

Rekayasa Parameter Pemotongan Dengan Mesin CNC Tipe Fiber Laser Cutting A1 untuk Produk Dudukan Spring Coil

Nopan Diasa¹, Amin Suhadi¹, Karyadi²

¹Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Buana Perjuangan

Email: diasanopan@gmail.com, laminsuhadi@gmail.com, karyadi@ubpkarawang.ac.id

ABSTRAK

Pengembangan proses manufaktur dilakukan secara masif untuk meningkatkan efisiensi proses produksi dan pemenuhan tuntutan produk yang semakin inovatif. Proses pemotongan memiliki fungsi penting pada bidang manufaktur dan dilakukan sebelum proses *stamping*. Penggunaan CNC *laser cutting* dapat meningkatkan kualitas pemotongan, dan waktu proses yang lebih baik. Tantangan utama dari proses pemotongan menggunakan CNC *laser cutting* adalah kualitas pemotongan yang relatif bervariasi antar satu material dengan material yang lain. Parameter yang terlalu banyak pada operasi *laser cutting* menyebabkan harus selalu ada penyesuaian untuk tiap proses pemotongan dan sangat bergantung pada keahlian dari operator. Studi ini secara khusus fokus pada rekayasa parameter laser cutting untuk proses produksi dudukan *spring coil*. Tiga parameter utama dipilih yakni: *peak power*, *cut speed* dan *gas pressure*. *Peak power* yang digunakan adalah 80 & 100%, sedangkan *cut speed* yang digunakan adalah 1 & 2 m/menit dengan tekanan gas bervariasi antara 11, 13 dan 15 bar. Tiga jenis material digunakan yakni stainless steel 304 (SS), *Cold Rolled Mild Steel Plates, Sheets and Strip* (SPCC) dan *Hot Rolled Mild Steel Plates, Sheets and Strip* (SPHC). Terdapat 36 sampel yang diuji sesuai dengan kriteria yang ditetapkan. Hasil pengamatan dimensi menunjukkan parameter ideal untuk tiap material yang diproses. Untuk SS, parameter ideal diperoleh dengan *cut speed* 2 m/menit, *peak power* 100% dan tekanan gas 13 bar. Pada material SPCC parameter ideal adalah *cut speed* 1 m/menit, *peak power* 100% dan tekanan gas 15 bar. Terakhir untuk SPHC adalah *cut speed* 2 m/menit, *peak power* 100% dan tekanan gas 11 bar. Dimensi pemotongan untuk tiap jenis material menunjukkan nilai yang ideal untuk produk dudukan *spring coil* yang dihasilkan. Dengan demikian, rekayasa parameter proses *laser cutting* dapat dilakukan dengan mengacu kepada parameter tersebut.

Kata Kunci: *Laser cutting, Cutting speed, Jig, Stainless Steel, CNC*

ABSTRACT

The development of manufacturing processes is carried out on a massive scale to increase the efficiency of the production process and meet the demands of increasingly innovative products. The cutting process has an important function in manufacturing and is carried out before the stamping process. The use of CNC laser cutting can improve cutting quality, and better processing time. The main challenge of the cutting process using CNC laser cutting is the quality of the cutting which is relatively varied from one material to another. Too many parameters in the laser cutting operation cause there must always be adjustments for each cutting process and are very dependent on the expertise of the operator. This study specifically focuses on the engineering of laser cutting parameters for the spring coil mount production process. Three main parameters were selected, namely: *peak power*, *cut speed* and *gas pressure*. The *peak power* used is 80 & 100%, while the *cut speed* used is 1 & 2 m/min with *gas pressure* varying between 11, 13 and 15 bar. Three types of materials are used, namely stainless steel 304 (SS), *Cold Rolled Mild Steel Plates, Sheets and Strip* (SPCC) and *Hot Rolled Mild Steel Plates, Sheets and Strip* (SPHC). There were 36 samples tested according to the established criteria. Dimensional observations show the ideal parameters for each material being processed. For SS, the ideal parameters are obtained with a *cut speed* of 2 m/min, a *peak power* of 100% and a *gas pressure* of 13 bar. In SPCC material, the ideal parameters are *cut speed* of 1 m/min, *peak power* of 100% and *gas pressure* of 15 bar. Lastly for SPHC is a *cut speed* of 2 m/min, *peak power* of 100% and *gas pressure* of 11 bar. The cutting dimensions for each type of material indicate the ideal value for the resulting spring coil mount product. Thus, the engineering of laser cutting process parameters can be carried out by referring to these parameters.

Keywords: *Laser cutting, Cutting speed, Jig, Stainless Steel, CNC*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan industri pada masa sekarang menuntut adanya inovasi berkelanjutan dari proses manufaktur yang ada. Hal ini dapat dipahami sebagai tren positif untuk proses pemenuhan kebutuhan barang. Sistem manufaktur dibuat menjadi lebih inovatif yang dapat menggabungkan aspek tingkat ketelitian tinggi dan juga tuntutan untuk pemenuhan komponen dengan konfigurasi yang lebih unik [1]. Proses produksi yang melibatkan pemotongan komponen harus diperhatikan berdasarkan jenis material yang digunakan, tujuan pemotongan seperti apa dan juga tingkat kepresisian yang diharapkan [2]. Pemotongan komponen umum melibatkan proses *milling*, *grinding* dan *sawing*. Metode maju juga digunakan seperti *laser* dan *water cutting*. Masing-masing memiliki keuntungan dan karakteristik tersendiri terkait dengan batasan operasi dan jenis material yang dapat digunakan [3]. *Laser cutting* secara khusus memiliki banyak kelebihan khususnya terkait dengan kecepatan proses dan akurasi dari proses pemotongan [4]. Lebih lanjut, metode ini memberikan efektifitas proses yang lebih optimal dibandingkan model lainnya dan dapat digabungkan dengan *computer numerical control* (CNC).

Kelebihan pada proses pemotongan menggunakan *laser cutting* membuat metode ini banyak digunakan, khususnya untuk keperluan produksi bentuk lembaran plat [5]. Lembaran material mentah dipotong sesuai dengan ukuran dan profil untuk pembuatan dudukan *spring coil*. Hasil potongan ini kemudian diproses lebih lanjut melalui *stamping* untuk menghasilkan produk akhir yang diinginkan. Penggunaan *laser cutting* dianggap sebagai metode paling efektif baik dari segi waktu maupun biaya proses [6].

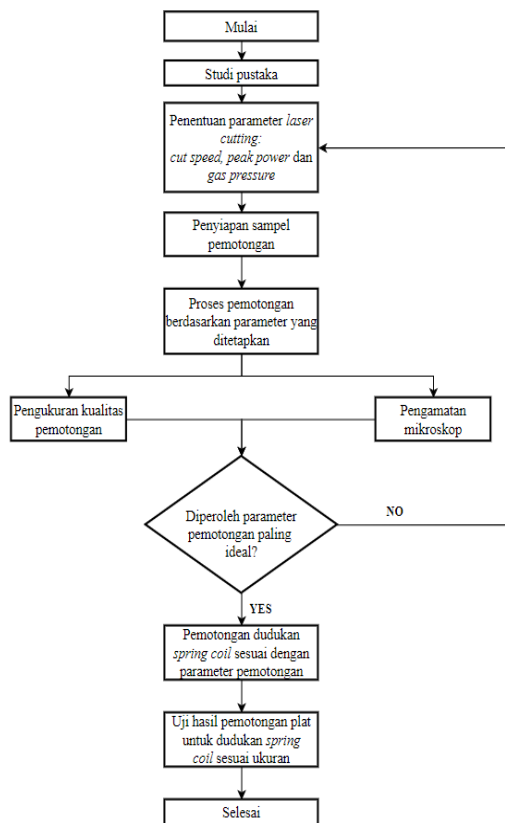
Tantangan paling utama dari penggunaan *laser cutting* adalah tingkat kepresisian yang dihasilkan terkait dengan bentuk akhir dan profil dari hasil pemotongan. Sebagai contoh kasus, proses pemotongan yang dilakukan dengan menggunakan *fiber laser cutting* A1 menuntut adanya penentuan parameter yang sesuai pada proses pemotongan 2D material dudukan *spring coil*. Hasil pemotongan untuk dudukan *spring coil* akan diproses lebih lanjut melalui *stamping* sehingga tingkat kepresisian dan profil permukaan hasil pemotongan harus memadai agar produk yang dihasilkan dapat memenuhi syarat. Penggunaan parameter yang berbeda sering menyebabkan terjadinya lebar potong (*kerf width*) dan deviasi potongan (*kerf deviation*) yang tinggi. Dampaknya adalah kualitas potong tidak dapat memenuhi kriteria kelayakan dan menyebabkan

barang menjadi *reject* (*No Good*, NG). Parameter yang tidak sesuai juga menghasilkan *gross* (tumpukan sisa potong) yang terlalu banyak dan menghasilkan bentuk gerigi potongan (*burr*) yang kasar. Tantangan ini harus diperhatikan secara mendetail dikarenakan dapat mempengaruhi kualitas dari produk yang dihasilkan. Sehingga, penting untuk menentukan parameter operasi yang ideal untuk proses pemotongan menggunakan *laser cutting*. Penelitian ini fokus pada proses rekayasa parameter pemotongan mesin CNC *laser cutting* untuk kebutuhan produksi dudukan *spring coil*. Melalui rekayasa parameter ini, diharapkan proses pemotongan dapat dilakukan dengan efektif dan menghasilkan hasil pemotongan yang sesuai standar sebelum masuk ke proses *stamping*.

Penelitian ini di fokuskan pada rekayasa parameter pemotongan menggunakan *laser cutting* untuk produksi dudukan *spring coil* yang bertujuan untuk mendapatkan parameter *laser cutting* yang sesuai berdasarkan nilai *cut speed*, *peak power* dan *gas pressure* untuk pemotongan 2D material dasar yang digunakan untuk dudukan *spring coil* dan juga mendapatkan *setting parameter cut speed*, *peak power* dan *gas pressure* yang tepat pada *fiber laser cutting* untuk menghasilkan 2D material dudukan *spring coil* yang layak.

II. METODE PENELITIAN

Proses penelitian untuk menentukan parameter *laser cutting* yang sesuai terhadap kualitas pemotongan lembaran material untuk *coil spring* disajikan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Studi Pustaka

Beberapa aspek yang dikaji terkait dengan studi pustaka meliputi:

- Parameter operasi *laser cutting*
- Datasheet* untuk material yang digunakan
- Model pengukuran dan pengamatan untuk hasil pemotongan *laser cutting*

Penentuan Parameter Laser Cutting

Analisis awal yang dilakukan menunjukkan tiga aspek parameter tersebut saling berhubungan sehingga dipilih sebagai variasi model pemotongan untuk pengujian ini. Tabel 1 menyajikan detail variasi parameter *laser cutting* yang ditetapkan.

Tabel 1. Variasi parameter *laser cutting*

Cut speed (m/menit)	Peak Power (%)	Gas Pressure (bar)
1 & 2	80 & 100	11, 13 & 15

Penentuan Parameter Pemotongan Ideal

Ada beberapa dimensi yang diukur untuk keperluan pemeriksaan hasil pemotongan. Tabel

2. menyajikan target akhir ukuran pemotongan dan toleransi pengukuran yang digunakan.

Tabel 2. Dimensi hasil potong sampel dan nilai toleransi pengukuran

Dimensi	Titik Pengukuran	Ukuran Akhir (mm)	Toleransi (mm)
Panjang (length)	L ₁ , L ₂ , L ₃ , L ₄ , L ₅	25	± 0.5
Lebar (Width)	W ₁ , W ₂ , W ₃	35	± 0.5
Miring (Diagonal)	D ₁ , D ₂	43.1	± 1.0

Titik pengukuran yang banyak membuat kualitas pengukuran menjadi lebih akurat. Nilai dari tiap titik pengukuran diambil reratanya dan digunakan sebagai parameter akhir untuk penentuan ukuran. Nilai toleransi pada sisi miring dibuat lebih tinggi dengan mempertimbangkan gerakan *nozzle* yang cenderung melakukan pemotongan lebih besar pada sisi sudut atau ketika berbelok.

Gambar 2. Pemotongan dudukan *spring coil* sesuai rekayasa parameter ideal

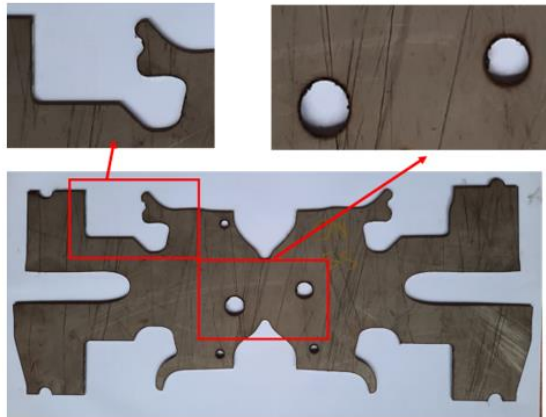
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Laser Cutting Untuk Produk Dudukan

Spring Coil

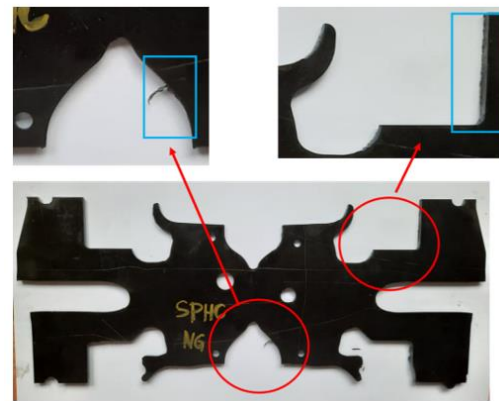
Pengamatan visual dilakukan untuk hasil pemotongan dengan menggunakan parameter *laser cutting* yang tidak sesuai sebagai pembandingan hasil pengamatan pada sampel sebelumnya. Gambar 3. menyajikan hasil pemotongan untuk dudukan *spring coil* menggunakan material *stainless steel 304* dengan parameter potong tidak ideal. Pengamatan visual menunjukkan dengan jelas bentuk *burr* hasil pemotongan yang terlalu kasar, khususnya untuk

bagian lingkaran pada area tengah. Hal ini terjadi karena penggunaan parameter operasi yang memiliki *peak power* dan *gas pressure* terlalu tinggi namun menggunakan laju pemotongan yang lambat. Hasilnya adalah bentuk potongan yang memiliki cacat potong berupa burr yang terlalu kasar. Kondisi ini menyebabkan hasil potongan tidak dapat diproses lebih lanjut untuk proses *stamping* untuk menghasilkan bentuk akhir dudukan *spring coil* yang diharapkan.



Gambar 3. Hasil *laser cutting* untuk material *stainless steel 304* dengan menggunakan parameter tidak ideal (*cut speed* 1 m/menit, *peak power* 100% dan *gas pressure* 15 bar)

Pengamatan visual berikutnya dilakukan untuk material *Cold Rolled Carbon Steel Sheets and Strip* (SPCC) dengan menggunakan parameter *laser cutting* yang tidak ideal sesuai dengan proses uji coba pada sampel awal. Dari Gambar 4. dapat diamati dengan jelas bentuk cacat potong yang terjadi pada dudukan *spring coil* dengan material SPCC menggunakan proses pemotongan yang tidak ideal. Hasil pemotongan yang tidak baik menyebabkan sebagian cacat potong berupa hasil potong yang tidak rata karena lebar potong terlalu (*kerf width*) terlalu besar. Lebih lanjut, pemotongan yang tidak merata menyebabkan adanya sayatan yang tersisa dari material yang dipotong sebagai dampak dari *kerf deviation* yang terlalu besar. Pada kasus SPCC, *peak power* dan *gas pressure* yang terlalu kecil menyebabkan waktu tinggal pemotongan terlalu lama dan menghasilkan bentuk potong yang tidak ideal.



Gambar 4. Hasil *laser cutting* untuk material SPCC dengan menggunakan parameter tidak ideal (*cut speed* 1 m/menit, *peak power* 80% dan *gas pressure* 13 bar)

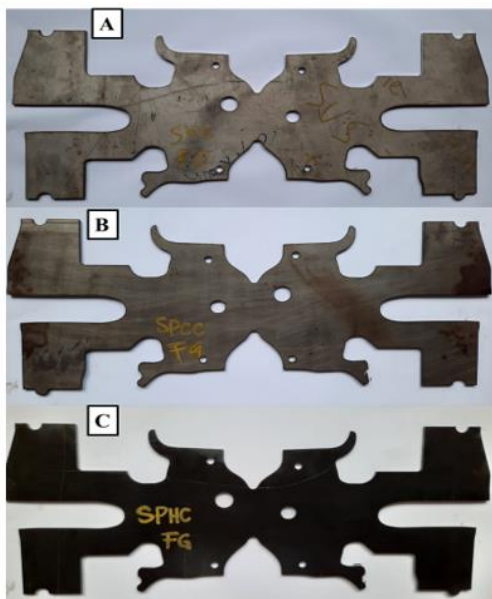
Pengamatan visual berikutnya dilakukan untuk material *Hot Rolled Carbon Steel Sheets and Strip* (SPHC) dengan menggunakan parameter *laser cutting* yang tidak ideal sesuai dengan proses uji coba pada sampel awal. Pengamatan visual yang disajikan pada Gambar 5. dengan jelas mengindikasikan banyaknya area yang mengalami cacat potong pada material ini. Berbeda dengan kasus SPCC yang menggunakan parameter potong yang kecil, pada kasus SPHC pemotongan terlalu besar menyebabkan bentuk potongan yang memiliki cacat hasil tinggi. Cacat ini diperlihatkan dari bentuk pemotongan yang kasar (*burr*), lebar pemotongan yang jauh dan adanya *dross* bekas pemotongan. Akibatnya adalah bentuk hasil potong seperti ini tidak dapat diproses lebih lanjut dan harus menyesuaikan hasil pemotongan dengan parameter ideal. Dengan demikian, masing-masing material memiliki karakteristik parameter operasi tersendiri.



Gambar 5. Hasil *laser cutting* untuk material SPHC dengan menggunakan parameter tidak ideal

(*cut speed* 1 m/menit, *peak power* 100% dan *gas pressure* 15 bar)

Pengujian awal dengan menggunakan beberapa sampel menunjukkan adanya parameter ideal untuk operasi *laser cutting* pada tiap jenis material. Pengujian menggunakan ukuran dimensi hasil potong yang diamati lebih lanjut menggunakan mikroskop menunjukkan hasil potong ideal pada tiap material sesuai dengan parameternya. Dengan demikian, pemotongan dilakukan menggunakan parameter tersebut dan menunjukkan hasil potong yang ideal (dapat dilihat pada Gambar 6.)



Gambar 6. Hasil *laser cutting* dengan parameter ideal untuk masing – masing material A) *stainless steel*, B) SPCC, C) SPHC

Terlihat pada Gambar 6. seluruh material memiliki bentuk potong yang ideal, tanpa mengalami cacat visual yang dapat terlihat. Hal ini yang menyebabkan hasil potong dapat dilanjutkan untuk proses berikutnya yakni *stamping*. Bentuk dudukan *spring coil* yang presisi akan menghasilkan bentuk *stamping* yang sesuai. Hal ini menunjukkan pentingnya rekayasa parameter operasi *laser cutting* yang dilakukan untuk tiap jenis material. Uji dimensi dan pengamatan mikroskopik mendukung hasil justifikasi untuk menentukan kualitas pemotongan yang ideal pada tiap jenis material.

Rekayasa parameter *laser cutting* berhasil mendapatkan parameter ideal untuk tiap jenis material. Terlihat bahwa penyesuaian parameter operasi *laser cutting* yang terdiri dari *cut speed*, *peak power* dan *gas pressure* berkontribusi terhadap kualitas pemotongan. Dengan demikian, penentuan parameter awal dari

material yang akan diproses mutlak dilakukan. Pengukuran awal dimensi pemotongan dan pengamatan mikroskopik dapat mendukung proses justifikasi dan memastikan bentuk hasil potong ideal untuk kebutuhan selanjutnya.

Sebagai pertimbangan tambahan, perubahan parameter juga berdampak pada laju produksi. Khususnya terkait dengan *cut speed* di mana penggunaan *cut speed* yang rendah berdampak pada penurunan laju produksi. Penggunaan *gas pressure* yang lebih tinggi mengharuskan adanya *booster compressor* tambahan untuk menjamin operasi kontinu. Hal ini perlu diperhatikan untuk menyesuaikan target produksi yang diharapkan dan juga kapasitas produksi harian. Alternatif tambahan dapat dipertimbangkan menggunakan aspek toleransi *stamping* yang lebih besar maupun pertimbangan biaya pemrosesan yang lebih baik.

IV. KESIMPULAN

Rekayasa parameter *laser cutting* dilakukan untuk memaksimalkan proses pemotongan dudukan *spring coil*. Hasil dari rekayasa proses pemotongan ini menunjukkan bahwa:

1. Parameter operasi *laser cutting* yang terdiri dari *cut speed*, *peak power* dan *gas pressure* harus disesuaikan terhadap jenis material yang digunakan. Kualitas pemotongan ideal untuk tiap material adalah:
 - a. *Stainless steel 304*: *cut speed* 2 m/menit, dengan *peak power* 100% dan *gas pressure* 13 bar.
 - b. *Cold Rolled Carbon Steel Sheets and Strip (SPCC)*: *cut speed* 1 m/menit, dengan *peak power* 100% dan *gas pressure* 15 bar.
 - c. *Hot Rolled Carbon Steel Sheets and Strip (SPHC)*: *cut speed* 2 m/menit, dengan *peak power* 100% dan *gas pressure* 11 bar.
2. Kualitas pemotongan dengan menggunakan parameter yang tepat menunjukkan *kerf width* yang sesuai, dengan bentuk *burr* hasil pemotongan dan *kerf deviation* relatif rendah, sehingga memberikan hasil pemotongan yang tepat sesuai dengan target dimensi yang ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. D. Sharma and S. Srivastava, "Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

- Implementation: A Literature Review,” *Copyright Journal of Advance Research in Aeronautics and Space Science J Adv Res Aero SpaceSci*, vol. 5, no. 2, pp. 2454–8669, 2018.
- [2] F. Fang, M. Lai, J. Wang, X. Luo, J. Yan, and Y. Yan, “Nanometric cutting: Mechanisms, practices and future perspectives,” *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, vol. 178, no. May, p. 103905, 2022.
- [3] S. Wadekar and S. U. Deokar, “Effect of Process Parameters on Laser Cutting Process: A Review,” *Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR)*, vol. 2, no. 7, 2016.
- [4] N. Naprstkova and S. Dubsky, “Optimization of setting parameters of laser cutting machine,” *Engineering for Rural Development*, vol. 11, pp. 279–284, 2012.
- [5] A. Sharma and V. Yadava, “Experimental analysis of Nd-YAG laser cutting of sheet materials – A review,” *Optics and Laser Technology*, vol. 98, pp. 264–280, 2018.
- [6] J. Wang, Z. Sun, L. Gu, and H. Azimy, “Investigating the effect of laser cutting parameters on the cut quality of Inconel 625 using Response Surface Method (RSM),” *Infrared Physics and Technology*, vol. 118, no. June, p. 103866, 2021.
- [7] S. Ullah *et al.*, “Influence of the fiber laser cutting parameters on the mechanical properties and cut – edge microfeatures of a AA2B06 – T4 aluminum alloy,” *Optics and Laser Technology*, vol. 156, no. April, p. 108395, 2022.
- [8] A. H. Elsheikh, T. A. Shehabeldeen, J. Zhou, E. Showaib, and M. Abd Elaziz, “Prediction of laser cutting parameters for polymethylmethacrylate sheets using random vector functional link network integrated with equilibrium optimizer,” *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 32, no. 5, pp. 1377–1388, 2021.