

Analisa Pengaruh Kecepatan Spindel Dan Kecepatan Makan Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Frais Tepi Baja St 37

Ammar Wahyu Agung Saputra ¹⁾, Reny Afriany ²⁾, Arie Yudha Budiman ³⁾

^{1,2,3)}Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas IBA

Email: ¹⁾ gamalammar455@gmail.com ; ²⁾ reny.afriany@gmail.com ; ³⁾ arieyudhabudiman@gmail.com

ARTICLE HISTORY

Received [30 Juli 2025]

Revised [30 September 2025]

Accepted [03 Oktober 2025]

KEYWORDS

Spindle Speed, Feed Rate, Surface Roughness.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh kecepatan spindel dan kecepatan makan terhadap kekasaran permukaan pada proses frais tepi dengan material baja ST 37. Permukaan yang halus merupakan salah satu indikator utama dalam menilai kualitas hasil pemesinan karena berpengaruh langsung terhadap ketahanan aus, gesekan, dan performa komponen mesin. Variabel bebas dalam penelitian ini meliputi kecepatan spindel (360 rpm, 580 rpm dan 875 rpm) serta laju pemakanan (40 mm/menit, 185 mm/menit, dan 285 mm/menit), sementara variabel terikatnya adalah kekasaran permukaan (Ra). Proses pemesinan dilakukan menggunakan mesin frais vertikal dengan pahat endmill HSS berdiameter 10 mm. Pengukuran kekasaran dilakukan menggunakan alat Surface Roughness Tester tipe SJ-310. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan spindel cenderung menurunkan nilai kekasaran permukaan, yang mengindikasikan kualitas permukaan lebih halus. Sebaliknya, laju pemakanan yang tinggi menyebabkan kekasaran meningkat. Kombinasi kecepatan spindel tertinggi (875 rpm) dengan Kecepatan terendah (40 mm/menit) memberikan hasil permukaan paling halus. Temuan ini menegaskan bahwa pemilihan parameter pemesinan yang tepat sangat berpengaruh terhadap kualitas akhir permukaan hasil frais.

ABSTRACT

This study aims to examine the effect of spindle speed and feed rate on surface roughness in the edge milling process using ST 37 steel material. A smooth surface finish is one of the main indicators of machining quality, as it directly relates to wear resistance, friction, and the overall performance of mechanical components. The independent variables in this research are spindle speeds (360 rpm, 580 rpm, and 875 rpm) and feed rates (40 mm/min, 185 mm/min, and 285 mm/min), while the dependent variable is surface roughness (Ra). The machining process was carried out using an Optimum vertical milling machine with a 10 mm diameter HSS endmill cutter. Surface roughness measurements were performed using a Surface Roughness Tester, model SJ-310. The test results indicate that increasing spindle speed tends to reduce surface roughness, resulting in a smoother finish. In contrast, higher feed rates lead to increased surface roughness. The combination of the highest spindle speed (875 rpm) and the lowest feed rate (40 mm/min) produced the smoothest surface. These findings confirm that selecting the appropriate machining parameters significantly affects the final surface quality in the milling process. .

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi manufaktur yang semakin pesat menuntut proses produksi yang tidak hanya cepat, tetapi juga menghasilkan kualitas produk yang tinggi dan presisi. Salah satu proses pemesinan yang banyak digunakan dalam industri manufaktur adalah proses frais (*milling*). Proses ini digunakan untuk membentuk dan memotong benda kerja dengan menggunakan pahat yang berputar. Salah satu keunggulan dari proses frais adalah kemampuannya dalam menghasilkan permukaan yang rata, slot, dan bentuk kompleks dengan tingkat presisi yang baik.

Namun demikian, kualitas hasil pemesinan tidak hanya ditentukan oleh jenis mesin atau material yang digunakan, tetapi juga oleh parameter pemesinan itu sendiri. Di antara banyak parameter yang mempengaruhi kualitas hasil frais, kecepatan spindel (putaran pahat) dan laju pemakanan (*feed rate*) merupakan dua faktor utama yang sangat menentukan hasil akhir, khususnya dalam hal kekasaran permukaan (*surface roughness*).

(Paridawati, 2015) Kekasaran permukaan merupakan salah satu indikator penting dalam menilai kualitas hasil pemesinan. Permukaan yang halus dapat meningkatkan performa mekanis suatu komponen, memperkecil gesekan, serta memperpanjang umur pakai. Di sisi lain, permukaan yang kasar dapat menyebabkan konsentrasi tegangan, keausan yang cepat, serta tidak cocok untuk aplikasi presisi tinggi. Oleh karena itu, pengendalian kekasaran permukaan menjadi fokus utama dalam proses pemesinan.

Industri manufaktur selalu mengarah pada produktivitas yang lebih tinggi, memastikan kualitas terbaik untuk produk mereka. Dalam pemesinan konvensional, gesekan dan suhu yang lebih tinggi di zona pemotongan merupakan masalah utama, yang selalu menjadi tantangan, yang mengakibatkan akurasi dimensi rendah dan merusak integritas permukaan produk. (Budiman et al., 2021)

Material ST 37 adalah salah satu jenis baja karbon rendah yang banyak digunakan dalam dunia industri, khususnya untuk keperluan konstruksi, rangka mesin, dan komponen struktural lainnya. Material ini memiliki karakteristik yang mudah dikerjakan dan relatif ekonomis, namun tetap memberikan kekuatan yang cukup untuk berbagai aplikasi. Oleh karena itu, ST 37 sering menjadi objek dalam berbagai penelitian pemesinan.

Dalam praktiknya, peningkatan kecepatan spindel biasanya dapat memperhalus permukaan benda kerja karena potongan menjadi lebih kecil dan rata. Namun, jika kecepatan terlalu tinggi, pahat dapat mengalami keausan lebih cepat dan timbulnya panas berlebih yang justru menurunkan kualitas permukaan. (Budiman & Mohruni, 2020) Pemesinan bahan kedirgantaraan telah berkembang dalam beberapa tahun terakhir meskipun karakteristik paduan seperti paduan berbasis titanium atau nikel menyebabkan gaya pemotongan yang tinggi, keausan alat yang cepat, dan panas yang berlebihan..

Melalui penelitian ini, dilakukan analisa mengenai bagaimana variasi kecepatan spindel dan laju pemakanan berpengaruh terhadap kekasaran permukaan saat melakukan proses frais terhadap material ST 37. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna untuk mengoptimalkan (Gili et al., 2022) parameter pemesinan sehingga mampu menghasilkan kualitas permukaan yang baik tanpa mengorbankan efisiensi waktu dan umur pahat.

LANDASAN TEORI

Menurut (Daryanto, 2006) Mesin *Frais* adalah mesin perkakas yang digunakan untuk memotong atau mengikis material, biasanya logam, dengan menggunakan alat potong berputar yang disebut kuku frais. Mesin ini berfungsi untuk menghasilkan bentuk atau ukuran tertentu pada benda kerja, seperti membuat permukaan datar, alur, profil, atau bahkan bentuk yang lebih kompleks. Mesin frais dapat digunakan pada berbagai jenis bahan seperti logam, plastik, dan kayu, tergantung pada jenis alat potong yang digunakan.

(Rochim, 2007) Proses pemotongan pada mesin frais dilakukan dengan cara menggerakkan alat potong berputar yang memotong benda kerja yang dipasang pada meja mesin. Gerakan ini dapat berupa gerakan linear (mendatar atau vertikal), atau kombinasi keduanya, tergantung pada jenis mesin dan desain benda kerja. Baja karbon Klasifikasinya dapat dilakukan dengan melihat kadar karbon yang terkandung di dalamnya, seperti: Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*) Baja ini disebut dengan baja lunak (*mild Steel*), baja karbon rendah bukan baja yang keras karena kandungan karbonnya (0,1 % – 0,25 %).

Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*) Baja karbon medium yang banyak digunakan sebagai suspensi kendaraan darat, baik untuk kendaraan roda empat maupun roda enam. Komponen ini biasanya terdiri dari beberapa plat datar yang dijepit bersama untuk mendapatkan efisiensi dan daya lenting yang tinggi. Memiliki kandungan karbon antara 0,25% hingga 0,55%, baja ini cocok digunakan dalam proses pengerjaan panas (*heat treatment*) karena komposisi karbonnya. (Pranata et al., 2020)

Baja ini termasuk dalam kategori karbon tinggi karena mengandung sekitar 0,55% sampai 1,00% karbon. Dengan kekuatan tarik yang besar, baja ini sering dimanfaatkan dalam pembuatan perkakas pemotong seperti gergaji, pahat, dan mata bor. (Husni et al., 2019) Proses frais dapat diklasifikasikan dalam 3 jenis. Klasifikasikan ini berdasarkan jenis pahat, arah penyayatan, dan posisi relatif pahat terhadap benda kerja. Klasifikasi proses fris tersebut antara lain:

1. Frais Perifer (*Peripheral Milling*)

(Ansyori, 2015) Pemotongan dilakukan di sepanjang sisi alat potong (*milling cutter*), bukan di ujung pisau. Alat potong berputar sejajar dengan permukaan benda kerja.

2. Frais Muka (*Face Milling*)

Pemotongan dilakukan di sisi depan pisau frais yang berputar tegak lurus terhadap permukaan benda kerja. Pemotongan terjadi baik di sisi maupun di ujung pisau.

3. Frais Jari (*Side Milling*)

Pemotongan dilakukan di sisi alat potong, digunakan untuk memotong sisi benda kerja atau membuat permukaan sisi yang rata.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini skripsi yang menulis disusun dilaksanakan pada bulan april 2025 di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas IBA Palembang. Berdasarkan teori dan penelitian – penelitian menyebabkan kekasaran permukaan sebagai berikut:

1. Getaran mesin

2. Defleksi material
3. Pencairan pedinggin
4. Kecepatan potong
5. Jenis pahat
6. feed (Laju pemakanan) mm/gigi
7. Dalam pemakanan
8. Gaya pemotongan

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Mesin frais Vertikal jenis Optimum
2. Pahat *endmill* HSS ukuran Diameter 10mm
3. Alat ukur kekasaran permukaan *Roughness Tester Mitutoyo Type SJ-310*
4. Material baja ST 37

Mesin Frais Optimum

Penelitian ini menggunakan mesin frais Optium yang ada di laboratorium Fakultas Teknik Universitas IBA Palembang, bisa dilihat pada gambar 3.2 Adapun spesifikasi mesin frais Optimum antara lain:

- *Electrical Connection* 400V 3Ph 50Hz
- *Table Size LxW (mm)* 1650 x 360
- *Feed Motor X,Y,Z* 1.8 Kw
- *Load Capacity (Max)* 400 kg
- *T-Slot Siza/Dist./No* 18 mm/80mm/3
- *Vert. Motor Spindle* 4 Kw
- *Hori. Motor Spindle* 5.5 Kw
- *Coolant Pump* 90 W
- *Spindle Taper* ISO 50 Din 2080
- *Speed RPM* 60 – 1,750
- *Weight (kg)* 2800
- *Gear Stages* 12 Steps (Anwar, 2024)

Pahat Potong

Pada penelitian ini pahat potong yang di gunakan adalah jenis *endmill* HSS. Pemilihan jenis pahat potong material ini di sebabkan oleh material pahat poton tersebut banyak digunakan dalam proses pemesinan dibengkel-bengkel milling atau mesin. Pahat potong *endmill* HSS

Alat Ukur Kekasaran Permukaan

Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Surface Roughness Tester type SJ-310* yang berada di laboratorium Universitas IBA Palembang. Cara menggunakan alat ukur ini adalah dengan menempelkan sensor dari alat ukur ke titik benda kerja yang akan diukur nilai kekasaran permukaannya. Setelah sensor tertempel dengan benar tekan tombol start dan tunggu beberapa saat sampai nilai kekasaran permukaan

Material Plat

Material pelat yang digunakan dalam tugas akhir ini adlah jenis baja ST 37. Pemilihan jenis material ini dikarenakan jenis material ini banyak di gunakan di bengkel *milling* atau mesin yang ada di Palembang. Proses *Finishing* & Pengujian Kekasaran

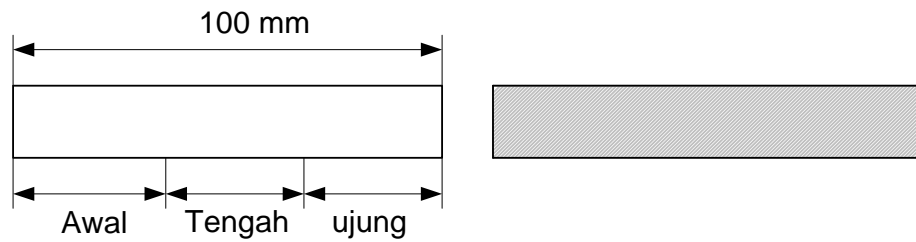
Prosedur Finishing Benda Kerja

1. Memasang benda kerja di atas meja mesin menggunakan ragum.
2. memasang *cutter* pada spindle.
3. Mengatur parameter pemotongan, putaran spindle (rpm) dan kecepatan makan
4. Nyalakan mesin dan pastikan pisau berputar dengan lancar.
5. Melakukan proses pemotongan, setelah proses selesai, hentikan pemotongan dan matikan mesin.

Prosedur Pengujian Kekasaran permukaan

1. Membersihkan permukaan benda kerja dari debu dan kotoran agar hasil pengukuran tidak terganggu.
2. Meletakkan benda kerja pada permukaan yang rata dan stabil untuk menghindari getaran saat pengukuran.

3. Menghidupkan alat Surface Roughness Tester.
4. Menempatkan sensor pada permukaan benda kerja dengan posisi yang tegak lurus dan tepat.
5. Menekan tombol start untuk memulai proses pengukuran di mulai dari posisi awal, tengah dan ujung, dengan masing masing posisi di ambil 3 titik pengujian.



Gambar 1 Prosedur Pengujian Kekasaran permukaan

Metode Pengumpulan Data

$$Ra_{awal} = \frac{Ra1+Ra2+Ra3}{3} (\mu m) \dots\dots\dots(2.1)$$

$$Ra_{tengah} = \frac{Ra4+Ra5+Ra6}{3} (\mu m) \dots\dots\dots(2.2)$$

$$Ra_{ujung} = \frac{Ra7+Ra8+Ra9}{3} (\mu m) \dots\dots\dots(2.3)$$

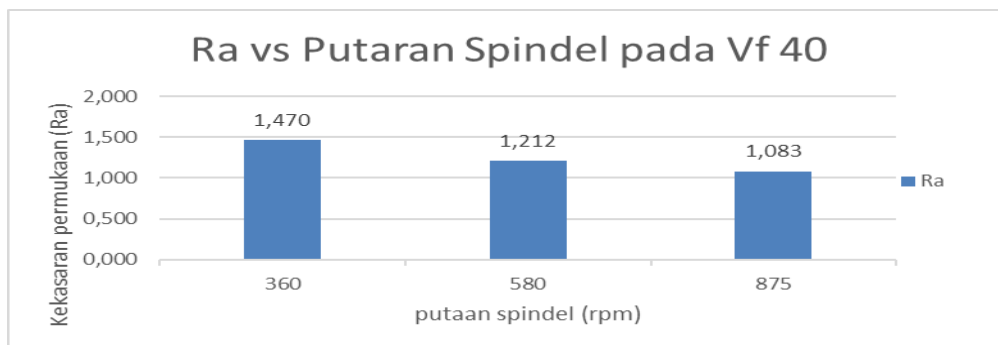
$$Ra = \frac{Ra_{awal}+Ra_{tengah}+Ra_{ujung}}{3} (\mu m) \dots\dots\dots(2.4)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian didapat data hasil kekasaran permukaan yang kemudian dihitung nilai kekasarannya yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

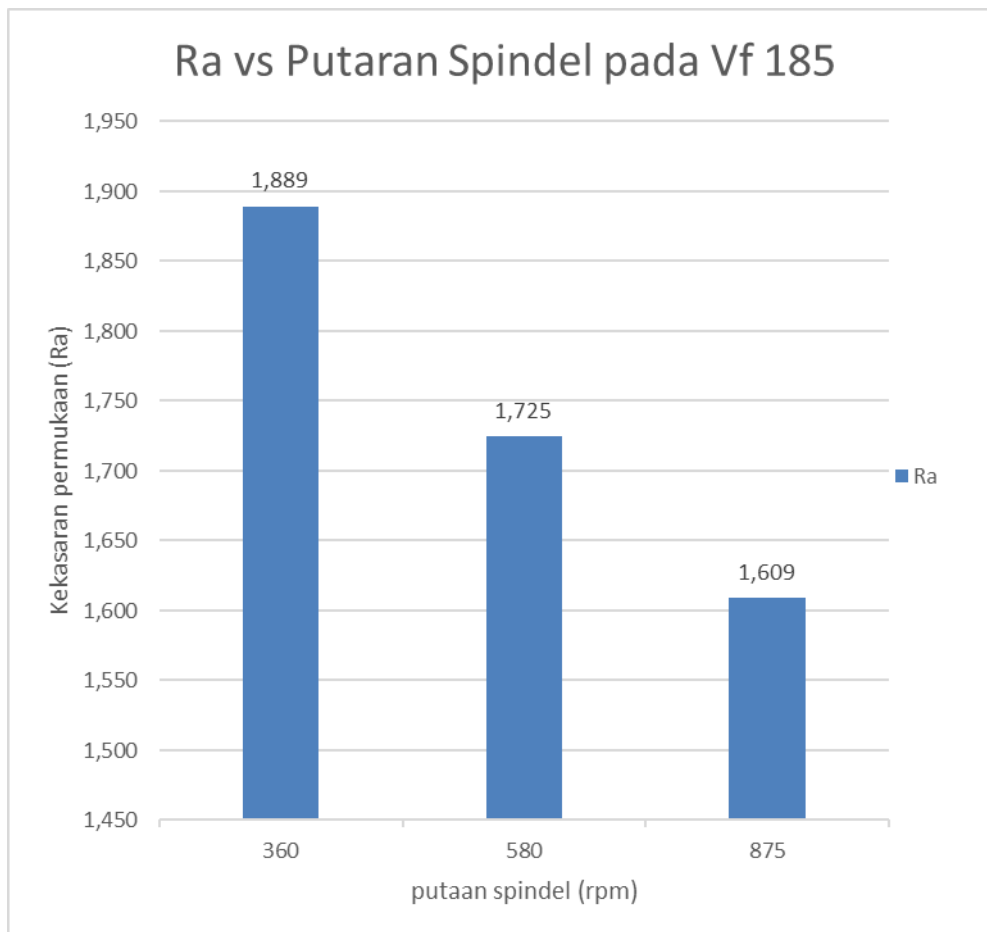
Tabel 1. Nilai Rata-rata keseluruhan Kekasaran permukaan variasi (Vf) dan variasi Rpm

No	Putaran Spindel (n) rpm	v _f kecepatan makan (mm/menit)	Ra (μm)
1	360	40	1,470
2		185	1,889
3		285	2,090
4	580	40	1,212
5		185	1,725
6		285	2,056
7	875	40	1,083
8		185	1,609
9		285	1,922



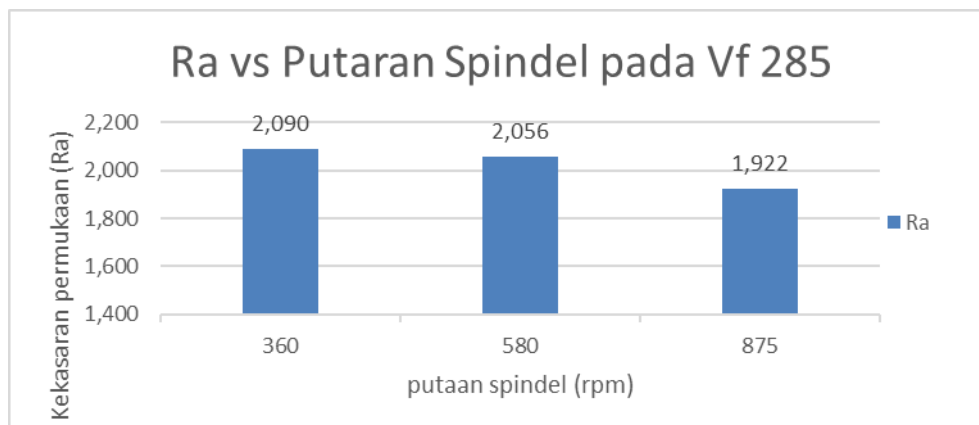
Gambar 1. Nilai Rata-Rata Kekasaran Permukaan Dengan Rpm Dan Vf 40 (Mm/Menit)

Berdasarkan grafik, dapat dilihat bahwa nilai kekasaran permukaan (R_a) menurun seiring dengan bertambahnya putaran spindel. Pada putaran 360 rpm, kekasaran permukaan mencapai nilai tertinggi yaitu 1,470 μm . Kemudian pada putaran 580 rpm, nilai R_a menurun menjadi 1,212 μm , dan pada putaran 875 rpm, kekasarannya semakin rendah dengan nilai 1,083 μm .



Gambar 2. Nilai Rata-Rata Kekasaran Permukaan Dengan Rpm Dan Vf 185 (Mm/Menit)

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai kekasaran permukaan (R_a) menurun secara bertahap seiring dengan meningkatnya putaran spindel. Pada putaran 360 rpm, R_a berada pada nilai tertinggi yaitu 1,889 μm . Ketika putaran meningkat menjadi 580 rpm, nilai R_a menurun menjadi 1,725 μm , dan pada putaran 875 rpm, kekasaran permukaan turun lebih lanjut menjadi 1,609 μm .



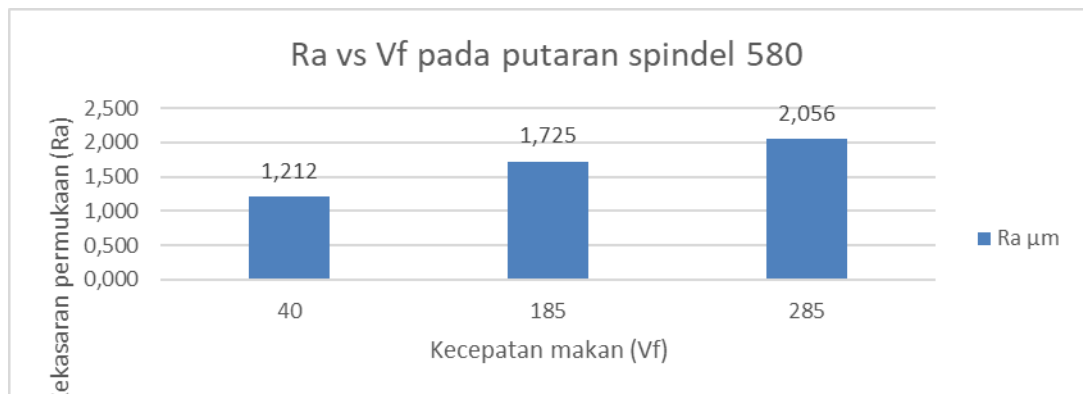
Gambar 3. Nilai Rata-Rata Kekasaran Permukaan Dengan Rpm Dan Vf 285 (Mm/Menit)

Dari grafik, terlihat bahwa nilai kekasaran permukaan (Ra) mengalami sedikit penurunan seiring dengan peningkatan putaran spindel. Pada putaran 360 rpm, kekasaran permukaan mencapai nilai tertinggi sebesar 2,090 μm . Saat putaran spindel meningkat menjadi 580 rpm, nilai Ra turun sedikit menjadi 2,056 μm . Selanjutnya, pada putaran tertinggi yaitu 875 rpm, nilai kekasaran permukaan menurun lebih lanjut menjadi 1,922 μm .



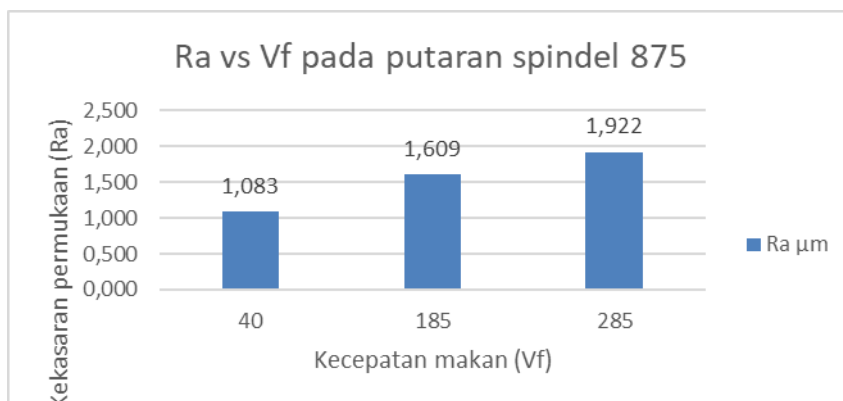
Gambar 4. Nilai Rata-rata Kekasaran pada Rpm 360

Berdasarkan grafik, dapat diamati bahwa nilai kekasaran permukaan meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan makan. Pada kecepatan makan terendah (40 mm/menit), nilai Ra adalah 1,470 μm . Ketika kecepatan makan meningkat menjadi 185 mm/menit, Ra naik menjadi 1,889 μm . Selanjutnya, pada Vf tertinggi yaitu 285 mm/menit, kekasaran permukaan mencapai 2,090 μm .



Gambar 5. Nilai Rata-rata Kekasaran pada Rpm 580

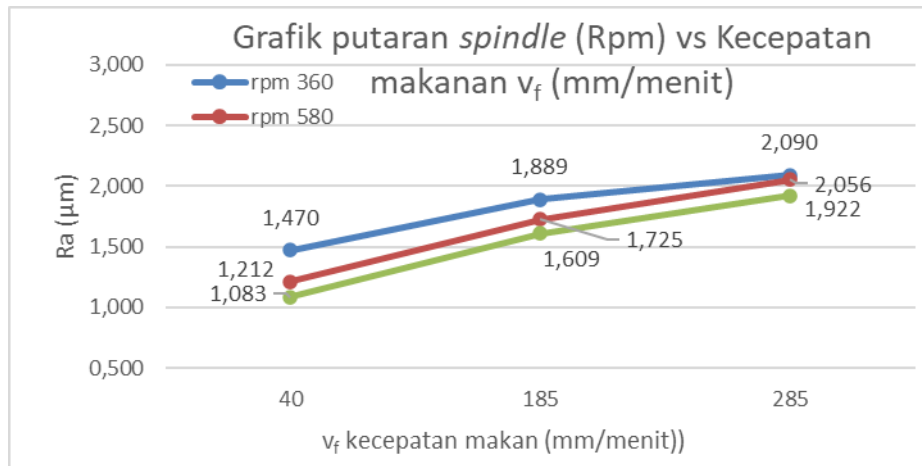
Berdasarkan grafik, terlihat bahwa kekasaran permukaan meningkat seiring bertambahnya kecepatan makan. Pada kecepatan makan 40 mm/menit, nilai Ra adalah 1,212 μm . Saat kecepatan makan meningkat menjadi 185 mm/menit, nilai Ra naik menjadi 1,725 μm . Pada kecepatan makan tertinggi, yaitu 285 mm/menit, nilai kekasaran mencapai 2,056 μm .



Gambar 6. Nilai Rata-rata Kekasaran pada Rpm 875

Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai kekasaran permukaan meningkat secara progresif seiring bertambahnya kecepatan makan. Pada kecepatan makan 40 mm/menit, Ra terendah tercatat sebesar

1,083 μm . Saat kecepatan makan dinaikkan ke 185 mm/menit, Ra meningkat menjadi 1,609 μm . Kemudian pada kecepatan makan tertinggi, yaitu 285 mm/menit, nilai kekasaran mencapai 1,922 μm .



Gambar 7. Nilai Rata-rata keseluruhan Kekasaran permukaan variasi (Vf) dan variasi Rpm

Pada putaran spindle 360 rpm, nilai Ra meningkat dari 1,470 μm pada V_f 40 mm/menit, menjadi 1,889 μm pada V_f 185 mm/menit, dan mencapai nilai tertinggi sebesar 2,090 μm pada V_f 285 mm/menit. Hal serupa juga terjadi pada putaran 580 rpm, di mana Ra bertambah dari 1,212 μm (V_f 40 mm/menit) menjadi 2,056 μm (V_f 285 mm/menit). Pada putaran tertinggi yaitu 875 rpm, Ra meningkat dari 1,083 μm menjadi 1,922 μm seiring naiknya kecepatan makan.

Jika diamati lebih lanjut, pada kecepatan makan yang sama, nilai kekasaran permukaan cenderung menurun dengan bertambahnya putaran spindle. Sebagai contoh, pada V_f 40 mm/menit, nilai Ra sebesar 1,470 μm (360 rpm), menurun menjadi 1,212 μm (580 rpm), dan menjadi 1,083 μm (875 rpm). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan putaran spindle memberikan efek positif dalam memperhalus permukaan hasil pemesinan.

Dari grafik ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan putaran spindle Putaran yang lebih tinggi dengan laju pemakanan yang lebih rendah cenderung menghasilkan permukaan dengan tingkat kekasaran yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi parameter pemotongan sangat memengaruhi kualitas permukaan benda kerja.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Peningkatan kecepatan spindle (rpm) cenderung menurunkan nilai kekasaran permukaan (Ra), yang menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan spindle, semakin halus permukaan hasil pemesinan. Namun, sebaliknya, peningkatan kecepatan makan (V_f) justru meningkatkan nilai Ra, yang berarti bahwa semakin tinggi kecepatan makan, semakin kasar permukaan yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas permukaan hasil pemesinan sangat dipengaruhi oleh kombinasi kedua parameter tersebut, yakni kecepatan spindle dan kecepatan makan. Oleh karena itu, pengaturan yang tepat dari kedua parameter ini sangat penting untuk mencapai permukaan dengan kualitas yang diinginkan.

Kombinasi parameter pemotongan yang paling optimal untuk menghasilkan permukaan halus pada material baja ST 37 adalah dengan menggunakan kecepatan putaran spindle tinggi (875 rpm) dan kecepatan makan rendah (40 mm/menit). Kombinasi ini menghasilkan nilai Ra terendah sebesar 1,083 μm , yang menunjukkan bahwa pengaturan kecepatan spindle yang lebih tinggi dan kecepatan makan yang lebih rendah mampu menghasilkan permukaan yang lebih halus. Hasil ini memberikan informasi yang berharga dalam proses pemesinan untuk material baja ST 37, khususnya dalam upaya untuk mengoptimalkan kualitas permukaan produk yang dihasilkan.

Saran

Untuk menghasilkan kualitas permukaan yang baik pada proses frais, disarankan untuk menggunakan putaran spindle yang tinggi dan kecepatan makan yang rendah. Hal ini dikarenakan dengan putaran spindle yang tinggi, alat potong dapat memotong dengan lebih halus, sehingga menghasilkan permukaan yang lebih halus dan bebas dari kekasaran. Di sisi lain, kecepatan makan yang

rendah membantu mengurangi tekanan pada permukaan material, sehingga meminimalkan terjadinya goresan atau bekas potongan yang dapat mempengaruhi kekasaran permukaan. Dengan demikian, pengaturan putaran spindel yang tinggi dan kecepatan makan yang rendah dapat secara efektif menurunkan nilai kekasaran permukaan dan meningkatkan kualitas hasil pemesinan.

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengeksplorasi pengaruh variabel lain yang juga berpotensi mempengaruhi kualitas permukaan, seperti jenis pahat dan penggunaan pendingin. Jenis pahat yang digunakan dalam proses frais dapat mempengaruhi ketajaman potongan dan daya tahan alat, yang pada akhirnya berdampak pada hasil akhir permukaan. Penggunaan pendingin juga dapat memainkan peran penting dalam menjaga suhu pemotongan dan mengurangi gesekan, sehingga dapat meningkatkan kualitas permukaan dan memperpanjang umur alat potong. Oleh karena itu, dengan memperluas penelitian untuk mencakup variabel-variabel tersebut, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih komprehensif tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas permukaan dalam pemesinan dan memberikan solusi yang lebih efektif dalam meningkatkan hasil pemesinan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansyori, A. (2015). *Kata kunci: Mesin frais, Umur Pahat, Kecepatan Potong dan Gerak makan*. 6, 28–35.
- Anwar, S. (2024). Analisa pengaruh penempelan massa pada material berongga terhadap kekasaran permukaan dalam proses fris. In *Skripsi*. Universitas IBA Palembang.
- Budiman, A. Y., & Mohruni, A. S. (2020). a Review on Thin Walled Cryogenic Machining on Inconel or Aerospace Materials. *Journal of Mechanical Science and Engineering*, 7(1), 001–005. <https://doi.org/10.36706/jmse.v7i1.34>
- Budiman, A. Y., Mohruni, A. S., Sharif, S., Firdaus, A., & Nugraha, B. S. (2021). The influence of machining parameters using cryogenic cooling system. *AIP Conference Proceedings*, 2338(November). <https://doi.org/10.1063/5.0070884>
- Daryanto. (2006). *Mesin perkakas bengkel*. Rineka Cipta.
- Gili, M. B. D., Darto, D., Iswantoko, A., Mesin, J. T., Teknik, F., Malang, U. M., Terusan, J., No, D., Candi, P., & Sukun, K. (2022). *Efek Parameter Feeding dan Kondisi Geometri Cutter Terhadap Kekasaran*. 18. <https://doi.org/10.26905/jtmt.v18i1.7561>
- Husni, T., Djunaidi, R., Afriany, R., & Ferdiansyah, F. (2019). Analisa Pengaruh Proses Tempering Terhadap Kekerasan Pada Baja Aisi 4337 Dengan Variasi Holding Time. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 5(2), 130. <https://doi.org/10.35449/teknika.v5i2.91>
- Paridawati. (2015). *Pengaruh Kecepatan Dan Sudut Potong Terhadap Kekasaran*. January.
- Pranata, S., Asmadi, A., Husni, T., & Afriany, R. (2020). PENGARUH VARIASI SUHU TEMPERING 200oC 400oC 600oC TERHADAP KEKERASAN DAN KETANGGUHAN BAJA JIS G4801 SUP 9. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 7(2), 216. <https://doi.org/10.35449/teknika.v7i2.146>
- Rochim, T. (2007). *Klasifikasi Proses, Gaya & Daya Permesinan*. ITB.