Idris Kaisan

Mahasiswa S1
Universitas Negeri Semarang
Jurusan Teknik Mesin
idriskaisan888@gmail.com

Rusiyanto

Tenaga Pengajar (Dosen)
Universitas Negeri Semarang
Jurusan Teknik Mesin
me_rusiyanto@mail.unnes.ac.id

PENGARUH PARAMETER PEMOTONGAN CNC MILLING DALAM PEMBUATAN POCKET TERHADAP GETARAN DAN KEKASARAN PERMUKAAN PADA CRANKCASE MESIN PEMOTONG RUMPUT

The purpose of the research is to find and prove the influence of machining parameters on vibration and roughness in the pocket milling process. The experimental method is used to improve the quality of products produced by CNC milling, the parameters used in the study are spindle rotation speed with variations of 300 rpm, 1200 rpm, and 3200 rpm, the depth of feed used is 2 mm and 0.5 mm. Then the test is carried out with a vibration test and surface roughness test. The data analysis technique used is descriptive statistics. The results obtained are the use of machining parameters affect the quality of the product in terms of roughness and vibration of the engine, with higher spindle rotational speed resulting in lower roughness values. The smaller the depth of feedings, the finer the roughness, then the higher the spindle rotation speed, then vibration will be lower, then the greater the depth of feed, the higher the vibration value.

Keywords: Spindle Speed, Depth of Cut, Vibration, Roughness, High Spindle Rotation

1. PENDAHULUAN

Kualitas produk berhubungan dengan kualitas harga jual produk dan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kepuasan konsumen, kepuasan konsumen ditandai dengan kualitas produk yang ditentukan atas kegunaan dan fungsinya, termasuk kinerja/ *performance*, daya tahan, kesesuaian dengan spesifikasi, estetika produk, dan juga *perceived quality*/ kesan produk yang dapat menyelesaikan permasalahan yang dihadapi konsumen. Gayuh [1] proses permesinan adalah proses pemotongan atau pembuangan sebagian benda kerja dengan maksud untuk membentuk produk sesuai dengan yang diinginkan. Syafa'at [2] menyatakan bahwa aspek yang harus terpenuhi guna menjaga kualitas produk khususnya dalam bidang pemesinan yaitu kekasaran, dan salah satu indikasi kualitas suatu produk, begitu pula pendapat dari Margono [3] kualitas sebuah produk hasil proses pemesinan *milling* ditentukan berdasarkan tingkat kepresisian dan kekasaran permukaannya, dan Rawangwonga [4] kekasaran permukaan adalah ukuran penting dari kualitas produk karena sangat mempengaruhi kinerja bagian mekanik serta biaya produksi.

CNC merupakan mesin canggih yang digerakkan menggunakan program, Retyawan [5] menyatakan bahwa faktor - faktor yang mempengaruhi keunggulan CNC dibandingkan mesin konvensional diantaranya adalah tidak banyak *setting*, *tool* berpindah secara otomatis sesuai program yang diminta, pergerakan mesin dapat dimonitor pada layar monitor, tingkat error kecil, dan efisiensi waktu. Mesin CNC yang digunakan ini yaitu CNC *Milling*, dengan membentuk *pocket* atau kantong. Khorasani [6] mempertimbangkan bahwa operasi *milling* adalah proses pemotongan multi-titik, masalahnya menjadi lebih kompleks, upaya untuk mempelajari fenomena dan secara eksperimental untuk memastikan temuan atau hasil harus merujuk pada kombinasi benda kerja, alat pemotong dan mesin yang diberikan. Hadimi [7] menyatakan bahwa kekasaran permukaan dapat dinyatakan dengan menganggap jarak antara puncak tertinggi dan lembah terdalam sebagai ukuran dari kekasaran permukaan, dapat juga dinyatakan dengan jarak rata-rata dari profil ke garis tengah. Suteja [8] proses pemesinan *milling* terdapat berapa parameter yang berpengaruh pada kekasaran permukaan komponen diantaranya kecepatan potong, kecepatan putaran, kedalaman pemotongan, kecepatan makan, strategi pemesinan, pergeseran pahat, jenis material bahan baku, jenis pahat, material pahat, dimensi pahat, geometri pahat, penggunaan cairan pendingin dan faktor-faktor lain pada proses pemesinan. Wibolo [9] menyatakan kecepatan potong sangat dominan mempengaruhi kekasaran permukaan diikuti oleh gerak makan dan *radius*

chip break. Paridawati [10] menyatakan tingkat kekasaran suatu permukaan memang peranan yang sangat penting dalam perencanaan suatu komponen mesin khususnya yang menyangkut masalah gesekan pelumasan, keausan, tahanan terhadap kelelahan dan sebagainya

Proses *machining* pasti akan menimbulkan getaran, Romiyadi [11] menyatakan dampak getaran yang muncul pada mesin perkakas sangat besar pengaruhnya, itu dapat dilihat pada produk yang dihasilkan, umur pahat dan umur mesin perkakas yang digunakan, getaran yang tinggi akan mengakibatkan kualitas benda kerja menjadi kurang bagus, umur pahat menjadi lebih rendah dan mesin tidak tahan lama, dampak lain getaran yang terjadi pada saat proses *machining* dilakukan dapat berpengaruh terhadap mesin perkakas, kondisi pemotongan, selain itu juga berpengaruh pada hasil permukaan benda kerja dan umur pahat. Andrean [12] Getaran yang terjadi pada mesin–mesin biasanya menimbulkan efek yang tidak dihendaki seperti ketidak nyamanan, ketidak tepatan dalam pengukuran atau rusaknya struktur mesin. Kekasaran pada saat proses *machining* salah satunya yang dipengaruhi oleh getaran dari mesin itu sendiri. Pengoperasian mesin *milling* tidak terlepas dari parameter proses pemesinan, Yudhyadi [13] beberapa parameter yang bisa mempengaruhi proses permesinan adalah *cutting speed* yang berhubungan dengan dengan putaran motor dan diameter alat potong, *feedrate* berhubungan dengan kecepatan pemakanan dan *depth of cut* (kedalaman pemakanan). Peneliti bertujuan untuk mencari dan membuktikan pengaruh parameter pemesinan terhadap getaran dan kekasaran guna meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan dengan CNC *milling*.

2. METODE DAN BAHAN

Desain penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimen dengan menyajikan beberapa spesimen yang akan digunakan dan diuji, Zubaidi [14] menyatakan bahwa desain eksperimen merupakan langkah - langkah yang perlu diambil sebelum eksperimen dilakukan agar data yang diperlukan dapat diperoleh sehingga akan membawa hasil dan kesimpulan, untuk mengetahui pengaruh parameter dalam pengerjaan *pocket* terhadap getaran dan kekasaran pada CNC *milling* dengan menguji keseluruhan permukaan sesuai dengan variasi yang diberikan. Berikut merupakan diagram alir penelitian yang digunakan.

Gambar 1. Diagram alir penelitian

Machining dengan CNC *milling* akan diberi variasi kecepatan putaran spindle pada benda spesimen pada kedalaman pemakanan 2 mm dan 0,5 mm yang akan diobservasi hasilnya untuk dijadikan sebagai referensi dalam perhitungan terhadap getaran mesin dan kekasaran permukaan. Hasil dari proses *machining* yang sudah di variasi parameter dalam *pocket* selanjutnya dilakukan pengujian, pengujian pertama dengan uji getaran pada saat pengerjaan dengan menggunakan *vibration meter*, pengujian kedua dengan studi kekasaran dengan menggunakan alat *surface roughness tester*.

Beberapa alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain:

1. Alat yang digunakan:
 - a. Alat pengerjaan *pocket* : Mesin CNC *milling* ATMPRO

- b. Alat uji kekasaran : *Surface Roughnes Tester Mitutoyo- SJ 201*
- c. Alat uji getaran : *vibration meter lutron VB – 8200*
- d. Alat pengukur benda kerja : Jangka sorong mitutoyo
- e. Alat potong : End mill diameter 16 mm

2. Bahan yang digunakan:

- a. Alumunium coran (piston bekas)
- b. Media pendingin dromus

3. HASIL DAN DISKUSI

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh dari parameter pemesian dalam hal ini *spindle speed* pada varian 300 rpm, 1200 rpm dan 3200 rpm dalam gerak *roughing* dengan kedalaman pemakanan 2 mm dan gerak *finishing* pada kedalaman pemakanan 0,5 mm pada proses pengerjaan *pocket* pada pemesian CNC *milling*, terhadap nilai getaran mesin yang ditimbulkan dan nilai kehalusan atau kekasaran permukaan benda hasil, penelitian dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret di Surakarta

Gambar 2a

Gambar 2b

Gambar 2. a) Proses pengukuran kekasaran dengan *Surface roughness tester Mitutoyo- SJ 201*, b) Proses pengukuran getaran dengan *vibration meter lutron VB – 8200*

1. Uji Kekasaran Permukaan

Berikut merupakan hasil dari pengukuran kekasaran yang dilakukan dengan menggunakan 3 titik uji :

Tabel 1. Data nilai kekasaran permukaan

Parameter			Nilai kekasaran			
<i>Spindle speed</i>	Kedalaman		Titik 1	Titik 2	Titik 3	Rata - rata
300 Rpm	2 mm	Ra	2,00	1,38	6,47	1,95
	0,5 mm	Ra	0,95	1,27	2,14	1,44
1200 Rpm	2 mm	Ra	1,02	1,02	0,96	1
	0,5 mm	Ra	1,09	1,15	0,26	0,83
3200 Rpm	2 mm	Ra	0,66	0,51	0,63	0,6
	0,5 mm	Ra	0,75	0,45	0,52	0,57

Tabel 1 menunjukan nilai data hasil uji kekasaran diatas dilakukan dengan alat *surface roughness tester* (Mitutoyo SJ-201), dengan parameter pemessinan yaitu *spindle speed* pada variasi 300 RPM, 1200 RPM dan 3200 RPM kemudian diberikan variasi gerak makan *roughing* dengan kedalaman pemakanan sebesar 2 mm dan gerak *finishing* dengan besar kedalaman pemakanan 0,5 mm. Pengukuran selanjutnya digunakan 3 titik uji pada permukaan benda hasil. Pengukuran dilakukan di tiga titik yang berbeda pada permukaan benda hasil untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat

Gambar 3. Grafik hubungan antara kedalaman pemakanan, kecepatan putaran dan juga nilai kekasaraan permukaan.

Pengukuran menggunakan alat *surface roughness tester* (Mitutoyo SJ-201) mendapatkan hasil Ra (rata-rata aritmatik menurut jarak tertentu) yaitu pada kecepatan 300 rpm nilai kekasaran permukaannya pada gerak *roughing* sebesar 1,95 μm , pada gerak *finishing* sebesar 1,44 μm , pada kecepatan 1200 rpm nilai kekasaran permukaan pada gerak *roughing* sebesar 1 μm , pada gerak *finishing* sebesar 0,83 μm , pada kecepatan 3200 rpm nilai kekasaran permukaan pada gerak *roughing* sebesar 0,6 μm , pada gerak *finishing* sebesar 0,57 μm .

2. Uji Getaran Mesin

Tabel 2. Data getaran mesin pada pemakanan kedalaman 2 mm

Waktu ke	Kecepatan Spindel								
	300 RPM			1200 RPM			3200 RPM		
	Spe 1	Spe 2	Spe 3	Spe 1	Spe 2	Spe 3	Spe 1	Spe 2	Spe 3
5	3.6	3.9	4.2	3.8	4.4	4.6	1.8	3.4	2
10	2.2	1.6	2.3	2.1	3.2	3	1.5	0.4	0.7
15	3	3.6	3.2	1.7	1.7	2.2	1.1	1.4	1.7
20	1.5	2.2	2.2	1.1	0.2	1.5	0.8	1.6	2
25	4.8	3.5	4.6	1.4	0.6	2.6	0.5	0.6	1.4
30	2.5	4.7	4.2	1.5	0.7	1.6	0.4	2.4	1.1
35	2.2	3.2	2.1	0.5	1.5	0.7	2.3	0.7	1.6
40	1.2	2.2	3.4	1.3	1.1	1.7	2.1	1.1	1.3
45	2	1.7	2.2	2.2	2.9	2.5	1.9	0.5	0.7
50	1.6	2.3	1.8	1.3	2.5	1.3	1.4	0.4	1.5
55	2.5	2.7	2.6	1.6	0.6	1.6	1.5	0.8	1.1
60	1.5	1.9	6	2.8	3.6	4.5	1.7	0.8	1.8
65	1.7	1.4	2.5	2	2.2	2.1	2.2	0.6	2.4
70	1.1	3.4	1.7	1.2	1.7	0.8	2	2.1	1.4
75	1.2	2.6	1.3	1.3	2	2.4	1.7	1.8	0.9
80	3.2	2.5	2.3	1.9	1.7	2.6	1.8	1.6	1.7
85	2.5	1.1	1	2.1	1.5	2	1.6	0.7	2.1
90	2.6	1.6	2.5	3	3.7	1.7	2.2	0.3	0.5
95	2	1.8	1.5	2	0.7	1.6	2.9	3.2	2.8
100	1.4	3	1.2	2.2	2.8	2.2	1.6	2	1.5
105	1.7	2.1	1.2	1.4	1.5	1.3	1.2	1.3	1.8
110	2.4	1.3	0.9	1.1	1.2	2.1	0.9	0.6	1
115	0.6	0.8	1	0.3	1.5	0.9	0.3	0.5	0.7
120	0.2	0.3	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.1	0.2
Rata - rata	2.05	2.3083	2.3417	1.663	1.8208	1.9917	1.4792	1.2042	1.4125
Total rata-rata		2.2333			1.825			1.3653	

Tabel 3. Data getaran mesin pada pemakanan dengan kedalaman 0,5 mm

Waktu ke	Kecepatan Spindel								
	300 RPM			1200 RPM			3200 RPM		
	Spe 1	Spe 2	Spe 3	Spe 1	Spe 2	Spe 3	Spe 1	Spe 2	Spe 3
5	2	2.4	2.6	2.8	1.5	2.3	0.9	0.4	2.2
10	0.9	1.4	2.1	0.6	0.7	1.7	0.5	0.8	0.6
15	0.8	1.1	1.8	0.3	1.7	0.3	0.9	0.8	0.9
20	0.8	0.6	0.8	0.4	0.5	1.5	1.2	1	1.6
25	1.7	0.2	1.1	1.6	1.5	1.1	0.4	0.2	0.8
30	1.5	1.2	1.3	0.9	1.4	0.9	0.3	0.6	0.2
35	0.8	1.1	0.7	0.8	1.7	1.1	0.5	0.3	1.2
40	0.9	0.9	0.8	0.5	0.9	0.7	0.6	0.7	0.5
45	0.4	0.5	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1
Rata – rata	1.0889	1.0444	1.2667	0.9	1.1111	1.0889	0.6111	0.5444	0.9
Total rata – rata	1.1333			1.0333			0.6851		

Tabel 2 dan Tabel 3 diatas menunjukkan nilai getaran pada proses *machining* dilakukan, diukur menggunakan alat *vibration meter lutron VB 8200*, dengan variasi parameter kecepatan potong atau *spindle speed* dengan varian 300 rpm, 1200 rpm dan 3200 rpm. Variasi diberikan pada gerak makan *roughing* dengan kedalamana pemakanan 2 mm, pada bentuk *pocket* diameter 48 mm dan gerak makan *finishing* dengan kedalaman pemakanan 0,5 mm pada bentuk *pocket* diameter 30 mm, dengan tujuan mendapatkan data yang lebih valid. Pengukuran getaran dilakukan per 5 detik saat proses *machining* dilakukan untuk mendapatkan data yang akurat yang kemudian dihitung rata - rata untuk mendapatkan getaran rata – rata pada masing masing varian, pengukuran getaran dilakukan dengan mengukur kecepatan getaran dalam hal ini *velocity vibration* per satuan waktu, pada satuan metrik (mm/s). Berikut merupakan grafik getaran pada masing– masing spesimen :

Gambar 4a

Gambar 4b

Gambar 4c

Gambar 4. Grafik hubungan nilai getaran per satuan waktu dan kecepatan putaran spindel pada gerak *roughing* pemakanan 2 mm pada a) Spesimen 1, b) Spesimen 2, c) Spesimen 3.

Gambar 5a

Gambar 5b

Gambar 5c

Gambar 5. Grafik hubungan nilai getaran per satuan aktu dan kecepatan putaran spindel pada gerak *finishing* pada a) Spesimen 1, b) Spesimen 2, c) Spesimen 3.

Gambar 6. Grafik hubungan kecepatan putaran spindel dengan nilai getaran mesin pada gerak makan *roughing* dan gerak makan *finishing*

Grafik 6 diatas menunjukkan hubungan variasi kecepatan putaran atau *spindle speed* dalam hal ini digunakan 300 rpm, 1200 rpm dan 3200 rpm dengan nilai getaran mesin pada gerak makan *roughing* dan *finishing*, dilihat dari grafik diatas nilai getaran mesin pada gerak *roughing* (kedalaman pemakanan 2mm). Hasilnya getaran tertinggi terjadi pada kecepatan spindel 300 rpm dengan nilai getaran 2.2333 mm/s, kemudian pada kecepatan putaran spindel 1200 nilai getaran mengalami penurunan menjadi 1,825 mm/s, pada kecepatan tertinggi yaitu 3200 rpm nilai getaran kembali mengalami penurunan menjadi 1,365 mm/s. Gerak *finishing* (kedalaman pemakanan 0,5 mm), pada kecepatan terendah yaitu 300 rpm nilai getarannya 1,1333 mm/s, kemudian pada kecepatan putaran 1200 rpm memiliki nilai getaran 1,0333 mm/s, pada kecepatan tertinggi yaitu 3200 nilai getarannya yaitu 0,6852 mm/s, jika dilihat dari prosentase hasil nilai getar cenderung mengalami penurunan, hal yang sama terjadi pada gerak makan *roughing* sebelumnya diatas pada gerak makan *finishing* nilai getaran mengalami penurunan yang stabil namun dengan nilai yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan gerak makan *roughing*.

Data dari grafik diatas dapat dilihat bahwa kecepatan putaran spindel berpengaruh terhadap harga kekasaran permukaan bentuk *pocket* pada *machining* dengan menggunakan CNC *milling*, semakin tinggi kecepatan putaran maka semakin halus harga kekasaran yang didapatkan asal tidak melebihi kecepatan yang diizinkan berdasarkan bahan material yang digunakan. Hal lain yang berpengaruh secara signifikan terhadap harga kekasaran yakni kedalaman pemakanan terbukti dengan data diatas semakin besar kedalaman pemakanan semakin besar pula harga kekasaran yang dihasilkan, begitu juga sebaliknya.

Tabel 4. Konversi nilai kekasaran hasil terhadap harga tingkat kekasaran

Parameter		Nilai kekasaran	
<i>Spindle speed</i>	Kedalaman	Nilai Ra (μm)	Normalisasi harga angka tingkat kekasaran
300 Rpm	2 mm	1,95	N7-N8
	0,5 mm	1,44	N6-N7
1200 Rpm	2 mm	1	N6-N7
	0,5 mm	0,83	N6-N7
3200 Rpm	2 mm	0,6	N5-N6
	0,5 mm	0,57	N5-N6

Tabel 4 menunjukan harga angka kekasaran standar ISO 1302 dapat disimpulkan bahwa pengerjaan *pocket* pada mesin CNC *milling* dengan variasi kecepatan putaran spindel serta kedalaman (gerak makan), serta parameter lain seperti kecepatan potong, kecepatan makan, geometri pahat, cairan pendingin dan lain- lain dianggap sama pada penelitian ini.

Sugondo menyatakan [15] pengukuran getaran dari kebanyakan mesin berada dalam *range* 10 Hz dan 1000 Hz. Jika akan ditentukan kelayakan dari mesin yang digunakan dapat dengan menggunakan bantuan Tabel 5 yang merupakan petunjuk untuk kondisi getaran mesin.

Tabel 5. ISO 2372 – ISO guideline for machinery vibration severity

ISO 2372-ISO Guideline for Machinery Vibration Severity					
Range of Vibration Severity		Examples of quality judgment for separate classes of machines			
Velocity – in/s - Peak	Velocity – mm/s - rms	Class I	Class II	Class III	Class IV
0.015	0.28	Good			
0.025	0.45				
0.039	0.71				
0.062	1.12				
0.099	1.8	Satisfactory			
0.154	2.8				
0.248	4.5	Unsatisfactory			
0.392	7.1				
0.617	11.2	Unacceptable			
0.993	18				
1.54	28	Unacceptable			
2.48	45				
3.94	71				

Data Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukan nilai getar yang berbeda antara masing masing variasi, hal ini menunjukan bahwa kecepatan putaran spindel berpengaruh pada nilai getar sebuah mesin, saat sedang beroperasi dalam hal ini pengerjaan *pocket* pada mesin CNC *milling*, dibuktikan dengan data diatas semakin tinggi kecepatan putaran spindel yang digunakan maka nilai getar yang didapatkan akan semakin berkurang nilai getar mesin yang terjadi pada saat proses *machining* dilakukan, dalam tanda kutip masih dalam batas kecepatan putar yang diizinkan, selain kecepatan potong kedalaman pemakan juga berpengaruh terhadap nilai getar mesin hal ini dapat dilihat dari semakin besarnya kedalaman pemakanan maka nilai getar yang dihasilkan semakin besar pula, selain itu pada saat pisau *endmill* memulai menyayat kedalaman menghasilkan gaya yang selanjutnya dikonversikan menjadi getaran yang besar pula.

Tabel 6. Konversi nilai getaran hasil terhadap harga tinggat getar

Parameter		Nilai getar	
<i>Spindle speed</i>	Kedalaman	Nilai getar (mm/s)	Keterangan
300 Rpm	2 mm	2,2333	satisfactory
	0,5 mm	1,1333	satisfactory
1200 Rpm	2 mm	1,825	satisfactory
	0,5 mm	1,0333	good
3200 Rpm	2 mm	1,365	satisfactory
	0,5 mm	0,6852	good

Tabel 6 menunjukan harga getaran standar per ISO 10816 dapat disimpulkan bahwa pengerjaan *pocket* pada mesin CNC *milling* dengan variasi kecepatan putaran spindle serta kedalaman (gerak makan) yang berbeda, serta parameter lain seperti kecepatan potong, kecepatan makan, geometri pahat, cairan pendingin dan lain lain dianggap sama pada penelitian ini.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian dari pengaruh variasi kecepatan spindle dan kedalaman penyayatan pada CNC *milling* terhadap nilai kekasaran dan getaran mesin yang mengacu pada rumusan masalah, maka dapat di simpulkan:

1. Kecepatan putaran spindle berpengaruh terhadap harga kekasaran permukaan dengan menggunakan CNC *milling*, semakin tinggi kecepatan putaran maka semakin halus harga kekasaran yang didapatkan, asal tidak melebihi kecepatan yang diizinkan berdasarkan bahan material yang digunakan, selain kecepatan potong kedalaman pemakan juga berpengaruh terhadap nilai kekasaran semakin kecilnya kedalaman pemakanan maka nilai kekasaran yang dihasilkan semakin kecil pula. Nilai kekasaran terbaik terjadi pada kecepatan 3200 rpm, pada kedalaman pemakanan 2 mm yakni sebesar 0,6 μ m, sementara itu pada kedalaman 0,5 mm sebesar 0,57 μ m.
2. Kecepatan putaran spindle berpengaruh pada nilai getar sebuah mesin, saat sedang beroperasi dalam pengerjaan *pocket* pada CNC *milling*, semakin tinggi kecepatan putaran spindle yang digunakan maka nilai getar yang didapatkan akan semakin berkurang nilai, asal masih dalam batas kecepatan putar yang diizinkan, selain kecepatan potong kedalaman pemakan juga berpengaruh terhadap nilai getar mesin hal ini dapat dilihat dari semakin besarnya kedalaman pemakanan maka nilai getar yang dihasilkan semakin besar pula. Nilai getar terbaik terjadi pada kecepatan 3200 rpm, dengan nilai getar pada kedalaman 2 mm yakni 1,365 mm/s, sementara itu pada kedalaman 0,5 mm sebesar 0,685 mm/s.
3. Berdasarkan uji T berpasangan pada pasangan varian dapat diketahui pada nilai getaran pada gerak *roughing* pasangan 300 rpm vs 1200 rpm, 300 rpm vs 3200 rpm, 1200 rpm vs 3200 rpm terdapat perbedaan, pada gerak *finishing* semua pasangan terdapat perbedaan kecuali pasangan 300 rpm vs 1200 rpm.
4. Berdasarkan uji T berpasangan pada pasangan varian dapat diketahui pada nilai kekasaran pada gerak *roughing* pasangan 300 rpm vs 1200 rpm, 300 rpm vs 3200 rpm, 1200 rpm vs 3200 rpm terdapat perbedaan, pada gerak *finishing* semua pasangan terdapat perbedaan kecuali pasangan 300 rpm vs 1200 rpm.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] GAYUH, U, D, F., FEMIANA, G., “Optimasi Parameter Pembubutan Terhadap Kekasaran Permukaan Produk”, *Jurnal Rekayasa Mesin*, v. 4, n. 3, pp. 177 – 181, 2013.
- [2] SYAFA’AT, I, M, A, WAHID., S,M, BONDAN, R., “Pengaruh Arah Pemakanan Dan Sudut Permukaan Bidang Kerja Terhadap Kekasaran Permukaan Material S45C Pada Mesin Frais CNC Menggunakan Ballnose Endmill”, *Momentum*, v. 12, n. 1, pp. 1 – 8, April. 2016.
- [3] MARGONO, B., HAIKAL., “Optimasi Parameter Pemesinan Milling Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Pada Kuningan UNS C26800 Menggunakan Metode Taguchi”, *Prosiding KITT (Konferensi Ilmiah Teknologi Texmaco)*, v. 1, n. 1, pp. 66 – 72, 2018.
- [4] RAWANGWONGA, S., JAKNARIN, C., WORAPONG, B., ROMADORN, B., “Influence Of Cutting Parameters In Face Milling Semi-Solid AA 7075 Using Carbide Tool Affected The Surface Roughness And Tool Wear”, *Energy Procedia*, v. 56, n. 1, pp. 448 – 457, 2014.
- [5] RETYAWAN, N, O., INDRI, Y., HERU, S., “Pengaruh Jenis Proses Pemotongan Pada Mesin Milling Terhadap Getaran Dan Kekasaran Permukaan Dengan Material Aluminium 6061”, *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, v. 12, n. 1, pp. 8 – 13, April. 2017.

- [6] KHORASANI, A. M., M, REZA, S. Y., M, SAEED, S., “Analysis Of Machining Parameters Effects On Surface Roughness: A Review”, *Int. J. Computational Materials Science and Surface Engineering*, v. 5, n. 1, pp. 68 – 84, 2012.
- [7] HADIMI, “Pengaruh Perubahan Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Pembubutan”, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, v. 11, n. 1, pp. 18 – 28, 2008.
- [8] SUTEJA, J. T., SUSILA, C., YUDISTIRA, A., “Optimasi Proses Pemmesinan Milling Fitur Pocket Material Baja Karbon Rendah Menggunakan Response Surface Methodology”, *Jurnal Teknik Mesin*, v. 10, n. 1, pp. 1 – 7, April. 2008.
- [9] WIBOLO, A., SLAMET, W., SUGIARTO., “Optimasi Parameter Pemotongan Mesin Bubut CNC Terhadap Kekasaran Permukaan Dengan Geometri Pahat Yang Dilengkapi Chip Breaker”, *Jurnal Rekayasa Mesin*, v. 2, n. 1, pp. 55 – 63, 2011.
- [10] PARIDAWATI, “Pengaruh Kecepatan Dan Sudut Potong Terhadap Kekasaran Benda Kerja Pada Mesin Bubut”, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, v. 3, n. 1, pp. 53 – 68, 2015.
- [11] ROMIYADI, “Pengaruh Kemiringan Benda Kerja dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Getaran Mesin Frais Universal Knuth UFM 2”, *Jurnal Mechanical*, v. 7, n. 2, pp. 52 – 60, Sep. 2016.
- [12] ANDREAN, M. Y., ARYA, M. S., “Analisa Getaran Pahat Terhadap Kerataan Material Baja Mild Steel ST42 Pada Proses Bubut Konvensional”, *Jurnal Teknik Mesin*, v. 5, n. 2, pp 169 – 174, 2017.
- [13] YUDHYADI, I. G. N. K., TRI, R., ADNAN, D. R., “Optimasi Parameter Permesinan Terhadap Waktu Proses Pada Pemrograman CNC Milling Dengan Berbasis CAD/CAM”, *Dinamika Teknik Mesin*, v. 6, n. 1, pp. 38 – 51, 2016.
- [14] ZUBAIDI, A. I, SYAFA’AT., DARMANTO., “Analisis Pengaruh Kecepatan Putar Dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Material FCD 40 Pada Mesin Bubut CNC”, *Momentum*, v. 48 n. 1, pp. 40 – 47, April. 2012.
- [15] SUGONDO, A., IAN, H. S., BOBBY, K., “Studi Pengaruh Kedalaman Pemakanan Terhadap Getaran Dengan Menggunakan Mesin Bubut Chien Yeh CY 800 GP”, *Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri*, pp. 1 – 5, 2008.