

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Akhir Studi
Semester Genap Tahun Ajaran 2025/2026

Dengan judul:

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTAR SPINDLE (RPM)
PADA PEMBUBUTAN MATERIAL SUS304**

Disusun Oleh:

Mahasiswa



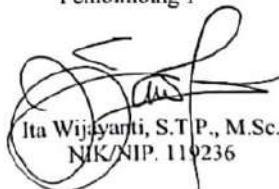
Muhammad Zanu Fahlahi
NIM. 3412301041

Telah Diperiksa dan Disetujui Keseluruhan Isinya
Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik (Amd.T)
Program Studi Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Batam

Pada Tanggal 21, Bulan Juli, Tahun 2026 di Batam

Disetujui Oleh:

Pembimbing 1



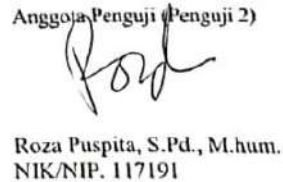
Ita Wijayanti, S.T.P., M.Sc.
NIK/NIP. 119236

Ketua Penguji (Penguji 1)



Mutiarni, S.T., M.Sc.
NIK/NIP. 117171

Anggota Penguji (Penguji 2)



Roza Puspita, S.Pd., M.hum.
NIK/NIP. 117191

Pengaruh Variasi Kecepatan Putar Spindle (RPM) pada Pembubutan Material SUS304

Muhammad Zanu Fahla^{fi}*¹ Ita Wijayanti

Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknik Mesin

Jl. Ahmad Yani Batam Kota. Kota Batam. Kepulauan Riau. 29461, Indonesia

E-mail: mzanufahla^{fi}@gmail.com

Abstrak

Proses pembubutan konvensional pada material *Stainless Steel 304* (SUS304) sering kali terkendala oleh sifat *work hardening* dan konduktivitas termal yang rendah, sehingga memicu tingginya gaya potong serta risiko munculnya fenomena *Built-Up Edge* (BUE) yang dapat menurunkan kualitas produk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan putar spindle (320 RPM, 550 RPM, dan 750 RPM) terhadap tingkat penyimpangan (deviasi) dimensi diameter target 7,70 mm serta nilai kekasaran permukaan (*surface roughness*) pada material SUS304. Metodologi penelitian yang digunakan adalah pendekatan eksperimen deskriptif dengan melakukan pengujian langsung pada mesin bubut konvensional menggunakan pahat karbida terhadap 15 spesimen uji (5 kali pengulangan untuk setiap variasi). Selama proses pemrosesan, parameter kedalaman pemakanan dikunci konstan pada 0,15 mm dengan *feed rate* 0,05 mm/rev. Selanjutnya, pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran deviasi dimensi fisik menggunakan alat ukur jangka sorong (*vernier caliper*) serta pengujian karakteristik permukaan menggunakan alat *Surface Roughness Tester*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan spindle efektif meminimalkan tingkat penyimpangan (deviasi) dimensi sekaligus memperbaiki kualitas permukaan material SUS304. Pengujian pada 320 RPM menghasilkan deviasi terbesar (+0,084 mm) dan permukaan paling kasar (R_a 3,42 μ m) akibat fenomena BUE. Sementara itu, kecepatan spindle 750 RPM terbukti menjadi parameter paling optimal yang menghasilkan tingkat presisi tertinggi dengan deviasi minimal (+0,000 mm) serta kualitas permukaan terhalus (R_a 1,46 μ m). Dengan demikian, penggunaan 750 RPM sangat direkomendasikan untuk meminimalkan cacat produk pada pemrosesan konvensional.

Kata kunci: Kecepatan *Spindle*, Pembubutan Konvensional, Jangka Sorong (*Vernier Caliper*), *Surface Roughness Tester*, SUS304

Abstract

Conventional turning process on Stainless Steel 304 (SUS304) material is often hampered by its work hardening properties and low thermal conductivity, thus triggering high cutting forces and the risk of Built-Up Edge (BUE) phenomenon that can reduce product quality. This study aims to determine the effect of variations in spindle rotation speed (320 RPM, 550 RPM, and 750 RPM) on the level of deviation of the target diameter dimension of 7.70 mm and the surface roughness value of SUS304 material. The research methodology used is a descriptive experimental approach by conducting direct testing on a conventional lathe using a carbide chisel on 15 test specimens (5 repetitions for each variation). During the machining process, the feed depth parameter is locked constant at 0.15 mm with a feed rate of 0.05 mm/rev.

Furthermore, data collection is carried out by measuring the physical dimension deviation using a vernier caliper and testing the surface characteristics using a Surface Roughness Tester. The results of the study show that increasing the spindle speed effectively minimizes the level of dimensional deviation while improving the surface quality of the SUS304 material. Testing at 320 RPM produced the largest deviation (+0,084 mm) and the roughest surface (R_a 3,42 μm) due to the BUE phenomenon. Meanwhile, a spindle speed of 750 RPM proved to be the most optimal parameter that produced the highest level of precision with minimal deviation (+0,000 mm) and the smoothest surface quality (R_a 1,46 μm). Thus, the use of 750 RPM is highly recommended to minimize product defects in conventional machining.

Keywords: *Spindle Speed, Conventional Turning, Vernier Calipers, Surface Roughness Tester, SUS304*

1 Pendahuluan

Proses pemesian bubut adalah salah satu proses operasi permesinan yang paling umum dan banyak digunakan dalam bidang industri. Telah banyak dilakukan penelitian yang dikembangkan untuk menambah kemampuan pemesian untuk menentukan parameter proses pembubutan menggunakan pemodelan dan metode optimasi untuk mendapatkan karakteristik hasil permesinan yang baik. Optimasi dari parameter diperlukan untuk mengurangi gaya potong dalam proses pemesian. Gaya potong yang terlalu tinggi dapat menyebabkan perubahan temperatur antara benda kerja dan pahat bubut[1].

Stainless Steel 304 merupakan salah satu material yang memiliki banyak aplikasi di industri karena ketahanan korosi serta sifat mekanisnya yang baik. Material ini tergolong baja tahan karat austenitik, sehingga mudah dalam proses pembentukan dan pengelasan, serta memiliki ketahanan yang baik terhadap suhu tinggi dan lingkungan agresif. Akan tetapi Stainless Steel lebih sulit dikerjakan dibandingkan baja karbon biasa karena sifat materialnya yang keras dan tahan panas, sehingga mengakibatkan peningkatan gaya pemotongan dan suhu selama proses pemesian[2]. Istilah kekasaran permukaan dikenal secara luas di industri dan biasanya digunakan untuk mengukur kekasaran pada permukaan benda. Tekstur permukaan adalah pola permukaan yang menyimpang pada permukaan nominal. Penyimpangan bisa acak maupun berulang yang disebabkan oleh kekasaran, waviness, lay dan flaws. Kekasaran terdiri oleh ketidakteraturannya tekstur permukaan, yang biasanya meliputi ketidakteraturan yang disebabkan oleh perlakuan pada saat proses pemesian[3].

Selama ini, proses pembubutan material SUS304 di lingkungan bengkel pemesian konvensional masih sering mengandalkan evaluasi visual operator dan pemilihan parameter spindle secara perkiraan (*trial and error*). Variasi RPM dipilih berdasarkan kondisi riil di bengkel pemesian konvensional secara dominan menggunakan 550 RPM, namun masih menghasilkan angka *reject* tinggi hingga 55%. Oleh karena itu, penelitian ini menguji variasi 320 RPM, 550 RPM, dan 750 RPM untuk mengevaluasi RPM. Dimana 20% kegagalan disebabkan oleh permukaan akhir yang kasar akibat kerak BUE, dan 35% disebabkan oleh penyimpangan dimensi diameter akibat kelentingan mekanis pahat. Melalui pendekatan eksperimen langsung menggunakan mesin bubut konvensional dan pahat karbida, penelitian ini memfokuskan analisis pada pengaruh tiga variasi kecepatan putar spindle yaitu 320 RPM, 550 RPM, dan 750 RPM terhadap tingkat deviasi diameter target 7,70 mm dan nilai kekasaran permukaan spesimen SUS304. Melalui data empiris ini, diharapkan dapat ditemukan parameter kerja yang paling efisien, presisi, dan optimal guna menekan angka kegagalan produk di bengkel pemesian.

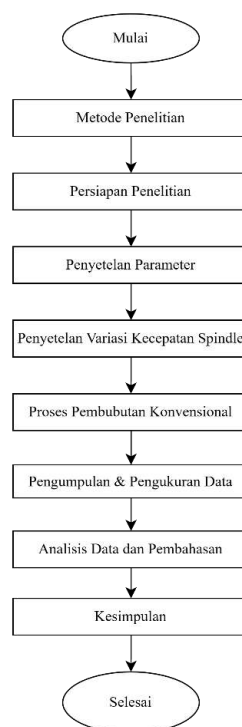
Meskipun penelitian yang menggunakan SUS304 sudah banyak dilakukan, mayoritas studi terdahulu berfokus pada mesin CNC otomatis dengan luaran berupa tingkat kekasaran permukaan saja. Oleh karena itu, penelitian tugas akhir ini hadir untuk mengisi celah tersebut dengan menguji pengaruh variasi RPM terhadap tingkat deviasi diameter target 7,70 mm sekaligus nilai kekasaran permukaan spesimen menggunakan mesin bubut konvensional.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi kecepatan putar spindle (320 RPM, 550 RPM, dan 750 RPM) terhadap tingkat penyimpangan (deviasi) dimensi diameter serta nilai kekasaran permukaan (*surface roughness tester*) pada material baja tahan karat Stainless Steel 304 (SUS304). Melalui pengujian ini, akan ditentukan nilai RPM yang paling optimal untuk menghasilkan tingkat presisi tertinggi dan kualitas permukaan terhalus guna meminimalkan produk cacat (*reject*). Proses eksperimen melibatkan 15 sampel uji (5 kali pengulangan untuk setiap variasi RPM) dengan mengondisikan parameter pendukung secara konstan, yaitu kedalaman pemakanan (*depth of cut*) sebesar 0,15 mm dan kecepatan pemakanan (*feed rate*) sebesar 0,05 mm/rev. Selanjutnya, analisis data berfokus pada pengukuran deviasi dimensi diameter menggunakan jangka sorong serta pengujian kekasaran permukaan menggunakan *surface roughness tester*.

2 Metodologi Penelitian

2.1 Diagram Alir Penelitian

Pengujian ini dilakukan melalui beberapa tahapan penelitian. Adapun diagram alir proses pelaksanaan eksperimen ditunjukkan pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

2.2 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan pendekatan eksperimen deskriptif, di mana data diperoleh melalui proses pengujian langsung pada mesin bubut dengan pahat karbida jenis *VNMG160408*. Penelitian ini berfokus pada penghitungan deviasi dimensi dan kekasaran permukaan material pada setiap variasi kecepatan putar spindle, yaitu 320 RPM, 550 RPM dan 750 RPM. Dengan menghitung nilai penyimpangan dan kekasaran tersebut, dapat ditentukan tingkat presisi dari masing-masing parameter kecepatan terhadap material SUS304.

Tabel 2.1 Rancangan Parameter Pengujian

No. Spesimen	Kecepatan Spindle (RPM)	Kedalaman Pemakanan (mm)	Kecepatan Pemakanan (mm/rev)
1	320	0,15	0,05
2	320	0,15	0,05
3	320	0,15	0,05
4	320	0,15	0,05
5	320	0,15	0,05
6	550	0,15	0,05
7	550	0,15	0,05
8	550	0,15	0,05
9	550	0,15	0,05
10	550	0,15	0,05
11	750	0,15	0,05
12	750	0,15	0,05
13	750	0,15	0,05
14	750	0,15	0,05
15	750	0,15	0,05

2.3 Persiapan Penelitian

Pada persiapan penelitian ini mencakup penyediaan 15 spesimen uji berupa poros silinder pejal SUS304 dengan diameter awal 8mm dan panjang ± 65 mm. Selain itu, dilakukan persiapan pahat *insert* karbida tipe *VNMG160408* serta alat pengukuran berupa jangka sorong (*vernier caliper*) dan alat uji kekasaran permukaan (*surface roughness tester*).



Gambar 2.2 Pahat Karbida *VNMG160408*

2.4 Penyetelan Parameter Tetap Mesin Bubut

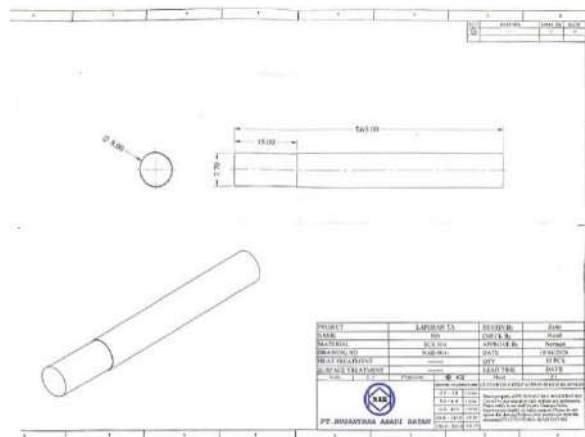
Sebelum pengujian, parameter seperti *depth of cut* (0,15mm) dan *feed rate* (0,05mm/rev) dikunci secara konstan. Penyetelan ini bertujuan agar dimensi akhir dan kualitas kekasaran permukaan spesimen murni dipengaruhi oleh variasi kecepatan putar *spindle*.

2.5 Penyetelan Variasi Kecepatan Spindle

Langkah inti dari eksperimen ini adalah membagi 15 sampel material SUS304 secara merata ke dalam tiga kelompok pengujian yang berbeda. Masing-masing kelompok terdiri dari 5 buah spesimen sebagai bentuk pengulangan data demi menjaga akurasi hasil potong. Variasi tingkat kecepatan putar spindle yang diaplikasikan pada setiap tingkatan pengujian meliputi putaran rendah sebesar 320 RPM, putaran menengah sebesar 550 RPM, dan putaran tinggi sebesar 750 RPM.

2.6 Proses Pembubutan Konvensional

Setelah seluruh parameter terpasang dengan presisi pada mesin bubut konvensional, proses penyayatan mekanis langsung dieksekusi. Pahat karbida yang telah dicekam melakukan pemotongan sepanjang spesimen uji untuk mengurangi diameter luar material. Target pengerjaan difokuskan untuk membentuk dimensi diameter akhir sebesar 7,70 mm pada bagian ujung poros komponen sepanjang jarak yang ditentukan pada gambar kerja.



Gambar 2.3 Detail Drawing Benda Kerja

2.7 Pengumpulan dan Pengukuran Data

Setelah proses pembubutan selesai dikerjakan, seluruh spesimen terlebih dahulu dibersihkan dari sisa beram dan lapisan cairan pendingin agar tidak mengganggu akurasi alat ukur. Pengumpulan data fisik dilakukan melalui dua tahapan pengukuran yang presisi. Pertama, untuk mengetahui tingkat penyimpangan (deviasi) dimensi dari diameter target 7,70 mm, dilakukan pengukuran menggunakan jangka sorong (*vernier caliper*) dengan ketelitian 0,02 mm. Penggunaan jangka sorong ini dilakukan dengan cara membersihkan rahang ukur terlebih dahulu, merapatkan rahang pada area bekas sayatan benda kerja secara tegak lurus, kemudian mengunci baut pengencang sebelum membaca skala utama dan skala noniusnya. Pengukuran dilakukan di tiga titik berbeda pada area cekungan potong sepanjang 15 mm untuk mendapatkan nilai rata-rata diameter. Pengambilan data bahwa batas toleransi $\pm 0,08$ mm dari target diameter 7,70 mm mengacu pada standar toleransi geometris komponen *pin* di bengkel pemesinan. Batas ini kritis karena jika diameter hasil bubut terlalu kecil (*under-size*), komponen tidak dapat digunakan (*reject*).

Kedua, karakteristik tekstur permukaan spesimen diuji menggunakan perangkat *surface roughness tester* untuk mendapatkan nilai rata-rata kekasaran geometris (R_a). Pengoperasian alat ini diawali dengan meletakkan spesimen uji padaudukan agar posisinya stabil dan tidak bergeser selama proses pemindaian. Selanjutnya, jarum pelacak (*stylus*) pada alat diatur posisinya hingga menyentuh permukaan material secara tegak lurus dengan sudut kelukan yang tepat. Setelah parameter panjang pengukuran disetel pada alat, tombol start ditekan agar *stylus* bergerak merayap secara mekanis di sepanjang permukaan bekas bubutan untuk menyensor mikrokontur material. Data angka yang muncul pada layar digital penunjuk kemudian dicatat sebagai nilai kekasaran permukaan (R_a) representatif dari masing-masing variasi RPM.



Gambar 2.4 Benda Kerja Yang Telah Diproses

3 Analisis Data dan Pembahasan

3.1 Analisis Data Hasil Pengujian Akurasi Dimensi

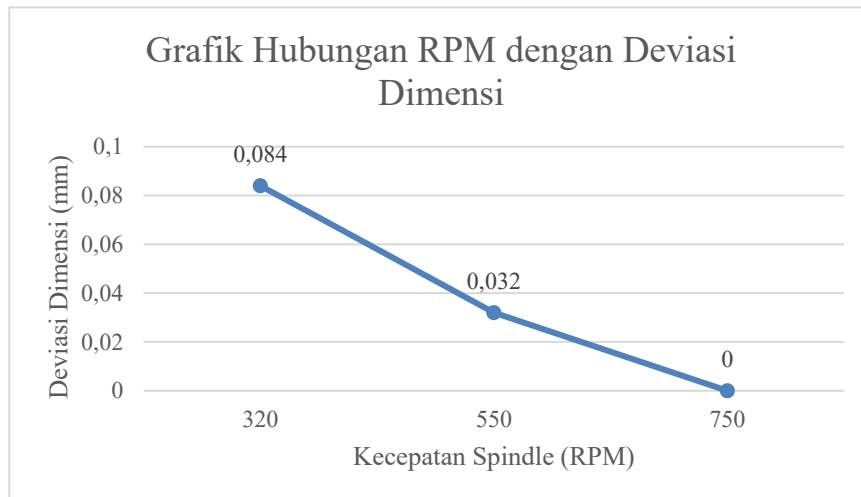
Berdasarkan Tabel 3.1, akurasi dimensi diameter luar produk berangsur meningkat seiring bertambahnya kecepatan spindle, di mana ukuran dimensi aktual yang dihasilkan menjadi semakin presisi mendekati target 7,70 mm. Peningkatan kecepatan putar spindle (RPM) berbanding terbalik dengan kebutuhan gaya potong pada material SUS304. RPM tinggi memicu pelunakan termal lokal di area pemotongan yang menurunkan tegangan alir material, sehingga gaya potong berkurang signifikan. Penurunan gaya potong ini mencegah defleksi pahat dan menjaga stabilitas pemesinan sehingga hasil diameter lebih presisi dan permukaan lebih halus. Pada kecepatan rendah (320 RPM), deviasi diameter mencapai angka tertinggi dengan rata-rata +0,084 mm (aktual 7,75 mm–7,80 mm) akibat besarnya gaya potong yang memicu defleksi mikro pada pahat karbida menjauhi benda kerja. Sebaliknya, penyimpangan dimensi ini berangsur menurun pada kecepatan menengah (550 RPM) dengan rata-rata deviasi +0,032mm, hingga mencapai tingkat presisi paling optimal pada kecepatan tinggi (750 RPM) dengan rata-rata deviasi minimal hanya +0,000 mm berkat reduksi gaya potong dan defleksi mekanis selama penyayatan material SUS304.

Tabel 3.1 Data Hasil Pengukuran Akurasi Dimensi

No. Spesimen	RPM	Diameter Target (mm)	Rata-rata Diameter Akhir (mm)	Deviasi (mm)
1	320	7,70	7,75	0,05
2	320	7,70	7,80	0,10
3	320	7,70	7,79	0,09
4	320	7,70	7,79	0,09
5	320	7,70	7,79	0,09
6	550	7,70	7,74	0,04
7	550	7,70	7,73	0,03
8	550	7,70	7,74	0,04
9	550	7,70	7,72	0,02
10	550	7,70	7,73	0,03
11	750	7,70	7,71	0,01
12	750	7,70	7,71	0,01
13	750	7,70	7,69	- 0,01
14	750	7,70	7,70	0
15	750	7,70	7,69	- 0,01

3.2 Pembahasan Pengaruh Variasi RPM Terhadap Deviasi Dimensi

Saat mesin beroperasi pada kecepatan rendah sebesar 320 RPM, pahat karbida membutuhkan gaya potong yang sangat besar untuk menyayat material SUS304. Tingginya beban mekanis ini menghasilkan gaya tekan balik yang kuat dari spesimen menuju ujung alat potong serta komponen eretan mesin bubut konvensional. Kondisi tersebut memicu terjadinya defleksi mikro atau kelentingan elastis, yang menyebabkan posisi pahat sedikit bergeser mundur menjauhi pusat sumbu putar objek. Lenturan mikro inilah yang menjadi penyebab utama melebarnya diameter aktual poros hingga menyentuh 7,75 mm – 7,80 mm, dengan rata-rata deviasi tertinggi mencapai +0,084 mm. Dalam situasi ini, mekanisme penyayatan material tidak berlangsung sempurna melainkan mengalami deformasi secara paksa. Sebaliknya, seiring dengan ditingkatkannya kecepatan putar secara bertahap ke 550 RPM hingga mencapai puncaknya di 750 RPM, muncul fenomena pelunakkan termal lokal di zona pemotongan. Tingginya kecepatan potong (*cutting speed*) secara efektif menstimulasi energi panas yang mampu menurunkan tegangan alir (*flow stress*) material SUS304 tepat di depan mata pahat sebelum beram (*chip*) terbentuk. Pelunakkan ini secara signifikan mereduksi kebutuhan gaya penyayatan pada mesin. Penurunan gaya potong tersebut menjaga stabilitas posisi alat potong dan meminimalkan risiko defleksi mikro hingga mendekati angka nol. Dampak nyata dari hilangnya kelentingan mekanis ini terlihat pada putaran 750 RPM, di mana ukuran diameter aktual poros dapat diperoleh secara presisi tepat pada angka 7,70 mm dengan nilai rata-rata penyimpangan yang sangat kecil, yaitu hanya +0,000 mm.



Gambar 3.1 Grafik Hubungan RPM dengan Deviasi Dimensi

3.3 Analisis Data Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

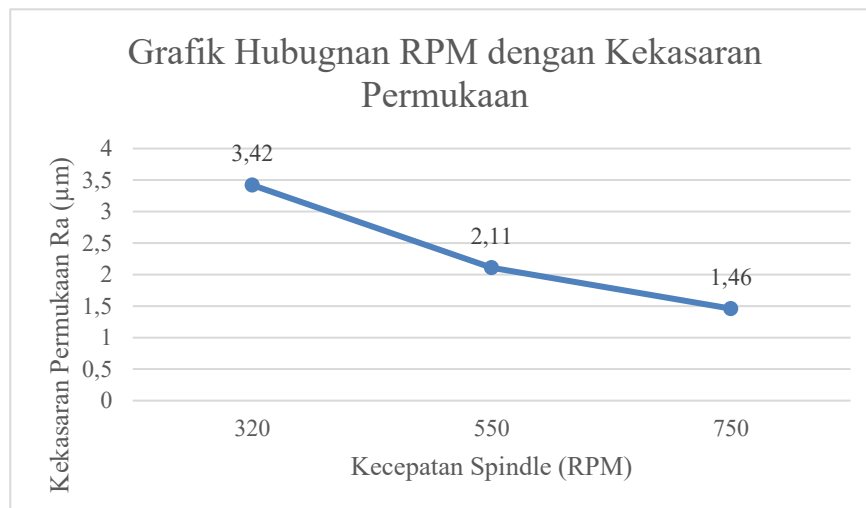
Berdasarkan data eksperimen pada Tabel 3.2, kualitas permukaan poros *Stainless Steel* 304 (SUS304) meningkat secara signifikan (nilai Ra mengecil) seiring dengan bertambahnya kecepatan putar spindle. Pada kecepatan rendah (320 RPM), spesimen mencatatkan tingkat kekasaran tertinggi dengan rata-rata Ra sebesar 3,42 μ m. Nilai kekasaran tersebut berangsur menurun pada kecepatan menengah (550 RPM) menjadi 2,11 μ m. Puncaknya, kualitas permukaan paling halus dan optimal berhasil dicapai pada parameter kecepatan tertinggi (750 RPM) dengan nilai rata-rata Ra minimal hanya 1,46 μ m.

Tabel 3.2 Data Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

No.Spesimen	Kecepatan Spindle (RPM)	Hasil Pengukuran Ra (μ m)	Rata-Rata Ra (μ m)
1	320	3,42	3,42
2	320	3,55	
3	320	3,38	
4	320	3,25	
5	320	3,5	
6	550	2,15	2,11
7	550	1,98	
8	550	2,2	
9	550	2,08	
10	550	2,14	
11	750	1,45	1,46
12	750	1,38	
13	750	1,52	
14	750	1,48	
15	750	1,47	

3.4 Pembahasan Pengaruh Variasi RPM Terhadap Kekasaran Permukaan

Tingginya nilai kekasaran permukaan pada putaran 320 RPM (R_a 3,42 μm) disebabkan oleh rendahnya temperatur pemotongan lokal yang memicu munculnya fenomena *built up edge* (BUE). Pada RPM rendah, beram dari material SUS304 yang ulet cenderung menempel dan mengeras di ujung pahat karbida, sehingga merusak geometri asli alat potong dan merobek material secara paksa. Akibatnya, topografi permukaan yang dihasilkan menjadi kasar dan tidak beraturan. Sebaliknya, perbaikan kualitas permukaan yang signifikan pada 550 RPM hingga mencapai titik terhalus pada 750 RPM (R_a 1,46 μm) berkaitan erat dengan terjadinya fenomena pelunakan termal. Efek pelunakan ini mengeliminasi pembentukan (BUE) serta menurunkan gaya potong secara drastis, sehingga mampu mereduksi getaran mikro (*chatter*) antara pahat dan benda kerja. Tiadanya getaran mekanis membuat mata potong karbida menyayat material secara stabil, bersih, dan menghasilkan permukaan akhir yang rata serta mengkilap (seperti pada Gambar 2.4).



Gambar 3.2 Grafik Hubungan RPM dengan Kekasaran Permukaan

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil eksperimen pembubutan konvensional pada material *Stainless Steel* 304 (SUS304) dengan parameter *depth of cut* 0,15 mm dan *feed rate* 0,05 mm/rev, penelitian ini membuktikan bahwa peningkatan kecepatan putar spindle berpengaruh besar terhadap penurunan deviasi dimensi diameter target 7,70 mm dan perbaikan kualitas permukaan benda kerja. Pengujian pada kecepatan rendah (320 RPM) memberikan akurasi terburuk dengan rata-rata deviasi terbesar (+0,084 mm) akibat defleksi mekanis pahat, serta permukaan paling kasar R_a 3,42 μm akibat munculnya fenomena *built up edge* (BUE). Sebaliknya, parameter 750 RPM terbukti menjadi kecepatan paling optimal yang menghasilkan tingkat presisi tertinggi dengan deviasi minimal (+0,000 mm) serta kualitas permukaan terhalus R_a 1,46 μm karena hilangnya getaran mikro (*chatter*) dan eliminasi kerak BUE melalui mekanisme pelunakan termal. Dari analisis data tersebut, dapat disimpulkan bahwa parameter kecepatan 750 RPM merupakan nilai paling optimal karena sukses menghasilkan tingkat presisi tertinggi mendekati target diameter 7,70 mm sekaligus kualitas permukaan terhalus. Penerapan parameter 750 RPM ini direkomendasikan secara kuat untuk menggantikan standar kerja 550 RPM di bengkel pemesinan konvensional, guna menekan *reject rate* yang sebelumnya mencapai 55% menuju tingkat presisi yang optimal.

Daftar Pustaka

- [1] N. A. B. Aden and A. S. Nurrohkayati, "Analisis Perubahan Temperatur Mata Pahat Karbida Pada Proses Pembubutan Baja AISI 1045 Dengan FEM-Simulation di PT. X," *TEKNOSAINS: Jurnal Sains, Teknologi dan Informatika*, vol. 9, no. 2, pp. 65–73, Jul. 2022, doi: 10.37373/tekno. v9i2.190.
- [2] B. Yuliandra and R. P. Setriyan, "Pengaruh Sudut Potong Pahat dan Kecepatan Putaran Spindle terhadap Kekasaran Permukaan pada Proses Membubut Stainless Steel 304," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 12, no. 1, pp. 24–31, Jan. 2025. (Catatan: Sesuaikan nama jurnal dan nomor halaman jika diterbitkan di jurnal eksternal).
- [3] D. P. Utama, "Pengaruh Variasi Parameter terhadap Material Removal Rate dan Kekasaran Permukaan Stainless Steel 304 pada Proses CNC Milling," Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah, 2022. (Catatan: Jenis karya ilmiah dilengkapi sebagai skripsi/tugas akhir).
- [4] R. A. Heriyanto, "Analisis Pengaruh Kecepatan Putar Spindle Dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja S45C Pada Proses Bubut CNC," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 14, no. 2, pp. 112–120, 2023.
- [5] T. Aiwa, "Pengaruh Kecepatan Spindle, Kecepatan Pemakanan, Dan Kedalaman Pemakanan Pada Mesin Bubut CNC Terhadap Kekasaran Permukaan Material Stainless Steel (SUS304)," *Jurnal Ilmiah Teknik Teknik Mesin*, vol. 11, no. 3, pp. 45–53, 2023.
- [6] M. R. A. Priatama, "Analisis Pengaruh Kecepatan Putaran Spindle (RPM) Dan Feeding Terhadap Kekasaran Permukaan Material Baja AISI 1045 Pada Proses Pemesinan CNC Bubut," Tugas Akhir, Program Studi Teknik Mesin, Politeknik, 2023.