

**SEMINAR NASIONAL MULTI DISIPLIN ILMU
DAN CALL FOR PAPERS KE - 3
UNISBANK**

Sertifikat

diberikan kepada

Yuni Hermawan

atas partisipasinya sebagai PEMAKALAH

CALL FOR PAPERS

“ Kajian Multi Disiplin Ilmu dalam Pemberdayaan Potensi Daerah
untuk Meningkatkan Sektor Pariwisata dan Industri Kreatif “

pada hari Rabu, 26 Juli 2017
di Kampus Kendeng Universitas Stikubank (UNISBANK) Semarang



Dr. H. Hasan Abdul Rozak, S.H., C.N., M.M.
Rektor

Dr. Agus Budi Santosa, M.Si.
Ketua Panitia

PENGARUH RAKE ANGLE NETRAL TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES BUBUT MATERIAL GETAS BATU MARMER

Yuni Hermawan¹, Rudy Soenoko², Yudy Surya Irawan², Sofyan Arif Setia Budi²
Jurusan Teknik Mesin – Fakultas Teknik - Universitas Brawijaya
Jl. MT. Haryono No. 167 Malang
E-mail: yunikaka@yahoo.co.id

ABSTRAK

Proses bubut merupakan proses pemesinan yang banyak digunakan dalam komponen-komponen mesin (logam). Setiap proses pembubutan mempunyai karakteristik tertentu dari material yang dihasilkan. Untuk memperoleh karakteristik-karakteristik yang sesuai dengan keinginan maka diperlukan rancangan yang tepat. Karakteristik permukaan suatu benda kerja memegang peranan penting pada pembuatan komponen-komponen mesin. Selain digunakan untuk membuat komponen-komponen mesin, proses bubut dapat juga digunakan untuk membuat benda-benda putar yang terbuat dari non logam, salah satunya adalah batu marmer. Pada penelitian ini dilakukan pemesinan pada material batu marmer dengan panjang 200 mm dan diameter 40 mm, putaran spindle 400 rpm dan kedalaman potong 1 mm. Proses pemesinan dilakukan pada mesin bubut semi-otomatis Maximat dilakukan tanpa cairan pendingin dengan pahat *insert* karbida “Widia YG6” dengan rake angle 0° (netral). Setelah benda kerja dibubut, kemudian benda kerja diukur kekasaran permukaannya dengan menggunakan alat uji kekasaran. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kekasaran permukaan 3.726 µm untuk posisi pengukuran 150 mm dari chuck mesin dengan simpangan sebesar 0.773 µm. Nilai kekasaran permukaan 3.24 µm untuk posisi pengukuran 100 mm dari chuck mesin dengan simpangan sebesar 0.42 µm. Nilai kekasaran permukaan 2.977 µm untuk posisi pengukuran 50 mm dari chuck mesin dengan simpangan sebesar 0.391 µm. Rake angle netral menghasilkan rata-rata kekasaran permukaan sebesar 2.789 µm dengan nilai R² sebesar 96.37%.

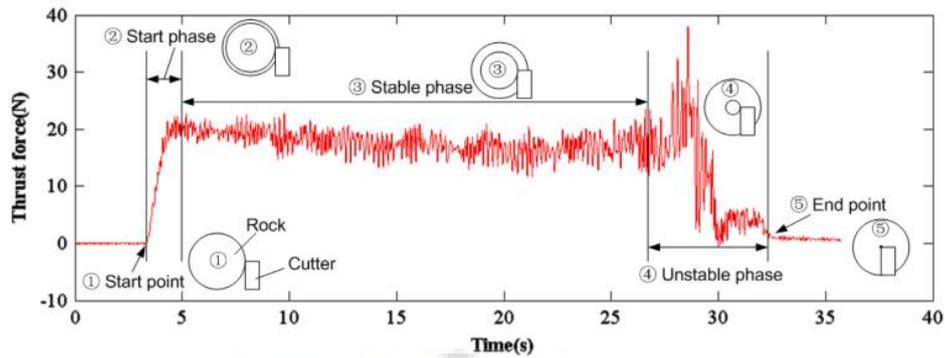
Kata kunci: proses bubut, batu marmer, rake angle dan kekasaran permukaan.

1. PENDAHULUAN

Proses bubut merupakan proses pemesinan yang banyak digunakan dalam komponen-komponen mesin (logam). Setiap proses pembubutan mempunyai karakteristik tertentu dari material yang dihasilkan. Untuk memperoleh karakteristik-karakteristik yang sesuai dengan keinginan maka diperlukan rancangan yang tepat. Karakteristik permukaan suatu benda kerja memegang peranan penting pada pembuatan komponen-komponen mesin. Selain digunakan untuk membuat komponen-komponen mesin, proses bubut dapat juga digunakan untuk membuat benda-benda putar yang terbuat dari non logam, salah satunya adalah batu marmer. Diantara produk kerajinan marmer adalah vas bunga, bola, kaki meja, kap lampu dan lain sebagainya. Sebagai benda kerajinan, kehalusan permukaan menjadi salah satu pertimbangan utama. Untuk mencapai dimensi dan kehalusan yang diinginkan diperlukan **beberapa tahap proses, yaitu: pembubutan, pengamplasan dan pemolesan**, apabila hasil pembubutan masih kasar maka proses pengamplasan memerlukan waktu yang lama. Untuk mencapai hasil pembubutan yang halus maka diperlukan pemilihan parameter proses pemesinan. Ketidak tepatan pemilihan parameter ini mengakibatkan kualitas kerajinan marmer, khususnya berbentuk dasar benda putar menjadi rendah, bahkan sering terjadi benda hasil pesanan ditolak terutama pesanan kontrak ekspor (Kusno, Cahya, Darsin; 2007). Oleh karena itu dalam memilih proses pengerjaan aspek permukaan ini perlu dipertimbangkan,

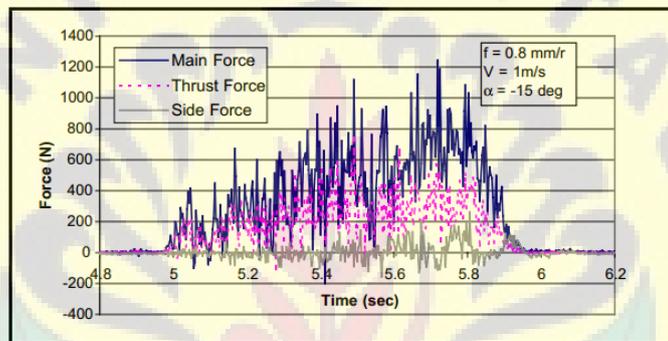
Penelitian tentang pemesinan batu dan batu marmer pernah dilakukan, pengamatan kekasaran permukaan dari pemotongan batu dengan menggunakan pisau diamond (Aydin, Karakurt, Aydiner; 2013). Pemodelan dan aplikasi pemotongan batu dengan pisau putar pada mesin NC (Campos, Martin; 2010). Pengamatan kinerja pemesinan batu marmer dengan peralatan balok potong. (Buyuksagis, Goktan; 2005). Pemotongan batu marmer dengan mata potong tunggal dan bagian diamond. (Wang, Clausen; 2002). Namun demikian, dari hasil telaah literatur dalam lingkup pemesinan batu marmer, **belum ditemukan kajian tentang pemesinan batu marmer menggunakan mesin bubut**, selama ini kajian pemesinan batu marmer hanya pada perkakas pisau gergaji.

Sementara itu penelitian tentang batu dan batu marmer dengan menggunakan mesin perkakas produksi pernah dilakukan: **Demeng Che, Kornel Ehmman (2014)** melakukan penelitian tentang respon gaya potong pada pembubutan muka batu Indiana dengan pahat *polycrystalin diamond compact* (PDC). Hasilnya: pada saat pahat mulai memotong komponen gaya meningkat dengan cepat (starting phase) kemudian memasuki fase stabil sampai mendekati senter benda kerja, setelah memasuki garis tengah benda kerja maka komponen gaya akan naik dengan tajam (fase tidak stabil) sampai semua material terbuang semua. Novelty: pengaruh rake angle positif terhadap respon gaya sangat non linier pada pembubutan batu dengan menggunakan pahat *polycrystalin diamond compact* PDC.



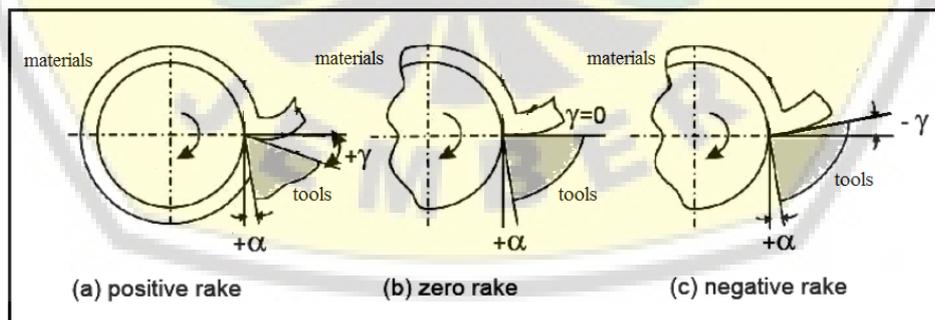
Gambar 1. Data eksperimental respon gaya dan waktu

Prasad Kaitkay, Shuting Lei (2004) melakukan penelitian tentang gaya potong pembubutan muka batu marmer *Chartage* pada tekanan hidrostatik dengan menggunakan mesin bubut. Hasilnya: gaya potong akan meningkat dengan meningkatnya rake angle negatif dan tekanan hidrostatik, penerapan eksternal tekanan hidrostatik dapat menjaga mekanisme pembentukan geram. Novelty: penggunaan tekanan hidrostatik dalam pembubutan marmer untuk mendekati keadaan yang sebenarnya bahwa batu marmer di alam diambil dibawah tekanan batu-batu yang lain.



Gambar 2. Variasi gaya potong dan waktu

Rake angle adalah sudut yang dibentuk antara bidang potong pahat dengan bidang referensi pahat (bidang yang melewati ujung pahat potong dan tegak lurus benda kerja). Rake angle ada 3 macam yaitu rake angle positif ($\gamma +$), rake angle netral ($\gamma = 0$) dan rake angle negatif ($\gamma -$). Pemilihan rake angle tergantung beberapa faktor antara lain: material benda kerja yang akan dipotong, material dari pahat, kedalaman potong dan rigiditas pemegang pahat dan mesin.



Gambar 3. Tipe Rake angle dari pahat

Rake angle positif akan mengurangi tekanan, gaya dan gesekan, sedikit deformasi dan geram lebih dingin akan tetapi semakin besar rake angle akan mengurangi kekuatan pahat dan kapasitas konduksi panas. Rake angle positif sangat efektif pada beberapa daerah pemotongan untuk material yang tangguh, material paduan dan stainless steel akan tetapi untuk material yang lunak dan kenyal maka akan terjadi getaran pada mesin. Rake angle negatif digunakan pada perkakas potong: karbida, keramik, polykristalin diamond dan polykristalin cubic boron. Rake angle negatif menyediakan kekuatan pada ujung pahat potong dan konduktifitas panas lebih baik. Digunakan untuk proses pemesinan material getas dan sangat keras yang akan menghasilkan suhu yang tinggi pada proses pemesinan kecepatan tinggi dan terus-menerus. Pemakaian rake angle negatif akan meningkatkan kekuatan pada ujung pahat

akan tetapi akan menambah gaya pada pahat potong. Rake angle negatif akan menyebabkan tekanan yang tinggi, gaya pahat dan gesekan, geram yang panas dan deformasi yang tinggi.

Dari uraian penelitian diatas terlihat bahwa banyak penelitian tentang pemesinan batu hanya membahas gaya potong dan pengaruh rake angle, untuk itu dalam penelitian ini penulis mengangkat penelitian tentang **“pengaruh rake angle netral terhadap kekasaran permukaan pada proses bubut batu marmer”** sehingga dengan keberhasilan penelitian ini akan menjadi sumbangsih terhadap penelitian tentang pemesinan batu.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Elemen Dasar Proses Bubut

Mesin bubut merupakan sebuah alat yang universal dan dipakai untuk mengerjakan benda yang silindris. Pada mesin bubut ada 3 gerakan utama yaitu:

- Main Motion*: merupakan gerakan berputarnya benda kerja.
- Feed Motion*: merupakan gerakan majunya alat potong atau pahat ke arah membujur pada proses bubut.
- Adjusting Motion*: merupakan gerakan majunya pahat atau gerakan pemakanan yang dilakukan pahat dan terdapat pada gerakan melintang (*depth of cut*).

Pada proses pembubutan terdapat beberapa parameter pemotongan yang sangat berpengaruh terhadap hasil pembubutan. Parameter tersebut adalah *cutting speed*, *feeding* dan *depth off cut*

- Cutting Speed*

Cutting Speed adalah kecepatan potong (mm/min) . dihitung dari putaran per menit terhadap diameter benda kerjanya, sering juga disebut dengan kecepatan pada permukaan

$$v = \pi \cdot d \cdot n / 1000$$

- Feeding*

Feeding (f) adalah jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali sehingga satuan f adalah mm/putaran.

$$f = v_f / n$$

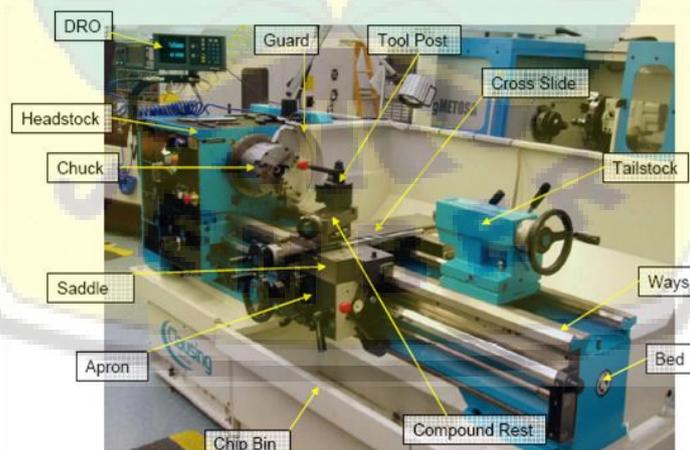
- Depth of Cut*

Depth of cut adalah ketebalan benda kerja yang dibuang atau jarak antara permukaan yang dipotong terhadap permukaan yang belum dipotong.

$$a = (D-d) / 2$$

2.2 Bagian-Bagian Mesin Bubut

Di bawah ini adalah salah satu jenis mesin bubut konvensional dengan berbagai bagian. Pada mesin bubut terdiri dari beberapa bagian yang masing-masing memiliki fungsi berbeda. Bagian-bagian tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Bagian-bagian mesin bubut semi otomatis

Bagian-bagian mesin bubut:

- Kepala Tetap (*Headstock*): Bagian mesin letaknya sebelah kiri yang di dalamnya terdapat komponen seri roda gigi serta pulley penggerak.
- Kepala Lepas (*Tailstock*): Bagian dari mesin bubut yang letaknya disebelah kanan mesin dan dipasang diatas mesin yang berfungsi untuk tempat: ujung benda kerja dan kedudukan bor.
- Alas (*Ways*): Fungsi utama alas mesin bubut adalah kedudukan kepala lepas, kedudukan eretan (*carriage/support*) dan kedudukan penyangga diam (*steady rest*)

- d. Eretan (*cariage/support*): terdiri dari atas alas, eretan lintang dan eretan atas. eretan alas adalah sebuah meja yang kedudukannya pada alas mesin.

2.3 Batu Marmer

Marmer umumnya tersusun atas mineral kalsit atau kalsium karbonat (CaCO_3) dengan kandungan mineral minor lainnya yaitu kuarsa, mika, klorit, tremolit, dan silikat lainnya seperti graphit, hematit, dan limonit. Nilai komersil marmer bergantung kepada warna dan tekstur. Marmer yang berkualitas sangat tinggi adalah marmer yang berwarna putih jernih, sebab kandungan kalsitnya lebih dari 90%. Berdasarkan distribusi warnanya, batu marmer terbagi atas 2 jenis yaitu batu marmer putih dan batu marmer berwarna. Batu marmer putih dihasilkan dari metamorfosa batu kapur murni, sedangkan batu marmer berwarna berasal dari metamorfosa batu kapur tidak murni, distribusi warnanya tergantung dari alam dan impuritas yang dikandungnya. Marmer yang berwarna abu-abu dihasilkan dari kandungan graphit pada batuan tersebut, pink dan merah akibat adanya kandungan hematit, kuning dan krem sebagai pengaruh dari kandungan limonit. Berdasarkan besar butirannya, marmer bisa bertekstur halus hingga kasar. Sifat lainnya yang berpengaruh terhadap kualitas marmer adalah porositas, kekuatan regangan, dan ketahanan terhadap pengaruh suhu dan cuaca. Komposisi batu Marmer terdiri atas senyawa: Kalsium oksida (CaO 52.69%), Kalsium Karbonat (CaCO_3 41.92%), Magnesium oksida (MgO 0.84%), Magnesium Karbonat (MgCO_3 1.76%), Silikon Oksida (SiO_2 1.62%) dan $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ 0.37%.



Gambar 5. Tambang batu marmer

Proses pembentukan batu marmer berasal dari batuan hasil proses metamorfosis atau malihan dari batuan asalnya yaitu batu kapur atau dolomit. Pengaruh temperatur dan tekanan yang dihasilkan oleh gaya endogen menyebabkan terjadinya kristalisasi kembali pada batuan tersebut membentuk berbagai foliasi maupun non foliasi. Akibat rekristalisasi tersebut akan menghilangkan struktur asal batuan tersebut, sehingga membentuk tekstur baru dan keteraturan butir. Pembentukan mineral ini di Indonesia yang sudah ditemukan adalah sekitar 30 – 60 juta tahun yang lalu atau berumur Kwartir hingga Tersier. Marmer akan selalu berasosiasi keberadaannya dengan batu gamping. Setiap ada batu marmer akan selalu ada batu gamping, walaupun tidak setiap ada batu gamping akan ada marmer. Karena keberadaan marmer berhubungan dengan proses gaya endogen yang mempengaruhinya baik berupa tekanan maupun perubahan temperatur yang tinggi.

3. METODE

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian survei dan eksperimental dengan mengamati pengaruh variabel proses pemesinan terhadap kekasaran permukaan hasil proses bubut batu marmer.

1. Survey Daerah Penghasil Marmer.

Penghasil marmer di Tulung Agung berasal dari desa besole kecamatan Besuki, desa Campurdarat dan desa Gamping kecamatan Campurdarat. Penelitian difokuskan pada marmer yang berasal dari desa Gamping kecamatan Campurdarat kabupaten Tulungagung. Komposisi marmer dari Campurdarat – Tulung Agung terdiri atas senyawa: CaO 52.69%, CaCO_3 41.92%, MgO 0.84%, MgCO_3 1.76%, SiO_2 1.62%, $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ 0.37% (Sumber: PT. Sucofindo Jakarta, 2007).

2. Proses Pemesinan

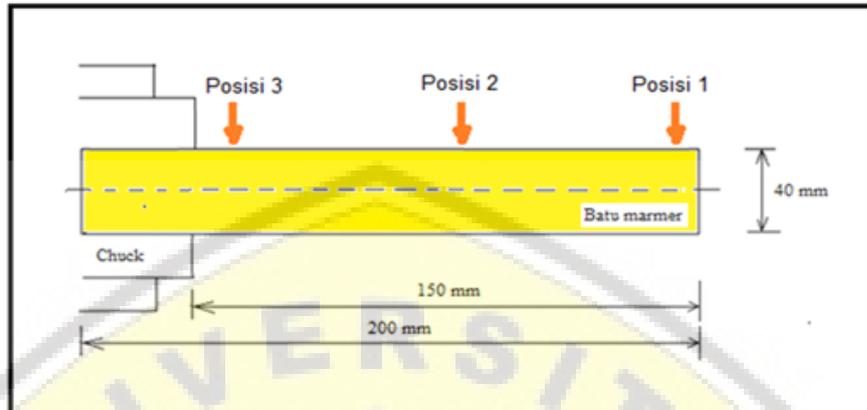
Proses pemesinan dilakukan pada mesin bubut konvensional semi otomatis Yamazaki dengan benda kerja batu marmer dari diameter 40 mm menjadi diameter 38 mm. Data mesin sebagai berikut:

- Type : Yamazaki
- Daya : 4 KW
- Buatan : Japan
- Gerak makan : 0,045 s/d 0,630 mm/rev
- Putaran Spindle : 30 s/d 2500 rpm

3. Pengukuran Kekasaran Permukaan

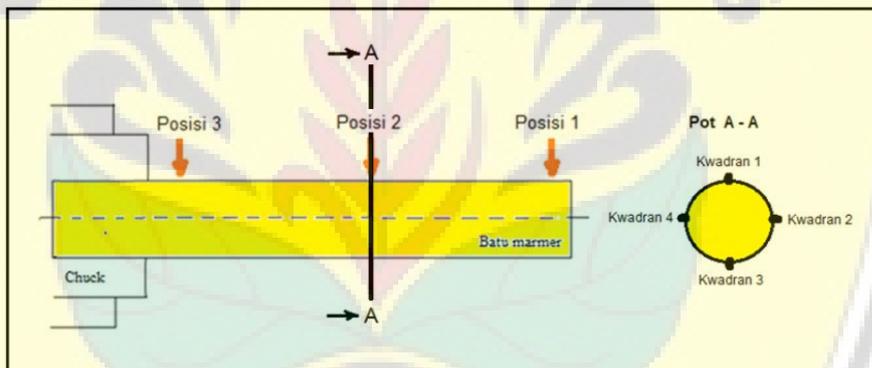
Prosedur penelitian kekasaran permukaan benda kerja:

1. Kekasaran permukaan diukur dengan menggunakan alat ukur Surface Roughness Tester TR220.
2. Pengukuran dilakukan pada 3 posisi titik pengukuranyaitu pada posisi ujung benda kerja paling jauh dari chuck (posisi 1), posisi tengah benda kerja (posisi 2) dan posisi pangkal benda kerja paling dekat dengan chuck (posisi 3) seperti pada Gambar 6 dibawah:



Gambar 6. Posisi pengukuran kekasaran permukaan berdasarkan posisi arah memanjangnya benda kerja

3. Pengukuran kekasaran juga dilakukan pada posisi 4 kuadran: posisi sudut 0° (kuadran 1), posisi sudut 90° (kuadran 2), posisi sudut 180° (kuadran 3) dan posisi sudut 270° (kuadran 4) seperti pada Gambar 7 dibawah:



Gambar 7. Posisi pengukuran kekasaran permukaan berdasarkan kuadran posisi melingkar benda kerja

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut ISO 1302 – 1978 yang dimaksud dengan kekasaran permukaan adalah penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata profil. Definisi ini digunakan untuk menentukan harga dari rata-rata kekasaran permukaan. Kekasaran permukaan yang diukur disini merupakan kekasaran permukaan aritmetik (Ra) yaitu penyimpangan rata-rata dari garis rata-rata profil. Pada Gambar 8 dibawah ini merupakan proses pemesinan batu marmmer dan proses pengukuran kekasaran permukaan dengan alat ukur Surface Roughness Tester TR220.

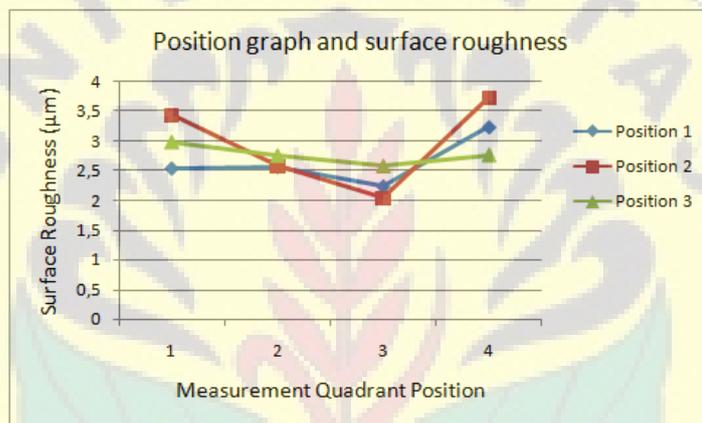


Gambar 8. Pemotongan dan pengukuran kekasaran permukaan batu marmmer

Tabel 1. Nilai kekasaran permukaan batu marmer dengan rake angle 0°

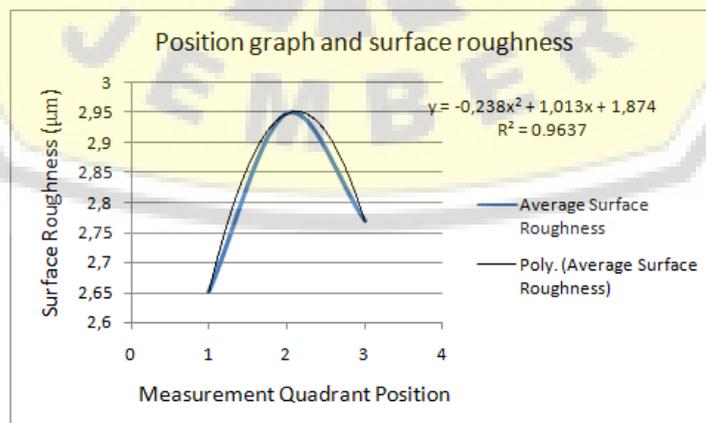
Posisi pengukuran	Kuadran	Kekasaran Ra (µm)
Posisi 1	1	2,546
	2	2,571
	3	2,243
	4	3,240
Posisi 2	1	3,441
	2	2,576
	3	2,049
	4	3,726
Posisi 3	1	2,977
	2	2,754
	3	2,579
	4	2,765

Dari Tabel 1 diatas terlihat bahwa pada pengujian kekasaran permukaan (Ra) untuk *Rake Angle* 0° didapatkan nilai rata-rata kekasaran permukaan untuk posisi 1 sebesar 2.65, posisi 2 sebesar 2.95 dan posisi 3 sebesar 2.77, sedangkan nilai simpangan (S) kekasaran permukaan untuk posisi 1 sebesar 0.42 posisi 2 sebesar 0.77 dan posisi 3 sebesar 0.39.



Gambar 9. Grafik posisi pengukuran dan kekasaran permukaan

Dari Gambar 9 terlihat bahwa hasil proses pemesinan dengan rake angle netral menghasilkan rata-rata kekasaran permukaan yang lebih kecil dari 0.08 mm yang merupakan nilai Standar Nasional Indonesia untuk pemesinan material batu marmer. Pada posisi 3 mempunyai kekasaran permukaan yang rendah hal ini dikarenakan pada posisi 3 pahat sudah mendekati *chuck* sehingga pencekaman sangat kuat.



Gambar 10. Grafik posisi pengukuran dan rata-rata kekasaran permukaan

Dari Gambar 10 terlihat bahwa rata-rata nilai kekasaran permukaan sebesar 2.789 µm yang masih dalam batas standar SNI – Indonesia sehingga produk ini bisa dipasarkan ke seluruh Indonesia. Dari hasil *trend line* polinomial didapatkan R-square sebesar 96.37% sehingga model persamaan bisa mewakili bentuk polinomial pendekatan.

5. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Penggunaan rake angle netral dapat digunakan untuk membubut batu marmer.
2. Pahat *insert* karbida jenis “Widia YG6” dapat digunakan untuk proses pemesinan material getas batu marmer.
3. Proses pemesinan batu marmer dengan rake angle netral menghasilkan kekasaran permukaan 3.24 μm pada jarak 150 mm dari chuck mesin bubut dengan standart deviasi 0.42 μm . Kekasaran permukaan 3.726 μm pada jarak 100 mm dari chuck mesin bubut dengan standart deviasi 0.773 μm . Kekasaran permukaan 2.977 μm pada jarak 50 mm dari chuck mesin bubut dengan standart deviasi 0.163 μm .
4. Rake angle netral menghasilkan rata-rata kekasaran permukaan sebesar 2.789 μm dengan nilai R-square = 96.37%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada DRPM – DIKTI atas biaya penelitian dari Hibah Penelitian Disertasi Doktor tahun 2017 sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

PUSTAKA

- Aydin, Karakurt, Aydiner. (2013). “Investigation of the surface roughness of rocks sawn by diamond sawblades.” *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*. 171-182.
- Buyuksagis, Goktan. (2005). “Investigation of marble machining performance using an instrumented block-cutter.” *Journal of Materials Processing Technology*. 258-262.
- Campos, Martin. (2010). Modelling and implementing circular sawblade stone cutting processes in STEP-NC. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 602-609.
- Demeng Che, Kornel Ehmman. (2014). Experimental study of force responses in polycrystalline diamond face turning of rock. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*.
- Demeng Che, Kornel Ehmman, Jian Cao. (2015). Analytical Modeling of Heat Transfer in Polycrystalline Diamond Compact Cutters in Rock Turning Processes. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*.
- ISO 1302:1978, Technical drawings - Method of indicating surface texture on drawings
- Kusno, Cahya, Darsin. (2007). “Onyx and Marmer Objects Modeling by Joining and Choosing Parametric Modifications of Bezier Revolution Surfaces. *Jurnal Ilmu Dasar*.
- Prasad Kaitkay, Shuting Lei. (2004). Experimental study of rock cutting under external hydrostatic pressure. *Journal of processing technology*.
- SNI 03-0394-1989, Batu alam untuk bahan bangunan, mutu dan cara uji.
- Wang, Clausen. (2002). Marble cutting with single point cutting tool and diamond segments. *International Journal of Machine Tools & Manufacture (Elsevier)*, 1045-1054.