** :pp. 1-5.
7. M. Kučera dkk, *Influence of laser marking on stainless steel surface and corrosion resistance*, in 23rd International Conference on Metallurgy and Materials, 2014. Brno, Czech Republic.
8. Y. N. Rohmat dkk, *Perancangan Mesin Penggulung Dinamo Semi-Otomatis*, Journal of Applied Mechanical Technology, 2022. **1(1)** : pp. 36-45.
9. E. S. Riyadi dan D. P. Pratama, *Pengaruh Laju Kecepatan Potong Pada Proses Pemotongan Menggunakan Gas Cutting*, TIARSIE, 2019. **16(4)**.
10. L. Lazov dkk, *Laser Marking Methods*, Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference, 2015. **1**: pp. 108-115.