

# PENGARUH KEDALAMAN PEMAKANAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BAJA S45C DALAM PROSES BUBUT KONVENSIONAL

Firdhan Maulana Alhafizh<sup>1</sup>, Muhammad Hasan Albana<sup>1\*</sup>, Nur Fitria Pujo Leksonowati<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam

\*Corresponding author: hasan@polibatam.ac.id

## Article history

### Received:

13-04-2026

### Accepted:

11-06-2026

### Published:

30-06-2026

Copyright © 2026  
Jurnal Teknologi dan  
Riset Terapan

## Abstrak

Kualitas permukaan merupakan parameter krusial dalam proses permesinan yang dipengaruhi oleh kedalaman pemakanan (*depth of cut*). Pemilihan parameter ini berpengaruh langsung terhadap efisiensi proses dan kualitas akhir produk. Penelitian ini menginvestigasi hubungan antara variasi kedalaman pemakanan dengan nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan dari proses bubut konvensional pada material baja S45C. Metode penelitian menggunakan empat variasi kedalaman pemakanan (0,2 mm, 0,5 mm, 1 mm, dan 2 mm), sementara parameter lain seperti kecepatan potong dan putaran *spindle* dijaga tetap. Proses pembubutan menggunakan pahat *insert*, dan kekasaran permukaan diukur menggunakan *surface roughness tester*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar kedalaman pemakanan, nilai kekasaran permukaan ( $R_a$ ,  $R_q$ , dan  $R_z$ ) cenderung meningkat. Kualitas permukaan terbaik ( $R_a$  rata-rata  $1,291\mu m$ ) diperoleh pada kedalaman pemakanan terkecil (0,2 mm), sedangkan permukaan paling kasar ( $R_a$  rata-rata  $2,728\mu m$ ) dihasilkan oleh kedalaman pemakanan terbesar (2 mm). Peningkatan kekasaran ini disebabkan oleh peningkatan gaya potong dan getaran selama proses permesinan. Dengan demikian, pemilihan kedalaman pemakanan yang tepat sangat penting untuk menghasilkan kualitas permukaan yang optimal dan efisiensi proses permesinan.

**Kata Kunci:** Kedalaman Pemakanan, Kekasaran Permukaan, Baja S45C, Mesin Bubut, Proses Permesinan

## Abstract

Surface quality is a crucial parameter in the machining process and is significantly influenced by the depth of cut. Selecting this parameter directly affects process efficiency and final product quality. This study aims to investigate the effect of depth of cut on the surface roughness of S45C steel during a conventional lathe turning process. The experimental method involved four depth-of-cut settings (0.2 mm, 0.5 mm, 1.0 mm, and 2.0 mm), with cutting speed and spindle rotation held constant. The turning process was performed using an insert tool, and the resulting surface roughness was measured with a surface roughness tester. The results indicated that as the depth of cut increases, surface roughness ( $R_a$ ,  $R_q$ , and  $R_z$ ) tends to increase. The best surface quality (average  $R_a$  1.291) was achieved at the smallest depth of cut (0.2 mm), whereas the roughest surface (average  $R_a$  2.728) resulted from the largest depth of cut (2.0 mm). This increase in roughness is attributed to higher cutting forces and vibrations during the machining process. Thus, the proper selection of the depth of cut is crucial for achieving optimal surface quality and machining efficiency.

**Keywords:** Depth of Cut, Surface Roughness, S45C Steel, Lathe Machine, Machining Process

## 1.0 PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi manufaktur menuntut peningkatan efisiensi proses permesinan sekaligus kualitas produk yang tinggi. Proses pembubutan merupakan salah satu metode permesinan yang paling

fundamental dan luas digunakan dalam industri untuk membuat komponen silindris, seperti poros dan roda gigi [1, 2]. Salah satu parameter kualitas yang paling krusial pada komponen hasil permesinan adalah kekasaran permukaan (*surface roughness*) [3-5]. Tingkat kekasaran permukaan secara langsung memengaruhi kinerja

fungsional komponen, seperti ketahanan aus, presisi, dan efektivitas distribusi pelumas [6-8] .

Material Baja S45C tergolong sebagai baja karbon menengah yang umum digunakan untuk berbagai komponen mesin, seperti *pulley*, *shaft*, dan *gear*, karena karakteristik mekanisnya yang kuat dan keras [9-11]. Dalam aplikasi tersebut, kualitas permukaan yang dihasilkan dari proses permesinan menjadi sangat penting. Kualitas permukaan ini sangat dipengaruhi oleh berbagai parameter permesinan, termasuk kecepatan potong (*cutting speed*), gerak makan (*feed rate*), dan kedalaman pemakanan (*depth of cut*) [12, 13].

Di antara parameter tersebut, kedalaman pemakanan memegang peranan penting karena berpengaruh langsung terhadap volume material yang dihilangkan, efisiensi waktu proses, serta gaya potong dan getaran yang timbul. Berbagai penelitian telah mengonfirmasi bahwa parameter permesinan memiliki pengaruh terhadap kekasaran permukaan [14, 15]. Dalam perkembangannya, berbagai studi terkini telah berfokus secara ekstensif pada prediksi kekasaran permukaan (*surface roughness prediction*) pada proses pembubutan baja S45C. Beberapa pendekatan pemodelan mutakhir, seperti *Artificial Neural Network* (ANN) dan analisis regresi statistik, terbukti mampu memprediksi nilai kekasaran secara akurat dengan mengevaluasi variasi kecepatan potong, gerak makan, dan kedalaman pemakanan [16, 17]. Meskipun model prediktif berbasis algoritma cerdas telah banyak diaplikasikan untuk optimasi permesinan CNC berpresisi tinggi, validasi dan kuantifikasi empiris secara langsung pada mesin bubut konvensional tetap krusial sebagai fondasi operasional di industri menengah. Kuantifikasi data empiris mengenai pengaruh kedalaman pemakanan yang spesifik pada material S45C dalam proses bubut konvensional masih diperlukan untuk optimasi di lingkungan produksi. Pemilihan kedalaman pemakanan yang tidak tepat dapat menurunkan kualitas permukaan akibat getaran berlebih, sekaligus menurunkan efisiensi jika pemakanan terlalu kecil [18].

Berbagai penelitian dalam literatur berindeks Scopus telah mengonfirmasi bahwa parameter permesinan memiliki korelasi langsung terhadap kekasaran permukaan. Tinjauan komprehensif oleh Abellán-Nebot dkk. [4] menegaskan bahwa interaksi antar parameter pemotongan sangat menentukan integritas fungsional permukaan komponen. Secara lebih spesifik, penelitian fundamental oleh Dimla [14] membuktikan bahwa fluktuasi sinyal getaran dan gaya potong berbanding lurus dengan variasi kedalaman pemakanan pada proses pembubutan. Semakin besar kedalaman pemakanan, semakin besar pula ketidakstabilan mekanis yang mereduksi kualitas permukaan akhir.

Meskipun landasan teoritis mengenai gaya potong dan getaran telah mapan, mayoritas studi optimasi empiris terkini cenderung difokuskan pada permesinan menggunakan mesin CNC berpresisi tinggi atau mengevaluasi material paduan khusus, seperti material implan medis Co28Cr6Mo [15]. Di sisi lain, kuantifikasi data empiris mengenai pengaruh spesifik kedalaman pemakanan pada baja karbon menengah S45C—salah satu material esensial di sektor manufaktur—yang dieksekusi menggunakan mesin bubut konvensional

justru masih sangat terbatas. Pada kondisi permesinan konvensional dengan tingkat kekakuan struktur (*rigidity*) yang lebih rendah dibandingkan CNC, penentuan kedalaman pemakanan yang terlalu agresif sangat rentan memicu getaran resonansi (*chatter*). Sampai saat ini, belum ada batas kritis (*critical threshold*) terukur yang mendefinisikan seberapa jauh rentang kedalaman pemakanan (khususnya 0,2 mm hingga 2,0 mm) dapat ditoleransi pada mesin konvensional sebelum getaran merusak parameter Ra, Rq, dan Rz secara signifikan.

Berdasarkan identifikasi kesenjangan literatur di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini difokuskan pada tiga hal utama, yaitu bagaimana pengaruh variasi kedalaman pemakanan (*depth of cut*) terhadap nilai rata-rata kekasaran aritmetika (Ra), terhadap nilai *Root Mean Square roughness* (Rq), dan terhadap nilai ketinggian maksimum profil (Rz) pada material baja S45C. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan literatur dengan mengkaji secara sistematis pengaruh rentang variasi kedalaman pemakanan terhadap parameter kekasaran permukaan material S45C. Data eksperimental ini ditujukan untuk merumuskan titik optimal parameter permesinan yang mampu menjaga keseimbangan antara kualitas permukaan dan efisiensi waktu pemotongan pada sistem bubut konvensional.

## 2.0 METODE

Metode penelitian ini dirancang untuk mengkaji pengaruh kedalaman pemakanan (*depth of cut*) terhadap kekasaran permukaan material baja S45C. Penelitian ini berfokus pada eksperimen terkontrol di laboratorium menggunakan mesin bubut konvensional. Material diuji adalah baja karbon menengah S45C dengan kandungan karbon 0,42% sampai 0,50%. Unsur kimia dari baja S45C diperlihatkan pada Tabel 1. Spesimen disiapkan dalam bentuk silinder pejal dengan dimensi radius 15 mm dan panjang 100 mm. Proses permesinan dilakukan menggunakan mesin bubut konvensional dengan merek Kaida tipe CW6180A. Spesifikasi lengkap dari Kaida CW6180A diperlihatkan pada Tabel 2. Pahat yang digunakan adalah pahat *insert* jenis karbida. Pengukuran kekasaran permukaan menggunakan alat *Surface Roughness Tester*. Sebelum digunakan, alat ukur ini telah dikalibrasi untuk memastikan akurasi dan validitas data pengukuran sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1.

Tabel 1: Kandungan Unsur Kimia dari Baja S45C [4]

| Unsur       | Jumlah Kandungan |
|-------------|------------------|
| Carbon (C)  | 0,42 – 0,50%     |
| Iron (Fe)   | 97,74%           |
| Mangan (Mn) | 0,50 – 0,80%     |
| Fosfor      | 0,035%           |
| Sulfur      | 0,035%           |

Tabel 2: Spesifikasi Alat Penelitian

| Kategori    | Komponen     | Spesifikasi              |
|-------------|--------------|--------------------------|
| Mesin Utama | Jenis        | Mesin Bubut Konvensional |
|             | Merek / Tipe | Kaida / CW6180A          |

| Kategori     | Komponen          | Spesifikasi                               |
|--------------|-------------------|---|
| Material     | Serial Number     | CW6180A-2016-0478                         |
|              | Daya              | 11KW 1460 RPM (50HZ)                      |
|              | Nama              | Baja S45C                                 |
|              | Standar Ekuivalen | AISI 1045, DIN 1.1730                     |
|              | Klasifikasi       | Medium Carbon Steel                       |
| Pahat Potong | Jenis             | Karbida                                   |
|              | Tipe              | Insert                                    |
| Alat Ukur    | Jenis             | Surface Roughness Tester                  |
|              | Fungsi            | Mengukur kekasaran permukaan (Ra, Rq, Rz) |



Gambar 1: Kalibrasi Alat Ukur

Untuk memfokuskan pengujian, parameter permesinan dibagi menjadi parameter tetap dan variabel bebas. Selama proses pengujian, parameter kecepatan potong (*cutting speed*), putaran *spindle* dan gerak makan (*feed rate*) dijaga konstan atau tetap. Variabel yang diubah (variabel bebas) untuk diamati pengaruhnya adalah kedalaman pemakanan (*depth of cut*). Penelitian ini menggunakan empat tingkat variasi, yaitu: 0,2 mm, 0,5 mm, 1,0 mm, dan 2,0 mm. Variabel yang diukur sebagai respons adalah nilai kekasaran permukaan spesimen, yang diukur dalam tiga parameter: Ra (Rata-rata kekasaran aritmetika), Rq (*Root Mean Square roughness*), dan Rz (Ketinggian maksimum profil).

Guna memastikan bahwa kedalaman pemakanan menjadi satu-satunya faktor dominan yang memengaruhi respons, variabel eksternal dikontrol secara ketat. Proses permesinan dilakukan dalam kondisi kering (*dry machining*) tanpa menggunakan cairan pendingin (*coolant*) untuk menghindari bias pelumas. Selain itu, untuk mengeliminasi variabel keausan pahat (*tool wear*), mata potong (*cutting edge*) pada *insert* karbida diganti dengan sisi yang baru secara konsisten pada setiap pergantian variasi kedalaman pemakanan.

Penelitian ini dilaksanakan melalui tahapan sistematis yang diawali dengan persiapan material baja S45C sesuai dimensi yang ditentukan, dilanjutkan dengan penyetelan

mesin bubut Kaida CW6180A serta pemosisian pahat insert untuk proses pemotongan. Selanjutnya, proses pembubutan diaplikasikan pada setiap spesimen menggunakan empat variasi kedalaman pemakanan, yaitu 0,2 mm, 0,5 mm, 1,0 mm, dan 2,0 mm. Pada tahapan ini, parameter permesinan dijaga konstan dengan kecepatan potong sebesar 125 m/min, putaran *spindle* 1330 RPM dan gerak makan (*feed rate*) sebesar 0,1 mm, serta jarak pemakanan sepanjang 100 mm pada sumbu X untuk setiap pengujian. Setelah spesimen selesai dibubut dan dibersihkan dari sisa geram, tahap berikutnya adalah evaluasi kekasaran permukaan menggunakan instrumen *surface roughness tester*. Guna memvalidasi konsistensi data, proses permesinan dan pengukuran untuk masing-masing variasi kedalaman pemakanan direplikasi sebanyak tiga kali. Jumlah replikasi ini dipilih berdasarkan standar pengujian eksperimental permesinan dasar guna memastikan reliabilitas nilai rata-rata (Ra, Rq, Rz) tanpa memicu keausan pahat yang berlebihan pada setiap seri pengujian, dan hasilnya dicatat secara terpisah. Terakhir, data kekasaran permukaan yang meliputi parameter Ra, Rq, dan Rz dari keseluruhan pengujian tersebut ditabulasi untuk dihitung nilai rata-ratanya. Data akhir kemudian dianalisis dan direpresentasikan melalui tabel serta grafik untuk memfasilitasi observasi terhadap tren maupun korelasi antara variasi kedalaman pemakanan dengan kualitas kekasaran permukaan hasil bubut.

### 3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

Data mentah hasil pengukuran kekasaran permukaan disajikan dalam Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5 untuk masing-masing parameter Ra, Rq, dan Rz.

Tabel 3: Hasil Pengujian Ra

| Kedalaman Pemakanan | Pengujian 1 | Pengujian 2 | Pengujian 3 |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|
| 0,2                 | 1,358       | 1,128       | 1,387       |
| 0,5                 | 2,068       | 2,000       | 2,467       |
| 1                   | 2,356       | 2,152       | 2,539       |
| 2                   | 2,441       | 2,882       | 2,861       |

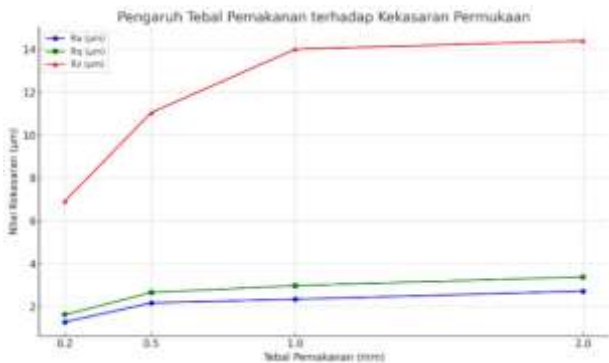
Tabel 4: Hasil Pengujian Rq

| Kedalaman Pemakanan | Pengujian 1 | Pengujian 2 | Pengujian 3 |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|
| 0,2                 | 1,718       | 1,391       | 1,771       |
| 0,5                 | 2,583       | 2,419       | 2,995       |
| 1                   | 3,059       | 2,699       | 3,200       |
| 2                   | 3,114       | 3,569       | 3,479       |

Tabel 5: Hasil Pengujian Rz

| Kedalaman Pemakanan | Pengujian 1 | Pengujian 2 | Pengujian 3 |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|
| 0,2                 | 7,168       | 5,963       | 7,629       |
| 0,5                 | 11,251      | 10,639      | 11,251      |
| 1                   | 13,804      | 12,351      | 15,858      |
| 2                   | 13,926      | 15,100      | 14,153      |

Dari data tersebut, dihitung nilai kekasaran rata-rata untuk setiap variasi, yang kemudian divisualisasikan pada Gambar 2 untuk menunjukkan tren hubungan antara kedalaman pemakanan dan tingkat kekasaran permukaan.



Gambar 2: Grafik pengaruh tebal pemakanan terhadap nilai kekasaran rata-rata Ra, Rq, dan Rz.

Untuk memvalidasi signifikansi tren peningkatan ini, uji statistik *One-Way Analysis of Variance* (ANOVA) telah dilakukan pada data kekasaran Ra dengan tingkat kepercayaan 95% ( $\alpha = 0,05$ ). Hasil perhitungan menunjukkan nilai F-hitung sebesar 24,24 yang jauh melebihi batas F-kritis (4,066). Selain itu, diperoleh nilai *P-value* sebesar 0,0002. Karena nilai *P-value* < 0,05, maka dapat disimpulkan secara statistik bahwa variasi kedalaman pemakanan (*depth of cut*) memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap parameter kekasaran permukaan.

Hasil pengujian menunjukkan tren yang sangat konsisten yaitu peningkatan kedalaman pemakanan secara proporsional menyebabkan peningkatan nilai kekasaran permukaan pada ketiga parameter (Ra, Rq, dan Rz). Nilai kekasaran permukaan terendah (permukaan paling halus) diperoleh pada kedalaman pemakanan terkecil (0,2 mm), dengan nilai rata-rata Ra 1,291  $\mu\text{m}$ . Sebaliknya, nilai kekasaran tertinggi (permukaan paling kasar) diperoleh pada kedalaman pemakanan terbesar (2,0 mm), dengan nilai rata-rata Ra 2,728  $\mu\text{m}$ .

Analisis terhadap data hasil penelitian menunjukkan beberapa poin diskusi utama. Tren peningkatan kekasaran seiring bertambahnya kedalaman pemakanan (seperti terlihat di Gambar 2) sesuai dengan teori dasar permesinan. Semakin besar kedalaman pemakanan, semakin besar volume material yang dipotong per satuan waktu. Hal ini mengakibatkan peningkatan gaya potong, gesekan yang lebih besar antara pahat dan benda kerja, serta peningkatan getaran selama proses permesinan. Getaran dan gaya potong yang lebih tinggi ini menyebabkan pahat lebih sulit menjaga kestabilan posisi, sehingga permukaan akhir yang terbentuk menjadi lebih kasar.

Menariknya, lonjakan kekasaran paling signifikan terjadi pada perubahan awal, yaitu dari kedalaman 0,2 mm (Ra 1,291  $\mu\text{m}$ ) ke 0,5 mm (Ra 2,178  $\mu\text{m}$ ). Setelah itu, kenaikan nilai Ra menjadi lebih landai pada kedalaman 1,0 mm (Ra 2,349  $\mu\text{m}$ ) dan 2,0 mm (Ra 2,728  $\mu\text{m}$ ). Hal ini mengindikasikan bahwa pada kedalaman 0,2 mm, proses pemotongan sangat stabil, namun pada 0,5 mm, proses tersebut telah melewati ambang batas di mana

getaran mulai menjadi faktor dominan yang memengaruhi kualitas permukaan.

Peningkatan paling drastis terlihat pada parameter Rz (ketinggian maksimum profil), yang melonjak dari rata-rata 6,920  $\mu\text{m}$  (pada 0,2 mm) menjadi 14,496  $\mu\text{m}$  (pada 2,0 mm). Ini menunjukkan bahwa kedalaman pemakanan yang besar tidak hanya meningkatkan kekasaran rata-rata (Ra), tetapi secara signifikan memperbesar jarak antara puncak tertinggi dan lembah terdalam pada permukaan.

Secara fundamental, tren peningkatan kekasaran permukaan yang ditemukan dalam penelitian ini selaras dengan studi yang dilakukan oleh Dimla [14], yang menyatakan bahwa peningkatan beban potong akibat kedalaman pemakanan yang lebih besar akan secara linier memperkuat sinyal getaran dan gaya potong. Namun, jika dilakukan perbandingan nilai absolut dengan penelitian Asiltürk et al. [15], terdapat perbedaan karakteristik yang signifikan. Asiltürk et al. [15] melaporkan bahwa optimasi pada mesin CNC untuk material keras menghasilkan parameter kekasaran yang sangat sensitif terhadap perubahan kecil pada *feed rate* dan *depth of cut*.

Dalam penelitian ini, meskipun menggunakan mesin bubut konvensional Kaida CW6180A, nilai kekasaran minimum yang diperoleh (Ra rata-rata 1,291  $\mu\text{m}$  pada kedalaman 0,2 mm) justru menunjukkan performa yang sangat kompetitif dan bahkan lebih halus dibandingkan beberapa studi optimasi material baja pada mesin CNC dalam kondisi permesinan serupa. Perbedaan ini kemungkinan besar dipengaruhi oleh tingkat kekakuan (*rigidity*) mesin yang digunakan serta stabilitas putaran *spindle* sebesar 1330 RPM yang mampu meredam munculnya getaran resonansi pada pemakanan kecil. Temuan ini menegaskan bahwa pada material baja S45C, stabilitas proses pembubutan konvensional dapat dipertahankan secara optimal pada rentang kedalaman pemakanan di bawah 0,5 mm sebelum getaran mesin menjadi faktor dominan yang merusak integritas permukaan sebagaimana yang diperingatkan dalam literatur permesinan global [14, 15].

Temuan ini memiliki implikasi praktis yaitu untuk aplikasi yang membutuhkan presisi tinggi dan permukaan halus, kedalaman pemakanan 0,2 mm adalah pilihan optimal. Jika efisiensi waktu (*proses roughing*) menjadi prioritas, kedalaman pemakanan yang lebih besar dapat digunakan, namun dengan konsekuensi permukaan yang jauh lebih kasar.

#### 4.0 KESIMPULAN

Proses pembubutan konvensional pada material baja S45C menunjukkan bahwa peningkatan kedalaman pemakanan (*depth of cut*) secara proporsional meningkatkan nilai kekasaran permukaan (Ra, Rq, dan Rz) akibat tingginya gaya potong dan getaran mekanis. Kualitas permukaan terbaik diperoleh pada kedalaman pemakanan terkecil 0,2 mm dengan nilai Ra rata-rata 1,291  $\mu\text{m}$ , sehingga rentang kedalaman pemakanan optimum yang direkomendasikan untuk keperluan proses halus (*finishing*) adalah berada di bawah 0,5 mm guna mempertahankan stabilitas permesinan sebelum getaran mesin menjadi faktor dominan yang merusak integritas permukaan. Sebagai langkah pengembangan, penelitian

lanjutan disarankan untuk melakukan pengukuran langsung terhadap gaya potong dan sinyal getaran menggunakan *dynamometer* serta *accelerometer*, sekaligus menguji efek interaksi kedalaman pemakanan dengan variasi gerak makan (*feed rate*) secara lebih komprehensif.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. F. C. Sousa and F. J. G. Silva, "Recent Advances in Turning Processes Using Coated Tools—A Comprehensive Review," *Metals*, vol. 10, no. 2, p. 170doi: 10.3390/met10020170.
- [2] P. Boral, R. Gołębski, and R. Kralikova, "Technological Aspects of Manufacturing and Control of Gears—Review," *Materials*, vol. 16, no. 23, p. 7453doi: 10.3390/ma16237453.
- [3] C. Lu, "Study on prediction of surface quality in machining process," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 205, no. 1, pp. 439-450, 2008/08/26/ 2008, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2007.11.270>.
- [4] J. V. Abellán-Nebot, C. Vila Pastor, and H. R. Siller, "A Review of the Factors Influencing Surface Roughness in Machining and Their Impact on Sustainability," *Sustainability*, vol. 16, no. 5, p. 1917doi: 10.3390/su16051917.
- [5] J. E. Ribeiro, M. B. César, and H. Lopes, "Optimization of machining parameters to improve the surface quality," *Procedia Structural Integrity*, vol. 5, pp. 355-362, 2017/01/01/ 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2017.07.182>.
- [6] T. He, W. Chen, Z. Liu, Z. Gong, S. Du, and Y. Zhang, "The Impact of Surface Roughness on the Friction and Wear Performance of GCr15 Bearing Steel," *Lubricants*, vol. 13, no. 4, p. 187doi: 10.3390/lubricants13040187.
- [7] W. Zhai *et al.*, "Recent Progress on Wear-Resistant Materials: Designs, Properties, and Applications," *Advanced Science*, vol. 8, no. 11, p. 2003739, 2021/06/01 2021, doi: <https://doi.org/10.1002/advs.202003739>.
- [8] Y. Cheng, Y. Wang, J. Lin, S. Xu, and P. Zhang, "Research status of the influence of machining processes and surface modification technology on the surface integrity of bearing steel materials," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 125, no. 7, pp. 2897-2923, 2023/04/01 2023, doi: 10.1007/s00170-023-10960-x.
- [9] X. J. Cao, Y. S. Pyoun, and R. Murakami, "Fatigue properties of a S45C steel subjected to ultrasonic nanocrystal surface modification," *Applied Surface Science*, vol. 256, no. 21, pp. 6297-6303, 2010/08/15/ 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2010.04.007>.
- [10] Y. F. Sun, Y. Konishi, M. Kamai, and H. Fujii, "Microstructure and mechanical properties of S45C steel prepared by laser-assisted friction stir welding," *Materials & Design*, vol. 47, pp. 842-849, 2013/05/01/ 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2012.12.078>.
- [11] K. Gao, S. Zhang, M. Mondal, S. Basak, S.-T. Hong, and H. Shim, "Friction Stir Spot Butt Welding of Dissimilar S45C Steel and 6061-T6 Aluminum Alloy," *Metals*, vol. 11, no. 8, p. 1252doi: 10.3390/met11081252.
- [12] A. Hamdan, A. A. D. Sarhan, and M. Hamdi, "An optimization method of the machining parameters in high-speed machining of stainless steel using coated carbide tool for best surface finish," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 58, no. 1, pp. 81-91, 2012/01/01 2012, doi: 10.1007/s00170-011-3392-5.
- [13] J. H. Ko and C. Yin, "A review of artificial intelligence application for machining surface quality prediction: from key factors to model development," *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 37, no. 2, pp. 775-798, 2026/02/01 2026, doi: 10.1007/s10845-025-02571-y.
- [14] D. E. Dimla, "The impact of cutting conditions on cutting forces and vibration signals in turning with plane face geometry inserts," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 155-156, pp. 1708-1715, 2004/11/30/ 2004, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2004.04.148>.
- [15] İ. Asiltürk, S. Neşeli, and M. A. İnce, "Optimisation of parameters affecting surface roughness of Co28Cr6Mo medical material during CNC lathe machining by using the Taguchi and RSM methods," *Measurement*, vol. 78, pp. 120-128, 2016/01/01/ 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2015.09.052>.
- [16] R. Rohmat, D. A. F. Ferlania, and D. F. Mukminin, "Intelligent multi-model system for surface roughness prediction in CNC turning of multiple materials," *Jurnal Polimesin*, vol. 24, no. 1, pp. 92-100, 2026.
- [17] R. Kumar *et al.*, "Hard turning on JIS S45C structural steel: an experimental, modelling and optimisation approach," *International Journal of automotive and mechanical engineering*, vol. 16, no. 4, pp. 7315-7340, 2019.
- [18] M. Hadad *et al.*, "Exploring new parameters to advance surface roughness prediction in grinding processes for the enhancement of automated machining," *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, vol. 8, no. 1, p. 41, 2024.