Terbit *online* pada laman web jurnal : http://inomet.ft.unand.ac.id

INoMeT: Jurnal Inovasi Rekayasa Mekanikal dan Termal

| ISSN (Online) 3025-2598 |

Artikel Penelitian

Kajian Nilai Kekasaran Permukaan Secara Teoritis dan Eksperimen pada Pembubutan Baja ST37 Serta Implikasinya pada Perencanaan Proses Pemesinan

Ismet Hari Mulyadi[a]

[a] *Departemen Teknik Mesin, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang, 25163*

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:
Diterima Redaksi: 25 Juni 25
Revisi Akhir: 28 Juni 25
Diterbitkan *Online*: 30 Juni 25

KATA KUNCI

Proses Membubut

Kekasaran Permukaan

Persamaan Generik

KORESPONDENSI

E-mail: ismet@eng.unand.ac.id

A B S T R A C T

In machining based industries, product precision is paramount, with surface roughness being a critical quality indicator. Achieving target roughness requires optimal cutting conditions, typically determined through operator experience or machining handbooks. However, these references often prove inadequate due to machining process complexity. Consequently, generic empirical equations are commonly employed in machining process planning, though they suffer from accuracy limitations that directly impact process outcomes. Despite these shortcomings, such equations remain widely used in cutting condition selection. This study evaluates the deviation magnitude induced by these equations and their implications for machining process planning. Experiments were conducted on ST37 steel workpieces using turning operations. Results indicate substantial discrepancies between predicted and actual surface roughness values, leading to inappropriate cutting condition selections. These inaccuracies may cause process failures, particularly when targeting medium-to-rough surface finishes in turning operations. While ANOVA analysis suggests the equation's predictions remain marginally acceptable, methodological improvements are essential to enhance machining condition estimation precision.

1. PENDAHULUAN

Pada industri manufaktur, pemilihan proses ditentukan berdasarkan biaya, waktu dan tingkat kepresisian yang dapat dicapai. Proses pemesinan (*Machining Processes*); sampai saat ini, masih merupakan proses manufaktur utama. Hal ini disebabkan kemampuannya untuk menghasilkan tingkat kepresisian yang tinggi dibandingkan proses-proses manufaktur lainnya. Tingkat kepresisian dihubungkan dengan keakuratan dimensi dan kekasaran permukaan yang dihasilkan oleh proses. Secara tidak langsung keakuratan dimensi juga ditentukan oleh tingkat kekasaran permukaan dari produk. Kekasaran permukaan juga akan menentukan perilaku fungsional dari produk seperti tingkat kelelahan (*fatigue life*)[1]. Oleh karena itu dalam pembuatan komponen dan/ produk, kekasaran permukaan menjadi indikator yang sangat menentukan dalam mendefinisikan kualitas produk.

Kekasaran permukaan yang dihasilkan pada pembuatan sebuah produk ditentukan oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut adalah seperti jenis mesin perkakas yang dipergunakan, jenis dan mampu mesin (*machinability*) dari material yang diproses, kondisi pemotongan, jenis material dan geometri pahat yang dipilih, dan faktor-faktor lain yang berhubungan dengan lingkungan proses. Dengan banyaknya faktor yang berpengaruh maka kekasaran permukaan menjadi suatu hal yang sangat komplek dan berinteraksi dengan kondisi pemotongan [2]. Hal ini menjadi kendala dalam mengembangkan suatu model kekasaran permukaan yang dapat dipergunakan dalam perencanaan kondisi pemotongan pada suatu proses pemesinan dalam upaya menghasilkan kualitas

https://doi.org/10.25077/inomet.3.1.44-52.2025

Attribution-NonCommercial 4.0 International. Some rights reserved

kekasaran permukaan yang diprasyaratkan dalam rancangan.

Dalam perencanaan proses pemesinan, kondisi pemotongan umumnya ditentukan berdasarkan 1) pengalaman empiris operator dan 2) referensi data pemesinan standar (Handbook). Dinamika material baru dan produksi berorientasi permintaan dengan variasi tinggi dan *near net shape* menuntut pendekatan pemesinan yang lebih fleksibel dibanding metode konvensional. Selain itu, dengan adanya metoda yang lebih fleksibel perencanaan proses produksi juga dapat lebih mudah dan penggunaan perangkat komputer seperti *Computer Aided Production Planning* (CAPP) akan lebih efektif. Metoda optimasi yang umum dipergunakan dalam meningkatkan kualitas produk pemesinan, khususnya kekasaran permukaan adalah dengan membangun sebuah model.

Secara garis besar Bernardos dan Vosniakos (2003)[2] mengelompokkan 4(empat) jenis model perkiraan (*predictive model*) untuk kekasaran permukaan yang didasari pada metoda pengembangannya. Keempat jenis model tersebut adalah yang berdasarkan pada a) Percobaan, b) Perancangan percobaaan c) Sistem cerdas buatan (*Artificial Inteligent-AI*), dan d) Model analitis (seperti pada Persamaan 1 yang dipergunakan pada proses bubut [3]). Dimana Ra: nilai kekasaran permukaan aritmetik dalam µm, f: gerak makan dalam mm/r, dan r_ε: radius pojok dalam mm. Masing-masing metoda tersebut memiliki keunggulan masing-masing.

$$R_a = \frac{1000f^2}{18r_\varepsilon\sqrt{3}} \qquad (1)$$

Diantara model-model tersebut, model analitis (*feed rate based model*) dan sistem cerdas (AI) lebih menjanjikan dalam optimasi proses pemesin-an. Walaupun model analitis memberikan hasil yang kurang akurat [2], tetapi penggunaannya untuk perencanan kondisi pemotongan proses pemesinan terutama untuk proses membubut (*turning process*) masih menjadi pilihan [3,4]. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh karena model analitis lebih *generic* sehingga dapat diaplikasikan untuk hampir semua kondisi.

Ketidakakuratan model analitik [2] disebabkan karena hanya mempertimbangkan faktor tertentu; dalam hal ini gerak makan (*feed*-f) dan radius pojok (*nose radius*-r_ε), sebagai faktor dominan dalam pembentukan profil permukaan. Padahal, faktor lain seperti kedalaman potong dan kecepatan potong juga memiliki peranan dalam menentukan kualitas kekasaran permukaan [5-7]. Fang & Safi-Jahanshahi (1997)[8] mencoba meneliti mengenai perbedaan akurasi nilai kekasaran permukaan antara model analitik dengan eksperimen. Hasinya, nilai kekasaran permukaan analitik lebih rendah dibandingkan nilai dari hasil eksperimen. Akan tetapi penelitian tersebut diperuntukkan untuk melihat perbedaan nilai kekasaran permukaan untuk proses pemesinan kecepatan tinggi. Karakteristik proses pemesinan kecepatan tinggi adalah memiliki kecepatan potong (Vc) yang tinggi (di atas 100 m/menit untuk pemotongan benda kerja baja [9]), kedalaman potong (ap), dan gerak makan (f) yang rendah. Sedangkan proses pemesinan untuk benda kerja baja dilakukan pada kondisi pemotongan yang konvensional.

Berdasarkan kondisi-kondisi yang dipaparkan di atas, maka penelitian ini dilakukan yang bertujuan untuk mengetahui sejauh mana perbedaan nilai kekasaran yang didasari dari model analitik dengan nilai dari eksperimen terutama pada proses pemesinan pada kecepatan potong rendah. Selain itu, konfirmasi apakah model analitik yang umum dipergunakan dalam perencanaan proses pemesinan terutama proses membubut masih layak dipergunakan. Seterusnya, implikasi akibat perbedaan dari nilai kekasaran terhadap perencanaan proses pemesinan juga akan didiskusikan dalam penelitian ini.

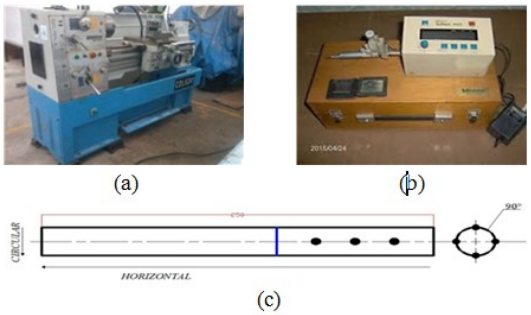
2. METODOLOGI

Penelitian dilakukan dengan membandingkan nilai kekasaran permukaan yang didapat dengan mempergunakan model analitik (Persamaan (1)) dan eksperimen. Nilai kekasaran permukaan hasil eksperimen didapat dengan melakukan proses membubut Baja ST37 (dengan dimensi ϕ20 mm x 250 mm). Sedangkan komposisi kimianya 0,118%

 https://doi.org/10.25077/ inomet.3.1.44-52.2025

C, 0,055% Si, 0,375% Mn, 0,017% P, 0,015% dan 0,026% serta memiliki kekuatan tarik berkisar antara 360-440 MPa [10]). Untuk proses membubut dipergunakan pahat *High Speed Steel* (HSS) yang memiliki sudut potong utama (K_r) 60^o dan sudut geram (γ) +5.

Seluruh rangkaian eksperimen dilakukan pada mesin bubut Krisbow KW 15-907 seperti pada Gambar 1a. Sedangkan kekasaran permukaan aritmetik (Ra) untuk masing-masing rancangan percobaan diukur dengan mempergunakan alat ukur kekasaran (*Surface Roughness Tester*) Mitutoyo 402 seperti pada Gambar 1b dengan skema pengukuran seperti yang terlihat pada diagram Gambar 1c.



Gambar 1. Peralatan yang dipergunakan (a dan b) serta skema pengukuran kekasaran permukaan (c)

Sedangkan, nilai kekasaran permukaan teoritis maupun eksperimen didapat dengan kondisi pemotongan seperti pada Tabel 2 yang divariasikan dengan rancangan percobaan Metoda Taguchi L8 dengan kombinasi seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Nilai kedalaman potong (ap) dan gerak makan (f) mengacu kepada proses pemotongan untuk penyelesaian akhir [11a].

Tabel 1. Variasi kondisi pemotongan untuk perbedaan nilai kekasaran permukaan teoritis dan eksperimen

No.	Vc (m/min)	*f* (mm/rev)	a_p (mm)	r_ε (mm)
1.	15	0.2	0.5	0.6
2.	30	0.4	1.0	0.8

Pemilihan kondisi pemotongan ini dilakukan berdasarkan pertimbangan bahwa keausan pahat yang terjadi (pada eksperimen) tidak akan terlalu berarti tetapi dengan nilai kekasaran permukaan aritmetik (R_a dalam μm) yang cukup berarti untuk dianalisa. Untuk menjaga analisa fokus terhadap nilai kekasaran permukaan, maka keausan pahat yang terjadi selama proses pemotongan diasumsikan konstan di bawah 0.3 mm (ukuran batas keausan tepi yang diijinkan [12]). Untuk itu, proses pemotongan dilakukan dalam kondisi basah (*Wet Machining*) dengan mempergunakan cairan pendingin jenis *water miscible* dengan merk dagang *Dromus*.

Tabel 2. Rancangan percobaan Metoda Taguchi L-8

No.	V_c (m/min)	*f* (mm/r)	a_p (mm)	ε_r (mm)
1	15	0,2	0,5	0,6
2	15	0,2	1	0,8
3	15	0,4	0,5	0,8
4	15	0,4	1	0,6
5	30	0,2	0,5	0,8
6	30	0,2	1	0,6
7	30	0,4	0,5	0,6
8	30	0,4	1	0,8

Seluruh eksperimen yang dilakukan dalam kajian ini dilakukan sebanyak dua kali (repetisi) untuk menjaga validitas data. Selanjutnya, data kekasaran permukaan dianalisa dengan metoda *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengidentifikasi kondisi pemotongan yang berarti terhadap kekasaran permukaan.

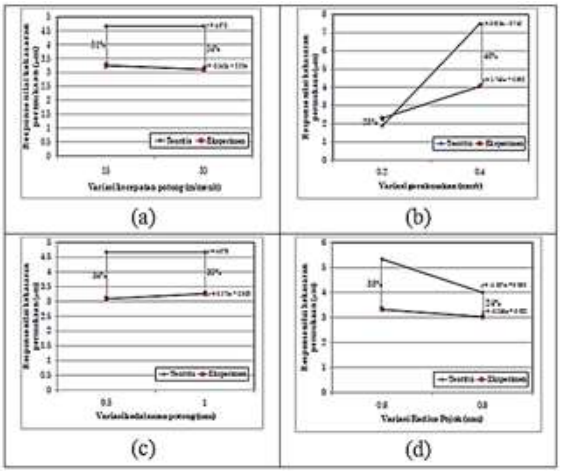
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perbedaan Nilai Kekasaran Permukaan Secara Teoritis dan Eksperimen

Berdasarkan analisa nilai tengah (*Means*) didapatkan respon nilai kekasaran permukaan baik yang didapat secara teoritis (mempergunakan persamaan (1)) maupun secara eksperimen terhadap variasi kondisi pemotongan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Dari Gambar 2. terlihat bahwa rata-rata perbedaan nilai kekasaran permukaan antara teoritis dengan eksperimen adalah sekitar 20% pada kondisi pemotongan rendah dan 33.5% pada kondisi pemotongan tinggi. Secara umum perbedaan antar nilai kekasaran permukaan teoritis dengan eksperimen relatif besar jika mengacu kepada

margin error yang diijinkan pada suatu model yang hanya sekitar maksimum 10%. Kondisi ini mengindikasikan bahwa tingkat kesalahan dari model analitik yang umum dipergunakan pada saat perencanaan operasi pemesinan memberikan tingkat kesalahan yang tinggi.

Selanjutnya, jika memperhatikan persentase perbedaan respon (kemiringan kurva) antara nilai kekasaran permukaan teoritis maupun eksperimen, terdapat perbedaan yang relatif besar terutama pada variasi gerak makan dan radius pojok. Rata-rata perbedaannya adalah sekitar 74%. Sedangkan pada variasi kecepatan potong (Vc-m/menit) dan kedalaman potong (a_p-mm) hanya berkisar 15.5%.



Gambar 2. Nilai kekasaran permukaan teoritis dan eksperimen pada berbagai variasi kondisi pemotongan utama

Dari hasil kajian ini dapat diketahui bahwa tingkat kesalahan yang terjadi pada perkiraan nilai kekasaran permukaan untuk proses membubut material baja ST37 pada kecepatan rendah dengan mempergunakan model analitik cukup besar dibandingkan dengan nilai sebenarnya (eksperimen). Kesalahan ini terjadi baik dilihat dari perbedaan nilai kekasaran permukaan yang didapat maupun dari respon yang terjadi akibat variasi kondisi pemotongan.

Walaupun sudah ada upaya untuk memperbaiki model analitik seperti yang dilakukan oleh Ståhlaa dkk. (2011)[7], akan tetapi dari kajian ulang yang telah dilakukan pada penelitian ini hanya mengindikasikan perbaikan sebesar rata-rata 0.53% terhadap nilai kekasaran permukaan yang didapat. Sehingga penggunaan model analitik dalam memperkirakan nilai kekasaran permukaan operasi proses membubut masih belum dapat menyamai/ mendekati hasil yang didapatkan melalui eksperimen. Hal ini diindikasikan sebagai akibat pengaruh ketebalan geram minimum (h_{min}) yang mengakibat terjadinya efek "aliran samping", BUE (*Built-Up-Edge*), getaran, dan kerusakan pahat [7]. Akan tetapi karena pada penelitian ini tingkat keausan pahat dan BUE tidak terlihat setelah pemotongan terakhir (Gambar 3.) maka kemungkinan perbedaan ini lebih disebabkan oleh adanya pengaruh "efek samping" (*side-flow*).



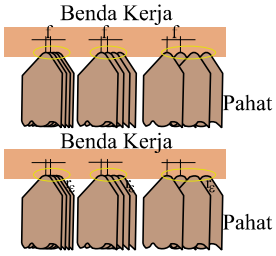
Gambar 3. Kondisi mata potong pahat HSS setelah pemotongan terakhir

Efek samping ini merupakan pengaruh yang sulit untuk diprediksi karena sangat tergantung kepada karakteristik aliran saat geram mengalir pada bidang pahat. Walaupun kondisi pemotongan yang dipergunakan sama, "efek samping" yang terjadi belum tentu juga akan sama. Oleh sebab itu proses pemesinan dikenal sebagai suatu proses yang komplek [2] sehingga sulit untuk dimodelkan. Akibatnya untuk menghasilkan model generik, maka seluruh kondisi pemotongan dan jenis material benda kerja harus dipertimbangkan. Hal ini sepertinya sulit untuk diwujudkan.

3.2. Validitas Model Analitik

Dari perbedaan nilai kekasaran permukaan maupun respon terhadap variasi kondisi pemotongan diperlihatkan pada Gambar 2., ada hal yang menarik untuk dikaji lebih lanjut. Hal tersebut adalah adanya perbedaan nilai kekasaran permukaan antara yang didapat secara teoritis dan eksperimen serta perbedaan respon yang terjadi akibat variasi kecepatan potong dan kedalaman potong. Perbedaan nilai kekasaran permukaan yang terjadi

sekitar 32% baik untuk kecepatan potong maupun kedalaman potong. Sedangkan perbedaan respon yang disebabkan oleh variasi kedua kondisi pemotongan tersebut adalah sekitar 14% dan 17% untuk kecepatan potong dan kedalaman potong secara berurutan.



Gambar 4. Diagram proses pemotongan yang dijadikan dasar pengembangan model analitik

Kemungkinan yang paling jelas sebagai penyebab perbedaan tersebut adalah tidak dipertimbangkan-nya kondisi pemotongan kecepatan potong sebagai faktor yang mempengaruhi nilai kekasaran permu-kaan (jika tingkat keausan masih berada pada batas yang diijinkan) pada persamaan analitik (Persamaan (1). Kalau diamati diagram proses pemotongan yang dijadikan acuan pengembangan model analitik (Gambar 4). Harusnya secara tidak langsung kecepatan potong dipertimbangkan sebagai bagian dari model analitik. Hal ini disebabkan perpindahan posisi pahat berdasarkan gerak makan hanya dapat dilakukan karena adanya kecepatan makan (Vf). Dimana kecepatan makan merupakan perkalian antara putaran (n); yang merupakan konversi kecepatan potong pada benda yang berputar, dengan gerak makan.

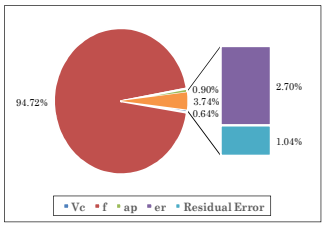
Selain itu, beberapa penelitian terdahulu [5,6,12,13] telah mengindikasikan bahwa kecepatan potong (atau putaran) memiliki pengaruh yang berarti terhadap nilai kekasaran permukaan. Oleh karena itu menjadi pertanyaan mengapa pada model analitik hal tersebut tidak menjadi pertimbangan. Untuk itu hasil eksperimen untuk nilai kekasaran permukaan dianalisa dengan mempergunakan metoda analisa variasi (ANOVA-*Analysis of Variance*) terhadap nilai tengah (*Means*) untuk melihat sejauh mana kontribusi kedua kondisi pemotongan (Vc dan a_p) serta f dan r_ε terhadap nilai kekasaran permukaan. Hasil ANOVA diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil ANOVA nilai tengah kekasaran permukaan secara eksperimen

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Vc	1	0.04085	0.04085	0.04085	0.61	0.491
f	1	6.08569	6.08569	6.08569	91.45	0.002
a_p	1	0.05794	0.05794	0.05794	0.87	0.42
r_ε	1	0.17356	0.17356	0.17356	2.61	0.205
Residual Error	3	0.19965	0.19965	0.06655		
Total	7	6.55769				

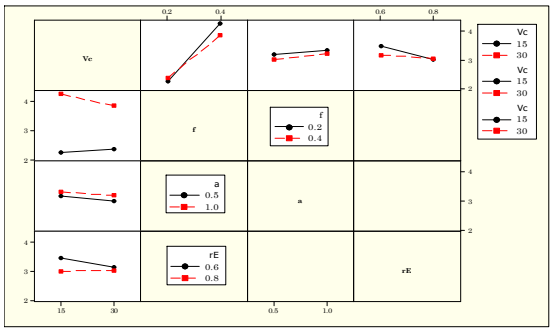
Dengan tingkat keyakinan 95%, maka dari data yang diperlihatkan pada Tabel 3, mengindikasikan bahwa yang memiliki nilai paling berarti ($P<0.05$) hanya kondisi pemotongan f. Atau dengan kata lain, kontribusi yang diberikan oleh kondisi pemotongan tersebut terhadap nilai kekasaran permukaan sangat besar seperti yang terlihat pada Gambar 5, yaitu sekitar 95%. Sedangkan radius pojok yang juga menjadi komponen pembentuk model analitik tidak terlalu berarti (besar dari $P=0.05$) atau hanya memiliki kontribusi sekitar 2.7%. Sedangkan kontribusi kecepatan potong dan kedalaman potong kecil dari 1%. Sehingga menjadi wajar jika hanya gerak makan dan radius pojok yang menjadi acuan dalam pengembangan model analitik.

Jika melihat kontribusi total gerak makan dan radius pojok terhadap nilai kekasaran permukaan sebesar 97.42% terlihat bahwa dengan hanya mempertimbangkan gerak makan dan radius pojok sebagai komponen pembentuk utama model analitik telah dapat memberikan nilai kekasaran permukaan yang mendekati sebenarnya (dengan tingkat kesalahan 2.58%). Sehingga kalau melihat kepada model analitik yang telah ada dan dipergunakan pada perencanaan proses pemesinan khususnya proses membubut, maka ada kesalahan analisa matematis dalam membangun model analitik berdasarkan Gambar 4 tersebut sehingga nilai kesalahan yang dihasilkannya berbeda relatif besar dibandingkan nilai sebenarnya (nilai eksperimen).

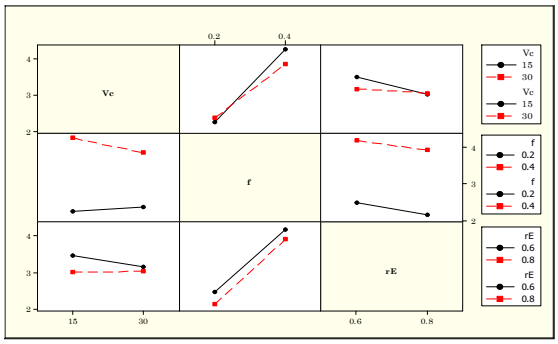


Gambar 5. Kontribusi masing-masing kondisi pemotongan pemesinan utama terhadap model eksperimen

Selanjutnya, hipotesis bahwa kecepatan potong secara tidak langsung juga mempengaruhi nilai kekasaran permukaan akan diuji. Pengujian dilakukan dengan melihat interaksi dari kecepatan potong dengan gerak makan yang merupakan representasi kecepatan makan. Analisa dilakukan dengan melihat kemungkinan interaksi antara berbagai kondisi pemotongan pemotongan yang dipergunakan. Hasil analisa diperlihatkan pada Gambar 6.



(a)



(b)

Gambar 6. Plot interaksi antara gerak makan dan kecepatan potong

Interaksi dinyatakan sebagai terbentuknya garis Interaksi dinyatakan sebagai terbentuknya garis tidak paralel pada hubungan antara kondisi pemotongan pemotongan yang dianalisa. Dari Gambar 6a. terlihat bahwa kecepatan potong dengan kedalaman potong tidak memiliki hubungan. Selanjutnya dengan menghilangkan hubungan tersebut analisa interaksi dilanjutnya dan seperti pada Gambar 6b. terlihat bahwa gerak makan tidak memiliki hubungan yang berarti terhadap perubahan radius pojok. Sehingga interaksi yang mungkin terjadi adalah antara kecepatan potong dengan gerak makan dan kecepatan potong dengan radius pojok. Hasil analisa ini dijadikan acuan untuk melakukan analisa ANOVA seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil ANOVA nilai tengah kekasaran permukaan secara eksperimen dengan semua kemungkian interaksi

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Vc	1	0.04085	0.0409	0.041	25.44	0.125
f	1	6.08569	6.0857	6.086	3790.4	0.01
A	1	0.05794	0.0579	0.058	360.9	0.105
r_ε	1	0.17356	0.1736	0.174	108.1	0.061
Vc*f	1	0.13694	0.1369	0.137	85.29	0.069
Vc*r_ε	1	0.0611	0.0611	0.061	38.06	0.102
Residual Error	1	0.00161	0.0016	0.002		
Total	7	6.55769				

Dari Tabel 4, terindikasi bahwa gerak makan masih merupakan faktor yang dominan ($P<0.05$). Sedangkan, walaupun tidak terlalu berarti, radius pojok dapat dipertimbangkan sebagai komponen utama pembentuk model analitik. Yang menariknya, interaksi antara kecepatan potong dengan gerak makan memiliki tingkat keberartian yang berada sedikit di bawah radius pojok. Fakta ini memperkuat kesimpulan dari penelitian-penelitian sebelumnya kecepatan potong memiliki kontribusi terhadap variasi nilai kekasaran permukaan. Akan tetapi kontribusi ini tidak secara langsung tetapi merupakan kontribusi dari kecepatan makan. Sehingga pada pembentukan persamaan analitik kecepatan makan seharusnya menjadi faktor yang dipertimbangkan sehingga perbedaan nilai kekasaran permukaan antara model analitik dengan eksperimen (nilai sebenarnya) dapat memiliki perbedaan yang relatif kecil.

3.3. Implikasi Perbedaan Nilai Kekasaran Permukaan Secara Teoritis dan Eksperimen Terhadap Perencanaan Proses Produksi Pemesinan

Dari pembahasan sebelumnya telah diketahui bahwa terjadi kesalahan yang berarti pada perkiraan nilai kekasaran permukaan dengan mempergunakan model analitik (Persamaan 1) yang umum dipergunakan pada perencanaan proses pemesinan [3,4,7] dibandingkan dengan nilai eksperimen. Tingkat kesalahan yang terjadi rata-rata berkisar 26.75% untuk berbagai level kondisi pemotongan pada proses membubut baja karbon rendah, ST 37. Dengan kata lain nilai kekasaran permukaan yang sebenarnya (eksperimen) pada proses pembubutan lebih rendah 26.75% dari nilai teoritis.

Sebagai akibat penyimpangan tersebut akan berdampak pada pemilihan kondisi pemotongan pemotongan, khususnya gerak makan dan radius pojok. Yang mana penyimpangan yang terjadi dalam pemilihan kedua kondisi pemotongan ini rata-rata sebesar 15% untuk semua tingkat nomer kekasaran pemukaan (*Roughness Grade Numbers*-RGN) yang diperuntukkan untuk proses membubut [15], yaitu N7-N12. Perkiraan ini didapat dari hasil simulasi perkiraan perbedaan pemilihan gerak makan dimana radius pojok dijaga konstan pada r_ε=0.8 mm seperti yang diperlihatkan pada Tabel 6. Penentuan nilai radius pojok ini didasari pada pertimbangan bahwa semakin besar radius pojok maka semakin halus permukaan yang akan dihasilkan [12, 16].

Dari Tabel 6 dapat diketahui bahwa pemilihan nilai gerak makan yang didasari pada nilai kekasaran permukaan secara teoritis (model analitik) memiliki nilai lebih besar dibandingkan nilai gerak makan yang seharusnya dipilih. Untuk RGN N07 (*smooth*) sampai N09 (*medium*), kondisi ini kemungkinan tidak akan terlalu berdampak karena perbedaan rata-rata yang lebih kecil dari 0.05 mm/r. Akan tetapi ketika rancangan memprasyaratkan untuk pencapaian klasifikasi kekasaran permukaan N10 (*medium*) sampai N12 (*rough*), perbedaan yang terjadi akan sangat berarti, yaitu sebesar rata-rata di atas 0.1 mm/r.

Tabel 3. Simulasi perkiraan pemilihan nilai gerak makan secara teoritis dan seharusnya (berdasarkan eksperimen)

No	$Ra_{required}$ (μm)	RGN	Klasifikasi Permukaan (Proses Membubut)	Perkiraan nilai f	
				Teoritis	Seharusnya
1	50	N12	Rough	1.170	0.956
2	25	N11	Rough	0.790	0.676
3	12.5	N10	Medium	0.599	0.478
4	6.3	N09	Medium	0.396	0.339
5	3.2	N08	Smooth	0.287	0.242
6	1.6	N07	Smooth	0.200	0.171
7	0.8	N06		0.142	0.121
8	0.4	N05		0.100	0.086
9	0.2	N04		0.071	0.061
10	0.1	N03		0.050	0.043
11	0.05	N02		0.035	0.030
12	0.025	N01		0.025	0.021

Akibat dari kesalahan pada pemilihan nilai gerak makan akan berdampak kepada operasi proses pemesinan yang dilakukan karena gerak makan dan juga kecepatan makan yang tinggi. Hal ini akan berimplikasi kepada tingginya gaya pemotongan tangensial [17]. Gaya potong yang tinggi akan mempengaruhi keakuratan permukaan yang diperoleh, keausan pahat, pahat menjadi patah, suhu pemotongan, dan getaran paksa [18, 19]. Seluruh implikasi tersebut mengindikasikan kegagalan proses pemesinan yang akan terjadi jika terjadinya kesalahan dalam pemilihan kondisi pemotongan dalam hal ini pemilihan gerak makan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan kajian eksperimental dan teoritis pada proses bubut baja ST37, dapat disimpulkan:

a. Diskrepansi Model Analitik: Terdapat perbedaan signifikan (hingga 26,75%) antara nilai kekasaran permukaan teoritis (model analitik) dan hasil eksperimen, terutama akibat keterbatasan model dalam mengakomodasi pengaruh kecepatan potong.
b. Dominansi Gerak Makan: Analisis ANOVA mengonfirmasi gerak makan sebagai parameter dominan (kontribusi 95%) dalam pembentukan kekasaran permukaan, sehingga model analitik tetap relevan namun

memerlukan penyempurnaan untuk meningkatkan akurasi prediksi.

c. Implikasi Praktis: Kesalahan pemilihan kondisi pemotongan (khususnya gerak makan) berdampak kritis pada hasil pemesinan, terutama untuk tingkat kekasaran medium dan kasar, yang berpotensi menyebabkan kegagalan proses jika tidak dikoreksi.

d. Rekomendasi: Perlu pengembangan model analitik yang mempertimbangkan interaksi kecepatan potong dan faktor dinamik lainnya untuk meningkatkan presisi perencanaan pemesinan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Seluruh data kekasaran permukaan eksperimen yang ada pada kajian ini diperoleh oleh Rahmat Suryadi yang merupakan bagian Tugas Akhirnya. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya atas usaha dan kerja kerasnya untuk mendapat data yang valid.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ataollah Javidi, Ulfried Rieger, dan Wilfried Eichlseder, 2008. The Effect of Machining on The Surface Integrity And Fatigue Life. International Journal of Fatigue. 30: 2050–2055

[2] P.G. Benardos, dan G.C. Vosniakos, 2003. Predicting Surface Roughness in Machining: A Review. International Journal of Machine Tools & Manufacture. 43: 833–844

[3] A.V.S.R. K. Prasad, P.N. Rao dan U.R. K. Rao, 1997. Optimal Selection of Process Kondisi pemotongans for Turning Operations in A Capp System. International Journal of Production Research. 35(6): 1495-1522

[4] X. Zhang, R.Liu, A. Nassehi, dan S.T. Newman, 2011. A STEP compliant Process Planning System for CNC Turning Operations. Robotics and Computer Integrated Manufacturing. 27: 349–356

[5] Cheung C.F dan Lee W.B., 2000, Study of Factor Affecting The Surface Quality in Ultra Precision Diamond Turning. Matter Manuf. Process, 15(4): 481-502

[6] Adeel H. Suhail, N. Ismail, S.V. Wong dan N.A. Abdul Jalil, 2010. Optimization of Cutting Condition Based on Surface Roughness and Assistance of Workpiece Surface Temperature in Turning Process. American J. of Engineering and Applied Sciences. 3(1): 102-108

[7] J-E. Ståhlaa, F. Schultheissa, dan S. Hägglund, 2011. Analytical and Experimental Determination Of The Ra Surface Roughness During Turning. Procedia Engineering. 19: 349 – 356

[8] X. D. Fang dan H. Safi-Jahanshahi, 1997. A new algorithm for developing a reference based model for predicting surface roughness in finish machining of steels. Int. J. Prod. Res. 35(1): 179-199

[9] Schulz H., dan Moriwaki T., 1992. High speed Machining. Annals of the CIRP. Man. Tech. 41(2): 637-642

[10] Nyangasi G.O. 2016. Materials for Mechanical Parts. Course Material of Department of Mechanical and Manufacturing Engineering of University of Nairobi. Available at : http://mechanical.uonbi.ac.ke/sites/default/files/cae/engineering/mechanical/Materials%20for%20Mechanical%20Parts.pdf. Accessed on ; 21 September 2016

[11] Isakov, E., 2006. Stainless made Painless. Cutting Tool Engineering

[11] ISO 8688-2, 1989. Tool life testing in milling, Part 2 : End milling

[12] Mital A., dan M. Mehta, 1988. Surface finish prediction models for fine turning. Int. J. Prod. Res. 26(12): 1861-1876

[13] Z.W. Zhong, L.P. Khoo, dan S.T. Han, 2006. Prediction of surface roughness of turned surfaces using neural networks. Int J Adv Manuf Technol. 28: 688–693

[14] International Standard Organization (ISO), 2002. ISO 1302: Geometrical Product Specifications (GPS) — Indication of surface texture in technical product documentation. Edisio ke-4. Swiss. Hal 43. Tersedia pada: http://triblab.teipir.gr/files/Machinery/ISO_1302_2002_Indication_of_surface_texture_in_techni

cal_product_documentation.pdf. Diakses pada 14 Oktober 2016

[15] Robert L. Mott, RE., 2004. Machine Elements in Mechanical Design. Edisi ke-4. Pearson Education Inc. Pearson Prentice Hall. New Jersey. Hal 526, 579

[16] J. Kopac, dan M. Bahor, 1999. Interaction of the technological history of a workpiece material and the machining kondisi pemotongans on the desired quality of the surface roughness of a product. Journal of Materials Processing Technology. 92-93: 381-387

[17] Tugrul O¨ zel, Tsu-Kong Hsu, dan Erol Zeren, 2005. Effects of cutting edge geometry, workpiece hardness, feed rate and cutting speed on surface roughness and forces in finish turning of hardened AISI H13 steel. Int J Adv Manuf Technol. 25: 262–269

[18] Shaw, M.C., 1984. Metal Cutting Principles. Oxford University Press, Oxford, NY.

[19] Thiele, J.D., dan Melkote, S.N., 1999. Effect of cutting edge geometry and workpiece hardness on surface generation in the finish hard turning of AISI 52100 steel. J. Mater. Process. Technol. 94: 216–226.