

Pengaruh *Spindle Speed* Dan *Feed Rate* Terhadap Pembentukan *Burr* Dan Keakurasian Dimensi Lubang Pada Material Kuningan Menggunakan Teknologi *Micro-Drill Machining*

Udink Aulia, Yusuf Zaini, Saiful Hadi Yullah

Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdurrauf No. 7 Darussalam – Banda Aceh 23111, Indonesia
Email : saifulhadiyullah@gmail.com

Abstract

Machining technology, especially for micro hole cutting cases is a challenge in the industrial world to supply for components that have micro dimensions. The purpose of this study was to measure dimensional accuracy (roundness) and burr formation in the part of the entrance and exit holes. The object of the material used is brass plate. Brass plates with a thickness of 0.5 mm will be drilled using a twist drill chisel 0.2 mm diameter made from tungsten carbide material. Spindle rotation speed varied is 14,000 rpm, 17,000 rpm, and 20,000 rpm. The variation in feed rate for each spindle rotation is 5 mm / min, 8 mm / min, and 10 mm / min. The hole from the results will be observed and measured using a stereo microscope. From the measurement results show that the size of the largest hole dimensions with a value of 0.217 mm is formed at a rotation of 14,000 rpm and a feed rate of 5 mm / min, while the smallest hole diameter with a value of 0.202 mm is formed at a rotation of 20,000 rpm and a feed rate of 10 mm / min. The highest entrance burr value of 0.050 mm was formed at a rotation of 17,000 rpm and a feed rate of 10 mm / min, while the lowest height of 0.038 mm occurred at a rotation of 14,000 rpm and a feed rate of 5 mm / min. The highest exit burr value of 0.077 mm was formed at a rotation of 17,000 rpm and a feed rate of 10 mm / min, while the lowest height of 0.032 mm was formed at a rotation of 14,000 rpm and a feed rate of 5 mm / min. The results of this research data conclude that the accuracy of the hole dimensions and burr formation becomes better as the spindle rotation value and machining feed rate increase.

Keywords: *micro-drill, dimension accuracy, burr, machining parameters*

1. Pendahuluan

Dewasa ini, dalam proses manufaktur industri, trend untuk memproduksi produk atau peralatan yang memiliki karakteristik “lebih kecil, cepat dan murah” telah menjadi fokus dunia industri baik dalam bidang elektronik, luar angkasa, kedokteran, dan otomotif. Komponen kecil seperti PCB (*printed circuit board*), *microscopic nozzles*, *micro dies* dan *molds*, *chemical microreactors*, *tooth implantation*, aplikasi *high-tech medical*, penyaring bahan bakar, dan sistem *fuel ignition*, dapat terealisasi dengan adanya teknik *micro machining* [1].

Salah satu operasi dasar dari pemesinan industri adalah “*drilling*” dalam proses pembuatan lubang didalam komponen, ketika komponen-komponen tersebut menjadi semakin kecil, pembuatan ukuran lubang tentunya akan berkurang hingga beberapa mikron, dalam kasus inilah baru digunakan istilah *micro drilling*. Definisi dari *micro drilling* tergantung kepada besar dari diameter lubang. Tidak ada standar khusus untuk menentukan ukuran diameter mana yang merupakan kelompok dari *micro machining*. Sphinx, *micro drill* manufaktur dari Swiss,

mendefinisikan bahwa ukuran lubang yang masuk kedalam kategori *micro drill* adalah berkisar antara 0.05 mm hingga 2.5 mm [2]. Mengklasifikasikan bahwa diameter lubang hasil proses *micro drill* adalah umumnya berada antara ukuran 0.03 mm hingga 1 mm [3]. Oleh karena itu dari literatur dapat dilihat bahwa definisi dari *micro drilling* sangat bervariasi antara industri dan peneliti [1].

Kemampuan perpindahan geram yang buruk dalam proses pengeboran lubang dengan diameter yang kecil sering menyebabkan kerusakan pada tool dan kualitas permukaan yang buruk. Terdapat banyak penelitian yang berhubungan dengan ruang lingkup proses pengeboran dalam hal mengidentifikasi kemampuan pemesinannya. Penelitian-penelitian ini meliputi permodelan area dari proses *drilling*, *vibration drilling*, *twist drill shape*, permodelan mata tool, keausan, kekasaran permukaan, dan pembentukan *burr*. Tidak hanya *printed circuit board* (PCB), para peneliti juga tertarik dengan material metal untuk dilakukan proses *micro drilling* [4]. Pemilihan benda kerja sangat berpengaruh terhadap hasil dari kualitas pemesinan [5].

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Micro Drill

Definisi dari *micro drill* bergantung kepada besar dari diameter lubang tersebut. Tidak ada standar khusus untuk menentukan ukuran diameter mana yang merupakan kelompok dari *micro machining*. Sphinx, *micro drill* manufaktur dari Swiss, mendefinisikan bahwa ukuran lubang yang masuk kedalam kategori *micro drill* adalah berkisar antara 0.05 mm hingga 2.5 mm. Zheng, mengklasifikasikan bahwa diameter lubang hasil proses *micro drill* adalah umumnya berada antara ukuran 0.03 mm hingga 1 mm.

Oleh karena itu dari literatur dapat dilihat bahwa definisi dari *micro drilling* sangat bervariasi antara industri dan peneliti [1]. Geometri dari mata drill memberikan pengaruh besar selama proses penggurdian [1].

2.2 Penyimpangan Kualitas Pemesinan

Permintaan terhadap produk jenis *micro-part* dan *micro-scale* yang memiliki keakurasian tinggi telah meningkat di beberapa industri hari ini [6]. Penyimpangan yang terjadi selama proses pembuatan memang diusahakan seminimal mungkin, akan tetapi tidak mungkin dihilangkan sama sekali. Untuk itu dalam proses pembuatan komponen mesin dengan menggunakan mesin perkakas diperbolehkan adanya penyimpangan ukuran maupun bentuk [7].

Faktor kunci yang berhubungan terhadap umur pahat dan kualitas lubang, dapat disimpulkan sebagai berikut : pembentukan *chip*, pembentukan *burr*, sudut radius pemotongan, pendingin, titik penggurdian, kondisi pemesinan, titik sudut mata pahat, *peck drilling* [1].

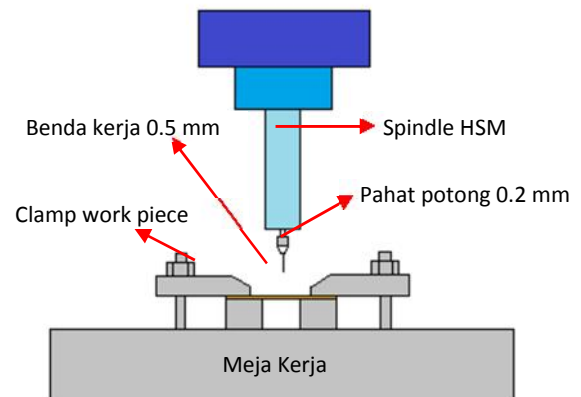
2.3 Pembentukan Burr

Sebuah fenomena penggurdian yang hampir sama dengan fenomena pembentukan *chip* adalah pembentukan *burr*. Fenomena ini terjadi di bagian atas dan bawah lubang. Pembentukan *burr* pada bagian atas lubang disebabkan oleh penekanan lateral dan pada bagian bawah lubang dikarenakan gesekan dengan bagian margin pahat [1].

Pembentukan *burr* dapat menimbulkan beberapa masalah terhadap kualitas produk dan keakurasian, menimbulkan bahaya ketika penggunaan komponen, dan dapat memperburuk proses perakitan. Pembentukan *burr* bergantung pada beberapa faktor seperti sifat material benda kerja, dan kondisi pemotongan. Pembentukan *burr* dapat meningkat sebanding dengan meningkatnya sifat keuletan material. Geometri dari mata pahat dapat berdampak terhadap ukuran *burr* [1].

3. Metode dan material

Proses pemesinan *micro-drilling* yang akan diterapkan dalam penelitian ini dilakukan dengan memasang motor *spindle high speed* dengan kecepatan maksimum putaran motor yaitu 24.000 rpm pada mesin CNC yang terdapat di Sekolah Menengah Kejuruan 2 Banda Aceh. Setup pemesinan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Setup pemesinan

3.1 Parameter Pemesinan

Penentuan parameter pemesinan yang merupakan variable penting dalam menentukan kualitas hasil pemesinan itu sendiri, terdapat sembilan variasi yang peneliti tetapkan dalam proses pengujian ini, data tersebut ditentukan sesuai pada kisaran data tabel pemesinan mata pahat yang digunakan yaitu *Union Tools*, variable yang telah ditetapkan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter pemesinan

Material	Kuningan 0,5 (mm) Thickness	
Diameter Tool (mm)	0.2 (mm)	
Kondisi Penggurdian	Putaran Spindle (rpm)	Feed (mm/min)
Jumlah Lubang		
10	14.000	5
		8
		10
10	17.000	5
		8
		10
10	20.000	5
		8
		10

3.2 High Speed Machining Spindle

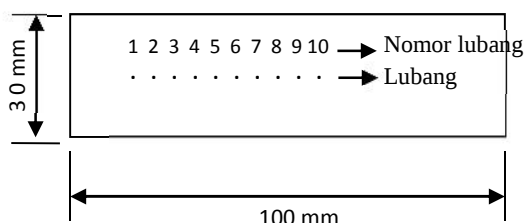
Motor *spindle* yang akan digunakan pada penelitian ini adalah (lihat merek motor) yang dapat dilihat pada Gambar 2, motor ini memiliki kemampuan putar maksimum 24.000 rpm yang khusus untuk digunakan sebagai motor *spindle* pada kasus pemesian pelat logam dan *Printed Circuit Board* (PCB). Mesin ini nantinya akan dipasang pada mesin CNC yang terdapat di Sekolah Menengah Kejuruan 2 Banda Aceh dengan konsep desain yang telah direncanakan oleh peneliti. Seperti pada Gambar 1.



Gambar 2. High speed machining spindle

3.3 Material dan Pahat

Pada penelitian ini, material yang akan menjadi objek pengujian sekaligus benda kerja adalah material kuningan yang terdapat dipasaran, dengan ukuran dimensi material uji 100 (mm) x 30 (mm) x 0.5 (mm), total jumlah benda kerja yang digunakan adalah 9 buah untuk masing-masing variabel.

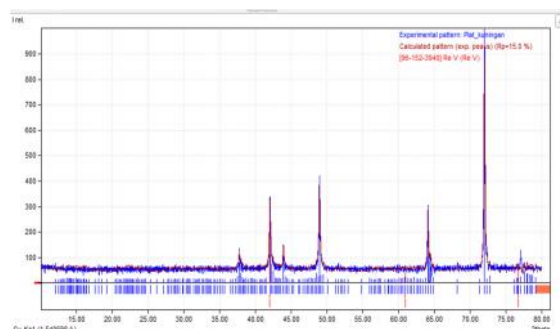


Gambar 3 Perencanaan pemesian

Untuk mengetahui kandungan komposisi material pada benda kerja kuningan yang dipakai. Dilakukan pengujian XRD (*X-Ray Diffraction*), XRD merupakan alat yang digunakan untuk mengkarakterisasi struktur kristal, ukuran kristal dari suatu bahan padat. Semua bahan yang mengandung kristal tertentu ketika dianalisa menggunakan alat ini akan memunculkan puncak – puncak yang spesifik. Puncak-puncak ini dapat kita gunakan untuk

mengidentifikasi kemungkinan material yang terkandung di dalam material kuningan ini.

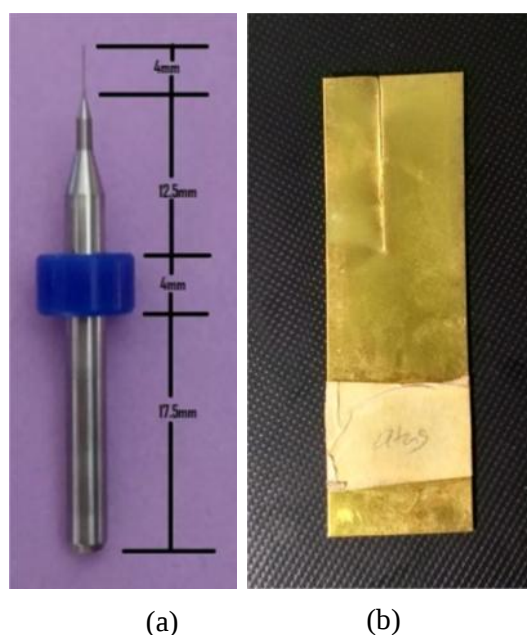
Untuk pahat potong yang digunakan dalam penggurdian *micro* pada penelitian ini adalah, mata pahat gundi dengan ukuran diameter pahat sebesar 0.2 mm, pahat ini umumnya digunakan untuk pembuatan lubang pada *Printed Circuit Board*, dan juga dapat digunakan untuk menggurdi material logam. Mata pahat ini diproduksi oleh perusahaan asal jepang yaitu *Union Tools* dengan material pahat yang digunakan berupa *tungsten carbide*. Gambar pahat dan material dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Grafik hasil pengukuran XRD yang dianalisis dengan software Match 2

Tabel 2. Analisa XRD menggunakan Match 2

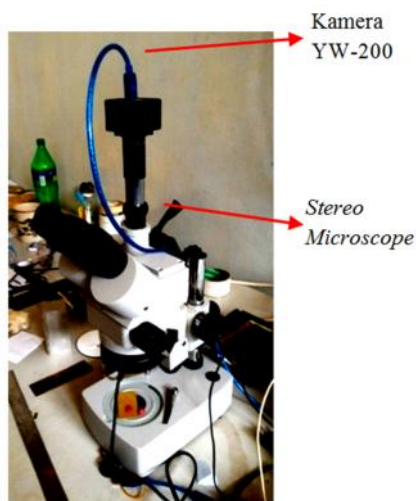
Entry	Formula sum	Name	Quant.(%)
96-152-4895	Cu _{0.8} Zn _{0.2}	(Cu _{0.8} Zn _{0.2})	49.5
96-901-3023	Cu	Copper	26.7
96-152-4248	Cu _{0.025} Zn _{0.975}	(Cu _{0.025} Zn _{0.975})	14.5
96-152-5235	Cu _{0.255} Zn _{0.745}	(Cu _{0.255} Zn _{0.745})	9.3



Gambar 5. (a) Pahat potong, (b) material kuningan

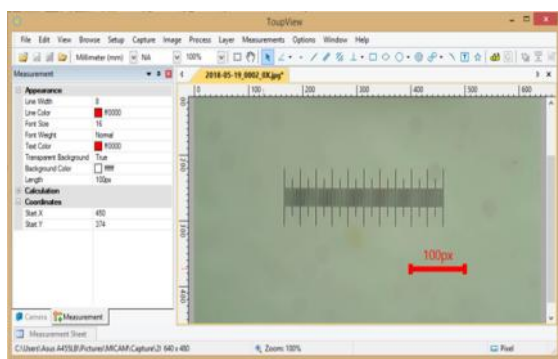
3.4 Pengukuran Lubang

Parameter kualitas lubang akan diukur dan diamati dengan bantuan peralatan optik yaitu *stereo microscope*. *Microscope* ini dapat melakukan pembesaran hingga 50x objek, untuk mempermudah pengukuran, pada *microscope* dipasang kamera digital tipe YW-200 agar objek pengamatan dapat diukur menggunakan komputer. Tujuan dari pengamatan ini adalah untuk melihat sejauh mana penyimpangan dimensi yang terjadi selama proses *micro-drill* dilakukan.



Gambar 6. Stereo microscope dan digital kamera YW-200

Software yang digunakan untuk membantu peneliti dalam mengamati objek kerja adalah *Toup View* yang merupakan *software* untuk mengamati objek yang direkam oleh *microscope* digital. Berikut pada Gambar 7 dapat dilihat tampilan menu.



Gambar 7. Tampilan software Toup View

4 Hasil dan pembahasan

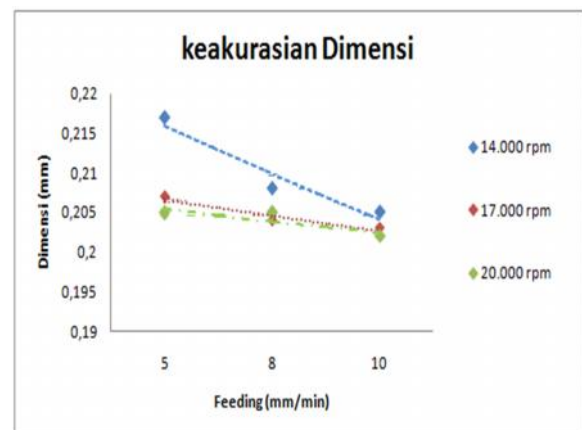
4.1 Pengukuran Lubang

Setelah dilakukan proses *micro-drill* pada material kuningan yang dipakai. Maka didapati nilai ukuran dimensi dari masing-masing lubang dengan parameter pemesian yang berbeda sebanyak

sembilan variasi. Hasil pengukuran dapat dilihat pada grafik yang terdapat pada Gambar 8.

Tabel 3. Hasil pengukuran rata-rata diameter lubang hasil penggurdian *micro*

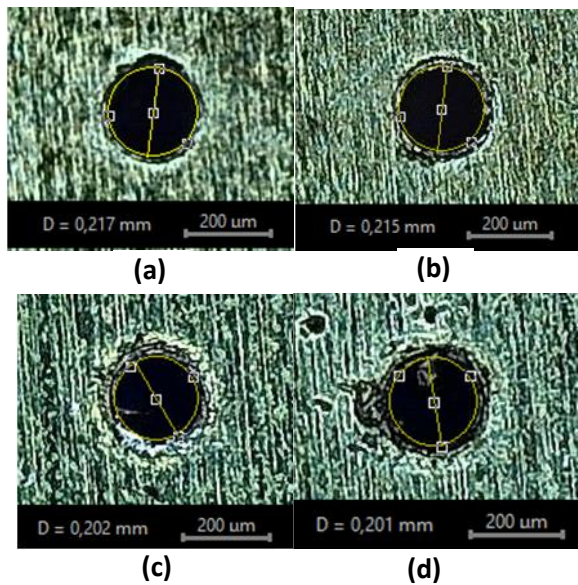
Spindle Speed (rpm)	Feed Rate (mm/min)	Diameter Lubang (mm)
14.000	5	0,217
	8	0,208
	10	0,205
17.000	5	0,207
	8	0,204
	10	0,203
20.000	5	0,205
	8	0,205
	10	0,202



Gambar 8. Grafik keakurasian dimensi lubang

Dari grafik pada Gambar 8 menggambarkan nilai keakurasian lubang hasil penggurdian *micro* dilihat dari dimensi lubang versus kecepatan pemakanan. Terdapat tiga penetapan nilai putaran spindle yang digunakan yaitu 14.000 rpm, 17.000 rpm, 20.000 rpm hal ini dilakukan untuk melihat pengaruh naiknya kecepatan putaran *spindle* terhadap keakurasian dimensi lubang. Untuk nilai kecepatan pemakanan yang ditetapkan yaitu tiga variabel dengan nilai 5 mm/min, 8 mm/min, 10 mm/min.

Dari grafik yang tersaji pada Gambar 8. Penyimpangan ukuran dimensi lubang yang terbesar dengan nilai 0.217 mm terjadi pada putaran spindle 14.000 rpm dengan kecepatan pemakanan terendah yang direncanakan yaitu 5 mm/min. Sedangkan penyimpangan ukuran diameter lubang terkecil dengan nilai 0.202 mm terjadi pada kecepatan putaran spindle 20.000 rpm dengan kecepatan pemakanan maksimum yang ditentukan yaitu 10 mm/min.



Gambar 9. (a) dan (b). Lubang penggurdian *micro* 14.000 rpm dan *feed rate* 5 mm/min, (c) dan (d). Lubang penggurdian *micro* 20.000 rpm dan *feed rate* 10 mm/min

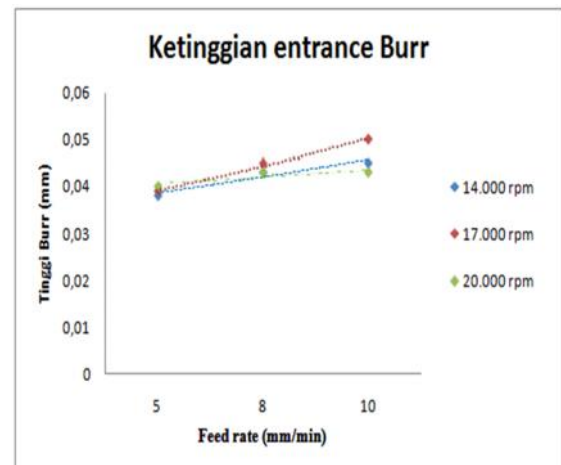
Hasil yang tertera pada gambar grafik keakurasian dimensi menunjukkan bahwa angka keakurasian dimensi lubang akan semakin meningkat sebanding dengan meningkatnya kecepatan putar spindel dan kecepatan pemakanan pemesian yang ditentukan.

4.2 Pembentukan Burr

Didapati dalam proses pengukuran bahwa terdapat beberapa lubang yang dibagian batas pinggirannya terbentuk salah satu fenomena pemesian pada lubang proses pemesian gurdi berupa *burr*.

Tabel 4. Hasil pengukuran rata-rata ketinggian *entrance burr* lubang hasil penggurdian *micro*

Spindle Speed (rpm)	Feed Rate (mm/min)	Ketinggian Burr (mm)
14.000	5	0,038
	8	0,043
	10	0,045
17.000	5	0,039
	8	0,045
	10	0,050
20.000	5	0,040
	8	0,043
	10	0,043



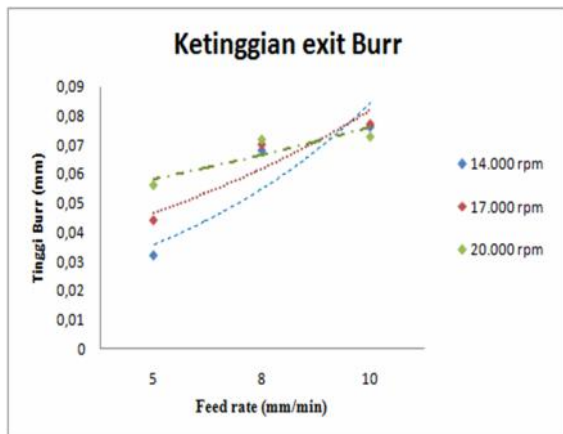
Gambar 10. Grafik ketinggian *entrance burr* pada pinggiriran lubang

Pengukuran ketinggian *burr* yang terbentuk pada bagian *entrance* dan *exit* lubang dilakukan dengan membelah lubang yang telah digurdi. Kemudian diukur menggunakan mikroskop untuk diketahui nilainya.

Dari hasil pengukuran, seperti yang tersajikan pada gambar 10 menunjukkan bahwa nilai rata-rata ketinggian *burr* pada bagian *entrance* lubang terletak pada parameter pemesian dengan kecepatan putar spindel 17.000 rpm pada kondisi *feed rate* 10 mm/min dengan nilai burr tertinggi yaitu 0,050 mm. Sedangkan ketinggian *burr* terendah didapat pada kondisi pemesian pada kecepatan putar spindel 14.000 dengan kondisi *feed rate* 5 mm/min dengan nilai 0,038 mm. Dari gambar grafik tersebut juga dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan angka ketinggian *burr* berbanding lurus dengan *feed rate*.

Tabel 5. Hasil pengukuran rata-rata ketinggian *exit burr* lubang hasil penggurdian *micro*

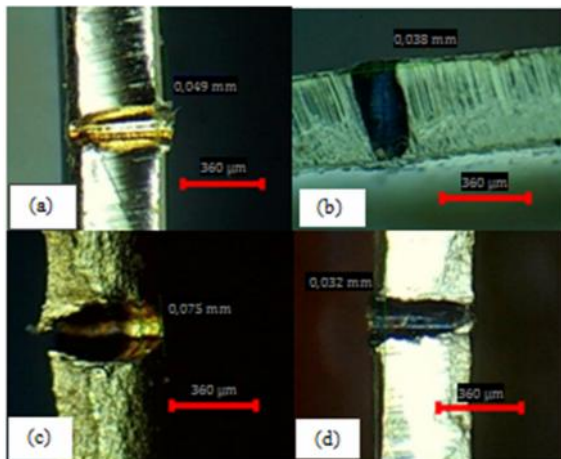
Spindle Speed (rpm)	Feed Rate (mm/min)	Ketinggian Burr (mm)
14.000	5	0,032
	8	0,068
	10	0,076
17.000	5	0,044
	8	0,070
	10	0,077
20.000	5	0,056
	8	0,072
	10	0,073



Gambar 11. Grafik ketinggian exit burr pada pinggiran lubang

Dari hasil pengukuran, seperti yang tersajikan pada gambar 11 menunjukkan bahwa nilai rata-rata ketinggian burr pada bagian exit lubang terletak pada parameter pemesian dengan kecepatan putar spindel 17.000 rpm pada kondisi feed rate 10 mm/min dengan nilai tertinggi burr yaitu 0,077 mm. Sedangkan ketinggian burr terendah didapat pada kondisi pemesian pada kecepatan putar spindel 14.000 dengan kondisi feed rate 5 mm/min dengan nilai 0,032 mm.

Gambar 12 menunjukkan potrait penampang lubang yang diamati dengan menggunakan stereo mikroskop. Gambar yang disajikan merupakan hasil dari pembacaan grafik yang terdapat pada gambar 10 dan 11.



Gambar 12. (a) ukuran ketinggian entrance burr tertinggi, (b). ukuran ketinggian entrance burr terendah, (c) ukuran ketinggian exit burr tertinggi, (d). Ukuran ketinggian exit burr terendah.

5. Kesimpulan

Penelitian pengaruh parameter pemesian terhadap kualitas lubang micro-drill telah berhasil dilakukan. Tahapan – tahapan pemesian dan pengukuran dilakukan untuk mendapatkan data-data hasil ukur yang diinginkan. Dari data pengukuran didapati bahwa penyimpangan ukuran dimensi

lubang yang terbesar dengan nilai 0.217 mm terjadi pada putaran spindel 14.000 rpm dengan kecepatan pemakanan terendah yang direncanakan yaitu 5 mm/min. Sedangkan penyimpangan ukuran diameter lubang terkecil dengan nilai 0.202 mm terjadi pada kecepatan putaran spindel 20.000 rpm dengan kecepatan pemakanan maksimum yang ditentukan yaitu 10 mm/min.

Hasil tersebut menyimpulkan bahwa angka keakurasian dimensi lubang akan semakin meningkat sebanding dengan meningkatnya kecepatan putar spindel dan kecepatan pemakanan pemesian yang ditentukan.

Nilai ketinggian burr di bagian entrance lubang terjadi pada kecepatan putar spindel 17.000 rpm dan pada kondisi feed rate 10 mm/min dengan nilai tertinggi burr yaitu 0,050 mm. Sedangkan ketinggian burr terendah didapat pada kondisi kecepatan putar spindel 14.000 dengan kondisi feed rate 5 mm/min dengan nilai 0,038 mm.

Untuk exit burr ketinggian burr pada bagian exit lubang terjadi pada parameter pemesian dengan kecepatan putar spindel 17.000 rpm pada kondisi feed rate 10 mm/min dengan nilai tertinggi burr yaitu 0,077 mm. Sedangkan ketinggian burr terendah didapat pada kondisi pemesian pada kecepatan putar spindel 14.000 dengan kondisi feed rate 5 mm/min dengan nilai 0,032 mm.

Hasil pengujian ini dapat digunakan untuk pengembangan kemampuan pemesian micro di Laboratorium Desain dan Manufaktur Unsyiah.

6. Daftar pustaka

- [1] Hasan, M., Zhao, J., & Jiang, Z., 2017, A review of modern advancements in micro drilling techniques, *Journal of Manufacturing Processes*, 29, 343-375.
- [2] Koepfer, C, 2009, *Micro-drilling. some questions to think about*. Production Machining, Cincinnati, USA.
- [3] Zheng, X. H., Liu, Z. Q., An, Q. L., Chen, M., & Wang, C. Y., 2012, Experimental research on the high speed drilling of PCB using microdrill, *In Advanced Materials Research* (Vol. 426, pp. 223-226). Trans Tech Publications.
- [4] Chaanthini, M. K., Murugappan, S., & Arul, S., 2017, Study on Hole Quality in Drilling AA 6063 Plate under Cryogenic Pre-Cooling Environment, *Materials Today: Proceedings*, 4(8), 7476-7483.
- [5] Irham. M., 2016, Pengaruh Kecepatan Penghasilan Geram Terhadap Keausan Tepi Mata Potong HSS (*High Speed Steels*) End Mill Pada Proses Milling Terhadap Baja Karbon Sedang, *Tugas akhir*, Universitas Syiah Kuala.
- [6] Kumar, P., Kumar, M., Bajpai, V., & Singh, N. K., 2017, Recent advances in characterization, modeling and control of burr formation in micro-milling, *Manufacturing Letters*, 13, 1-5.

- [7] Rahdiyanta, D., 2010, *Buku 4 Proses Gurdi (Drilling)*, Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.