

ANALISIS PENGARUH KECEPATAN SPINDEL CNC ROUTER TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA

M. Robiyanto

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan
(UNRIKA)

ABSTRAK

Dalam proses permesinan cengkeraman ketangkasan spindel CNC Router pada ragawi dataran entitas aktivitas amat dicermati serta mutu ragawi dataran potong pula pada besarnya ketangkasan potong, ketebalan pealkisahnan serta kekuatan pealkisahnan, Tujuan studi yakni buat mengerti cengkeraman ketangkasan CNC Router pada sistem face mill ragawi dataran entitas aktivitas dengan menggunakan ketangkasan spindel 1000 rpm, 1200 rpm, serta 1400 rpm. perlengkapan serta materi yang dalam studi ini yakni aluminium serta perlengkapan ukur. keterangan dari hasil kajian visual di dapati kalau terpandang ragawi dataran yang setidaknya besarmaupun agresif pada ketangkasan spindel 1000 rpm, serta ragawi dataran yang membendung kedapatan pada ketangkasan spindel 1200 rpm, selanjutnya ragawi dataran yang setidaknya kecil maupun lampas kedapatan pada ketangkasan 1400 rpm sementara itu data dari kajian memanfaatkan Roughness Testes menampakkan poin Ra rata-rata pada ketangkasan spindel 1000rpm sebesar 0,33 μm , pada ketangkasan spindel 1200 poin Ra sebesar 0,30 μm , serta pada ketangkasan soindel 1400 rpm dihasilkan Ra sebesar 0,29 μm . Dari hasil studi yang di dapati kalau kian kecil serta kian atas putaran spindel ada cengkeraman pada ragawi dataran pada bagian face mill entitas percobaan serta kian atas ketangkasan spindel maka kian lampas pula permukaannya, seperti itu pula kebalikannya kian kecil putaran spindel maka kian agresif pula permukaannya. Kata Kunci: Kecepatan Spindel dan Kekasaran Permukaan.

Kata Kunci : Kecepatan Spindel dan Kekasaran Permukaan.

ABSTRACT

In the machining process, the speed grip of the CNC Router spindle on the surface area of the activity entity is very closely monitored and the physical quality of the cutting surface is also on the amount of cutting speed, thickness of the tape and the strength of the film. The aim of the study is to understand the speed grip of the CNC Router on the surface mill system on the surface surface of the activity entity. using spindle speeds of 1000 rpm, 1200 rpm and 1400 rpm. The equipment and materials in this study are aluminum and measuring equipment. Based on the results of the visual study, it was found that the largest and most aggressive flat body was seen at a spindle speed of 1000 rpm, and a stable flat body was seen at a spindle speed of 1200 rpm, then the smallest or strongest flat body was seen at a speed of 1400 rpm while the data from studies using Roughness Tests, it shows that the average Ra point at a spindle speed of 1000 rpm is 0.33 μm , at a spindle speed of 1200 the Ra point is 0.30 μm , and at a spindle speed of 1400 rpm the Ra is 0.29 μm . From the results of the study, it was found that the smaller and higher the spindle rotation, the grip on the physical surface on the face mill of the experimental entity and the higher the speed of the spindle, the smoother the surface, and vice versa, the smaller the spindle rotation, the more aggressive the surface. Keywords: Spindle Speed and Surface Roughness.

KeyWord : *Spindle Speed and Surface Roughness.*

1. Pendahuluan

Pendahuluan Pada pertumbuhan teknologi di sisi perusahaan ini amat bertumbuh dengan cepat paling utama pada pemanfaatan sistem pc dalam sisi permesinan. Pada periode ini pc pernah diimplementasikan ke dalam mesin perkakas antara lain mesin bubut, mesin frais, mesin bor serta lain-lain. Hasil perpadanan dari teknologi pc serta teknologi juru mesin inilah

yang sesudah itu disebut mesin CNC (*Computer Numerical Controlled*).

Melainkan itu, syarat pemakai yang di impikan merupakan mutu objek fungsi yang kecermatan, keakurasian yang mulia, mutu yang positif, tuntas dengan saat yang pendek serta dalam jumlah yang banyak, bakal lebih gampang digarap dengan mesin CNC dari pada memanfaatkan mesin perkakas konvensional.

Mesin CNC ini bisa bertugas sebagai otomatis sehabis diprogram terlebih lampau via komputer. Sampai kini kedapatan separuh model mesin CNC di mulai dari 3 axis, 4 axis serta 5 axis. makin banyak axis yang kedapatan pada mesin itu alkisah bakal makin menawan pula sistem machiningnya serta makin matentang pula harga mesin itu.

Pada sistem permesinan dimensi mutu produk banyak ditilik dari fisis, kehalusan serta kerataan dataran yang dikeluarkan. fisis dataran yaitu aspek mendasar guna mutu produk permesinan bisa diperoleh ataupun tidak. mutu fisis serta kerataan dataran potong pula pada keadaan pemotongan (*cutting condition*), yang ditunjukan dengan keadaan pemotongan merupakan besarnya kesigapan potong (*cutting speed*), ketebalan pembakalan (*feeding*) serta intensitas pemakanan (*depth of cut*).

Hingga dari itu, kerataan serta fisis dataran yaitu hal telak yang patut dicermati dalam sistem pemesinan, supaya produk yang dikeluarkan punya khasiat yang amat berarti. Misalnya, jenjang fisis serta tidak ratanya dataran yang mulia pada bagian sebuah mesin bisa berdampak kilat terjalin keausan, alhasil bagian mesin itu kilat cacat serta alhasil kedayagunaan fungsi mesin itu akan menyusut.

Oleh karna itu, kerataan serta fisis dataran hasil pemotongan patut dicermati supaya memperoleh jenjang kerataan yang mulia serta fisis dataran yang sedikit.

2. Tinjauan Pustaka



2.1 CNC Router

Gambar 1. Mesin CNC Router

CNC Router merupakan jenis mesin yang paling umum digunakan dan biasanya digunakan untuk pengerjaan kayu, logam dan plastik. Dalam penggunaan cnc router, operator tidak perlu memanipulasi mesinnya hanya cukup memasukkan program saja untuk menjalankan mesin.

2.2 Aluminium 5083



Gambar 2. Aluminium

Aluminium 5083 adalah paduan aluminium dengan *magnesium* dan jejak mangan dan kromium. Hal ini sangat tahan terhadap serangan oleh air laut dan bahan kimia industri. Ini memiliki kekuatan tertinggi paduan non- panas yang dapat diobati, namun tidak disarankan untuk digunakan pada suhu di atas 65 ° C.

2.3 Material *End Mill*



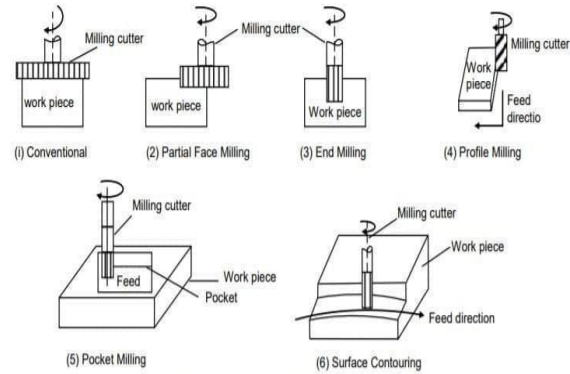
Gambar 3. *End Mill*

Material *end mill* yang digunakan adalah *Square End Mill* atau juga sering dikenal dengan *flat end mill*, memiliki ujung sudut yang *runcing* membentuk sudut 90 derajat. Digunakan untuk pemotongan general seperti *facing*, *slotting*, *profiling* maupun pembuatan lubang. Kegunaan *Square End Mill* memberikan ketahanan yang baik dan biaya lebih murah dari pada *end mill kobalt* atau *carbide*. HSS digunakan untuk bahan besi dan aluminium.

2.4 Proses *Face Mill*

Face mill adalah bagian dari *indexable* milling yang yakni serpa prosedur pemotongan rata-rata yang lurus pada sumbu

perputaran pemotong. Setelah itu prosedut pemotongan dilakonidenan memotong sisi kedua bagian (bagian puncak serta luar) pinggiran pisau milling.



Gambar 4. Proses *Face Mill*

- 1) *Conventional Face Milling*. Proses *conventional face* milling, garis tengah pemotong milling lebih luas dari pada benda kerja akibatnya pemotong milling menjuntai di kedua sisi benda kerja.
- 2) *Partial Face Milling*. Proses *partial face* milling, pemotong milling menjuntai pada benda kerja di salah satu arah.
- 3) *End Milling*. Proses *end* milling, tipe pemotong yang dikenakan berdiameter lebih kecil ketimbang dengan lapang objek aktivitas serta dikenakan buat membuat slot pada objek aktivitas.

- 4) *Profile Milling*. Digunakan untuk kecepatan putaran spindel untuk menghaluskan maupun menuntaskan face milling tegak maupun miring. dasaran yang diseleksi perlu membolehkan lintasan endmill lantas merasuk ialah pinggiran arah luar dari bagian melelapkan digarap
- 5) *Pocket Milling*. Proses pemotong milling atau menghilangkan material saku (*pocket*) di tengah benda kerja.
- 6) *Surface Milling*. Prosesnya yaitu pembedahan face milling guna hasil akhir dasaran yang superior serta diterima sebagai seiring mengendalikan sumbu linier XYZ dari perlengkapan mesin.

2.5 Alat Uji Kekasaran

Gambar 5. Roughness Tester



Fungsi dari alat ini untuk mengetahui kekasaran permukaan pada spesimen uji yang telah sebelumnya telah dilakukan proses sesuai dengan ketentuan penelitian. Kekasaran permukaan diukur pada permukaan yang datar.

Cara pengukuran kekasaran menggunakan *Roughness Tester* :

- 1) Meletakkan benda uji (berupa aluminium sesuai ukuran yang telah di tentukan)
- 2) *Dial indicator* (berupa jarum) diatur sehingga ujung dari *dial indicator* berada dalam posisi stabil pada pembacaan skala tekanan terhadap permukaan benda pengukuran. Memasukkan faktor-faktor seperti panjang dan lebar dari permukaan benda kerja yang akan diperiksa, standar yang ingin digunakan (Ra dan parameter lainnya)
- 3) Pengambilan data, posisi *dial indicator* bergerak sesuai dengan sumbu horizontal dan sejajar benda kerja (berada pada garis lurus)

2.6 Kecepatan putaran spindel (*spindle speed*)

Kecepatan putaran spindel (*spindle speed*) ditetapkan oleh kecepatan potong. Kecepatan potong (V_c) adalah jarak yang ditempuh pisau dalam satuan meter ketika proses penyayatan atau pemotongan dalam waktu satu menit.

Rumus kecepatan potong yaitu :

$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

Dimana :

V_c = kecepatan potong (m/menit)

D = diameter pisau (mm)

n = kecepatan spindel (rpm)

$\pi = 3,14$.

2.7 Kedalaman pemakanan (*depth of cut*)

Kedalaman pemakanan adalah jarak permukaan yang sudah dipotong dengan permukaan yang belum dipotong. Tebal pemakanan dapat dipilih berdasarkan material benda kerja yang digunakan dengan kecepatan potong. Semakin tinggi kecepatan pemakanan, maka *endmill* yang digunakan semakin kecil diameternya dan kedalaman pemakanan pada benda kerja menjadi halus.

2.8 Kecepatan Pemakanan (*Feed Rate*)

Kecepatan pemakanan adalah jarak tempuh *endmill* dengan laju konstan relatif terhadap benda kerja dalam satuan milimeter permenit. Adapun rumusnya yaitu:

$$V_f = n \cdot f_z$$

Dimana :

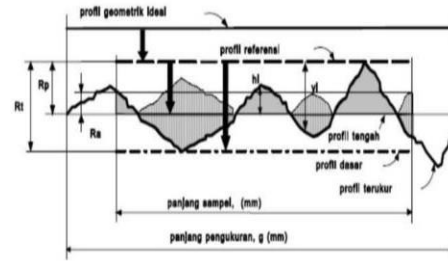
V_f = Kecepatan pemakanan (mm/menit).

f_z = Kecepatan makan (mm).

n = Putaran kecepatan (rpm).

z = Jumlah gigi pada *endmill*

2.9 Parameter Kekasaran Permukaan

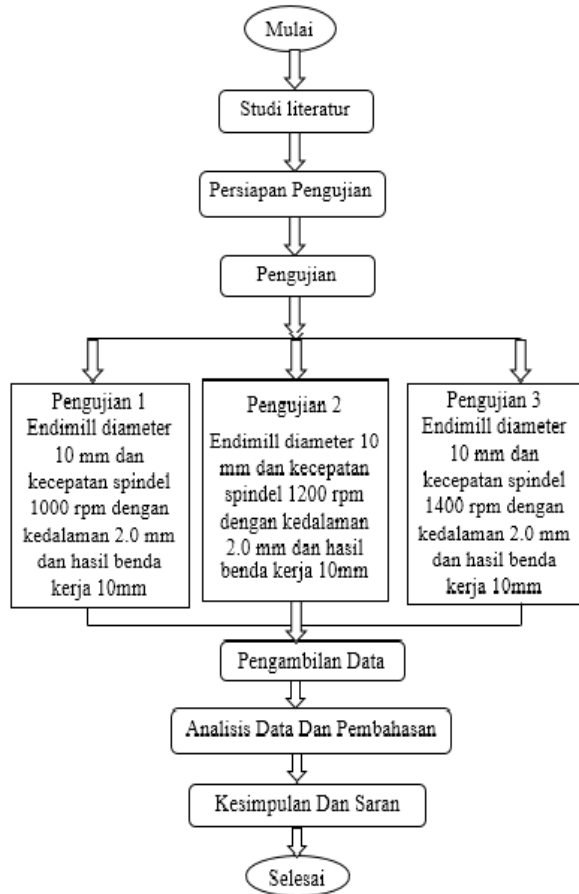


Gambar 6. Profil Permukaan

- 1) Kekasaran total R_t (μm) adalah jarak antara profil referensi dan profil alas
- 2) Kekasaran perataan R_p (μm) adalah jarak rata-rata profil referensi dan jarak terukur
- 3) Kekasaran rata-rata aritmetik R_a (μm) adalah harga rata-rata dari harga sepenuhnya jarak antara profil terukur dan profil tengah.
- 4) Kekasaran rata-rata kuadrat R_q (μm) adalah akar dari jarak kuadrat rata-rata antara profil terukur dan profil tengah
- 5) Kekasaran total rata-rata R_z (μm) merupakan jarak profil benda keprofil terukur ada lima puncak tertinggi di kurangi jarak rata-rata profil benda ke profil terukur ada lima lembah terendah.

3. Metode Penelitian

3.1 Flowchart



Gambar 7. Flowchart

1) Studi Literatur

Studi literatur merupakan studi awal penelitian yang dilakukan melalui *eksplorasi* pustaka mengenai sistem penelitian kecepatan spindle mesin CNC Router terhadap permukaan aluminium 5083 menggunakan endmill 10 mm dan pengembangan-pengembangan proses *facing* pada mesin CNC milling yang sudah ada. Pada tahap ini peneliti mempelajari dan mengkaji

buku-buku yang berhubungan dengan penelitian sehingga menambah wawasan dan pengetahuan tentang objek yang akan diteliti.

2) Perencanaan Pengujian

Perencanaan pengujian sangat penting dilakukan demi hasil penelitian yang baik dan maksimal, sehingga diperoleh hasil yang tepat untuk melaksanakan penelitian yang terjadwal dengan baik, adapun perencanaan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut : penentuan waktu dan tempat penelitian, penentuan karakteristik kualitas dan penentuan pengaturan parameter.

3) Persiapan Pengujian

Persiapan pengujian sangat penting dilakukan demi hasil penelitian yang baik, sehingga hasil pengujian yang dihasilkan dapat diperoleh dengan baik, adapun persiapan yang dilakukan adalah : persiapan material aluminium, persiapan *facing*, persiapan alat ukur, persiapan tempat pada mesin CNC, persiapan program

4) Proses Pengujian

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hasil dari penelitian, sehingga dapat dikatakan penelitian tersebut sesuai dengan yang diharapkan atau tidak. Pada tahap ini dilakukan proses pengujian kecepatan *spindel* pada mesin CNC milling terhadap kecepatan *spindel* CNC Router, yaitu: pertama kita pasang aluminium pada pengikat aluminium mesin CNC milling, *setting* posisi material pada mesin CNC, pemasangan *endmill* pada *collet* CNC milling, *setting endmill* pada CNC milling, *setting geometri* mesin. persiapkan program dan jalankan program yang sudah disediakan.

5) Pengambilan data

Dalam mengumpulkan data, data-data diambil dengan melakukan proses *facing* dengan kecepatan *spindel* yang telah disediakan. Melihat hasil kecepatan pemakanan aluminium yang dihasilkan dari proses *facing* baik kualitas dari material aluminium maupun hasil dari *facing* yang telah digunakan. Mencatat dan memfoto kemudian mengelola atau membandingkan hasil

dari proses *facing* yang telah dilakukan. Untuk langkah pengujian dilakukan sampai proses *facing* dengan kecepatan maksimal yang telah ditentukan

6) Analisis Data Dan Pembahasan

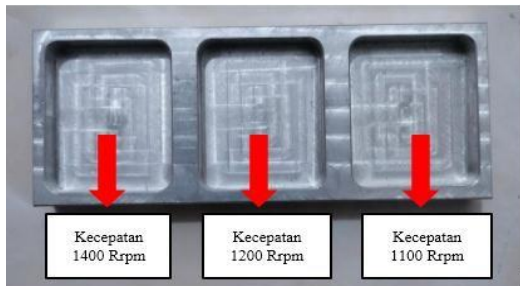
Setelah data-data dari penelitian didapatkan, maka langkah selanjutnya adalah menganalisis data-data tersebut. Pada tahap penganalisa data, hasil data yang diperoleh akan ditampilkan dalam bentuk tabel ataupun berbentuk gambar. Setelah analisa data maka langkah selanjutnya adalah menarik kesimpulan.

7) Kesimpulan Dan Saran

Tahap terakhir dari penelitian yaitu menyimpulkan hasil penelitian yang berisi jawaban singkat terhadap rumusan masalah berdasarkan data-data yang diperoleh. Dalam tahap ini penelitian juga memberikan saran yang penting untuk membantu dalam memecahkan masalah yang ada serta memberikan gambaran penggunaan proses *facing* pada mesin CNC milling.

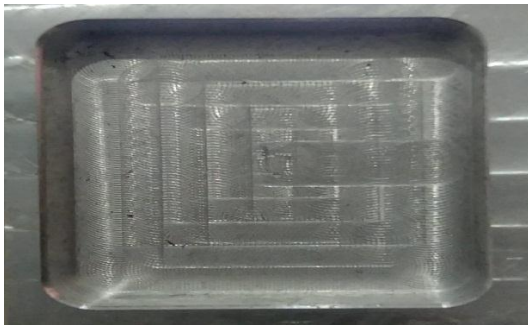
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Pengerjaan Benda Kerja



Gambar 8. Aluminium dengan kecepatan 1000 rpm, 1200 rpm, dan 1400 rpm

4.2 Data Hasil Visual Kecepatan 1000 rpm

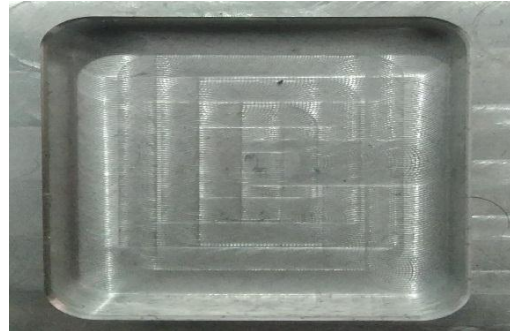


Gambar 9. Foto aluminium dengan kecepatan 1000 rpm

Berdasarkan pengamatan hasil dari foto pada benda kerja aluminium proses permesinan *CNC ROUTER* pada kecepatan spindle 1000 Rpm, dan *Depth Of Cut* 2 mm. Terlihat pada gambar alur dari proses *face mill* tidak terpandang yang tampak cuma sisa maupun sisa tampak aluminium. Pada ilustrasi ini tengah ada sisa dari prosedur *face mill* itu gara-gara kecepatan 1000 rpm tidak begitu segera maka tidak sanggup memotong materi kegiatan dengah lirik dari prosedur

face mill, terdapat seksi yang terpandang agresif pada salur itu di sebabkan kecepatan spindle yang kecil dan *Depth Of Cut* yang sedang dalam maka mesin dalam prosedur *machining* berguncang mengharuskan pemakanan materi itu maka berdampak materi itu tidak datar.

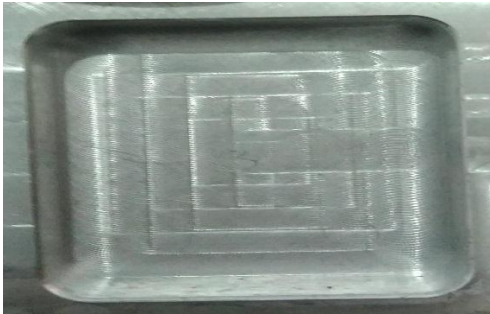
4.3 Hasil Visual Kecepatan 1200 rpm



Gambar 10. Foto aluminium dengan kecepatan 1200 rpm

Berdasarkan pengamatan hasil dari foto pada material aluminium hasil proses permesinan *CNC ROUTER* dengan kecepatan spindle 1200 Rpm, *Depth Of Cut* 2 mm. Terlihat pada gambar alur setelah proses *face mill* sendiri terlihat namun tidak rapi dan sangat tebal. Terlihat juga sisa setelah proses *face mill* tetapi hanya sedikit karena kecepatan *spindel* juga semakin tinggi jadi pisau juga dapat menyayat lebih maksimal dibandingkan dengan kecepatan 1000 rpm yang rendah.

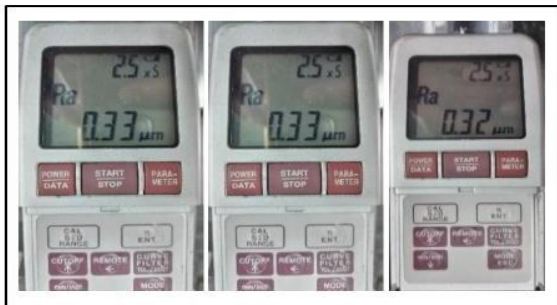
4.4 Data Hasil Visual Kecepatan 1400 rpm



Gambar 11. Foto aluminium dengan kecepatan 1400 rpm

Berdasarkan pengamatan hasil dari foto pada material aluminium hasil proses permesinan *CNC ROUTER* dengan kecepatan *spindel* 1400 Rpm, *Depth Of Cut* 2 mm. Pada gambar alur setelah proses *face mill* sangat jelas terlihat lurus dan rapi. Terlihat juga alur yang rapi dan lurus karena kecepatan *spindel* yang tinggi dibandingkan kedua percobaan sebelumnya sehingga mesin dengan mudah menyayat benda kerja aluminium tersebut.

4.5 Data Hasil *Roughness Tester* Kecepatan 1000 rpm



Gambar 12. Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan 1000rpm

Pengujian pada spesimen dilakukan menggunakan alat ukur *surface roughness tester* pada dua titik setiap spesimen uji. Setiap titik diuji sepanjang 5,37 mm permukaan datar hasil proses mesin *CNC milling*. Pada pengujian kecepatan *spindel* 1000 rpm dihasilkan nilai kekasaran permukaan Ra1 sebesar 0,33 µm, Ra2 sebesar 0,33 µm dan Ra3 sebesar 0.32 µm.

4.6 Data Hasil *Roughness Tester* Kecepatan 1200 rpm



Gambar 13. Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan 1200rpm

Pada pengujian kecepatan *spindel* 1200 rpm dihasilkan nilai kekasaran permukaan Ra1 sebesar 0,32 µm, Ra2 sebesar 0,32 µm dan Ra3 sebesar 0,27 µm.

4.7 Data Hasil *Roughness Tester* Kecepatan 1400 rpm



Gambar 14. Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan 1400rpm

Pada pengujian kecepatan spindle 1400 rpm dihasilkan nilai kekasaran permukaan Ra1 sebesar 0,32 μm , Ra2 sebesar 0,27 μm dan Ra3 sebesar 0,27 μm .

4.8 Analisa Hasil Pengujian Visual

Tabel 1. Hasil Penelitian Visual

NO	KECEPATAN SPINDEL	HASIL INPEKSI VISUAL
1	Kecepatan Spindel 1000 rpm	Pada pengujian tampak visual kecepatan 1000 rpm terlihat pada alur pemakanan kasar
2	Kecepatan Spindel 1200 rpm	Pada pengujian tampak visual kecepatan 1200 rpm terlihat pada alur pemakanan lebih halus dari pada kecepatan 1000 rpm
3	Kecepatan Spindel 1400 rpm	Pada pengujian tampak visual kecepatan 1400 rpm terlihat pada alur pemakanan yang paling halus dan hanya sedikit terasa kekasaran pada aluminium kecepatan 1000 rpm dan 1200 rpm

4.9 Analisa Hasil Pengujian *Roughness Tester*

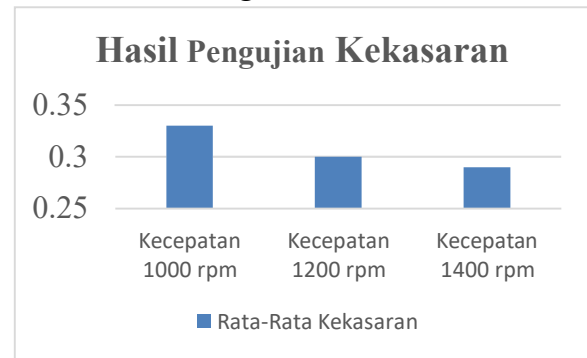
Tabel 2. Hasil Penelitian *Roughness Tester*

Pengambilan data pada benda uji	Kecepatan putaran spindle (Rpm)	Kedalaman pemakanan (mm)	Hasil pengukuran kekasaran permukaan (mm)			
			T1	T2	T3	Rata-rata T1-T3
1	1000	10	0,33	0,33	0,32	0,33
2	1200	10	0,32	0,32	0,27	0,30
3	1400	10	0,32	0,27	0,27	0,29

Keterangan :

- T1 = Titik 1 benda kerja yang akan diukur.
- T2 = Titik 2 benda kerja yang akan diukur.
- T3 = Titik 3 benda kerja yang akan diukur.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kekasaran *Roughness Tester*



Grafik tersebut menunjukkan nilai Ra rata-rata pada spindle speed 1000 rpm sebesar 0,33 μm , pada spindle speed 1200 nilai Ra sebesar 0,30 μm , dan pada spindle speed 1400 rpm diperoleh Ra sebesar 0,29 μm .

um. perihal ini bisa dipaparkan kalau kian kecil serta kian besar putaran kesigapan memiliki perbawa pada nyata dataran pada sisi face mill entitas fungsi, kian kilat kesiapan spindel sehingga kian lembut serta pipih pula dataran entitas kerjanya, begitupula kebalikannya kian sedikit putaran spindel sehingga kian agresif pula permukaannya.

5. Kesimpulan

Pada proses face mill memperlihatkan imbas perbedaan kekencangan spindel 1000 rpm, 1200 rpm, serta 1400 rpm pada kebrutalan dasaran. Pada hasil gambar itu tampak kebrutalan dasaran yang setidaknya besar alias agresif pada kekencangan spindel 1000rpm, serta kebrutalan dasaran yang lagi kepadatan pada kekencangan spindel 1200 rpm, setelah itu kebrutalan dasaran yang setidaknya kecil alias lampas kepadatan pada kekencangan 1400 rpm. Pada percobaan Roughness Testes memperlihatkan angka Ra rata-rata pada spindle speed 1000 rpm sebesar 0,33 μm , pada spindle speed 1200 angka Ra sebesar 0,30 μm , serta pada spindle speed 1400 rpm didapat Ra sebesar 0,29 μm . sehingga bisa disimpulkan kalau kian kecil serta kian atas putaran kekencangan memiliki imbas pada kebrutalan dasaran pada segi

face mill materi operasi, kian atas kekencangan spindel alkisah kian lampas pula permukaannya, begitupula kebalikannya kian kecil putaran kekencangan alkisah kian agresif pula permukaannya.

6. Saran

Perlu adanya pengembangan menggunakan benda kerja seperti kayu stainless stell. Pada penelitian ini dapat menggunakan mesin CNC lain yang dapat melakukan kecepatan putaran yang lebih cepat.

7. Daftar Pustaka

- Aminuddin. (2016). Pengaruh Feedrate Dan Depth of Cut Pada Proses Endmilling Surface Finish
- Carles, H., & Yusuf, M. (2019). ANALISA KEKASARAN PERMUKAAN TERHADAP KEKERASAN MATERIAL PADA PROSES MILLING DENGAN VARIASI KECEPATAN FEEDING.
- Hernadewita, Hendra, & Herman. (2006). Analisis Pengaruh Kondisi Pemotongan Benda Kerja (Panjang penjuluran Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Mesin Bubut

- Gallic 16N. Jurnal Teknik Mesin, 55-61.
- Isya Prakoso, 2014, Analisa Pengaruh Kecepatan Feeding Terhadap Kekasaran Permukaan Draw Bar Mesin Milling Aciera Dengan Proses CNC Turning, Jurnal Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana, Jakarta.
- Muhammad Rahmat, dkk (2019). “Analisa pengaruh variasi parameter pemotongan dan pendingin terhadap tingkat keausan pahat endmill HSS hasil pemesinan CNC router milling pada aluminium sheet 1100” Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Rachmanta, I. A. et al. (2015). Pengaruh Parameter Pemotongan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja Karbon Rendah pada Proses Conventional Menggunakan Pahat End Mill. Jurnal Teknik Mesin. Hal: 1-13
- Sugiyono. (2012). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta
- Stolk, Jac.C.kross, 1981, Elemen Mesin Edisi ke 21, Jakarta : Erlangga.
- Syamsir, A. M. (1986). Dasar-dasar perancangan perkakas dan mesin-mesin perkakas. Jakarta: Erlangga.