

Pengaruh Kecepatan Potong dan Daya Laser pada Proses *Fiber laser cutting* terhadap Kekerasan pada Baja AISI 1040 dengan Ketebalan 6mm

Dicky Candra Setiawan^{1, *}, Gerald Adityo Pohan¹

¹ Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Malang

Kata kunci

Fiber Laser Cutting
Kecepatan Potong
Daya Laser
Kekerasan Baja AISI
1040

ABSTRAK

Pemilihan parameter pemotongan yang tepat dalam proses *fiber laser cutting* penting untuk menjaga kualitas mekanik material. Kecepatan potong dan daya laser merupakan dua parameter utama yang menentukan distribusi panas selama proses pemotongan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan potong dan daya laser terhadap kekerasan baja AISI 1040 dengan ketebalan 6 mm. Metode yang digunakan yaitu uji kekerasan mikrovickers dan analisis statistik menggunakan *Two-Way ANOVA*. Proses pemotongan dilakukan dengan mesin *fiber laser cutting* menggunakan variasi kecepatan potong 500 mm/min, 1000 mm/min, dan 1500 mm/min serta daya laser 1200 watt, 1350 watt, dan 1500 watt. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan potong dan daya laser secara bersama-sama berpengaruh signifikan terhadap kekerasan dengan *p value* sebesar $0,048 < 0,05$. Daya laser tinggi meningkatkan penyerapan panas, sedangkan daya rendah cenderung menghasilkan energi minim yang menyebabkan kekerasan lebih rendah akibat distribusi panas yang tidak merata. Kecepatan potong tinggi menyebabkan penurunan kekerasan secara tajam, sementara kecepatan rendah berisiko menimbulkan *overheat*. Kombinasi daya laser 1350 watt dan kecepatan potong 1000 mm/min menghasilkan nilai kekerasan paling stabil pada hasil pemotongan baja AISI 1040.

* **Corresponding author:**
Dicky Candra Setiawan (email: dkycndr@gmail.com)

Diterima: 11 Agustus 2025

Disetujui: 12 September 2025

Dipublikasikan: 11 November 2025

1 Pendahuluan

Pada era modern, alat berbasis optik terus dikembangkan karena memiliki banyak keunggulan, seperti kecepatan transmisi data hingga 10 Gb/s dan bebas gangguan elektromagnetik. Salah satunya adalah *cutting laser CO2* yang digunakan untuk memotong dan mengukur material seperti akrilik, polimer, kaca, dan lainnya, serta dapat dikendalikan melalui computer [1]. *Fiber laser cutting* metode pemotongan optik yang menggunakan sinar laser berdaya tinggi dan presisi untuk memotong berbagai jenis material dengan cara memanaskan area tertentu hingga titik didih [2]. Proses pemotongan ini dikendalikan oleh komputer untuk mengarahkan sinar laser, namun tetap mengandalkan output daya tinggi sebagai sumber pemotong utama [3].

Parameter *cutting* seperti fokus titik, kecepatan, dan daya sangat memengaruhi hasil potongan. Ketidaktepatan fokus dapat menurunkan intensitas dan kualitas hasil, sementara kecepatan potong juga berdampak pada kekerasan material [4]. Salah satu material yang sering dipotong menggunakan *fiber laser cutting* adalah baja AISI 1040 dengan ketebalan 6 mm. Proses pemotongan dengan panas laser dapat mengubah sifat material di sekitar area potong sehingga dibutuhkan kepresisian, akurasi ukuran, kekuatan, dan kehalusan pada material hasil potong [5]. Baja AISI 1040 termasuk baja karbon menengah dengan komposisi 0,4% C, 0,75% Mn, dan 96,8% Fe dengan memiliki kekuatan tarik 590 Mpa [6]. Baja jenis ini dimanfaatkan sebagai roda

gigi, bantalan, dan poros karena memiliki ketahanan aus terhadap gesekan yang berbanding lurus dengan nilai kekerasannya [7].

Pengujian kekerasan menjadi penting karena panas tinggi dari proses *fiber laser cutting* dapat mengubah struktur mikro material di zona *heat affected zone* (HAZ yang mempengaruhi sifat mekanik material [8]. Baja AISI 1040 sebagai baja karbon menengah memiliki karakteristik yang sensitif terhadap perubahan suhu dimana kandungan karbon 0,4% menyebabkan terjadinya transformasi fasa selama proses pemanasan dan pendinginan cepat. Variasi parameter kecepatan potong dan daya laser akan menghasilkan input panas yang berbeda pada material sehingga kekerasan perlu diuji untuk mengukur pengaruh parameter proses terhadap sifat mekanik material [9].

Pengujian kekerasan dilaksanakan dengan menggunakan metode *uji Vickers* dimana indenter berbentuk piramida intan dengan sudut antar permukaan piramida sebesar 136° . Pengujian kekerasan ini dilakukan pada tiga posisi berbeda, yaitu titik A, titik B, dan titik C, Pengujian Vickers dilakukan dengan menerapkan pengujian makro dengan beban yang digunakan adalah sebesar 30 kg [10]. Keputusan untuk menggunakan beban 30 kg diambil dengan pertimbangan potensi deformasi dimana mengingat ketebalan spesimen uji hanya 6 mm dan merujuk pada penelitian sebelumnya [11]. Namun, belum ada yang secara spesifik mengkaji pengaruh kecepatan potong dan daya laser pada *fiber laser cutting* terhadap kekerasan baja AISI 1040 dengan ketebalan 6mm.

Berdasarkan beberapa hal yang diuraikan sebelumnya, maka dilakukan penelitian untuk menganalisis pengaruh variasi daya laser dan kecepatan pemotongan terhadap nilai kekerasan *micro-Vickers* pada baja AISI 1040 dengan ketebalan 6 mm setelah proses *fiber laser cutting*, serta mengevaluasi pengaruh interaksi antara kecepatan potong (500-1500 mm/min) dan daya laser (1200-1500 watt) terhadap distribusi kekerasan *micro-Vickers* pada zona HAZ (*Heat Affected Zone*).

Berlandaskan pada hasil kajian literatur maka diusulkan beberapa hipotesis penelitian sebagai berikut:

Ha: Terdapat pengaruh yang signifikan antara kecepatan potong dan daya laser terhadap nilai kekerasan *microvickers* pada baja AISI 1040 ketebalan 6 mm.

H0: Tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara kecepatan potong dan daya laser terhadap nilai kekerasan *microvickers* pada baja AISI 1040 ketebalan 6 mm.

2 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap yaitu proses pemotongan *fiber laser cutting* pada tanggal 22 April 2025 dan pengujian kekerasan pada tanggal 30 April 2025 bertempat di Laboratorium Manufaktur dan Laboratorium Metalurgi Institut Teknologi Nasional Malang. Penelitian menggunakan metode eksperimen nyata (*true experimental research*) dengan rancangan desain faktorial 3×3 yang melibatkan dua faktor utama yaitu daya laser dan kecepatan potong untuk mengetahui pengaruh variasi parameter tersebut terhadap kekerasan baja AISI 1040. Ruang lingkup penelitian difokuskan pada analisis perubahan kekerasan material akibat variasi parameter pemotongan *fiber laser cutting* pada zona *Heat Affected Zone* (HAZ) baja AISI 1040 dengan objek penelitian berupa spesimen baja AISI 1040 ketebalan 6 mm yang menghasilkan total 9 spesimen.

Penelitian ini menggunakan alat *fiber laser cutting* untuk proses pemotongan dan *Micro-Vickers Hardness Test* untuk pengujian kekerasan.



Gambar 1 Mesin *Fiber Laser Cutting*.



Gambar 2 Alat Pengujian *Micro-Vickers*.

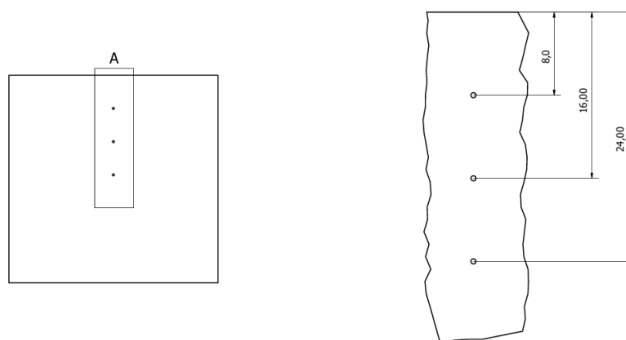
Teknik pengumpulan data dilakukan melalui pengujian kekerasan *micro-Vickers* menggunakan alat pengujian *microvickers* dengan spesifikasi beban 30 kgf dan durasi penekanan 15 detik sesuai standar ASTM E384. Variabel independen meliputi daya laser dengan tiga tingkat yaitu 80% (1200 W), 90% (1350 W), dan 100% (1500 W) dan kecepatan potong dengan tiga tingkat yaitu 500 mm/menit, 1000 mm/menit, dan 1500 mm/menit. Variabel dependen adalah nilai kekerasan *micro-Vickers*, sedangkan variabel terkontrol yang dipertahankan konstan meliputi fokus +5°, gas oksigen dengan tekanan 1 bar, *double nozzle* berdiameter 1,5 mm, dan lensa berukuran 1064 mikrometer. Pengukuran dilakukan pada tiga titik lokasi pada masing-masing spesimen yaitu pada jarak 8 mm, 16 mm, dan 24 mm dari tepi potongan.

Langkah-langkah penelitian dilakukan melalui tahapan sebagai berikut: Persiapan material baja AISI 1040 dan pemotongan menggunakan mesin *fiber laser cutting* sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan. Pemberian tanda pada setiap spesimen untuk menghindari kesalahan identifikasi pada tahap selanjutnya. Meletakkan spesimen pada alat uji kekerasan *micro-Vickers*, kemudian mengkalibrasi alat dengan beban 30 kgf dan waktu tekan 15 detik sesuai standar ASTM E384. Melakukan penekanan indenter di tiga titik pengukuran (8 mm, 16 mm, dan 24 mm dari tepi potong) pada setiap spesimen. Mengukur jejak indentasi menggunakan mikroskop optik dan menghitung nilai kekerasan *micro-Vickers* berdasarkan panjang diagonal.

Teknik analisis data menggunakan pendekatan kuantitatif melalui pengolahan data mentah hasil uji kekerasan *micro-Vickers* dalam bentuk grafik hubungan. Analisis statistik dilakukan menggunakan metode ANOVA dua arah (*Two-Way ANOVA*) untuk mengetahui pengaruh signifikan secara statistik terhadap nilai kekerasan berdasarkan variasi parameter pemotongan. Pengujian ANOVA dilakukan untuk menganalisis pengaruh daya secara individu terhadap kekerasan, pengaruh kecepatan potong secara individu terhadap kekerasan, dan pengaruh interaksi antara daya dan kecepatan terhadap kekerasan. Hasil penelitian dikatakan berpengaruh signifikan apabila *p value* yang dihasilkan kurang dari 0,05.

3 Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan dari proses penelitian ini menunjukkan nilai kekerasan permukaan pada spesimen hasil pemotongan menggunakan mesin *fiber laser cutting*. Pemotongan dilakukan dengan variasi daya laser sebesar 1500 Watt, 1350 Watt, dan 1200 Watt, serta variasi kecepatan pemotongan sebesar 500 mm/min, 1000 mm/min, dan 1500 mm/min.



Gambar 3 Tiga Titik Pengujian Spesimen

Sumber: (Laboratorium Material Institut Teknologi Nasional Malang, 2025)

Pengujian kekerasan dilakukan pada tiga titik di area potong dengan jarak masing-masing yaitu 8 mm, 16 mm, dan 24 mm dari permukaan atas spesimen. Penentuan tiga titik ini bertujuan untuk mengevaluasi distribusi kekerasan sepanjang bagian potong akibat pengaruh variasi parameter proses pemotongan. Untuk mengetahui karakteristik material yang digunakan dalam penelitian, berikut disajikan data komposisi kimia baja AISI 1040/ST 40 berdasarkan *Mill Certificate* dari *SeAH Besteel Corp*. Data ini digunakan sebagai acuan awal sebelum dilakukan pengujian lebih lanjut terhadap spesimen hasil pemotongan laser.

Table 1 Komposisi Kimia Baja AISI 1040

Unsur	Karbon (C)	Mangan (Mn)	Besi (Fe)
-------	------------	-------------	-----------

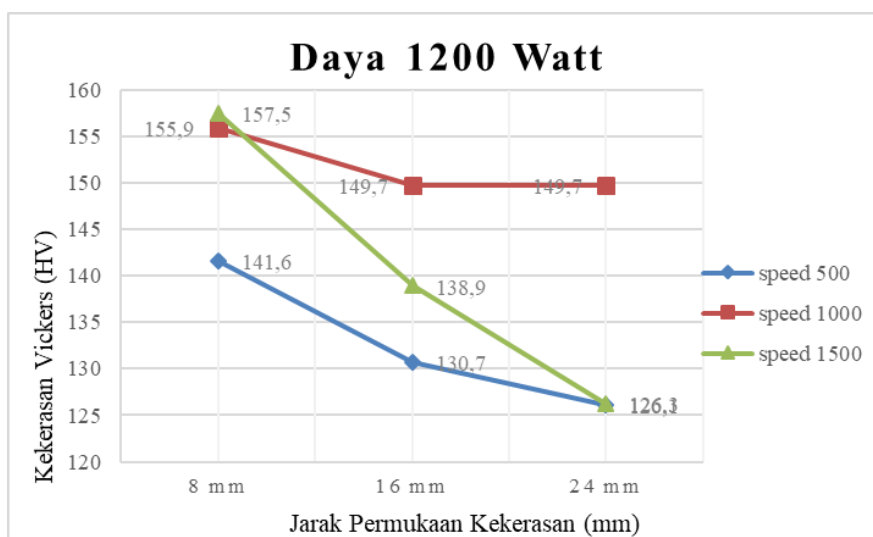
%	0,4	0,75	98,6
---	-----	------	------

3.1 Hasil Pengujian Kekerasan Permukaan

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan permukaan baja AISI 1040 di Laboraturium Pengujian Material Institut Teknologi Nasional Malang dengan 3 kali pengulangan pada 9 spesimen dengan jarak 8 mm dan kecepatan potong yang berbeda (500 mm/min, 1000 mm/min, 1500 mm/min) yaitu sebagai berikut.

1. Kecepatan potong dan Daya 1200 Watt terhadap Kekerasan *Micro vickers*

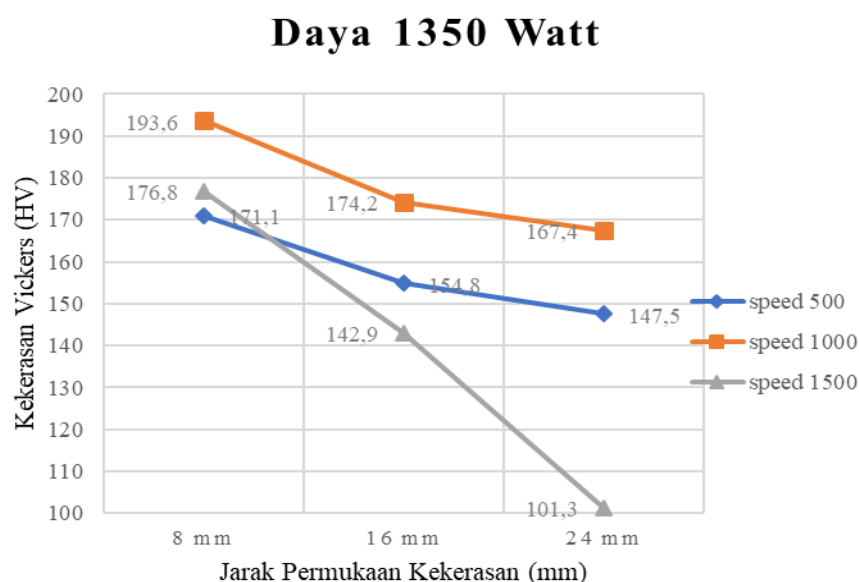
Berdasarkan analisis data hasil pengujian kekerasan 3 spesimen menggunakan pengujian *Micro Vickers*, diperoleh nilai kekerasan permukaan baja AISI 1040 setelah proses pemotongan dengan *cutting laser*. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Gambar 4 Grafik Kecepatan potong dan Daya 1200 Watt terhadap Kekerasan Microvickers

2. Kecepatan potong dan Daya 1350 Watt terhadap Kekerasan *Microvickers*

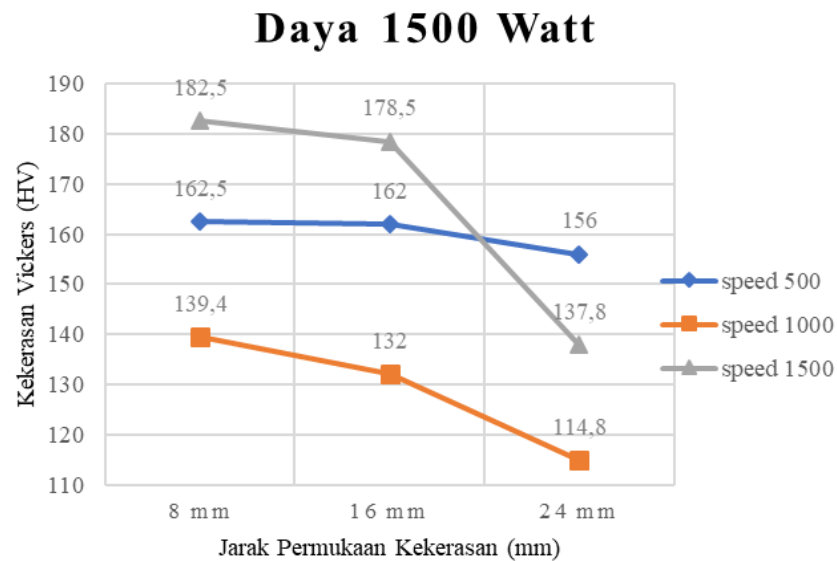
Berdasarkan analisis data hasil pengujian kekerasan 3 spesimen menggunakan pengujian *Micro Vickers*, diperoleh nilai kekerasan permukaan baja AISI 1040 setelah proses pemotongan dengan *cutting laser*. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada grafik di bawah ini:



Gambar 5 Grafik Kecepatan potong dan Daya 1350 Watt terhadap Kekerasan Microvickers

3. Kecepatan potong dan Daya 1500 Watt terhadap Kekerasan *Microvickers*

Berdasarkan analisis data hasil pengujian kekerasan 3 spesimen menggunakan pengujian MicroVickers, diperoleh nilai kekerasan permukaan baja AISI 1040 setelah proses pemotongan dengan *fiber laser*. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada grafik di bawah ini:

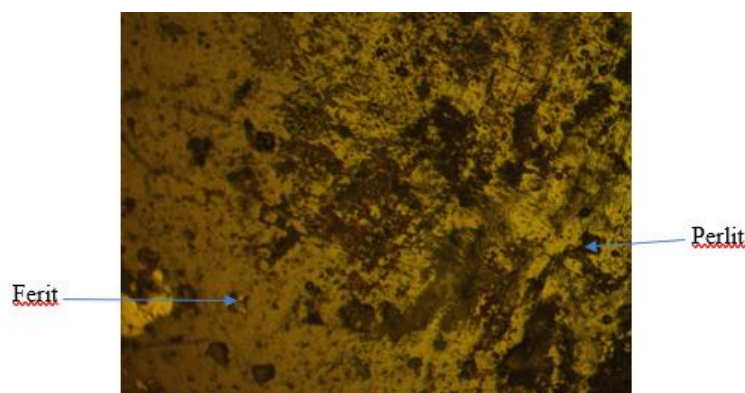


Gambar 6 Grafik Kecepatan potong dan Daya 1500 Watt terhadap Kekerasan Microvickers
Sumber: (Data diolah, 2025)

Berdasarkan hasil uji kekerasan *micro-Vickers* pada kecepatan potong 1000 mm/menit, kombinasi daya laser 1350 Watt menunjukkan performa paling ideal dibandingkan daya lainnya. Nilai kekerasan yang dihasilkan pada jarak 8 mm, 16 mm, dan 24 mm berturut-turut adalah 193,6 HV, 174,2 HV, dan 167,4 HV, dengan selisih hanya 6,2 HV. Hasil ini mengindikasikan distribusi panas yang merata dan stabil selama proses pemotongan, tanpa menyebabkan perubahan struktur mikro di sepanjang permukaan potong. Sebaliknya, pada daya 1200 Watt menghasilkan nilai kekerasan maksimal hanya mencapai 157,5 HV karena energi yang dihasilkan kurang optimal untuk memicu perubahan struktur mikro. Sementara itu, penggunaan daya 1500 Watt justru menurunkan kekerasan maksimal menjadi 182,5 HV akibat kemungkinan *overheating*.

3.2 Analisis Struktur Baja AISI 1040

Pengamatan struktur mikro merupakan langkah penting dalam memahami perubahan fasa dan distribusi mikrostruktur pada baja setelah melalui proses pemotongan dengan teknologi *fiber laser*. Dalam penelitian ini, baja AISI 1040 diamati menggunakan mikroskop metalografi untuk mengidentifikasi fasa dominan yaitu ferit dan perlit, serta mengevaluasi kualitas hasil potongan berdasarkan distribusi struktur mikronya. Gambar hasil pengamatan berikut menunjukkan kondisi permukaan baja setelah proses *fiber laser cutting*.



Gambar 7 Struktur Mikro Baja AISI 1040 setelah Proses *Fiber Laser Cutting*.

Berdasarkan Gambar 4.2, pemotongan menggunakan kecepatan 1000 mm/min dan daya 1350 Watt dipilih untuk menjaga efisiensi serta integritas mikrostruktur baja AISI 1040. Struktur mikro baja ini terdiri dari fasa *ferit* dan *perlit*. Fasa *ferit* tampak sebagai area terang kekuningan, bersifat lunak, dan berstruktur kubus berpusat badan (*body centered cubic*–BCC), yang tersebar merata menandakan distribusi fasa lunak tetap terjaga.

Sementara itu, area gelap menunjukkan fasa *perlit*, yakni campuran lamela *ferit* dan *sementit* yang terbentuk akibat kandungan karbon menengah. *Perlit* muncul padat pada area terpapar panas, memberikan kontribusi terhadap peningkatan kekerasan dan kekuatan baja.

Distribusi fasa yang seimbang antara *ferit* dan *perlit* menunjukkan bahwa proses *fiber laser cutting* telah berlangsung dengan parameter optimal tanpa memicu *overheating* maupun kerusakan struktur mikro. Zona termal (*Heat Affected Zone/HAZ*) tetap terkendali dan tidak menunjukkan degradasi struktur yang berarti [12]. Komposisi fasa yang merata serta tidak ditemukannya retak mikro, *overetching*, atau pembesaran butir (*grain growth*) membuktikan bahwa kualitas mikrostruktur baja tetap terjaga, mendukung karakteristik mekanik yang optimal pasca pemotongan. Hasil *fiber cutting laser* dengan kecepatan potong 1000 mm/min dan daya laser 1350 watt pada baja AISI 1040 tidak menurunkan kualitas mikrostruktur baja serta tetap mempertahankan struktur mikro yang optimal untuk karakteristik mekanik material.

3.3 Analisis Two-Way ANOVA

Analisis varian ANOVA dua arah digunakan untuk mengevaluasi pengaruh daya laser, kecepatan potong, serta interaksi antara kedua variabel tersebut terhadap nilai kekerasan baja AISI 1040. ANOVA dipilih karena mampu menguji lebih dari satu faktor secara simultan serta mengidentifikasi kontribusi masing-masing faktor maupun interaksinya terhadap variabel dependen. Hasil pengolahan data menggunakan ANOVA ditampilkan pada tabel berikut:

Table 2 hasil Uji ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects						
Dependent Variable: Kekerasan baja (HV)						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	6471.436 ^a	8	808.930	2.539	.048	.530
Intercept	613967.120	1	613967.120	1927.000	.000	.991
DayaWatt	1315.476	2	657.738	2.064	.156	.187
Kecepatanpotongmmmin	68.927	2	34.464	.108	.898	.012
DayaWatt * Kecepatanpotongmmmin	5087.033	4	1271.758	3.992	.017	.470
Error	5735.033	18	318.613			
Total	626173.590	27				
Corrected Total	12206.470	26				

a. *R Squared* = .530 (*Adjusted R Squared* = .321)

Sumber: (Data diolah SPSS, 2025)

Berdasarkan hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa masing-masing variabel bebas memiliki pengaruh yang berbeda terhadap kekerasan baja AISI 1040. Pertama, variabel daya laser menunjukkan *p-value* $0,156 > 0,05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa daya laser secara individual tidak berpengaruh signifikan terhadap kekerasan baja. Selanjutnya, variabel kecepatan potong menunjukkan *p-value* sebesar $0,898 > 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa kecepatan potong tidak berpengaruh signifikan secara individual terhadap kekerasan baja. Namun, pada pengujian interaksi antara daya laser dan kecepatan potong terhadap kekerasam diperoleh *p-value* sebesar $0,017 < 0,05$. Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh signifikan dari kombinasi kedua variabel tersebut terhadap kekerasan baja. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh dari salah satu variabel bergantung pada nilai variabel lainnya.

Temuan ini menunjukkan bahwa kecepatan potong memiliki peranan yang lebih dominan dalam menentukan seberapa besar energi panas yang terserap dan tersebar selama proses *fiber laser cutting* berlangsung. Semakin rendah kecepatan potong, semakin lama paparan panas terjadi pada area pemotongan sehingga dapat meningkatkan zona terpengaruh panas (*heat-affected zone/HAZ*) dan mengubah struktur mikro di sekitar permukaan potong. Sebaliknya, kecepatan potong yang tinggi akan mempercepat proses pendinginan akibat waktu paparan panas yang singkat sehingga dapat menyebabkan peningkatan kekerasan karena membentuk struktur martensit atau fasa yang lebih keras.

Secara keseluruhan, model ANOVA dua arah yang digunakan dalam penelitian ini berpengaruh signifikan, dengan nilai *p* sebesar $0,048 < 0,05$. Nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,530 menunjukkan bahwa sekitar 53% variasi nilai kekerasan mikro pada baja dapat dijelaskan oleh kombinasi variabel daya laser,

kecepatan potong, dan interaksinya. Berdasarkan hasil ini, hipotesis alternatif (H_a) yang menyatakan bahwa terdapat pengaruh signifikan antara kecepatan potong dan daya laser terhadap kekerasan mikro pada baja AISI 1040 ketebalan 6 mm dinyatakan diterima.

3.4 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan dan analisis statistik, diketahui bahwa kombinasi kecepatan potong 1000 mm/menit dan daya laser 1350 Watt menghasilkan nilai kekerasan tertinggi sebesar 193,6 HV pada jarak 8 mm dari permukaan potong. Kombinasi ini memberikan input panas yang optimal sehingga menghasilkan struktur mikro yang lebih padat dan keras tanpa menyebabkan *overheat*. Analisis Two Way ANOVA menunjukkan bahwa interaksi antara kecepatan potong dan daya laser berpengaruh signifikan terhadap kekerasan ($p = 0,017$) dengan kontribusi pengaruh sebesar 47%. Meskipun pengaruh masing-masing parameter secara individu tidak signifikan, kombinasi keduanya terbukti efektif dalam meningkatkan kekerasan permukaan baja AISI 1040.

Temuan penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Rahmawati menemukan bahwa semakin rendah kecepatan potong, maka nilai kekerasan semakin tinggi karena durasi pemanasan yang lebih lama memicu perubahan mikrostruktur logam [13]. Penelitian yang dilakukan oleh Nugraha menggunakan metode Taguchi dan ANOVA menunjukkan bahwa *gas pressure* memiliki kontribusi 54,241% terhadap kekerasan permukaan, dan *cutting speed* turut berpengaruh dimana kekerasan minimum terjadi pada kecepatan 1800 m/min [14]. Penelitian Adin tahun 2024 yang menggunakan metode eksperimen dan desain *full factorial* menunjukkan bahwa interaksi antara daya laser, tekanan gas, dan *feed rate* secara signifikan memengaruhi hasil akhir, khususnya lebar HAZ dan kekasaran permukaan [12]. Selain itu, penelitian Nurjanah tahun 2021 juga menunjukkan bahwa tekanan gas merupakan faktor paling dominan terhadap kekerasan, namun *cutting speed* tetap memberikan kontribusi tidak langsung terhadap kekerasan melalui pengaruhnya pada kekasaran dan durasi panas [15].

Hasil ini selaras dengan penelitian yang dilakukan saat ini, dimana variasi parameter seperti daya laser dan kecepatan potong dalam proses *fiber laser cutting* terbukti memengaruhi kekerasan *microvickers* pada baja AISI 1040 ketebalan 6 mm. Kecepatan potong tinggi seperti 1500 mm/menit cenderung menurunkan kekerasan pada jarak jauh dari titik potong, sedangkan kecepatan rendah seperti 500 mm/menit menyebabkan *overheating*. Sebaliknya, pada kecepatan 1000 mm/menit, kekerasan lebih stabil karena distribusi panas merata tanpa menyebabkan kerusakan struktur mikro. Temuan ini menegaskan pentingnya pemilihan parameter proses yang tepat untuk menjaga kualitas mekanik hasil potongan baja AISI 1040.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan terhadap 9 spesimen dengan 3 kali pengulangan diperoleh total 27 data sehingga dapat disimpulkan bahwa daya laser dan kecepatan potong secara bersama-sama berpengaruh signifikan terhadap nilai kekerasan *Micro Vickers* pada baja AISI 1040 dengan $p\text{ value } 0,048 < 0,05$. Daya laser yang tinggi dapat meningkatkan penyerapan panas sedangkan daya rendah menghasilkan energi minim yang berisiko menurunkan kekerasan karena panas yang masuk ke material tidak cukup merata. Kecepatan potong menentukan kedalaman dan sebaran panas dimana kecepatan potong tinggi menyebabkan penurunan kekerasan tajam dan kecepatan potong rendah berisiko menyebabkan *overheat*. Kombinasi daya laser 1350W dan kecepatan potong 1000 mm/min menghasilkan kekerasan tertinggi (193.6 HV) dengan deviasi minimal (6.2 HV) menunjukkan stabilitas termal paling optimal.

5. Referensi

- [1] R. D. Prasetyo and . A., "Pengaruh Grafir Laser Co2 Terhadap Keluaran Kanal Pandu Gelombang Optik Model Y-Branch," *IFI*, vol. 10, no. 3, pp. 9–14, Nov. 2021, doi: 10.26740/ifi.v10n3.p9-14.
- [2] M. A. Hidayat, A. Farid, and P. Suwandono, "Analisa parameter pada pemotongan plate menggunakan CNC fiber laser cutting terhadap kekasaran permukaan," *Turbo*, vol. 10, no. 2, Dec. 2021, doi: 10.24127/trb.v10i2.1737.
- [3] Z. Amrulloh, "Pembuatan Wayang Kulit dengan Menggunakan Teknologi Fiber laser cutting," Universitas Islam Indonesia, 2012.
- [4] A. Syailendra, "Pengaruh Kecepatan Potong dan Tekanan Gas terhadap Hasil Pemotongan Fiber Laser Cutting pada Material Mild Steel ASTM A36 Tebal 2.3 mm," Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta, 2024.

- [5] G. Halim, A. Asroni, and E. Budiyo, “Analisa kerja mesin CNC laser cutting CO2 2 axis berbasis MACH3 pada variasi pemotongan,” *Armatur*, vol. 3, no. 1, pp. 28–36, Mar. 2022, doi: 10.24127/armatur.v3i1.1935.
- [6] P. Haryanto and B. Cahyono, “Menguji Kekuatan Tarik Pada Sambungan Las Gesek Baja Karbon Rendah (AISI 1040) Dan Baja Tahan Karat (Aisi 304) Disambung Menggunakan Mesin Las Gesek Hasil Penelitian Rancang Bangun,” 2018.
- [7] F. Muhammad, “Pengujian kekerasan, kemampuan kekerasan baja, dan observasi perubahan struktur mikro pada baja karbon AISI 1040 dan 1060 setelah menggunakan metode jominy test,” Unila, 2019.
- [8] N. Diasa, A. Suhadi, and Karyadi, “Rekayasa Parameter Pemotongan Dengan Mesin CNC Tipe Fiber Laser Cutting A1 untuk Produk Dudukan Spring Coil,” *teknobiz*, vol. 13, no. 1, pp. 57–62, Mar. 2023, doi: 10.35814/teknobiz.v13i1.4850.
- [9] Isotema, “What Can 1500W Fiber Laser Cut.” Accessed: Apr. 15, 2025. [Online]. Available: <https://isotema.com/en/blog/7655/what-can-1500w-fiber-laser-cut>
- [10] F. A. Rauf, F. P. Sappu, and A. M. A. Lakat, “Uji Kekerasan Dengan Menggunakan Alat Microhardness Vickers Pada Berbagai Jenis Material Teknik,” vol. 5, 2018.
- [11] M. Andreansyah, R. D. Anjani, and V. Naubnome, “Pengaruh Proses Heat Treatment (Quenching dan Tempering) Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja Karbon Menengah,” *JSE*, vol. 9, no. 1, Dec. 2023, doi: 10.32672/jse.v9i1.791.
- [12] M. S. Adin, “Investigation of the effects of laser power and gas pressure on the top and bottom HAZ widths in AISI 1040 steels,” *Journal of Science, Technology and Engineering Research*, vol. 5, no. 2, pp. 163–175, Dec. 2024, doi: 10.53525/jster.1583593.
- [13] A. R. Rahmawati, S. Anis, and R. Rusiyanto, “Pengaruh Kecepatan Pemotongan dan Ketebalan Bahan Terhadap Kekerasan dan Kekasaran Permukaan Baja AISI 1045 Menggunakan CNC Plasma Arc Cutting,” *J. Din. Vol. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 93–98, Sep. 2019, doi: 10.21831/dinamika.v4i2.27390.
- [14] A. Nugraha, I. W. Pradana, Y. Nugroho, and A. Nugroho, “Analisis Proses Laser Cutting dengan Variasi Cutting Speed, Jarak Focusline, dan Gas Pressure Terhadap Kekerasan dan Kekasaran Material MS SPHC,” *JMPM*, vol. 7, no. 2, pp. 160–169, Dec. 2023, doi: 10.18196/jmpm.v7i2.19459.
- [15] F. Nurjanah, “Analisis Pengaruh Tekanan Dan Jenis Gas Terhadap Karakteristik Baja SS400 Hasil Pemotongan Dengan Mesin Laser Fiber Cutting,” Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2021.