

ANALISIS PARAMETER PEMESINAN DAN DEBIT PENDINGIN CNC ROUTER TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BATU GRANIT

Suharto¹⁾, Kunto Purbono²⁾ Karnowahadi³⁾

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang
email: pakharto58@gmail.com

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang
email: kunto.purbono@gmail.com

³Jurusan Administrasi Bisnis, Politeknik Negeri Semarang
email: karnojogja@gmail.com

Abstract

Cairan pendingin pada proses pemesinan sangat berpengaruh terhadap kekasaran permukaan benda kerja sehingga dapat meningkatkan kualitas produk. Gesekan antara cutting tools dan benda kerja batu granit akan menimbulkan panas sehingga mengakibatkan tumpul karena keausan. **Penelitian ini bertujuan** untuk mengetahui pengaruh putaran cutting tools, kecepatan pemakanan, kedalaman pemakanan dan debit pendingin terhadap tingkat kekasaran permukaan. Serta mengetahui parameter mana yang menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang terendah pada proses permesinan CNC router. **Metode penelitian** dilakukan dengan menyiapkan bahan cairan pendingin jenis Dromus oil, soluble oil, Air. Benda kerja bahan batu granit hitam ukuran 200 x 300 x 15 (mm), Mesin CNC router buatan lokal dengan software Mach3. Proses parameter pemesinan putaran spindle, kecepatan pemakanan, kedalaman pemakanan. **Hasil penelitian** menunjukkan jenis cairan pendingin yang menghasilkan nilai kekasaran kategori halus adalah jenis Dromus oil, dan jenis cairan pendingin yang menghasilkan nilai rerata kekasaran kategori kasar adalah Air. Hasil grafir terbaik diperoleh pada proses pemesinan CNC router dengan putaran spindle 18.000 (rpm), kecepatan pemakanan 2000 (mm/min) kedalaman potongan 0,2 (mm), pergeseran pemakanan 0,15 mm.

Keywords: Batu Granit, CNC Router, Cairan pendingin, Industri kreatif

1. PENDAHULUAN

Industri kreatif merupakan kegiatan usaha yang fokus pada kreasi dan inovasi. Era kreatif ditandai dengan berkembangnya industri kreatif yang menggunakan ide dan keterampilan individu sebagai modal utama. Industri kreatif masih potensial untuk digarap, dan Indonesia kaya akan bahan alam/buatan yang membutuhkan pengembangan untuk peningkatan daya saing demi kesejahteraan masyarakat. (Suharto dkk, 2016). Material batu marmer adalah batuan kristalin kasar yang berasal dari batu kapur atau dolomit. Marmer yang murni berwarna putih dan terutama disusun oleh mineral kalsit. Kegunaan batu marmer dapat digunakan di rumah untuk perabotan, komponen komponen bangunan seperti lantai, meja, kamar mandi, jendela. Selain itu marmer juga dapat digunakan untuk bahan baku pembuatan piala, patung, prasasti, papan nama, vandel, dll. Pembuatan souvenir dari batu marmer dengan cara manual memerlukan waktu yang lama sehingga membutuhkan cara baru untuk meningkatkan kualitas dan produktifitas agar dapat bersaing di pasar global. Penggunaan mesin milling CNC router dapat menjadi solusi dalam peningkatan kualitas dan produktifitas.

Penelitian Noor Firstiawan, dkk (2013) meneliti tentang optimasi parameter proses pemesinan CNC milling terhadap kekasaran permukaan kayu jati, menghasilkan semakin

tinggi kecepatan spindle, akan menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang semakin kecil yaitu pada level 3 = 3000 rpm; semakin tinggi laju pemakanan, akan menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang semakin besar. Susi susmartini, dkk (2002) melakukan penelitian tentang Editibility pemrograman CNC milling dengan memperhatikan pemotongan ekonomik sebagai pengurangan waktu proses pada CNC milling center machine, hasil yang diperoleh adalah penurunan waktu permesinan dicapai 14% dibandingkan kondisi pergerakan sebelumnya dan pembesaran gerak makan akan menaikkan gaya potong akibatnya permukaan produk akan menjadi kasar.

Permasalahan saat ini produk grafir batu alam (granit/marmer) menggunakan sistem manual membutuhkan waktu lama, tenaga grafir semakin langka, desain terbatas, biaya relatif mahal dan tidak menarik bagi anak muda mengisi pekerjaan ini sehingga daya saing rendah. Gambar 1. menunjukkan proses grafir batu granit.



(a) Sistem manual (b) Sistem otomatis

Gambar 1. Proses Grafir Batu Granit

Tujuan penelitian untuk menganalisis parameter pemesinan CNC router putaran *cutting tools*, kecepatan pemakanan, kedalaman pemakanan dan debit pendingin terhadap tingkat kekasaran permukaan. Serta debit cairan pendingin (*coollant*) dromus oil, soluble oil, dan air pada proses pemesinan CNC router.

Penelitian terapan CNC router untuk pembuatan grafir batu alam (granit/marmer) yang diusulkan ini merupakan hal yang baru. Terkait dengan pengembangan mesin milling CNC router untuk pembuatan produk kerajinan dengan bahan batu makan penggunaan *cutting tools*, kedalaman pemotongan, dan gerak pemakanan pasti berbeda dengan penelitian sebelumnya sehingga berpotensi pengakuan HaKI.

2. KAJIAN LITERATUR

Pengembangan sistem operasi *Computer Numerically Controll* (CNC) telah dilakukan sejak dekade tahun 80-an. Berdasarkan studi literatur pengembangan teknologi CNC cenderung diarahkan pada optimasi prosesnya. Car dkk (2009) mengembangkan prosedur optimasi proses pemesinan menggunakan *artificial intelligence*, proses optimasi didasarkan pada kondisi minimum waktu pemesinan dan ongkos produksi, pertimbangan teknologi dan batasan material. Gurel dan Akturk (2007) mengusulkan suatu algoritma heuristic untuk menggenerasi pendekatan solusi efisiensi antara ongkos pemesinan dengan pembobotan waktu penyelesaian proses secara simultan pada mesin CNC.

Salah satu kunci keberhasilan negara-negara industri maju dalam membangun kekuatan ekonominya adalah kemampuan industrinya dalam membuat produk manufaktur secara efisien. Dengan perkembangan teknologi manufaktur yang semakin pesat dan semakin tingginya kompetisi antara produsen produk-produk manufaktur, kebutuhan akan kualitas produk yang tinggi (*high quality product*) yang dihasilkan dengan kecepatan produksi yang tinggi (*high speed manufacturing*) dengan efisiensi biaya produksi yang tinggi (*low cost production*) menjadi suatu prasyarat. Kesemuanya itu membutuhkan sistem pendukung proses manufaktur yang handal. Salah satu pendukung tersebut adalah sistem CAD/CAM.

CAD/CAM memiliki dua bagian yakni desain gambar CAD (*Computer Aided Design*) dan desain gambar CAM (*Computer Aided Machine*). Desain gambar CAD berisikan tentang desain produk meliputi ukuran dan bentuk geometri sedangkan desain gambar CAM adalah berupa desain tentang proses pemakanan, *toolpath*, setup mesin dan hal-hal lainnya yang berkaitan dengan proses atau cara agar dihasilkan produk yang sesuai dengan gambar. Desain yang dihasilkan oleh software CAD/CAM ini nantinya akan diubah menjadi bahasa pemrograman (NC code).

Cairan pendingin atau *coolant* mempunyai kegunaan yang khusus dalam proses pemesinan. Selain untuk memperpanjang umur pahat, cairan pendingin dalam beberapa kasus, mampu menurunkan gaya dan memperhalus permukaan produk hasil pemesinan. (Widarto et al, 2008:315). Menurut Santoso (2013:76) Cairan pendingin berdasarkan komposisinya terdiri atas: a) Cairan sintetik, b) Cairan emulsi, c) Cairan semi sintetik, d) Minyak (*cutting oils*). Cairan pendingin pada proses pemesinan CNC Router sangat berpengaruh terhadap kekasaran permukaan benda kerja sehingga dapat meningkatkan kualitas produk. Gesekan antara *cutting tools* dan benda kerja batu granit akan menimbulkan panas sehingga mengakibatkan tumpul karena keausan.

Parameter Pemesinan pada mesin CNC router diantaranya kecepatan putar spindle (*speed*), kecepatan gerak pemakanan (*feedrate*), kedalaman potong (*dept of cut*), jenis *cutting tools* dan bahan benda kerja yang digunakan.

- 1) Kecepatan putar (*Spindle Speed*). *Spindle speed* ini berhubungan dengan putaran spin-del/sumbu utama dan benda kerja, didefinisikan putaran permenit, yaitu banyaknya putaran yang dilakukan spindle dalam satu menit. Besarnya putaran spindle ditentukan berdasarkan besarnya kecepatan potong (*cutting speed*) yang nilainya sudah tertentu. *Cutting speed* pada mesin CNC router adalah panjang dalam meter yang dapat dipotong dalam satu menit. Besarnya kecepatan potong tergantung pada bahan *cutting tools*, bahan benda kerja dan jenis pemakanan. Satuan untuk kecepatan potong adalah m/menit. Hubungan putaran spindle dengan kecepatan potong pada permukaan benda kerja dapat ditunjukkan dengan persamaan:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ (m/min)}$$

Keterangan :

V = Kecepatan potong (m/min).

d = Diameter benda kerja (mm).

n = Putaran spindle utama *cutting tools* (putaran/ min)

- 2) Gerak pemakanan (*feedrate*). *Feedrate* adalah jarak yang ditempuh oleh benda kerja setiap *cutting tools* setiap berputar satu kali. Gerak pemakanan ditentukan berdasarkan kekuatan mesin, material benda kerja, material *cutting tools*, bentuk pahat dan jenis pemakanan terutama kehalusan permukaan yang diinginkan. Besarnya gerak pemakanan dapat di rumus sebagai berikut :

$$v_f = f \cdot n \text{ (mm/min)}$$

Keterangan :

v_f = Kecepatan pemakanan (mm/min).

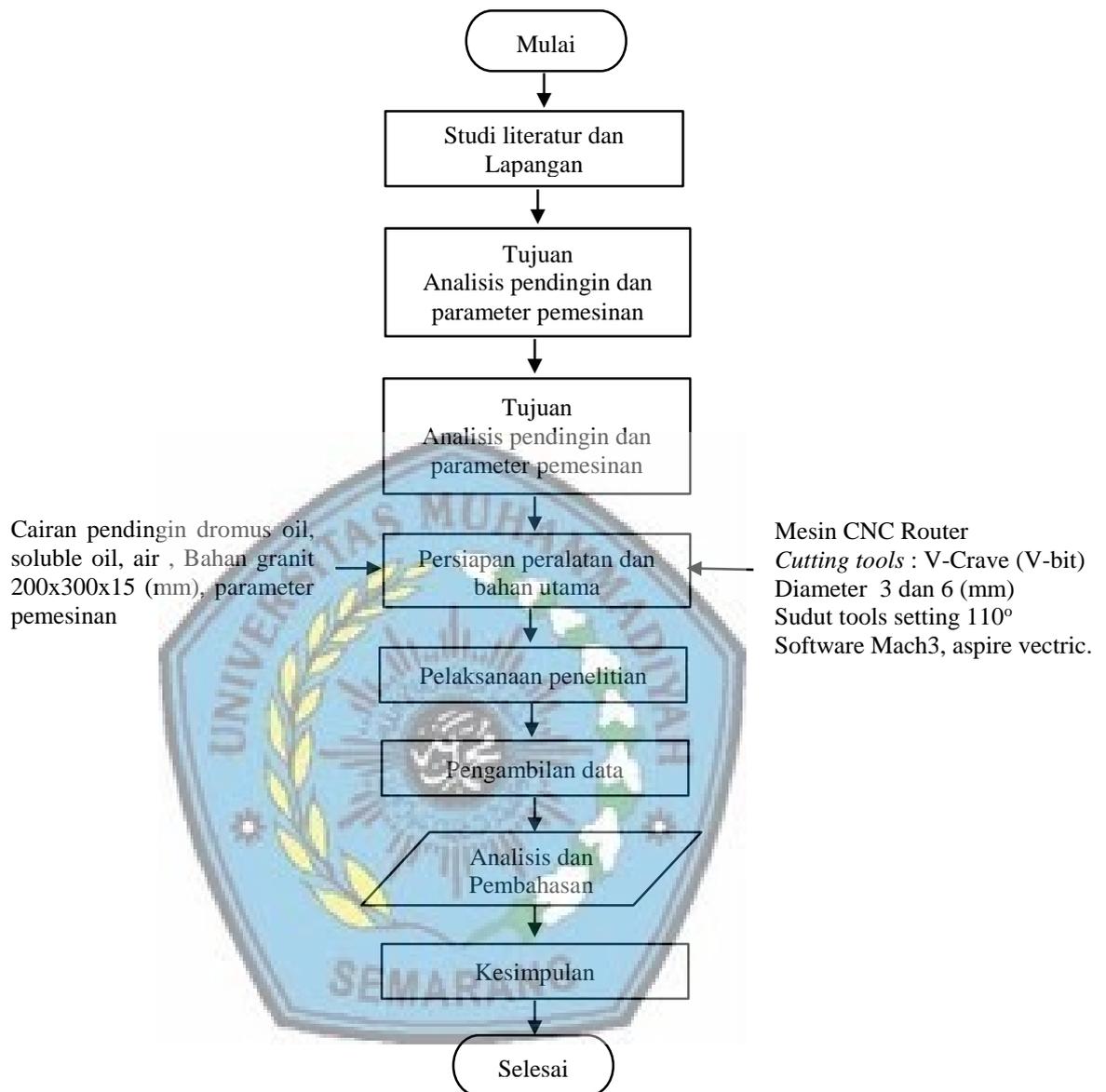
f = Gerak pemakanan (mm/putaran).

n = Putaran spindle utama *cutting tools*.(putaran/ min).

- 3) Kedalaman potong (*depth of cut*). Kedalaman potong berarti pengurangan ketebalan permukaan benda kerja pada mesin CNC router. Frekuensi pemotongan adalah jumlah pengulangan pemotongan mulai dari pemotongan pertama hingga selesai. Frekuensi pemotongan tergantung pada kemampuan mesin, jumlah bahan yang harus dibuang, sistem penjepitan benda kerja dan tingkat finishing yang diminta.
- 4) Waktu pengerjaan adalah lamanya waktu yang digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan. Hal ini tergantung dengan kualitas hasil pemesinan dan efisiensi pengerjaan.
Untuk pekerjaan kasar dilakukan dengan memilih kecepatan pemakanan angka yang besar sedangkan untuk pekerjaan penyelesaian akhir (*finishing*) yang memerlukan kehalusan dan kepresisian maka kecepatan pemakanan menggunakan angka yang kecil.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan dengan menyiapkan bahan cairan pendingin jenis Dromus, Air, Oli meditrin. Bahan batu granit hitam ukuran 200 x 300 x 15 (mm), Mesin CNC router dengan software Mach3 buatan lokal. Proses parameter pemesinan putaran spindle, kecepatan pemakanan, kedalaman pemakanan.



Gambar 2. Metode penelitian

4. HASIL PENELITIAN

Sistem pendinginan (*coolant*) yang digunakan pada mesin CNC router lokal dilengkapi dengan pompa air daya 40 W , H Max 2000 mm, Q Max 2000 l/h, debit rata-rata 0,03367 [l/s]. Cairan pendingin secara kontinyu menyembur pada ujung permukaan *cutting tools* saat melakukan proses pemotongan. Cairan pendingin yang digunakan adalah dromus oil, soluble oil Ultra-Cut 250R, dan air.

Parameter pemesinan mesin CNC router putaran spindel, kecepatan pemakanan (*federate*), *plunge rate*, *pass depth*, *step over*, dan kedalaman pemotongan. Pengukuran hasil pemesinan dilakukan dengan menggunakan pengukur kekasaran permukaan (*roughnes surface tester*) Surfcoorder SJ210.

Tabel 1 menunjukkan hasil rerata pengukuran pengaruh cairan pendingin dan parameter pemesinan terhadap kualitas permukaan benda kerja.

Tabel 1 Hasil rerata pengukuran

Cairan pendingin	Putaran spindle (rpm)	Kecepatan pemakanan (feedrate) mm/min	Plunge (mm/mi n)	Pass depth (mm)	Step over (mm)	Kedalaman pemakanan (depth of cut)	Nilai kekasaran Permukaan (μm)	Keterangan
Dromus oil	8.000	2000	480	0,5	0,15	1,0	6,35	Halus.
	9.000	2000	480	0,5	0,15	1,0	6,30	tidak
	10.000	2000	480	0,5	0,15	1,0	6,22	tampak
	11.000	2000	480	0,5	0,15	1,0	6,18	goresan
	12.000	2000	480	0,5	0,15	1,0	6,15	
Soluble oil	8.000	2000	480	0,5	0,15	1,0	6,40	Sedang.
	9.000	2000	480	0,5	0,15	1,0	6,34	Tampak
	10.000	2000	480	0,5	0,15	1,0	6,30	goresan
	11.000	2000	480	0,5	0,15	1,0	6,22	halus
	12.000	2000	480	0,5	0,15	1,0	6,20	
Air	8.000	2000	480	0,5	0,15	1,0	7,45	Sedang.
	9.000	2000	480	0,5	0,15	1,0	7,30	tampak
	10.000	2000	480	0,5	0,15	1,0	7,32	goresan
	11.000	2000	480	0,5	0,15	1,0	7,20	kasar
	12.000	2000	480	0,5	0,15	1,0	7,15	

Pengujian grafit bahan batu alam (granit/marmer) berbagai produk dengan mesin CNC router, parameter pemesinan dan cairan pendingin ditunjukkan pada gambar 3 dan gambar 4.



Gambar 3 Proses Pemesinan CNC router



Gambar 4 Produk grafir granit dengan CNC router

Batu alam (granit/marmer) ukuran 200 x 300 x 15 (mm) digrafir dengan mesin CNC router membutuhkan waktu sekitar 60 (menit) tiap produknya. Proses pembuatan grafir dengan mesin CNC router diawali dengan kebutuhan yang dijadikan dasar merancang, proses merancang dengan komputer (software coreldraw, photoshop, autocad, solidwork, aspire vectric, mach3) dan proses pemesinan CNC router.

5. SIMPULAN

1. Pada mesin CNC router putaran spindel *cutting tools* 18.000 (rpm) dan kecepatan pemakanan (*federate*) 2000 (mm/min) memerlukan cairan pendingin yang kontinyu dengan debit rata-rata 0,03367 [l/s]. Dari hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa media pendingin dromus oil merupakan yang paling baik, karena Dromus oil dapat menyerap panas lebih baik dari semua variasi cairan pendingin sehingga gesekan antara *chip, tool* dengan benda kerja sangat kecil. Cairan pendingin air yang paling murah dan menyerap panas cukup baik namun meninggalkan noda warna merah karena karat.
2. Parameter pemesinan CNC router putaran spindle 18.000 (rpm), kecepatan pemakanan (*feed rate*) 2000 (mm/min) memberikan hasil yang baik. Pemakaian *cutting tools (endmills)* bahan HSS cukup memadai untuk grafir granit/marmer. Pengaturan parameter yang tepat dan cairan pendingin mendinginkan secara kontinyu menjadi hal penting dalam proses grafir batu granit ini.
3. Pemakaian mesin CNC router untuk grafir bahan batu granit/marmer menjadi solusi bagi UMKM /industry kreatif karena waktu lebih cepat, desain produk lebih bervariasi, dan biaya bersaing sehingga dapat menaikkan daya saing.

UCAPAN TERIMA KASIH

Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) Kemenristekdikti RI, Direktur Politeknik Negeri Semarang (Polines), Kepala P3M Polines, Tim Dosen teknik / bisnis Polines, Tim mahasiswa atas dukungan tenaga, pikiran pada kegiatan Penelitian Terapan SK.No.152/SP2H/LT/DRPM/2019.

REFERENSI

- Car, Z., B. Barisic, dan M.Ikonic.(2009). *Genetic Algorithm Based CNC Turning Center Exploitation Process Parameter Optimization*. Matalurgija. Vol.48, No.1:47-50.
- Noor Firstiawan, Danar Susilo Wijayanto, Budi Harjanto. (2010). *Optimasi Parameter Proses Pemesinan CNC Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Kayu Jati dengan Metode Taguchi*. UNS Surakarta
- Santoso, J. 2013. *Pekerjaan Mesin Perkakas*. Jakarta: Kementerian Pendidikan & Kebudayaan.
- Suharto, Suryanto, Sarana, (2015) *Rancang bangun canting cap batik berkualitas , murah dengan permesinan milling CNC untuk pengkayaan motif batik nasional*, Program Pengabdian Hi-Link.
- Suharto, Yuli Angga Cahya Saputra, (2011) *Aplikasi software CATIA V5 Pada Pendekatan CNC MILLING Machine pada Industri Pengolahan Plastik*. BPKM Jurusan Teknik Mesin , Polines.
- Susmartini, S. Dan Herdiman,L. (2002). *Editibility pemrograman CNC –milling dengan memperhatikan pemotongan ekonomik sebagai pengurangan waktu proses pada CNC milling center machine*. UNS Surakarta. Performa. Vol.1 No.1: 1-13
- Suryanto, Suharto, Sarana, (2013). *Bahan – bahan alternatif canting batik cap dengan permesinan milling CNC di Pekalongan*, Laporan Program Pengabdian H-Link.
- Yohanes Kharisma, Suharto, (2006), *Aplikasi CAD/CAM untuk perancang cetakan (mold) mangkok sambal*. Tugas Akhir Polines.
- Widarto. et. al. (2008). *Teknik Permesinan untuk SMK*. Jakarta: Direktorat jenderal manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah.