

EVALUASI KINERJA *SPINDLE* MESIN GERINDA DATAR TIPE
REFORM PSGS-4070 AH MELALUI ANALISIS GETARAN DI
BENGKEL POLMAN BABELSyahid Al Akhras¹, Indra Feriadi¹, Angga Sateria¹¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

Corresponding Author: syahidalakhras27@gmail.com

ABSTRAK

Spindle merupakan komponen kritis pada mesin gerinda datar yang berperan langsung terhadap kualitas permukaan benda kerja. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kondisi kinerja spindle mesin gerinda datar tipe Reform PSGS-4070 AH di Bengkel Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung melalui analisis getaran, serta mengkaji hubungannya dengan kekasaran permukaan hasil penggerindaan. Pengukuran getaran dilakukan pada arah horizontal dan vertikal menggunakan Vibroport 80 dengan variasi kedalaman pemakanan 0,005–0,025 mm, sedangkan kekasaran permukaan diukur menggunakan Surface Roughness Tester Mitutoyo SJ-210. Hasil analisis spektrum FFT menunjukkan bahwa getaran horizontal didominasi oleh frekuensi 1x RPM yang mengindikasikan ketidakseimbangan bawaan pada sistem putar spindle, dengan nilai RMS Velocity overall bervariasi antara Zona A hingga Zona B menurut ISO 10816-3, sedangkan getaran vertikal relatif stabil pada Zona A di seluruh kondisi pengujian. Nilai kekasaran permukaan (R_a) yang dihasilkan berkisar 0,289–0,338 μm dan konsisten berada pada grade N5 menurut ISO 1302. Getaran horizontal terbukti berkorelasi positif dengan nilai R_a , sedangkan getaran vertikal tidak menunjukkan hubungan yang signifikan. Berdasarkan hasil tersebut, kondisi spindle masih layak dioperasikan, namun direkomendasikan pembatasan kedalaman pemakanan maksimal 0,010 mm untuk hasil optimal, pemantauan getaran secara berkala, serta balancing batu gerinda secara rutin guna menjaga kinerja spindle.

Kata Kunci: Gerinda Datar, Getaran, Kedalaman Pemakanan, Kekasaran Permukaan, Spindle

ABSTRACT

The spindle is a critical component of a surface grinding machine that directly affects workpiece surface quality. This study evaluates the performance condition of the spindle on a Reform PSGS-4070 AH surface grinding machine at the workshop of Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung through vibration analysis, and examines its relationship with the surface roughness of the ground workpieces. Vibration was measured in the horizontal and vertical directions using a Vibroport 80 across depth

significant relationship. Based on these findings, the spindle condition remains operable; however, it is recommended to limit the depth of cut to a maximum of 0.010 mm for optimal results, conduct periodic vibration monitoring, and perform routine grinding wheel balancing to maintain spindle performance.

Keywords: *Depth of Cut, Spindle, Surface Grinding, Surface Roughness, Vibration*

1. PENDAHULUAN

Industri manufaktur saat ini menuntut produk dengan akurasi dimensi dan mutu permukaan yang semakin tinggi. Salah satu proses yang biasa dipakai untuk memenuhi tuntutan tersebut adalah penggerindaan datar, yang umumnya menjadi tahap *finishing* dalam proses produksi. Baik atau tidaknya hasil akhir benda kerja sangat bergantung pada kondisi *spindle*, karena komponen inilah yang memutar batu gerinda pada kecepatan tinggi. Menurut Rao (2011), getaran yang meningkat akibat *unbalance*, keausan, atau gangguan bantalan pada *spindle* umumnya berbanding lurus dengan naiknya nilai kekasaran permukaan. Hal serupa juga disampaikan oleh Kalpakjian dan Schmid (2014), bahwa mutu permukaan hasil penggerindaan sebenarnya dipengaruhi oleh banyak faktor yang saling berkaitan, termasuk kondisi mesin dan getarannya. Dari sinilah muncul masalah penelitian ini, yaitu getaran *spindle* yang berpotensi menurunkan mutu permukaan sehingga kondisinya perlu dievaluasi secara kuantitatif.

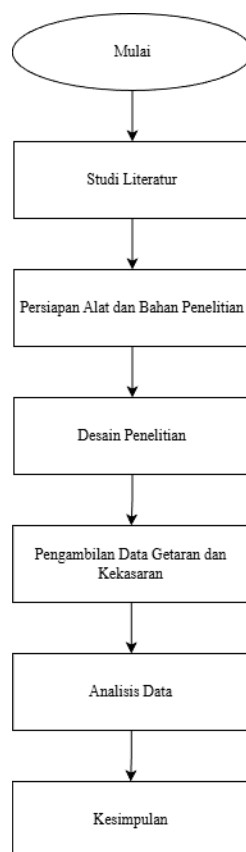
Sebenarnya sudah ada beberapa penelitian terdahulu yang membahas keterkaitan antara getaran mesin dan mutu permukaan, tetapi ada beberapa hal yang membedakannya dengan penelitian ini. Benardos dan Vosniakos (2003), misalnya, hanya melakukan tinjauan pustaka secara umum dan tidak melakukan pengukuran langsung pada mesin tertentu. Sementara itu, Tao dkk. (2022) dan Yin dkk. (2023) mengkaji getaran *spindle* pada mesin *grinding* presisi tinggi yang menggunakan bantalan udara (*aerostatic bearing*) melalui pendekatan pemodelan teoritis, sehingga konteks mesin dan tingkat presisinya jauh berbeda dari mesin gerinda datar konvensional yang dipakai dalam penelitian ini. Ketiga penelitian tersebut juga masih membahas getaran mesin dan kekasaran permukaan secara terpisah, belum menghubungkan keduanya secara kuantitatif dalam satu evaluasi, apalagi pada mesin gerinda datar yang dipakai untuk kegiatan praktikum sekaligus produksi di lingkungan pendidikan.

Di Bengkel Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung sendiri, mesin gerinda datar tipe Reform PSGS-4070 AH dipakai secara intensif untuk kegiatan praktikum maupun produksi. Pemakaian yang intensif ini tentu berisiko mempercepat penurunan kinerja *spindle*, padahal sampai saat ini belum ada kajian kuantitatif yang menilai kondisinya melalui analisis getaran sekaligus mengaitkannya dengan mutu permukaan hasil pengerjaan. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kondisi *spindle* mesin gerinda datar Reform PSGS-4070 AH melalui analisis getaran, sekaligus mengkaji hubungannya dengan kualitas permukaan hasil penggerindaan. Ada tiga kontribusi yang diharapkan dari penelitian ini. Pertama, menghadirkan data k

Berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya dilakukan pada mesin grinding presisi tinggi berbasis *aerostatic bearing* atau hanya membahas getaran maupun kekasaran permukaan secara terpisah, penelitian ini menawarkan evaluasi kondisi spindle mesin gerinda datar konvensional Reform PSGS-4070 AH melalui integrasi analisis spektrum getaran, evaluasi standar ISO 10816-3, pengukuran kekasaran permukaan berdasarkan ISO 1302, serta analisis statistik hubungan keduanya. Pendekatan ini menghasilkan dasar teknis bagi implementasi *predictive maintenance* pada mesin gerinda yang digunakan di lingkungan pendidikan vokasi.

2. METODE

Tahapan pelaksanaan penelitian ini digambarkan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Tahapan Penelitian

Secara garis besar, penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang disusun secara sistematis dalam bentuk diagram alir (*flowchart*) seperti pada Gambar 1. Tahap pertama adalah Studi Literatur, yaitu mengumpulkan dan mempelajari referensi yang berkaitan dengan prinsip kerja alat ukur getaran (Vibroport 80) dan kekasaran permukaan (*Surface Roughness Tester*), standar getaran ISO 10816-3, serta hubungan getaran terhadap kualitas permukaan hasil penggerindaan.

Setelah itu, dilakukan tahap Persiapan Alat dan Bahan Penelitian yang meliputi penyiapan benda kerja (baja ST 37), mesin gerinda datar Reform PSGS-4070 AH, alat ukur getaran, dan alat ukur kekasaran permukaan. Tahap berikutnya adalah Desain

Penelitian, yaitu menentukan variabel bebas berupa kedalaman pemakanan dengan enam variasi (0 mm sebagai *baseline*, kemudian 0,005 sampai 0,025 mm dengan interval 0,005 mm), variabel terikat berupa getaran *spindle* dan kekasaran permukaan, serta variabel kontrol yang dijaga tetap konstan selama pengujian berlangsung. Pengujian getaran hanya dilakukan satu kali pengukuran untuk tiap kondisi kedalaman pemakanan pada masing-masing arah (horizontal dan vertikal), sedangkan pengukuran kekasaran permukaan dilakukan tiga kali pengulangan pada tiga titik berbeda di setiap kondisi agar diperoleh nilai rata-rata. Pengukuran getaran dilakukan satu kali untuk setiap kondisi karena Vibroport 80 merekam nilai RMS VELOCITY hasil averaging internal berdasarkan akuisisi sinyal kontinu selama periode pengukuran sehingga nilai yang diperoleh telah merepresentasikan kondisi operasi spindle pada masing-masing variasi kedalaman pemakanan.

Setelah desain penelitian ditentukan, tahap selanjutnya adalah Pengambilan Data Getaran dan Kekasaran, yaitu mengukur getaran pada arah horizontal dan vertikal serta mengukur kekasaran permukaan pada tiga titik untuk tiap variasi kedalaman pemakanan. Data yang sudah terkumpul kemudian diolah pada tahap Analisis Data, yang meliputi evaluasi zona getaran berdasarkan ISO 10816-3 dan analisis regresi linier sederhana, ditambah perhitungan korelasi Pearson (r) dan koefisien determinasi (R^2) untuk mengetahui seberapa kuat dan ke arah mana hubungan antara getaran dan kekasaran permukaan.

Tahap terakhir dari rangkaian penelitian ini adalah Kesimpulan, yaitu merumuskan jawaban atas rumusan masalah berdasarkan hasil analisis data yang sudah dilakukan sebelumnya, sekaligus menyusun rekomendasi teknis terkait perawatan *spindle* mesin gerinda datar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi Kinerja *Spindle* Berdasarkan Analisis Getaran

Pengukuran getaran *spindle* dilakukan pada enam variasi kedalaman pemakanan, mulai dari kondisi *baseline* sampai kedalaman 0,025 mm, dengan putaran *spindle* yang cukup konstan di rentang 1.494–1.501 RPM selama sesi pengukuran berlangsung. Rekapitulasi data getaran arah horizontal dan vertikal dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data Getaran Horizontal *Spindle* pada Berbagai Kedalaman Pemakanan

Kedalaman Pemakanan (mm)	Waktu Pengukuran	RPM (N)	RMS Velocity (mm/s)	ZONA	Keterangan
0	09:55:14	1498	0.170	A	Kondisi Baik
0.005	10:42:39	1497	0.386	A	Kondisi Baik
0.010	10:57:46	1501	0.424	A	Kondisi Baik

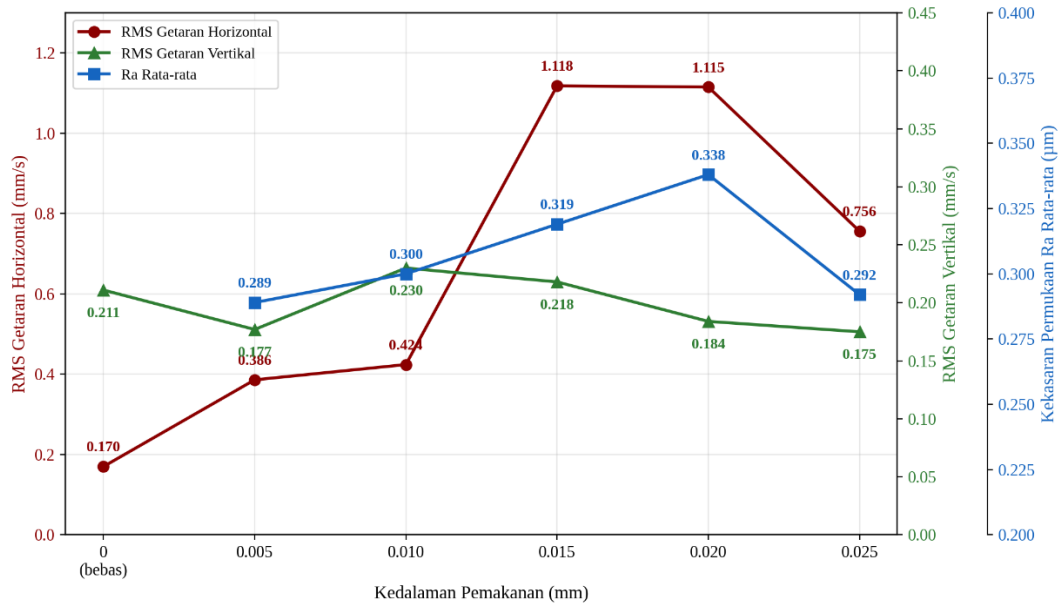
Tabel 2. Data Getaran Vertikal *Spindle* pada Berbagai Kedalaman Pemakanan

Kedalaman Pemakanan (mm)	Waktu Pengukuran	RPM (N)	RMS Velocity (mm/s)	ZONA	Keterangan
0	10.01.27	1494	0.211	A	Kondisi Baik
0.005	10.49.19	1495	0.177	A	Kondisi Baik
0.010	11.05.23	1495	0.230	A	Kondisi Baik
0.015	11.36.44	1496	0.218	A	Kondisi Baik
0.020	12.20.21	1495	0.184	A	Kondisi Baik
0.025	12.35.35	1500	0.175	A	Kondisi Baik

Berdasarkan Tabel 1, nilai RMS *Velocity* arah horizontal cenderung naik seiring bertambahnya kedalaman pemakanan. Pada kondisi *baseline* (0 mm), RMS *Velocity* masih tercatat 0,170 mm/s (Zona A), lalu terus naik hingga puncaknya di 1,120 mm/s pada kedalaman 0,015 dan 0,020 mm. Pada titik ini kondisi *spindle* bergeser ke Zona B (perlu diperhatikan), sebelum akhirnya turun lagi menjadi 0,756 mm/s pada kedalaman 0,025 mm dan kembali ke Zona A. Pola ini menunjukkan bahwa getaran horizontal cukup responsif terhadap perubahan gaya pemotongan akibat variasi kedalaman pemakanan. Berbeda dengan arah horizontal, Tabel 2 justru memperlihatkan nilai RMS *Velocity* arah vertikal yang relatif stabil di seluruh variasi kedalaman pemakanan, yaitu berkisar antara 0,175–0,230 mm/s, dan semuanya berada pada Zona A (kondisi baik). Kestabilan ini mengindikasikan bahwa getaran arah vertikal lebih dipengaruhi oleh struktur dan kekakuan mesin itu sendiri, bukan oleh besar-kecilnya gaya pemotongan yang terjadi selama proses penggerindaan. Kecenderungan naiknya getaran horizontal seiring bertambahnya kedalaman pemakanan ini sejalan dengan Rao (2011) yang menyatakan kenaikan gaya pemotongan meningkatkan level getaran *spindle*. Pada penelitian ini fenomena tersebut juga terlihat melalui kenaikan RMS *Velocity* horizontal dari 0,170 mm/s menjadi 1,120 mm/s ketika kedalaman pemakanan meningkat dari 0 menjadi 0,015 mm. Berbeda dengan Tao dkk (2022) dan Yin dkk. (2023) yang melaporkan dominasi frekuensi akibat karakteristik *aerostatic bearing*, sedangkan penelitian ini menunjukkan dominasi komponen $1 \times \text{RPM}$ yang mengindikasikan *unbalance* pada *spindle* konvensional. Perbedaan ini wajar mengingat konstruksi *spindle* Reform PSGS-4070 AH menggunakan bantalan konvensional, bukan *aerostatic bearing*.

B. Hubungan Getaran dengan Kualitas Permukaan

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa seluruh nilai Ra rata-rata berada pada kisaran 0,289–0,338 μm dan semuanya masuk *grade* N5 menurut ISO 1302. *Grade* N5 ini setara dengan $Ra \leq 0,4 \mu\text{m}$ dan tergolong kekasaran yang baik untuk hasil penggerindaan *finishing*. Artinya, mesin Reform PSGS-4070 AH masih mampu menjaga kualitas permukaan pada seluruh variasi kedalaman pemakanan yang diuji.



Gambar 2. Grafik Korelasi RMS Velocity Getaran Terhadap Permukaan (Ra)

4. KESIMPULAN

Kedalaman pemakanan 0,005–0,010 mm menghasilkan getaran *spindle* paling rendah (Zona A), sedangkan kedalaman 0,015–0,020 mm menghasilkan getaran paling tinggi (Zona B). Getaran horizontal terbukti lebih responsif terhadap perubahan kedalaman pemakanan dibandingkan getaran vertikal yang cenderung stabil. Semakin besar getaran horizontal, semakin besar pula kekasaran permukaan (Ra) yang dihasilkan, sehingga getaran horizontal dapat dijadikan indikator kualitas permukaan, sementara getaran vertikal tidak berpengaruh signifikan.

Secara keseluruhan, kondisi *spindle* masih tergolong baik dan layak dioperasikan sesuai ISO 10816-3, dengan kualitas permukaan yang konsisten berada pada grade N5 (ISO 1302). Oleh karena itu, disarankan untuk membatasi kedalaman pemakanan maksimal 0,010 mm, melakukan balancing batu gerinda secara rutin, serta memantau getaran secara berkala guna menjaga kinerja *spindle*.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak Bengkel Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung atas dukungan fasilitas serta bantuan teknis selama pelaksanaan pengambilan data penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Benardos, P. G., & Vosniakos, G.-C. (2003). Predicting surface roughness in machining: A review. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 43(8), 833–844. [https://doi.org/10.1016/S0890-6955\(03\)00059-2](https://doi.org/10.1016/S0890-6955(03)00059-2)
- International Organization for Standardization. (2002). *ISO 1302: Geometrical product specifications (GPS) – Indication of surface texture in technical product documentation*. ISO.
- International Organization for Standardization. (2009). *ISO 10816-3: Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts – Part 3: Industrial machines with nominal power above 15 kW and nominal speeds between 120 r/min and 15 000 r/min when measured in situ*. ISO.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufacturing engineering and technology* (7th ed.). Pearson Education.
- Rao, P. N. (2011). *Manufacturing technology: Metal cutting and machine tools* (3rd ed.). McGraw-Hill Education.
- Tao, H. F., Liu, Y. H., Zhao, D. W., & Lu, X. C. (2022). Effects of wheel *spindle* vibration on surface formation in wafer self-rotational grinding process. *International Journal of Mechanical Sciences*, 232, 107620. <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2022.107620>
- Yin, T., Du, H., Zhang, G., Hang, W., & To, S. (2023). Theoretical and experimental investigation into the formation mechanism of surface waviness in ultra-precision grinding. *Tribology International*, 180, 1