

PENGARUH GETARAN PERMESINAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PADA MESIN VMC-200

Muas M.¹⁾

Abstrak: Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, yakni mengetahui pengaruh getaran permesinan terhadap kekasaran permukaan hasil permesinan pada mesin VMC-200, serta hubungan parameter potong utama terhadap kekasaran permukaan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium CNC, Mekanik, dan Bengkel Mekanik Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang selama enam bulan. Penelitian ini dilakukan dengan empat tahap, yakni: tahap persiapan, pemotongan, pengujian, dan tahap analisis. Spesimen yang telah disiapkan (AlMgSi) dipotong-potong menjadi ukuran 18x18x70 mm. Selanjutnya dilakukan proses permesinan untuk menguji amplitudo getaran dan kekasaran permukaan spesimen. Pengujian amplitudo getaran menggunakan *vibrocord* sedangkan pengujian kekasaran permukaan menggunakan *surface tester*. Hasil penting yang diperoleh dalam penelitian ini, yakni semakin meningkatnya amplitudo getaran semakin meningkat pula nilai kekasaran permukaan hasil permesinan, peningkatan putaran pahat potong dan gerak insut mengakibatkan penurunan kekasaran permukaan. Jika kedalaman potong dan amplitudo getaran meningkat maka akan mengakibatkan kekasaran permukaan meningkat.

Kata kunci: Getaran, kekasaran, putaran, gerak insut, dan kedalaman.

I. PENDAHULUAN

Getaran permesinan merupakan parameter pemotongan yang tidak dapat dikontrol secara bebas, sebab keberadaannya akan selalu timbul selama proses permesinan berlangsung dengan berbagai sebab. Sumber getaran permesinan dapat berasal dari roda gigi penggerak yang kurang baik, komponen peralatan mesin yang tidak seimbang, ketidaksejajaran pada poros motor, pompa, dll. Sumber getaran permesinan lainnya, juga dapat disebabkan oleh kontak (interaksi) yang terjadi pada saat proses pengeluaran geram dan struktur peralatan mesin yang kemudian menghasilkan gangguan dalam zona pemotongan.

Salah satu dampak gangguan pemotongan yang ditimbulkan oleh getaran permesinan adalah tingginya nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan. Kekasaran permukaan merupakan salah satu parameter penting yang menentukan tinggi rendahnya kualitas suatu produk. Kekasaran permukaan yang ditargetkan merupakan bagian penyelesaian akhir (*finishing*) dari suatu proses pengerjaan produk. Tidak mudah mencapai kekasaran permukaan seperti yang diharapkan, hanya dalam sekali

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

proses permesinan. Biasanya dibutuhkan proses yang berulang-ulang (iterasi) untuk mencapai kekasaran permukaan yang ditargetkan. Hal inilah yang menjadi fenomena umum bagi operator mesin CNC.

Pada umumnya, mesin-mesin yang sudah beroperasi di atas 10 tahun akan mengalami penyimpangan amplitudo getaran yang relatif tinggi. Apalagi faktor perawatan yang seharusnya dilakukan pada mesin tersebut kerap kali diabaikan. Seperti halnya mesin VMC-200, yang ada pada Laboratorium CNC PS Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang. Mesin CNC tersebut, saat ini usianya sudah mencapai kisaran 14 tahun. Deviasi kekasaran permukaan benda kerja yang diproses pada mesin ini tentu akan berbeda secara signifikan jika dilakukan pada waktu 14 tahun yang lalu. Sehingga seorang operator harus memahami bagaimana karakteristik kekasaran permukaan hasil pemotongan dari mesin yang digunakannya. Seorang operator harus mengetahui, berapa nilai kekasaran permukaan minimum dan maksimum yang dapat dicapai mesin tersebut. Seorang operator harus memahami bagaimana mencapai nilai kekasaran permukaan yang diinginkan. Sehingga dapat meminimalisir terjadinya iterasi permesinan yang berlebihan pada mesin tersebut.

Untuk mengatasi masalah di atas, maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk: 1) mengetahui pengaruh getaran permesinan terhadap kekasaran permukaan hasil permesinan pada mesin VMC-200, 2) mengetahui hubungan parameter potong utama (putaran, kecepatan penyayatan, dan kedalaman pemotongan) terhadap kekasaran permukaan. Sedangkan manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, yaitu: mempersingkat waktu penyelesaian produk, mereduksi biaya konsumsi pemakaian listrik, menghindari terjadinya kerusakan produk yang disebabkan permesinan yang berulang-ulang, menurunkan biaya penggunaan mesin dan tenaga kerja per operasi serta memperpanjang masa pakai pahat potong yang saat ini dirasakan harga per bijinya sangat mahal. Secara keseluruhan dapat dikatakan, bahwa hasil penelitian ini dapat meminimalkan biaya operasi/produksi dalam membuat suatu produk.

Menurut Huynh dan Fan (2006:64) sebagai berikut.

”Parameter permesinan yang mempengaruhi kekasaran permukaan dapat dikelompokkan dalam dua kategori: parameter potong terkontrol dan tidak terkontrol. Parameter potong terkontrol meliputi: putaran pahat potong (*spindle speed*), kecepatan penyayatan (*feed rate*) dan kedalaman pemotongan (*depth of cut*), dimana nilai numerisnya dapat dikendalikan pada saat operasi pemotongan berlangsung. Namun demikian terdapat parameter potong tidak terkontrol yang dapat terjadi pada saat pemotongan berlangsung, meliputi: geometri pahat, umur pakai pahat, beban pembuangan geram (*chip loads*), bentuk-bentuk geram (*chip formation*), sifat-sifat material baik pahat maupun benda serta getaran permesinan”.

Getaran permesinan (*machining vibration*) merupakan getaran yang timbul selama proses pemotongan berlangsung. Sedikitnya, ada dua penyebab getaran, getaran akibat gaya potong dan getaran akibat eksitasi pribadi, yang diidentifikasi sebagai getaran mesin (Kalpakjian, 2005:120). Gaya potong merupakan hasil gaya periodik tertentu dimana keberadaannya bersama dengan mesin. Sumber gaya tersebut

dapat berasal dari roda gigi penggerak yang kurang baik, komponen peralatan mesin yang tidak seimbang, ketidaksejajaran pada poros motor, pompa, dll. Getaran eksitasi pribadi dapat disebabkan oleh kontak (interaksi) yang terjadi pada saat proses pengeluaran geram dan struktur peralatan mesin dan kemudian menghasilkan gangguan dalam zona pemotongan. Getaran eksitasi pribadi selalu menghasilkan deviasi permukaan benda kerja yang dimesin (Rakhit,2007).

Mobley (2006:2) mengatakan sebagai berikut.

”Penerapan analisis getaran tidak hanya terbatas pada perawatan prediktif saja. Analisis getaran juga berguna untuk penerapan-penerapan yang sifatnya mendiagnosa. Monitoring dan analisis getaran pada dasarnya merupakan alat diagnostik bagi kebanyakan sistem mekanik yang digunakan untuk produk-produk manufaktur. Apabila alat tersebut dapat digunakan secara lebih baik, maka data getaran tersebut dapat dijadikan sebagai indikator untuk mempertahankan kondisi operasi permesinan menjadi optimum dan efisiensi terhadap sistem pabrik yang kritis. Analisis getaran juga dapat digunakan untuk mengevaluasi fluida yang melewati pipa atau katup, mendeteksi kebocoran, atau untuk melaksanakan berbagai pengujian non destruktif yang bertujuan meningkatkan realibilitas dan prestasi sistem pabrik yang kritis”.

Desain variasi nilai putaran pahat potong yang akan digunakan dalam penelitian didasarkan pada formulasi (Oberg, 2004:1016):

$$n = \frac{V_c \cdot 1000}{d \cdot \pi} \quad \dots(1)$$

keterangan:

- n : putaran pahat potong (rpm),
- V_c : kecepatan potong (m/menit),
- d : diameter pahat pahat potong (mm),
- π : konstanta yang bernilai 3,14.

Sedangkan desain variasi nilai kecepatan penyayatan yang akan digunakan dalam penelitian didasarkan pada formulasi (Oberg, 2004:1041):

$$F = F_z \cdot n \cdot Z \quad \dots(2)$$

keterangan:

- F : kecepatan penyayatan (mm/menit),
- F_z : panjang asutan per mata sayat pahat potong (mm/mata sayat),
- n^z : putaran pahat potong (rpm),
- Z : jumlah mata sayat pahat potong.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium CNC, Laboratorium Mekanik, dan Bengkel Mekanik Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang selama enam bulan. Tahapan penelitian sebagai berikut :

1. Tahap Persiapan.

Literatur yang disiapkan, dihimpun dari berbagai sumber antara lain: perpustakaan, internet, jurnal ilmiah, dokumen pemerintah, dan laporan hasil penelitian sebelumnya. Persiapan ini dimaksudkan agar laporan hasil penelitian memiliki nilai akuntabilitas tinggi.

Bahan dasar yang disiapkan terbuat dari bahan baja, yakni AlMgSi (Aluminium paduan) dengan bentuk penampang persegi, ukuran 18x18x4000 mm.

Peralatan dan kelengkapan yang disiapkan: a) Mesin gergaji dengan pisau gergaji, b) Mesin bubut dengan pahat bubut kasar, c) Mesin uji tarik dan mesin uji kekerasan, d) Mesin cnc vmc-200 dengan pahat potong *insert*, e) Instrumen uji getaran/*vibrocord*, f) Instrumen uji kekasaran permukaan/ *surface tester*.

2. Tahap Pemotongan

Tahap pemotongan ini bertujuan untuk membentuk spesimen sesuai dimensi yang diinginkan. Pemotongan pada bahan dasar dilakukan untuk tiga keperluan, yakni: uji tarik, uji kekerasan, uji getaran permesinan dan kekasaran permukaan.

3. Tahap Pengujian

Tahap pengujian bertujuan untuk mengetahui secara kuantitatif beberapa parameter yang diperlukan. Parameter tersebut, yakni: kekuatan tarik bahan, kekerasan bahan, getaran permesinan dan kekasaran permukaan hasil permesinan.

Desain parameter potong terkontrol pada proses permesinan sebagai berikut:

- i. Variasi putaran pahat potong dengan tingkat: 300; 350; 400; 450; 500 rpm.
- ii. Variasi kecepatan penyayatan dengan tingkat: 100; 150; 200; 250; 300 mm/menit.
- iii. Variasi kedalaman pemakanan dengan tingkat: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 mm.

4. Tahap Analisis

Data-data yang telah dihimpun pada tahap pengujian, dibuat dalam suatu tabel eksperimental Selanjutnya, metode analisis data yang digunakan ada dua, yaitu analisis kuantitatif dan analisis deskriptif. Analisis kuantitatif dilakukan dengan mengolah data hasil penelitian yang dinyatakan dalam bentuk grafik untuk kemudian dianalisis dengan cara mendiskripsikan grafik tersebut.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Berdasarkan putaran, kecepatan penyayatan, dan kedalaman penyayatan yang telah didesain sebelumnya maka diperoleh data-data amplitudo simpangan dan kekasaran permukaan. Data-data amplitudo simpangan diperoleh dari alat uji getaran/*vibrocord*. Sedangkan data-data kekasaran permukaan diperoleh dari alat uji kekasaran permukaan /*surfaces tester*. Hasil pengamatan yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel 1 sampai 5.

Tabel 1. Kekasaran permukaan, Y [μm] dan amplitudo simpangan, A [μm] dengan kecepatan penyayatan (F)=100 mm/menit

Putaran (N) [rpm]	Kedalaman Penyayatan (d) [mm]									
	0,1		0,2		0,3		0,4		0,5	
	Y	A	Y	A	Y	A	Y	A	Y	A
300	0,46	3,52	0,55	3,78	0,60	4,22	0,67	4,27	0,74	4,33
350	0,41	3,19	0,49	3,55	0,60	4,26	0,63	4,05	0,75	4,33
400	0,42	3,25	0,47	3,39	0,55	3,54	0,61	3,70	0,67	3,65
450	0,39	3,01	0,46	3,27	0,51	3,43	0,55	3,53	0,61	3,49
500	0,39	3,03	0,46	3,30	0,50	3,41	0,59	3,61	0,63	3,54

Tabel 2. Kekasaran permukaan, Y [μm] dan amplitudo simpangan, A [μm] dengan kecepatan penyayatan (F)=150 mm/menit

Putaran (N) [rpm]	Kedalaman Penyayatan (d) [mm]									
	0,1		0,2		0,3		0,4		0,5	
	Y	A	Y	A	Y	A	Y	A	Y	A
300	0,48	3,21	0,66	3,38	0,70	3,78	0,88	3,98	1,07	4,05
350	0,46	3,08	0,64	3,21	0,75	3,88	0,77	3,71	0,93	3,99
400	0,44	3,00	0,53	2,92	0,68	3,18	0,73	3,37	0,80	3,40
450	0,41	2,90	0,45	2,83	0,57	2,98	0,70	3,19	0,76	3,28
500	0,41	2,92	0,48	2,89	0,57	3,00	0,71	3,30	0,78	3,33

Tabel 3. Kekasaran permukaan, Y [μm] dan amplitudo simpangan, A [μm] dengan kecepatan penyayatan (F)=200 mm/menit

Putaran (N) [rpm]	Kedalaman Penyayatan (d) [mm]									
	0,1		0,2		0,3		0,4		0,5	
	Y	A	Y	A	Y	A	Y	A	Y	A
300	0,48	3,08	0,63	3,21	0,81	3,42	1,00	3,74	1,09	4,01
350	0,47	2,92	0,59	2,96	0,83	3,45	0,98	3,61	1,03	3,93
400	0,46	2,83	0,56	2,74	0,72	3,01	0,93	3,30	0,95	3,29
450	0,44	2,63	0,52	2,54	0,66	2,73	0,81	3,06	0,94	3,20
500	0,45	2,71	0,54	2,64	0,70	2,83	0,86	3,19	0,91	3,15

Tabel 4. Kekasaran permukaan, Y [μm] dan amplitudo simpangan, A [μm] dengan kecepatan penyayatan (F)=250 mm/menit

Putaran (N) [rpm]	Kedalaman Penyayatan (d) [mm]									
	0,1		0,2		0,3		0,4		0,5	
	Y	A	Y	A	Y	A	Y	A	Y	A
300	0,53	2,81	0,64	2,92	0,70	3,03	1,18	3,18	1,85	3,53
350	0,47	2,51	0,61	2,65	0,73	3,08	0,94	2,95	1,62	3,29
400	0,44	2,38	0,55	2,43	0,60	2,48	0,82	2,72	1,28	2,78
450	0,42	2,14	0,49	2,32	0,50	2,42	0,76	2,47	0,99	2,71
500	0,40	2,01	0,45	2,20	0,47	2,38	0,79	2,47	0,98	2,77

Tabel 5. Kekasaran permukaan, Y [μm] dan amplitudo simpangan, A [μm] dengan kecepatan penyayatan (F)=300 mm/menit

Putaran (N) [rpm]	Kedalaman Penyayatan (d) [mm]									
	0,1		0,2		0,3		0,4		0,5	
	Y	A	Y	A	Y	A	Y	A	Y	A
300	0,88	2,93	1,05	2,97	1,30	3,13	2,37	3,23	2,58	3,63
350	0,85	2,63	0,95	2,69	1,32	3,14	2,31	3,19	2,37	3,50
400	0,81	2,58	0,88	2,57	1,24	2,61	1,94	2,75	2,05	2,87
450	0,76	2,21	0,80	2,33	1,03	2,32	1,74	2,55	1,87	2,78
500	0,73	2,01	0,77	2,29	1,12	2,40	1,84	2,60	1,99	2,84

3.2 Pembahasan

Data hasil pengamatan yang telah diperoleh (tabel 1-5), dikonversikan kedalam format grafik (gambar 1-4) agar lebih mudah dianalisa. Adapun pembahasan setiap grafik sebagai berikut:

a. Amplitudo getaran dan kekasaran permukaan

Berdasarkan grafik yang terdapat pada gambar 1, bahwa semakin besar nilai amplitudo getaran maka nilai kekasaran permukaan hasil permesinan juga semakin besar. Hal ini mengindikasikan bahwa texture (gelombang) permukaan pada benda kerja sangat dipengaruhi oleh getaran yang timbul selama proses permesinan. Getaran permesinan yang timbul selama proses berlangsung akan diteruskan pada pahat potong.

Pahat potong yang berkontak langsung dengan permukaan benda kerja akan melakukan berbagai mode gerakan fluktuasi, baik dalam bentuk gerakan rotasi, linear horisontal dan linear vertikal. Mode gerakan yang berfluktuasi itulah yang menyebabkan terjadinya texture (gelombang) permukaan pada benda kerja. Ketidakteraturan (gelombang) permukaan pada benda kerja disebabkan oleh mode gelombang getaran permesinan yang tidak linear (fluktuatif).

Untuk mengurangi tingginya amplitudo getaran yang timbul selama proses permesinan berlangsung, maka dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain: memberi pelumasan secara rutin pada bagian-bagian mesin yang bergerak, mengencangkan/mengganti komponen mesin yang berfungsi sebagai pengikat (mur dan baut), mengganti komponen mesin yang berfungsi meredam getaran (seperti: *rubber packing*, *oli seal*).

b. Putaran dan kekasaran permukaan

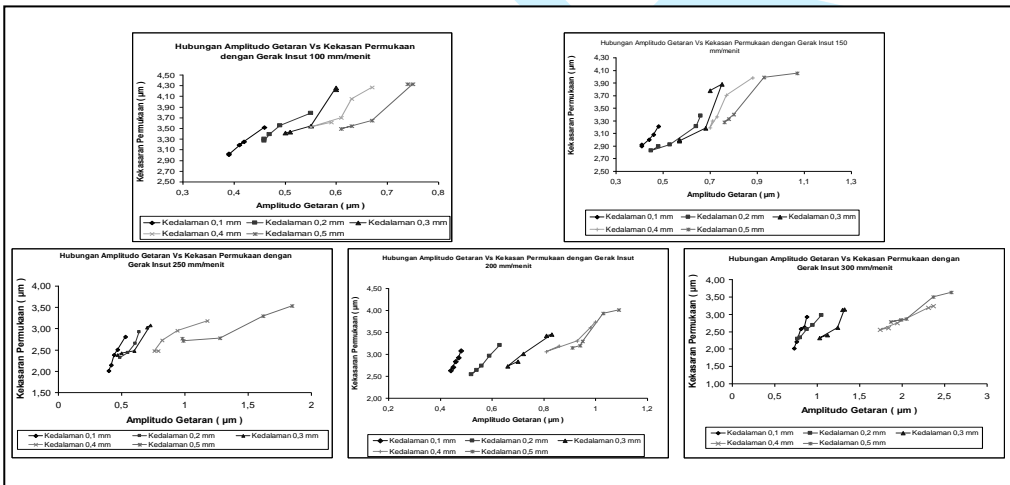
Berdasarkan grafik yang terdapat pada gambar 2, bahwa semakin besar nilai putaran *spindle* maka nilai kekasaran permukaan hasil permesinan semakin kecil. Namun terlihat pada beberapa grafik pada gambar 2, ada kecenderungan nilai kekasaran permukaan akan meningkat pada putaran yang lebih besar atau sama dengan 500 rpm. Hal ini disebabkan kecenderungan meningkatnya amplitudo getaran yang timbul selama proses permesinan berlangsung.

c. Kecepatan penyayatan/gerak insut dan kekasaran permukaan

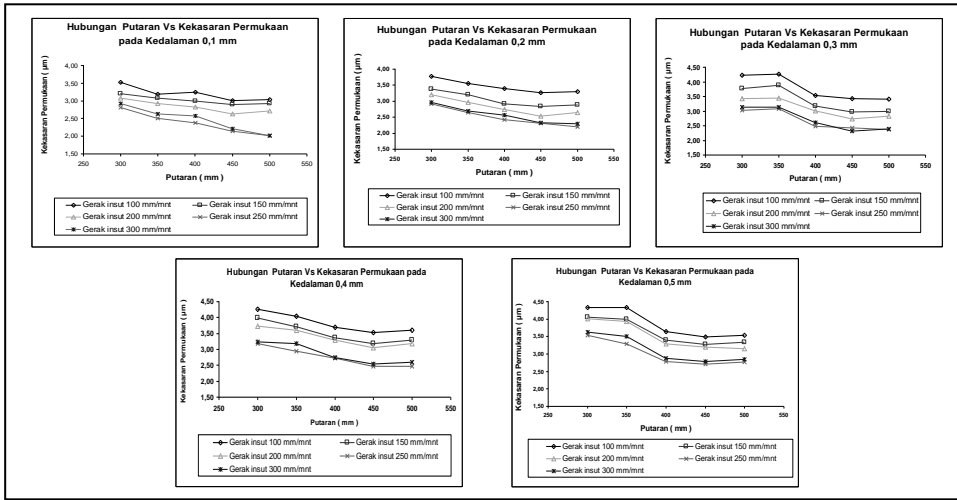
Berdasarkan grafik yang terdapat pada gambar 3, bahwa semakin besar nilai kecepatan penyayatan/gerak insut maka nilai kekasaran permukaan hasil permesinan semakin kecil. Namun terlihat pada beberapa grafik pada gambar 3, ada kecenderungan nilai kekasaran permukaan akan meningkat pada kecepatan penyayatan/gerak insut yang lebih besar atau sama dengan 250 mm/menit. Hal ini disebabkan kecenderungan meningkatnya amplitudo getaran yang timbul selama proses permesinan berlangsung.

d. Kedalaman pemotongan dan kekasaran permukaan

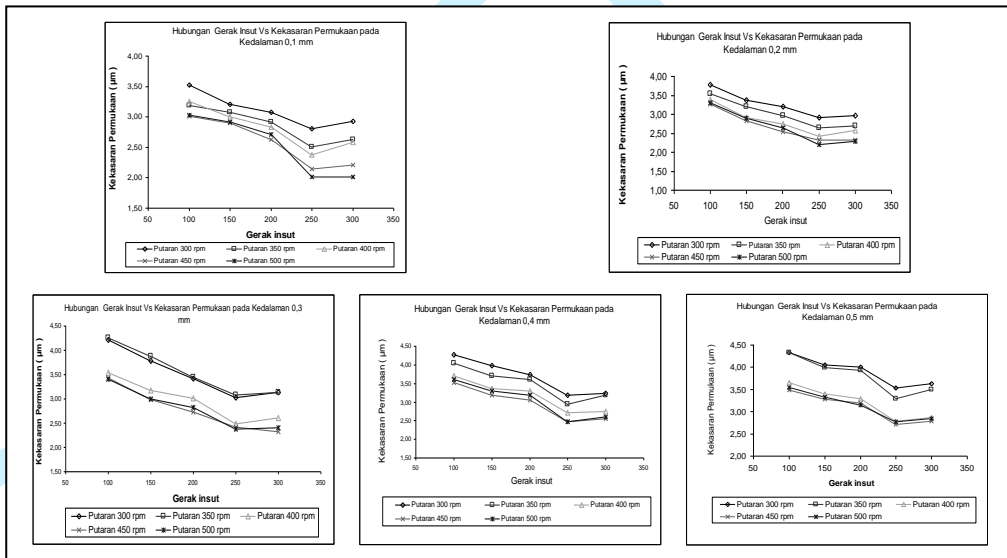
Berdasarkan grafik yang terdapat pada gambar 4, bahwa semakin besar nilai kedalaman pemotongan maka nilai kekasaran permukaan hasil permesinan semakin besar. Terlihat pada beberapa grafik pada gambar 4, ada kecenderungan nilai kekasaran permukaan akan meningkat tajam pada tingkat kedalaman tertentu. Hal ini disebabkan oleh faktor: ketidakteragaman level kekerasan permukaan pada struktur mikro benda kerja, yang mengakibatkan meningkatnya amplitudo getaran yang timbul selama proses permesinan berlangsung.



Gambar 1. Hubungan Amplitudo Getaran Dan Kekasaran Permukaan Pada Berbagai Variasi Kecepatan Penyayatan/Gerak Insut.

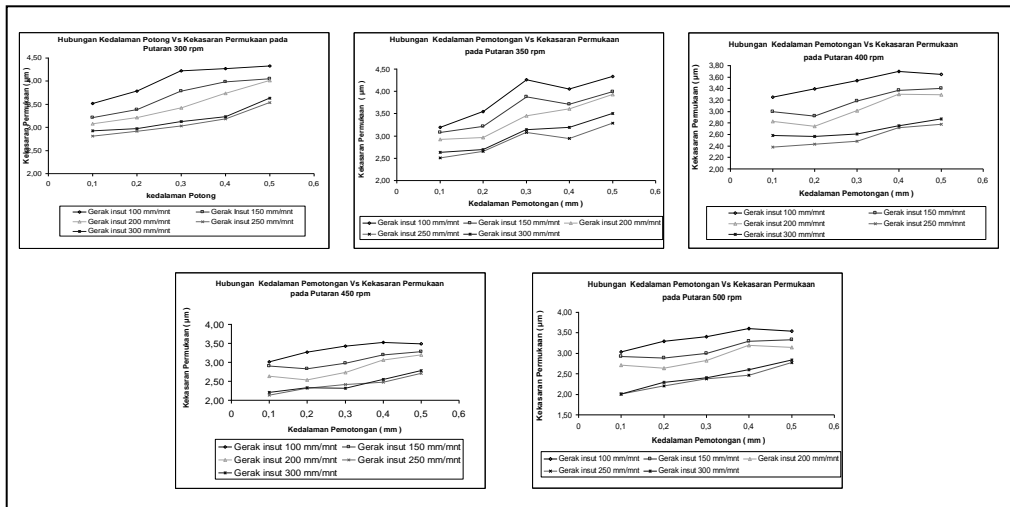


Gambar 2. Hubungan Putaran Dan Kekasaran Permukaan Pada Berbagai Variasi Kedalaman



Gambar 3. Hubungan Kecepatan Penyayatan/Gerak Insut Dan Kekasaran Permukaan Pada Berbagai Variasi Kedalaman

41 Muas M, Pengaruh Getaran Permesinan Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Mesin VMC-200



Gambar 4. Hubungan Kedalaman Pemotongan Dan Kekasaran Permukaan Pada Berbagai Variasi Putaran

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Semakin besar nilai amplitudo getaran maka nilai kekasaran permukaan hasil permesinan juga semakin besar.
2. Semakin besar nilai putaran *spindle* maka nilai kekasaran permukaan hasil permesinan semakin kecil.
3. Semakin besar nilai kecepatan penyayatan/gerak insut maka nilai kekasaran permukaan hasil permesinan semakin kecil.
4. Semakin besar nilai kedalaman pemotongan maka nilai kekasaran permukaan hasil permesinan semakin besar.

4.2 Saran

1. Bagi operator mesin perkakas vmc-200, untuk dapat menggunakan persamaan di atas sehingga nilai kekasaran permukaan yang ditargetkan dapat dicapai dalam waktu yang relatif singkat.
2. Bagi peneliti yang ingin melanjutkan penelitian ini, agar dapat mengembangkan pada subjek:
 - i. penggunaan cairan pendingin pada proses permesinan.
 - ii. penggunaan bahan-bahan alternatif (teflon, plastik, dan bahan komposit).

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah memberi kesempatan dan kepercayaan

untuk melakukan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu hingga kegiatan penelitian dapat berjalan sebagaimana yang diharapkan.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Biro Pusat Statistik. 2005. *Informasi Umum dan Indikator Penting Mengenai Indonesia*. BPS. Jakarta.
- Cerazitit. 2004. *Product Catalogue and Formula Collection*. PT Metalcut Tooling Raya. Jakarta-Indonesia.
- Emco.1993. *Teacher's Guidelines Emco VMC-200*. Emco Maier.Austria.
- Huang,Luke, Joseph C.Chen. *A Multiple Regression Model to Predict In-Process Surface Roughness in Turning Operation Via Accelerometer*. Journal of Industrial Technology Volume 17, Number 2-February 2001 to April 2001.
- Huynh, V.M.and Fan, Y.2006. *Surface Texture Measurement and Characterization with Applications to Machine Tools Monitoring*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Volume 7. pp 2-10.
- Iriawan, Nur. 2006. *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Penerbit Andi. Jogjakarta.
- Kalpakistan,S.2005.*Manufacturing Engineering and Technology*.3rd Ed.Addison-Wesley.Reading.MA.
- Mobley, R.Keyth. 2006.*Vibration Fundamental Online Journal:Vibration Analysis Applications*, (online), (<http://www.bh.com>, diakses 5 Agustus 2008).
- Rakhit.A.K. 2007. *Machine Tool Vibration: Its Effect on Manufactured Surfaces*. Proceeding of the Fourth Canadian Congress of Applied Mechanics. June 1973.pp 463-464.
- Rochim, Taufik dan Sri Hardjoko Wirjomartono. 2005. *Spesifikasi, Metrologi, dan Kontrol Kualitas Geometrik*. Laboratorium Metrologi Industri, Jurusan Teknik Mesin, FTI-ITB.Bandung.