

Pengaruh Pelapisan Nikel pada Tool End Mill HSS Terhadap Nilai Kekerasan dan Temperature Proses Milling Alumunium 6061

Agus Sifa¹, Tito Endramawan¹, Haerul Aryadi¹, Casiman sukardi²

¹Perancangan Manufaktur, Politeknik Negeri Indramayu, Indramayu, Indonesia.

² Teknik Pengecoran Logam, Politeknik Manufaktur Bandung, Bandung, Indonesia.

ABSTRAK – Proses permesinan metode *dry machining milling* adalah proses permesinan tanpa tambahan pendingin. Metode *dry machining milling* mempunyai beberapa masalah saat proses permesinan yaitu suhu *tool* dapat mudah naik dan berdampak besar terhadap keausan pada *tool*. Tujuan penelitian ini mengembangkan metode *dry machining* dengan variasi *tool* yang dilapisi oleh *nickel*, dengan memanfaatkan sifat material *nickel* yang dapat menahan panas dan korosi. Pelapisan *nickel* yang digunakan pada *tool* akan berpengaruh pada parameter suhu *tool*. Metode pelapisan *nickel* yang akan dilakukan pada *tool* dengan menggunakan metode electroplating. metode ini adalah satu metode pelapisan logam yang sering disebut elektrodeposisi, atau proses pengendapan logam pelapis pada logam induk dengan cara elektrolisis. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode pengujian eksperimental untuk mendapatkan parameter suhu *tool* dan kekerasan pada lapisan *tool*. Tegangan dan arus yang digunakan pada proses electroplating adalah 6 V dan 0.7 A dengan waktu 5 menit, 10 menit dan 15 menit. Hasil ketebalan lapisan *nickel* sebesar 0.024 mm dalam waktu 15 menit, jadi setiap 5 menit lapisannya adalah 0.008 mm. Proses pengujian eksperimental menggunakan *tool* HSS Ø12 / 4 F dan benda kerja alumunium 6061. Hasil *tool* yang tidak dilapisi *nickel*(*uncoated*) pada pemakanan 3 mm, kecepatan spindle 3000 rpm, menunjukkan suhu 73.6 °C, sedangkan *tool* yang dilapisi *nickel*(*coated*) menunjukkan suhu 58.6 °C, sehingga nilai rata-rata kekerasan pada lapisan *nickel* yaitu 279.9 HV.

Kata kunci: Permesinan kering milling, Electroplating nikel, end-mill, suhu pahat

ABSTRACT – The machining process of *dry machining milling* method is a machining process without additional coolant, but this method has several problems during the process and after the machining process, namely Tool temperature can easily rise and has a major impact on tool wear, so the purpose of this research is to develop a *dry machining* method with variations tools that are coated with nickel, by utilizing the properties of nickel material that can withstand heat and corrosion, therefore a nickel coating is used on the tool which will affect the temperature parameters of the tool. The coating method that will be carried out is the electroplating method. This method is a metal coating method which is often called electrodeposition, or the process of depositing the coating metal on the base metal using electrolysis. This research was carried out using experimental testing methods to obtain tool temperature parameters and hardness on the tool coating. The voltage used in the electroplating process is 6 V/ 0.7 A for 5, 10, and 15 minutes to produce a nickel layer thickness of 0.024 mm in 15 minutes, so every 5 minutes the layer is 0.08 mm. The experimental testing process used the HSS tool Ø 12 / 4 F and a aluminum 6061 workpiece which resulted in an intermediate temperature that was not coated with nickel (*uncoated*) at 3 mm feeding spindle speed 3000 rpm the temperature reached 73.6 °C while that which was coated with nickel (*coated*) the temperature only reached 58.6 °C, and get an average hardness value on the nickel layer, which is 279.9 HV.

Keyword: *Dry machining milling*, Electroplating nickel end mill, Temperature tool

Dikirim: 27 September 2023; Direvisi: 28 November 2023; Diterima: 29 November 2023

PENDAHULUAN

Penulisan Di era globalisasi ini perkembangan teknologi manufaktur semakin berkembang pesat seiring dengan pertumbuhan manusia, kebutuhan akan suatu pekerjaan pun semakin meningkat. Perkembangan teknologi di dibidang manufaktur terdapat juga mesin *milling* otomatis yang biasa kita sebut *Control Numeric Computer* (CNC). Mesin CNC secara konsisten lebih efisien untuk pengerjaan pemesinan secara massal. Penggunaan mesin CNC konvensional dalam proses *cutting*, *drilling*, *tapping* dan proses pemesinan lainnya akan memberikan hasil yang sulit sekali akurat dan cukup menyita waktu karena hasil produksi akan tergantung dari kemampuan operator yang melakukan proses tersebut [1]. Dalam proses permesinan *milling* terdapat pergerakan pemakanan pahat dengan benda kerja, dapat menghasilkan panas pada daerah yang mengalami kontak langsung [2].

Sebagian proses pemesinan menggunakan metode pendinginan basah atau *wet machining* tergantung pada jenis material pahat, benda kerja dan struktur benda kerja. Penggunaan metode pendinginan basah juga dapat mengeluarkan biaya berkisar antara 7% - 17% dari total biaya produksi benda kerja, selain itu area kerjapun kotor. Berbeda dengan menggunakan permesinan kering atau *dry machining* yang memiliki keunggulan tidak menyebabkan polusi udara, tidak meninggalkan kotoran, tidak membahayakan kesehatan, tidak membahayakan bagi kulit dan bebas alergi [3].

dry machining adalah cara ideal untuk mengurangi dampak kesehatan dan lingkungan. Oleh karena itu, banyak peneliti dari kalangan industri yang tertarik dengan ide pemesinan untuk menciptakan lingkungan yang sehat dan bersih karena cairan pendingin yang dihilangkan [4]. Meskipun *dry machining* merupakan pilihan ramah lingkungan, ada beberapa kelemahan dalam proses pemesinannya. Kelemahan utama dari *dry machining* adalah kecenderungan untuk menghasilkan suhu tinggi yang dapat menyebabkan keausan pahat yang berlebihan. Kerugian lainnya adalah serpihan yang dihasilkan selama *dry machining* cenderung berkerut di ujung pahat dan di zona pemotongan, yang dapat memperpendek masa pakai pahat dan menghasilkan penyelesaian atau *finishing* permukaan yang buruk [5].

Elektroplating merupakan salah satu metode pelapisan lapisan logam yang dapat mempengaruhi parameter *tool ware*. Pada penelitian P. Ebenezer Sathish Paul dkk. telah melakukan eksperimental pengujian pemakanan perbandingan antara *end mill* yang di lapisi oleh material *nickel* dan tidak di lapisi, menyimpulkan bahwa *end mill* yang dilapisi *nickel* memiliki kinerja yang lebih baik dan lebih tahan aus. Hasil pengujian keausan menunjukkan *end mill* yang tidak dilapisi memiliki tingkat keausan atau (*tool wear*) yang lebih banyak sekitar 1,48 mm dan *end mill* yang dilapisi *nickel* sekitar 0,5 mm [6]. Perubahan suhu juga dapat mempengaruhi kinerja pelapisan *nickel* dan solusi proses lainnya. secara khusus, suhu dapat memengaruhi rentang kecerahan hasil lapisan, keuletan, kekerasan, tegangan internal [7].

Pemesinan *milling* merupakan salah satu metode yang banyak digunakan untuk memproduksi komponen dari material aluminium. Operasi pemesinan dilakukan tanpa adanya cairan pemotongan yaitu pemesinan kering lebih aman untuk operator, lingkungan, dan juga berkontribusi terhadap pengurangan secara keseluruhan terhadap biaya produksi. Pemesinan kering juga menyebabkan pengurangan penggunaan minyak pemotongan, konsumsi energi dan limbah industri [8].

Elektroplating adalah proses perpindahan ion logam dengan bantuan arus listrik melalui elektrolit sehingga ion logam mengendap pada benda padat konduktif membentuk lapisan logam. Ion logam diperoleh dari elektrolit atau dengan melarutkan anoda logam dalam elektrolit. Endapan terbentuk pada benda kerja, yang bertindak sebagai katoda. Lapisan logam yang mengendap bisa disebut deposit. Ketika arus listrik dihubungkan dengan sebuah elektroda yang dihubungkan dengan kutub negatif disebut katoda dan elektroda positif disebut anoda. Objek yang dilapisi harus konduktif secara elektrik dan bertindak sebagai katoda, yang disebut benda kerja. Elektroplating dengan anoda aktif menggunakan anoda logam yang murni. Arus mengalir dari anoda menuju katoda melalui elektrolit [8].

Material yang sering digunakan untuk pelapisan adalah *nickel*. *Nickel* memiliki sifat tahan panas, tahan korosi, tahan terhadap air laut dan alkali, akan tetapi nikel dapat rusak oleh asam nitrat, klorin, dan asam sulfat

[9]. Uji Kekerasan adalah kemampuan suatu bahan logam untuk menahan gaya berupa penetrasi, sedangkan kekuatan adalah kemampuan suatu bahan logam untuk menerima suatu gaya sebagai tegangan tanpa mengalami rusak. Kedua sifat mekanik logam yang disebutkan di atas merupakan sifat mekanik yang mewakili kemampuan suatu logam atau material dengan menerima beban atau gaya tanpa merusak logam tersebut [10]. Dalam proses pemesinan, pengukuran suhu diperlukan untuk mendapatkan gambaran lengkap mengenai karakteristik termal pemesinan. Berbagai macam keahlian diperlukan dalam aspek ini untuk memahami dan memodelkan berbagai fenomena yang terjadi selama operasi pemesinan. Terjadinya suhu yang sangat tinggi selama operasi pemesinan berpotensi menyebabkan peningkatan biaya produksi. Peningkatan suhu selama pemesinan secara signifikan mempengaruhi struktur mikro material, mengurangi kualitas pahat, dan korelasinya, sehingga diperlukan kontrol suhu yang lebih baik [11].

Berdasarkan uraian dan permasalahan diatas bisa kita simpulkan bahwa proses pendinginan air dan kering masih belum maksimal, sehingga diperlukan pelapisan *tool* yang dapat mengurangi keausan pada *tool* dan keefektifan dalam pemakaian proses pemesinan *milling*. Penelitian yang akan dilakukan yaitu mengenai pengaruh lapisan elektroplating *nickel* dan perbedaan suhu *tool*. Pada proses pemesinan *milling* menggunakan mesin *milling Computer Numeric Control (CNC)* dan variasi metode yang akan dilakukan adalah *dry machining* tanpa lapisan (*uncoated*) dan dengan lapisan *nickel (coated)*.

METODE

Material Benda Kerja

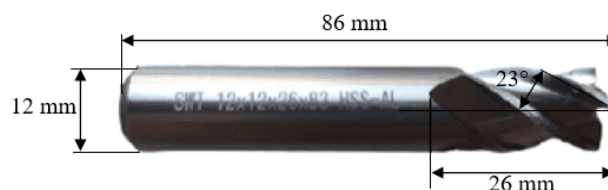


Gambar 1. Material aluminium 6061 (50 x 50 x 50 mm)

Tabel 1. Spesifikasi Material aluminium 6061 [12]

Spesifikasi aluminium 6061	
<i>Density</i>	2700 kg/m ³
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	290 MPa
<i>Yield Strength</i>	240 MPa
<i>Young's Modulus of Elasticity</i>	69 GPa
<i>Brinell Hardness</i>	105 BHN
<i>Melting Point</i>	600 °C
<i>Thermal Conductivity</i>	150 W/m.K
<i>Heat Capacity</i>	896 J/ kg. K

Material Tool (HSS)

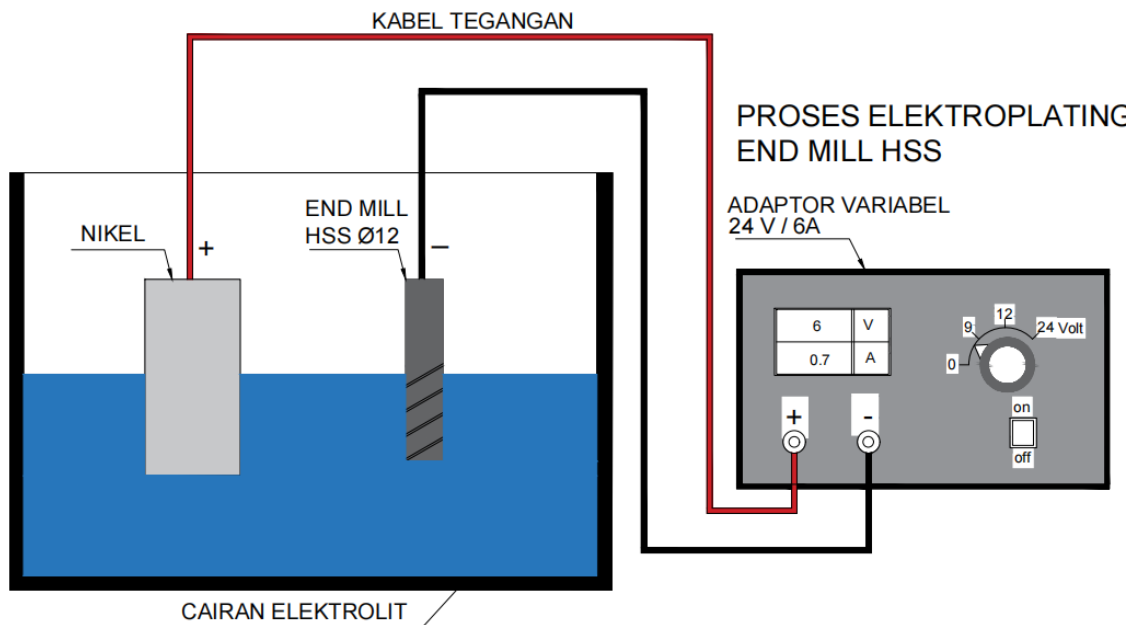


Gambar 2. Tool HSS**Tabel 2.** Spesifikasi material HSS [13].

Nama	High-speed steel
Phase at STP	N/A
Density	78160 kg/m ³
Ultimate Tensile Strength	1200 MPa
Yield Strength	1000 MPa
Young's Modulus of Elasticity	200 GPa
Brinell Hardness	720 BHN
Melting Point	1430 °C
Thermal Conductivity	41 W/mK
Heat Capacity	470 J/g K

Desain Eksperimen Electroplating

Desain eksperimen proses electroplating untuk melakukan pelapisan pada permukaan *end mill* HSS, dapat dilihat pada Gambar 3.

**Gambar 3.** Desain Ekperimen Electroplating

Sebelum melakukan proses electroplating *end mill* pertama yang dilakukan adalah pembuatan cairan *nickel*, dengan mencampurkan cairan CH_3COOH 300 ml dan garam 43 gram ke gelas lab kemudian dilakukan pengadukan sampai merata dan proses electroplating selama 2 jam dengan anoda (*nickel*) dan katoda End mill HSS dengan tegangan 6 V / 0.7 A.

Pengujian permesinan CNC pada end mill

Setelah proses pelapisan pada *end mill*, kemudian melakukan proses pengujian pada mesin CNC bertujuan untuk mengetahui temperature *end mill* HSS yang telah dilapisi oleh material *nickel* dengan parameter permesinan kecepatan pemakan, kedalaman pemakanan yang telah ditentukan, mesin CNC yang digunakan merk HURCO, proses pengujian dilakukan pada benda kerja aluminium 6061.

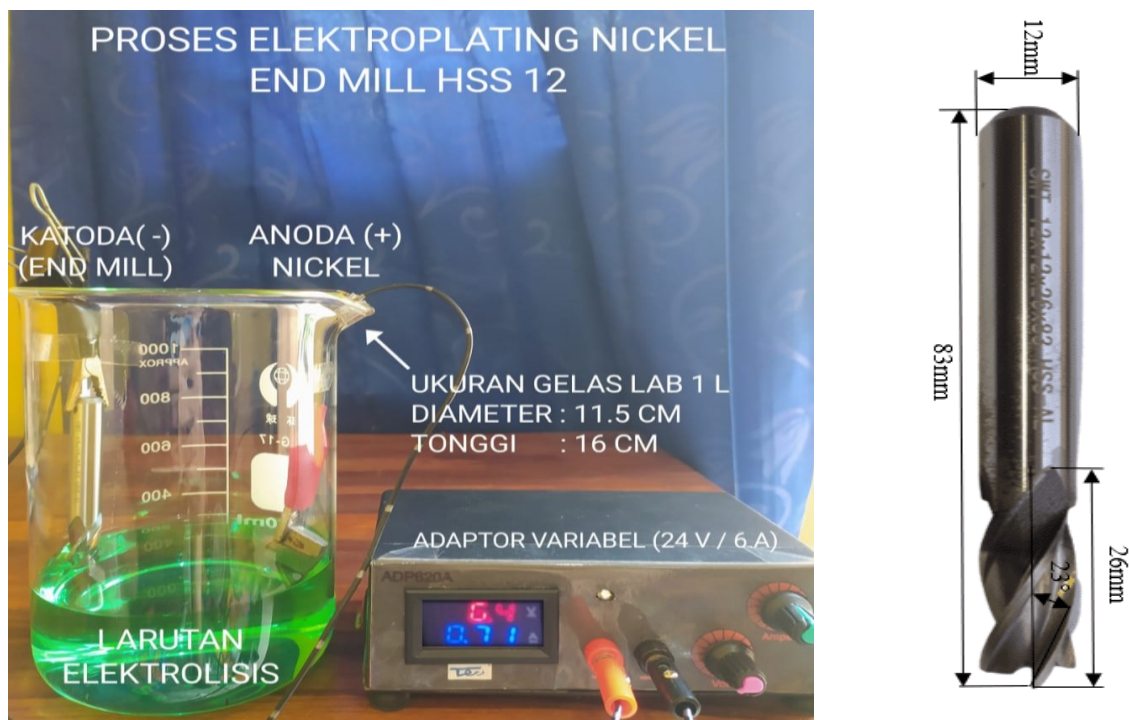
Tabel 3. Parameter yang digunakan

	Parameter
Kecepatan Spindel	1000-2000-3000 Rpm
Variasi pendingin	<i>Dry machining (uncoated) dan Dry machining dengan (coated) nickel</i>
Kedalaman pemakanan	0.3-0.6-0.9-1-2-3 mm
Benda Kerja	Alumunium 6061
<i>Tool end mill</i>	<i>End mill Ø12 HSS / 4 F</i>
Mesin <i>milling</i> CNC	HURCO VM20
Pelapisan <i>nickel</i>	5,10,15 min 6 V / 0.7 A
Jenis pemakanan	<i>facing</i>
Material pelapisan	<i>Nickel</i>

HASIL EKSPERIMEN

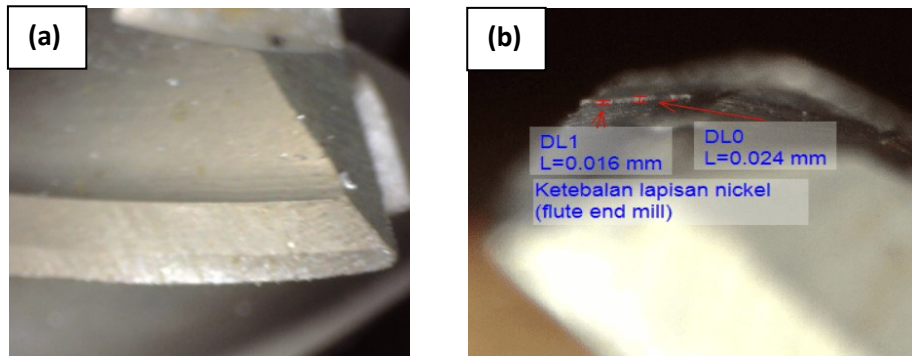
Pengamatan Mikrostruktur

Proses *electroplating* dengan material *nickel* pada *tool end mill* ditunjukkan pada Gambar 4. Persiapan proses *electroplating* terlebih dahulu dibuat cairan *nickel*, kemudian dilakukan pembersihan katoda terlebih dahulu dengan cairan CH_3COOH yang bertujuan sebagai poin berhasilnya pelapisan, maka *tool end mill* siap untuk proses pelapisan. Proses pelapisan *nickel* pada *end mill* dengan parameter yang sudah di tentukan yang akan menghasilkan ketebalan lapisan 0.08 mm per 5 menit.

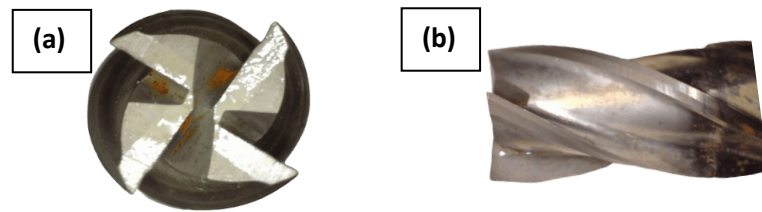


Gambar 4. Proses elektroplating *nickel* pada *end mill* (kiri), *End mill* setelah proses elektroplating 15 min (kanan)

Hasil dari proses elektroplating selama 15 menit menghasilkan ketebalan lapisan sebesar 0.024 mm jadi setiap proses elektroplating dalam waktu 5 menit menambah lapisan *nickel* sekitar 0.008 mm, di ukur menggunakan alat digital mikroskop *dino-lite* [14] dengan *zoom in* 110X pada Gambar 5. Berikut gambar hasil lapisan *nickel* pada bagian *flute end mill* (Gambar 6).



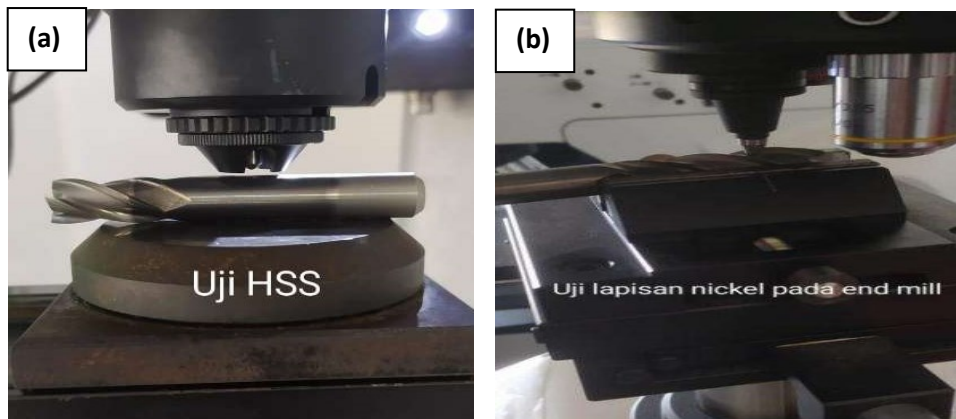
Gambar 5. (a) sebelum uji *dry machining* (b) setelah uji *dry machining*



Gambar 6. (a) Tampilan depan *tool* (b) Tampilan samping *tool*

Uji Kekerasan Tools HSS dan HSS yang dilapisi material nickel

Data hasil pengujian kekerasan material HSS menggunakan alat uji vickers inovates dengan penekanan (Hv 20 Kg) selama 15 detik, sedangkan lapisan *nickel* menggunakan alat *micro hardness* (Hv 300 gram) selama 15 detik (Gambar 7).

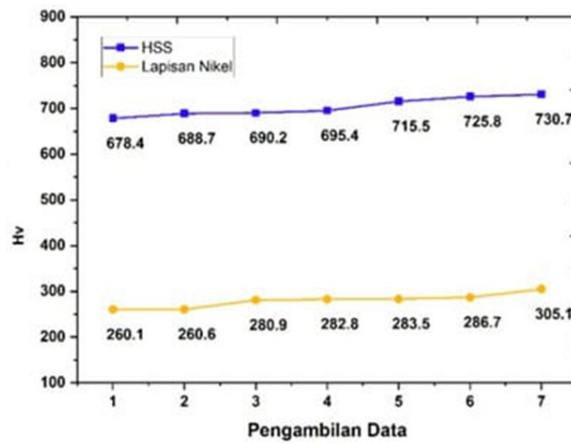


Gambar 7. Pengambilan data kekerasan (a) *tool HSS* (b) lapisan *nickel*

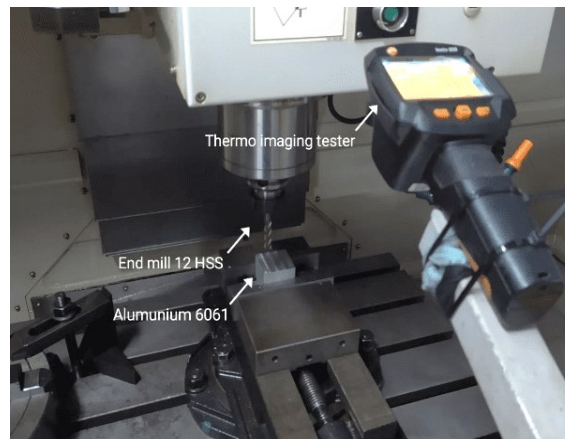
Setelah melakukan pengujian kekerasan menggunakan uji vickers mendapatkan data kekerasan material, data ini bertujuan untuk mengetahui kekerasan antara material HSS dan lapisan *nickel*, pada Gambar 8 menunjukkan grafik bahwa material HSS nilainya lebih keras dibandingkan dengan lapisan *nickel*, *HSS end mill* yang dilapisi memiliki kekerasan yang lebih tinggi [15].

Pengujian permesinan *Dry Machining*

Pengambilan data suhu bertujuan untuk mengetahui perbandingan suhu *tool* antar *uncoated nickel* dengan *coated nickel*, ketika proses *milling dry machining* dengan menggunakan alat *thermos imaging tester*. Gambar 9 *set up* eksperimen *dry machining*.



Gambar 8. Pengambilan data kekerasan (a) *tool HSS* (b) lapisan *nickel*



Gambar 9. Pengambilan data *Dry machining (uncoated)*

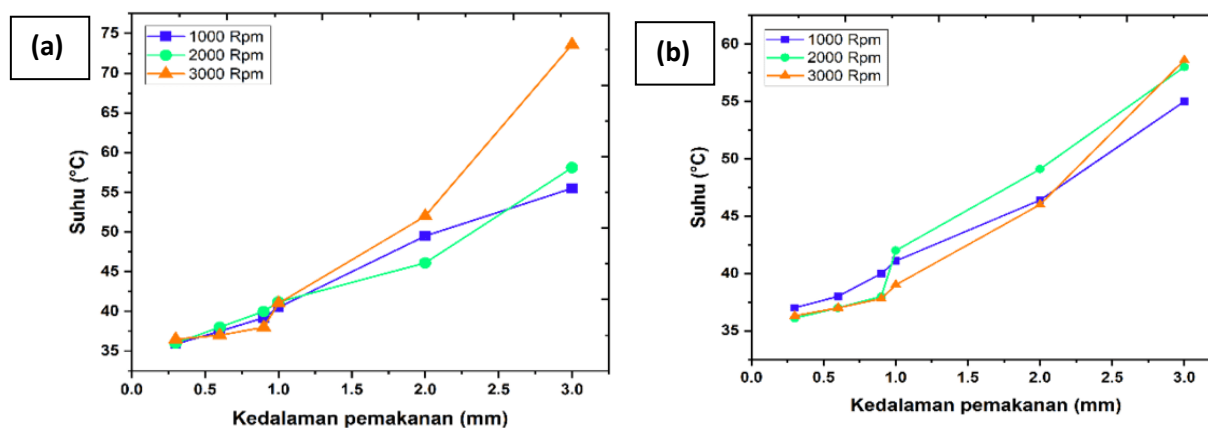
Setelah melakukan proses pengolahan data mendapatkan perbandingan suhu *tool* seperti pada tabel 5.

Tabel 5. Data suhu *tool dry machining* tanpa lapisan *nickel (uncoated nickel)*.
dry machining tool (uncoated nickel)

Spindel speed (rpm)	Depth of cut (mm) dan temperature°C					
	0.3	0.6	0.9	1	2	3
1000	35.9	37.5	39.2	40.5	49.5	55.5
2000	36	38	40	41.2	46.1	58.1
3000	36.5	37	38	41	52	73.6

Spindel speed (rpm)	Depth of cut (mm) dan temperature°C					
	0.3	0.6	0.9	1	2	3
1000	37	38	40	41.1	46.4	55
2000	36.1	37	38	42	49.1	58
3000	36.3	37	37.8	39	46	58.6

Pada tabel 5 dan Gambar 10 menunjukkan bahwa *tool* (*uncoated nickel*) mendapatkan data suhu terendah yaitu 35.9 °C pada *depth of cut* 0.3 mm dengan *spindel speed* 1000 rpm dan suhu tertinggi pada *depth of cut* 3 mm *spindel speed* 3000 rpm dengan suhu 73.6 °C. Sedangkan pada *tool* (*coated nickel*) mendapatkan data suhu terendah yaitu 36.1 °C pada *depth of cut* 0.3 mm dengan *spindel speed* 1000 rpm dan suhu tertinggi pada *depth of cut* 3 mm *spindel speed* 3000 rpm dengan suhu 58.6 °C yang artinya *coated nickel* pada *tool end mill* berpengaruh menurunkan suhu sebesar 26 %, *end mill* HSS yang dilapisi nickel lebih unggul dibandingkan dengan *end mill* HSS tanpa dilapisi [16].



Gambar 10. Grafik suhu *Dry machining* (a) (*uncoated nickel*) dan (b) (*coated nickel*)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian eksperimen dapat disimpulkan bahwa parameter lapisan *nickel* bisa melapisi dengan baik *tool end mill*, yaitu menggunakan variasi waktu 5, 10 dan 15 min dengan 6 Volt 0.7 A dengan larutan CH_3COOH yang sudah di proses electroplating selama 2 jam sehingga menjadi cairan *nickel*. Hasil pelapisan yang maksimal dengan waktu 15 menit sebesar 0.024 mm, dimana setiap 5 menit, proses electroplating *nickel* akan melapisi *end mill* sebesar 0.008 mm. Pengujian pada permesinan CNC telah menunjukkan bahwa *tool end mill* yang memiliki lapisan *nickel* (*coated*) mempunyai suhu lebih rendah sebesar 26 % dibandingkan dengan *tool end mill* tanpa lapisan *nickel* (*uncoated*). Nilai rata rata kekerasan *tool end mill* setelah dilapisi *nickel* (*coated*) adalah sebesar 279.9 HV.

REFERENSI

1. T. D. A. Dalmasius Ganjar Subagio, "The Use Of Open Source Software For Open Architecture System," *Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*, p. 1, 2011.
2. M. G. D. R. B. S. Pavel Kovac, "Using the temperature method for the prediction of tool life in sustainable production," *Measurement*, 2019.
3. A. . Sifa, T. Endramawan, D. Suwandi, M. P. Putra, and M. A. Amat, "Utilization of Minimum Quantity Lubrication (MQL) Chip Fan on SS304 During Milling Process to Increase Carbide Tool Life", *Int. J. Automot. Mech. Eng.*, vol. 19, no. 4, pp. 10073–10083, Dec. 2022.
4. M. H. J. Haider, "Health and Environmental Impacts in Metal Machining Processes,," *Comprehensive Materials Processing*, vol. 7, p. 24, 2014.
5. M. A. A. P. A. K. B. Sujana Debnath, "Chapter 5 - Nanofluid-minimum quantity lubrication system in machining: towards clean manufacturing,," *Sustainable Manufacturing*, pp. 109-135,, 2021.
6. P. E. S. Paul, Shivashankara, J. N. J. Roy, A. A. Munaf, M. Karpakaraj and S. R. Kanna, "An experimental investigation of tool wear rate in end mill HSS-AL with nickel coated tool,," *ScienceDirect*, vol. 1, p. 6, 2021.

7. M. Poroch-Seritana, S. Gutt, G. Gutt, I. Cretescu, C. Cojocarub and T. Severin, "Design of experiments for statistical modeling and multi-response optimization of nickel electroplating process," *ScienceDirect*, vol. 89, no. 2, p. 138, 2011.
8. P. S. Huda, *Teknologi Industri Elektroplating*, Universitas dipenogoro: Researchgate.com, 2022.
9. Kardiman and N. Fauji, "Pengaruh Kuat Arus dan Waktu Elektroplating Nikel terhadap Kekerasan dan Laju Korosi Baja," *Jurnal Rekayasa Mesin*, p. 2, 2021.
10. F. P. S. A. M. A. L. Fentje Abdul Rauf, "Uji Kekerasan Dengan Menggunakan Alat Microhardness Vickers Pada Berbagai Jenis Material," *Jurnal tekno mesin*, 2018.
11. M. D. G. K. P. B. J. M. Varatharajulu, "Tool temperature thermographic study on end milling magnesium AZ31 using carbide tool," *Materials Chemistry and Physics*, vol. 295, 2023.
12. m. properties, "material properties 6061 alloy density strength hardness melting point," 2021. [Online]. Available: <https://material-properties.org/6061-alloy-density-strength-hardness-melting-point/>.
13. N. Connor, "Material Properties," US, 2021. [Online]. Available: <https://material-properties.org/what-is-high-speed-steel-hss-definition/>. [Accessed 7 maret 2023].
14. M. Azwar Amat dan M. Luthfi, "Teknik Pemrosesan Gambar Digital pada Hasil Pengelasan TIG Aluminium Paduan untuk Aplikasi Pengukuran Lebar Manik Las", *JAMET*, vol. 2, no. 1, hlm. 10–18, Jun 2023
15. Barthelmä, F., Frank, H., Schiffler, M., & Bartsch, A. "Hard coatings to improve the machining of nickel based materials." *Procedia CIRP* 46 (2016): 294-298.
16. Paul, P. E. S., Roy, J. N. J., Munaf, A. A., Karpakaraj, M., & Kanna, S. R. "An experimental investigation of tool wear rate in end mill HSS-AL with nickel coated tool." *Materials Today: Proceedings* 45 (2021): 7086-7092.