

Analisa Pengaruh Kecepatan Spindel dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Frais Muka dengan Material Baja ST 37

Ahmad Raudy ¹⁾; Reny Afriany ²⁾; Arie Yudha Budiman ³⁾

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

Email: ¹⁾ gntngraffi@gmail.com ; ²⁾ reny.afrianyy@yahoo.com ; ³⁾ arieyudhabudiman@gmail.com

ARTICLE HISTORY

Received [09 Oktober 2025]

Revised [15 Januari 2026]

Accepted [23 Januari 2026]

KEYWORDS

Spindle Speed, Feed Depth,
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 kedalaman 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 pemrosesan 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 kecepatan makan (40 mm/menit) dan kedalaman makan sementara variabel terikatnya adalah kekasaran permukaan (Ra). Proses pemrosesan 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 makan terendah (40 mm/menit) memberikan hasil permukaan paling halus. Temuan ini menegaskan bahwa pemilihan parameter pemrosesan yang tepat sangat berpengaruh terhadap kualitas akhir permukaan hasil frais.

ABSTRACT

This research aims to examine the effect of spindle speed and feed depth on surface roughness in the edge milling process with ST 37 steel material. A smooth surface is one of the main indicators in assessing the quality of machining results because it directly influences wear resistance, processing and performance of machine components. The independent variables in this study include spindle speed (360 rpm, 580 rpm and 875 rpm) as well as feeding speed (40 mm/min) and feeding depth F_z while the limiting variable is surface roughness (Ra). The machining process was carried out using a vertical milling machine with an HSS endmill chisel with a diameter of 10 mm. Roughness measurements were carried out using a Surface Roughness Tester type SJ-310. The test results show that increasing spindle speed tends to reduce the surface roughness value, which indicates a smoother surface quality. Conversely, a high feed rate causes an increase in roughness. The combination of the highest spindle speed (875 rpm) with the lowest feed speed (40 mm/min) provides the smoothest surface results. These findings confirm that the selection of appropriate machining parameters greatly influences the final quality of the milled surface.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi manufaktur yang semakin pesat menuntut adanya proses produksi yang tidak hanya cepat, tetapi juga mampu menghasilkan produk dengan kualitas tinggi, presisi, dan efisiensi. Dalam dunia industri, persaingan global mendorong setiap perusahaan untuk meningkatkan kinerja proses produksinya agar mampu menghasilkan produk yang sesuai standar mutu internasional. Salah satu proses pemrosesan yang banyak digunakan dalam industri manufaktur adalah proses frais (milling). Proses frais merupakan metode pemotongan benda kerja dengan menggunakan pahat potong berbentuk silinder yang berputar pada sumbu mesin, sementara benda kerja bergerak mengikuti lintasan meja mesin. Keunggulan proses frais terletak pada kemampuannya menghasilkan permukaan yang rata, membuat slot, kontur, dan bentuk kompleks dengan tingkat presisi yang tinggi.

Meskipun mesin frais memiliki kemampuan yang fleksibel dan dapat melakukan banyak jenis operasi, kualitas hasil pemrosesan tidak hanya ditentukan oleh jenis mesin ataupun material benda kerja yang digunakan. Faktor yang sangat berpengaruh justru terletak pada pemilihan dan pengaturan parameter pemrosesan. Dari sekian banyak parameter pemrosesan, kecepatan spindel (putaran pahat) dan laju pemakanan (feed rate) menjadi dua faktor utama yang sangat menentukan kualitas permukaan hasil frais. Kedua parameter ini memengaruhi gaya potong, laju pembuangan material, serta karakteristik hasil potongan, khususnya pada aspek kekasaran permukaan (surface roughness) yang merupakan indikator penting dalam menilai kualitas hasil pemrosesan. Proses pemrosesan frais pada prinsipnya merupakan proses pemotongan yang dilakukan dengan menggunakan pisau frais yang memiliki banyak gigi potong. Setiap gigi secara bergantian memotong material sehingga proses pemrosesan dapat berlangsung lebih cepat dan efisien dibandingkan dengan proses pemotongan menggunakan pahat tunggal. Hal ini

menjadikan mesin frais sebagai salah satu mesin perkakas yang paling serbaguna karena mampu melakukan berbagai pekerjaan mulai dari operasi sederhana seperti perataan dan pemotongan miring, hingga operasi kompleks seperti pembuatan roda gigi dan komponen berlekuk. Dengan tingkat ketelitian yang tinggi, mesin frais dapat digunakan baik untuk pekerjaan roughing (pembuangan material dalam jumlah besar) maupun finishing (penyelesaian akhir permukaan).

Menurut Daryanto (2006:33), mesin frais adalah alat perkakas yang digunakan untuk memproses atau menyelesaikan benda kerja dengan menggunakan pisau frais (cutter) yang berputar pada sumbu mesin. Prinsip kerja mesin frais berbeda dengan mesin bubut. Pada mesin bubut, benda kerja yang berputar dan pahat yang diam melakukan pemotongan. Sedangkan pada mesin frais, justru pisau frais yang berputar, sementara benda kerja bergerak mengikuti arah lintasan meja mesin. Perbedaan prinsip kerja ini menjadikan mesin frais memiliki fleksibilitas lebih tinggi dalam menghasilkan bentuk-bentuk geometri yang beragam dengan presisi yang baik.

Dengan demikian, dapat dipahami bahwa penelitian mengenai pengaruh parameter pemesinan, khususnya kecepatan spindel dan laju pemakanan, terhadap kualitas permukaan hasil frais sangat penting dilakukan. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam menentukan kombinasi parameter yang optimal, sehingga hasil pemesinan tidak hanya memenuhi standar kualitas, tetapi juga meningkatkan efisiensi produksi dalam industri manufaktur modern.

LANDASAN TEORI

Pada Proses permesinan frais merupakan suatu proses pemotongan benda kerja dengan menggunakan mata potong yang berputar. Proses pemotongan dengan menggunakan gigi potong yang banyak mengitari pisau ini dapat menghasilkan proses permesinan yang lebih cepat. Bahwa mesin frais merupakan mesin yang paling mampu melakukan banyak tugas dari segala mesin perkakas. Permukaan yang datar dan berlekuk dapat dikerjakan oleh mesin yang menyelesaikan dan ketelitian yang baik. Benda kerja dapat dengan menggunakan satu atau lebih sisi potong untuk melakukan pekerjaan-pekerjaan seperti operasi rata miring maupun pembuatan roda gigi bahwa mesin frais adalah mesin perkakas untuk mengerjakan atau menyelesaikan suatu benda kerja dengan mempergunakan pisau frais (cutter) sebagai pahat yang berputar pada sumbu mesin.

Prinsip kerja mesin bubut adalah bekerja yang berputar kemudian menerima sayatan dari pahat, sedangkan untuk prinsip kerja dari mesin frais adalah pahat yang berputar kemudian benda kerja bergerak pada meja frais untuk melakukan pernyataan. Kusnadi, A. (2019) dasar-dasar mesin frais : teori dan aplikasi di industri manufaktur. Surabaya. Prinsip dasar adalah menggunakan alat potong yang berputar untuk menghilangkan material dari benda kerja seperti gerakan rotasi alat potong mesin frais seperti pahat end mill dipasang pada spindel yang berputar gerakan rotasi ini memungkinkan alat potong untuk menghilangkan material dari benda kerja. Prinsip Kerja mesin frais secara umum adalah:

1. Pemilihan dan Penempatan Pisau Frais: Pisau frais dipasang pada spindle mesin dan disesuaikan sesuai kebutuhan pemotongan.
2. Penjepitan Benda Kerja: Benda kerja dijepit dengan kuat pada meja mesin menggunakan alat penjepit (clamping).
3. Proses Pemotongan: Pisau frais yang berputar memotong material dari benda kerja saat benda kerja bergerak menuju pisau atau alat potong bergerak menuju benda kerja.
4. Penghilangan Chip dan Pendinginan: Chip yang dihasilkan selama pemotongan dihilangkan, dan sistem pendinginan digunakan untuk menjaga suhu dan meningkatkan keawetan alat potong.
5. Penyelesaian dan Penghalusan: Proses finishing dilakukan untuk memperhalus hasil pemotongan dan memastikan dimensi serta toleransi yang tepat.

Proses frais dapat diklasifikasikan dalam 3 jenis. Klasifikasi ini berdasarkan jenis pahat, arah penyayatan, dan posisi relatif pahat terhadap benda kerja. Klasifikasi proses frais tersebut antara lain:

1. Frais Perifer (Peripheral Milling)
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.

Alat dan Bahan

1. Mesin Frais Vertikal Jenis Optimum
2. Pahat Carbide Endmill
3. Alat Ukur Roughness Tester
4. Material Baja Bentuk Plat ST 37
5. Cairan Pendingin

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini adalah suatu cara atau teknik dalam memperoleh data dan informasi untuk digunakan dalam penelitian. Variable peneliti adalah suatu hal atau perlakuan yang mempunyai perbedaan tertentu dengan yang ditentukan oleh peneliti.

Alat Ukur Kekasaran Permukaan

Roughness Tester adalah alat yang digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan. Setiap permukaan komponen suatu benda memiliki berbagai bentuk yang bervariasi, baik berdasarkan struktur maupun hasil dari proses produksinya. Kekasaran (roughness) didefinisikan sebagai ketidakrataan permukaan yang terjadi akibat proses produksi, khususnya yang disebabkan oleh pengerjaan mesin. Nilai kekasaran biasanya diukur dengan parameter Roughness Average (Ra), yang merupakan salah satu parameter kekasaran yang paling umum digunakan di seluruh dunia.

Proses

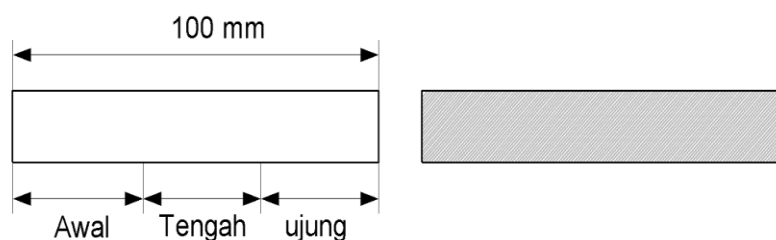
Finishing & Pengujian Kekasaran

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 = Ra1+Ra2+Ra33 (µm).....(2.1)
- Ra tengah =Ra4+Ra5+Ra63 (µm).....(2.2)
- Ra ujung = Ra7+Ra8+Ra93(µm).....(2.3)
- Ra = Ra awal+Ra tengah+Ra ujung3(µm).....(2.4)

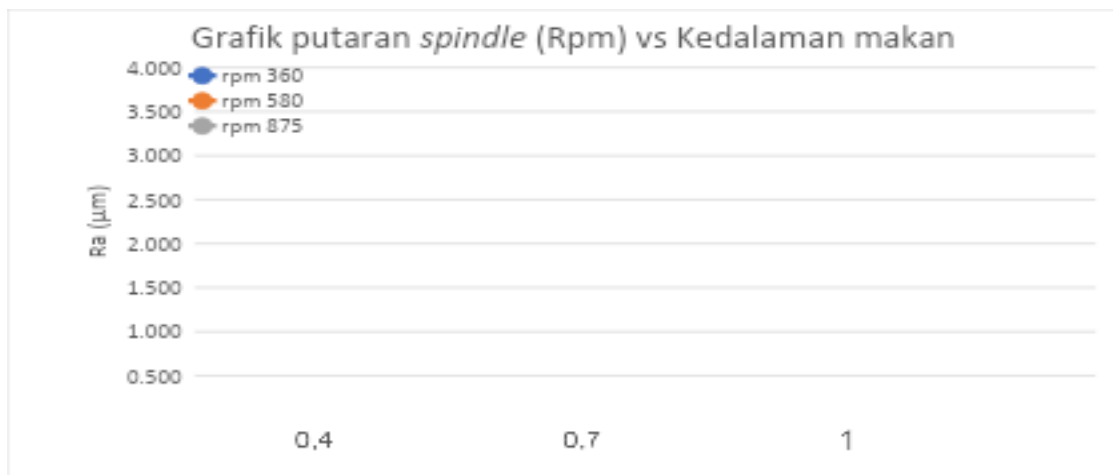
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Dari hasil pengujian didapat data hasil uji kekasaran yang kemudian dihitung nilai rata-ratanya untuk (N) Rpm 360, 580, 875 dan kedalaman makan 0,4, 0,7, 1(mm) yang dapat dilihat pada table dibawah ini

Tabel 1 Nilai Rata-Rata Keseluruhan Kekasaran Variasi Kedalaman Makan Dan Rpm

NO	(N) rpm	kedalaman makan	Rata – rata (μm)
1	360	0,4	2,611
2	360	0,7	2,814
3	360	1	3,206
4	580	0,4	1,985
5	580	0,7	2,748
6	580	1	2,767
7	875	0,4	1,559
8	875	0,7	1,875
9	875	1	1,987



Gambar 2. Nilai Rata-Rata Keseluruhan Kekasaran Permukaan Variasi Putaran Spindel Dan Kedalaman Pemakan

Pada putaran spindel 360 rpm, nilai Ra meningkat dari 1,985 μm pada kedalaman makan 0,4 mm, menjadi 2,814 μm pada kedalaman makan 0,7mm, dan mencapai nilai tertinggi sebesar 3,206 rpm dengan kedalaman makan 1mm. Hal serupa juga terjadi pada putaran 580 rpm, di mana Ra bertambah dari 2,611 μm kedalaman makan 0,4mm menjadi 2,748 μm dengan kedalaman makan 0,7mm. Pada putaran tertinggi yaitu 875 rpm, Ra meningkat dari 1,559 μm menjadi 1,875 μm seiring naiknya putaran spindel dan kedalaman makan. Jika diamati lebih lanjut, pada kecepatan makan yang sama, nilai kekasaran permukaan cenderung menurun dengan bertambahnya putaran spindel. Sebagai contoh, pada kedalaman makan 0,4 mm nilai Ra sebesar 2,611 μm (360 rpm), menurun menjadi 1,985 μm (580 rpm), dan menjadi 1,559 μm (875 rpm). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan putaran spindel memberikan efek positif dalam memperhalus permukaan hasil pemesinan. Dari grafik ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan putaran spindel yang lebih tinggi dan kecepatan makan yang lebih rendah menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang lebih kecil.

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian kekasaran permukaan pada berbagai putaran spindel dan kedalaman makan, dapat dilihat bahwa nilai kekasaran Ra cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman makan, meskipun pada putaran spindel yang sama. Misalnya, pada putaran 360 rpm, nilai Ra

meningkat dari 1,985 μm pada kedalaman makan 0,4 mm menjadi 2,814 μm pada kedalaman makan 0,7 mm, dan mencapai 3,206 μm pada kedalaman makan 1 mm. Hal yang serupa terjadi pada putaran 580 rpm, di mana nilai Ra bertambah dari 2,611 μm pada kedalaman makan 0,4 mm menjadi 2,748 μm pada kedalaman makan 0,7 mm.

Namun, yang menarik adalah fenomena yang terjadi pada kecepatan spindle yang lebih tinggi. Pada putaran spindle 875 rpm, meskipun kedalaman makan meningkat, nilai Ra justru menurun, yakni dari 1,559 μm pada kedalaman makan 0,4 mm menjadi 1,875 μm pada kedalaman makan 1 mm. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan putaran spindle dapat memberikan efek positif dalam memperhalus permukaan hasil pemesinan, meskipun kedalaman makan bertambah.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa peningkatan putaran spindle memiliki dampak positif dalam mengurangi kekasaran permukaan pemesinan, yang terlihat dari penurunan nilai Ra pada kedalaman makan yang sama. Selain itu, penggunaan kecepatan spindle yang lebih tinggi dan kedalaman makan yang lebih rendah menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang lebih kecil. Dengan demikian, pemilihan kecepatan spindle yang tepat dapat membantu meningkatkan kualitas permukaan pada proses pemesinan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kecepatan spindle memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan baja ST 37. Semakin tinggi kecepatan spindle yang digunakan dalam proses pemesinan, semakin halus permukaan yang dihasilkan. Hal ini terlihat dari data yang menunjukkan bahwa pada putaran spindle yang lebih tinggi, nilai kekasaran permukaan (R_a) cenderung menurun. Sebagai contoh, pada kedalaman makan 0,4 mm, kekasaran permukaan pada putaran 360 rpm mencapai 2,611 μm , namun menurun menjadi 1,985 μm pada putaran 580 rpm, dan lebih rendah lagi menjadi 1,559 μm pada putaran 875 rpm. Ini mengindikasikan bahwa peningkatan kecepatan spindle dapat memperhalus permukaan baja ST 37.

Selain kecepatan spindle, kedalaman pemakanan juga berpengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan baja ST 37. Semakin besar kedalaman pemakanan yang diterapkan, semakin tinggi nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan. Sebagai contoh, pada putaran 360 rpm, kedalaman makan 0,4 mm menghasilkan R_a sebesar 1,985 μm , yang meningkat menjadi 2,814 μm pada kedalaman makan 0,7 mm, dan mencapai nilai tertinggi 3,206 μm pada kedalaman makan 1 mm. Ini menunjukkan bahwa kedalaman pemakanan yang lebih besar memperburuk kekasaran permukaan, kemungkinan karena material yang lebih banyak terambil pada setiap putaran spindle.

Terakhir, interaksi antara kecepatan spindle dan kedalaman pemakanan juga berpengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan baja ST 37. Kedua faktor ini saling berinteraksi, yang artinya perubahan dalam satu variabel dapat mempengaruhi efek dari variabel lainnya terhadap kekasaran permukaan. Sebagai contoh, meskipun kedalaman pemakanan yang lebih besar cenderung meningkatkan kekasaran, kecepatan spindle yang lebih tinggi dapat mengurangi pengaruh negatif tersebut. Oleh karena itu, pengaturan yang tepat antara kecepatan spindle dan kedalaman pemakanan dapat menghasilkan permukaan yang lebih halus, sesuai dengan kebutuhan proses pemesinan baja ST 37.

Saran

Dalam proses frais, untuk mencapai kekasaran permukaan yang lebih baik, disarankan untuk menggunakan kecepatan spindle yang lebih tinggi dan kedalaman pemakanan yang lebih rendah. Hal ini berdasarkan temuan bahwa peningkatan putaran spindle dapat memperhalus permukaan meskipun kedalaman makan meningkat. Oleh karena itu, strategi pengaturan kecepatan spindle yang optimal perlu diperhatikan dalam perencanaan proses frais untuk meningkatkan hasil pemesinan. Selain itu, kedalaman makan yang lebih rendah terbukti memberikan dampak yang positif terhadap pengurangan kekasaran permukaan.

Namun, penelitian ini masih dapat diperluas dengan mempertimbangkan variabel lain yang mungkin mempengaruhi kekasaran permukaan, seperti jenis pahat frais dan jenis pendingin yang digunakan. Jenis pahat frais, misalnya, dapat mempengaruhi bentuk dan kualitas pemotongan, yang pada gilirannya berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Demikian juga, penggunaan pendingin yang tepat dapat meminimalkan suhu yang berlebihan selama proses pemesinan, yang dapat mengurangi efek keausan pahat dan meningkatkan kualitas permukaan. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut sebaiknya mempertimbangkan faktor-faktor ini untuk memberikan panduan yang lebih komprehensif dalam mengoptimalkan proses frais, terutama untuk mencapai hasil pemesinan yang lebih presisi dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Darmanto, A. (2018). *Teknologi Pemesinan: Mesin Frais dan Penggunaannya*. Jakarta: Penerbit Teknik.
- Gunawan, Y. & Sutanto, M. (2016). *Prinsip Kerja Mesin Frais dan Aplikasinya dalam Industri*. Bandung: Penerbit Maju.
- Hartanto, B. (2020). *Panduan Lengkap Mesin Frais: Desain, Pengoperasian, dan Pemeliharaan*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Kusnadi, A. (2019). *Dasar-Dasar Mesin Frais: Teori dan Aplikasi di Industri Manufaktur*. Surabaya: Pustaka Teknik.
- Mulyadi, S. (2017). Pengenalan Mesin Frais untuk Industri Manufaktur. *Jurnal Teknologi dan Inovasi Industri*, 5(2), 112-120.
- Soeharto, W. & Iskandar, S. (2021). *Pemesinan dengan Mesin Frais: Teknik dan Penerapan*. Jakarta: Penerbit Karya Ilmiah.
- Mulyadi, H. (2015). *Dasar-dasar pemesinan dengan mesin frais (Edisi Revisi)*. Penerbit Teknik.
- Sutrisno, B. (2018). *Teknologi pemesinan: Prinsip dan aplikasi mesin frais*. Pustaka Abadi.
- Ahmad, R., & Sari, L. (2018). Pemeliharaan dan perawatan mesin frais dalam industri. *Jurnal Teknik Perawatan Mesin*, 5(2), 133-142.