

## Karakterisasi Profil Permukaan Nikel dalam Proses *Biomachining* dengan Menggunakan Bakteri *Acidithiobacillus feroxidans* NBRC 14262

Jos Istiyanto<sup>1,a\*</sup>, Mohamad Taufiqurrahman<sup>1,b</sup>, Pragistyo Machmud<sup>1</sup>, Gandjar Kiswanto<sup>1</sup>, Imam Santoso<sup>1</sup>, Tae Jo Ko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia

<sup>2</sup> School of Mechanical Engineering, Yeungnam University, South Korea

<sup>a</sup> josist@eng.ui.ac.id, <sup>b</sup> mohamad.taufiqurrahman@ui.ac.id

### Abstrak

Teknologi fabrikasi berskala mikro saat ini sangat bervariasi dan sedang terus dikembangkan. Salah satu proses alternatif dalam fabrikasi mikro yang mengedepankan *green-manufacturing* adalah *biomachining*. Proses ini memiliki keunggulan yaitu ramah lingkungan, konsumsi energi yang rendah, dan tidak menyebabkan *thermal damage* pada benda kerja. Terdapat jenis bakteri yang dapat melakukan pemakanan pada logam sebagai sumber energinya, salah satunya adalah *Acidithiobacillus ferooxidans*. Penelitian kali ini bertujuan untuk mengkarakterisasi material nikel dengan proses *biomachining*. Data yang akan diamati ialah bentuk profil permukaan dan beberapa parameter lain berupa plot kontur, tingkat kedalaman permukaan, MRR (*material removal rate*), SMRR (*specific material removal rate*), dan *roughness average* dari permukaan hasil pemakanan. Pengujian dilakukan dengan variabel waktu pemakanan yaitu 6, 12, dan 24 jam. Data bentuk profil dan tingkat kedalaman pemakanan diukur menggunakan mesin SURFCOM. Hasil penelitian yaitu didapat bahwa nilai tingkat kedalaman, MRR, SMRR, dan *roughness average* berbanding lurus dengan parameter waktu pemakanan *biomachining*.

**Kata kunci :** *Biomachining*, nikel, *Acidithiobacillus ferooxidans*, *photolithography*, *micromachining*, *material removal rate*

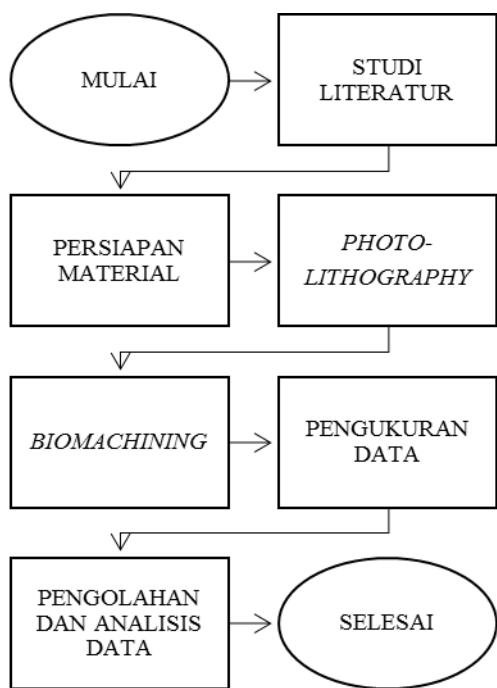
### Pendahuluan

Ilmu fabrikasi mikro saat ini sedang terus-menerus dikembangkan. Perkembangan teknologi untuk manufaktur berukuran mikro dan nano meliputi bidang teknologi informasi, kedokteran seperti *micro-needle* dan juga beberapa aplikasi teknik seperti *micro gear* dan *micro heat exchanger*. Dengan beracuan pada prinsip *green manufacturing*, salah satu teknik alternatif yang sedang dikembangkan dengan basis biologi disebut *biomachining*, yang dilakukan dengan *cutting tool* berupa mikroorganisme [1,2]. Teknik ini masih sangat baru dan belum konvensional, namun memiliki prospek yang baik. Umumnya, teknik yang banyak dikembangkan yaitu *micromachining*, teknik pemesinan yang merekayasa bentuk sebuah material yang melibatkan proses pemakanan benda kerja dan lainnya, namun dalam skala mikro. Beberapa contoh teknik yang tergolong dalam *micromachining* yaitu *micro-turning*, *micro-milling*, *abrasive jet machining*, EDM, dll. [3-6]. Tetapi, beberapa teknik tersebut diatas masih memiliki kekurangan di beberapa sisi, yaitu terkait dengan pengaruh *scaling* yang dilakukan akan mempengaruhi efisiensi *cutting tool*, pengaruh termal yang dapat merusak permukaan produk, serta efisiensi energi yang relatif rendah.

Proses *biomachining* terkenal unggul dengan prinsip ramah lingkungannya karena *cutting tool* yang berupa bakteri tidak memiliki pengaruh yang buruk terhadap lingkungan sekitar karena bakteri diambil langsung dari alam, yang kemudian dikembangkan dalam sebuah laboratorium tanpa merubah sifatnya. Selain itu, keberadaan bakteri yang tidak pernah habis di alam, tidak menimbulkan pengaruh termal, penggunaan energi eksternal yang relatif sedikit, dll.

Penelitian sebelumnya telah mampu mengkarakterisasikan pemakanan bakteri terhadap beberapa variasi jenis logam sebagai benda kerjanya. Pada penelitian kali ini akan dilakukan pengujian untuk mendapatkan karakterisasi pemakanan logam nikel pada proses *biomachining* dengan bakteri berjenis *Acidithiobacillus ferooxidans*. Penelitian ini menggunakan variabel waktu pemakanan sebagai parameter yang dibandingkan dengan kecepatan pemakanan.

## Metodologi Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Tahapan menyeluruh dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1, yang dimulai dari mempelajari literatur dari beberapa referensi yang ada hingga mengambil dan analisis data pengukuran sampel.

## Persiapan Alat dan Material

Tahapan ini merupakan awal dari praktikum yang dilakukan yang meliputi pemotongan benda kerja material tembaga, pengamplasan dan pemolesan permukaan, dan penimbangan massa awal benda kerja. Material dipersiapkan agar permukaannya menjadi halus serta mudah dalam proses pengambilan data.

Selain material, terdapat beberapa alat bantu yang harus dipersiapkan seperti pinset, sarung tangan, gelas beaker, serta alat dudukan sampel saat sedang dalam proses *biomachining*.

## Photolithography

Pembuatan pola pada benda kerja dilakukan dengan teknik *maskless photolithography*, yang menggunakan cahaya tampak dan *DLP projector* sebagai sumber cahaya. Proses ini menggunakan cairan kimia *photoresist* dan seluruh paketnya yang meliputi *developer*, *remover*, dan *negative photoresist*. Pola yang digunakan berbentuk seperti barisan jalur yang

biasa disebut *channel*, dengan 3 *channel* tertutup cahaya dan area tersisa di sekitar *channel* terkena cahaya. Tentu *resist* yang terkena cahaya akan mengeras dan bertahan di permukaan benda kerja karena proses *exposure* cahaya tampak.

## Biomachining

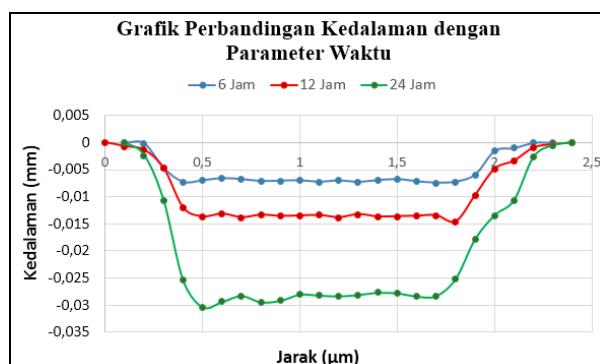
Proses *biomachining* dalam penelitian ini menggunakan bakteri berjenis *Acidithiobacillus ferrooxidans*. Setiap sampel disiapkan bakteri medium 9K dalam sebuah gelas beaker sebanyak 250 mL.

## Pengambilan data

Metode pengukuran hasil kontur dan kedalaman pemakanan dilakukan menggunakan mesin SURFCOM. Data yang didapat nantinya akan diplot menjadi sebuah grafik simulasi kontur dari seluruh *channel* yang terbentuk.

## Hasil dan Pembahasan

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini yaitu bentuk kontur kedalaman, *roughness average* (*R<sub>a</sub>*) permukaan, dan kecepatan pemakanan (*MRR* dan *SMRR*) pada benda kerja nikel *channel* yang telah dilakukan proses *biomachining* dengan waktu pemakanan selama 6, 12, dan 24 jam. Hasil pengolahan data akan ditampilkan dalam bentuk grafik perbandingan.

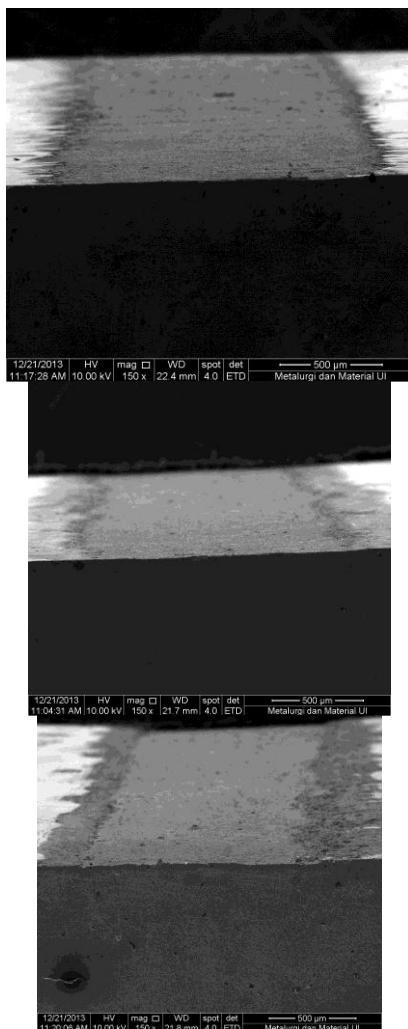


Gambar 2. Perbandingan kedalaman dengan variasi waktu pemakanan salah satu *channel*

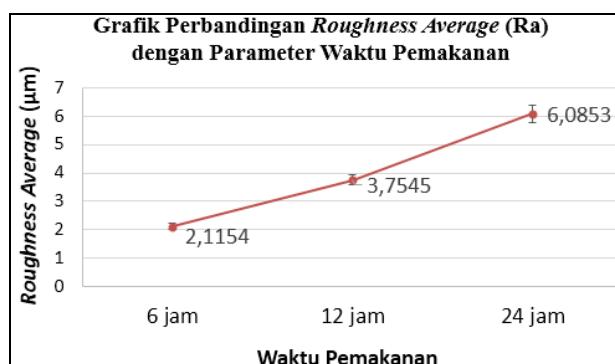
Grafik di atas merupakan plot data hasil proses *biomachining* dengan benda kerja nikel pada permukaan *channel* selebar 1,5 mm, yang menghasilkan kedalaman bervariasi dari masing-masing waktu pemakanan. Hasil pemakanan selama 6 jam menghasilkan tingkat kedalaman permukaan sebesar 5 hingga 7,5 μm. Lalu, waktu pemakanan 12 jam menghasilkan tingkat kedalaman permukaan yang berkisar antara 10 hingga 13 μm. Terakhir, untuk waktu pemakanan

selama 24 jam menghasilkan kedalaman permukaan sebesar 25 hingga 30  $\mu\text{m}$ .

Hasil pemakanan yang membentuk *channel* juga dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar tersebut diambil oleh SEM (*Scanning Electron Microscope*) dengan perbesaran 150x dari salah satu *channel* sampel nikel.



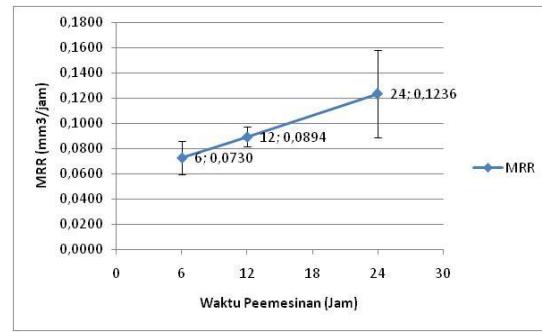
Gambar 3. Hasil foto SEM salah satu sampel nikel dengan perbesaran 150x



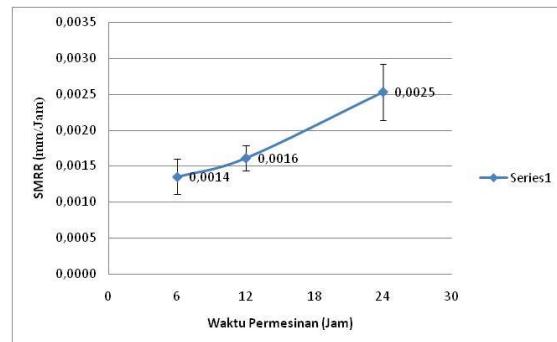
Gambar 4. Grafik perbandingan *roughness average* (Ra) dengan variasi waktu pemakanan

Terlihat dari Gambar 4 bahwa *roughness average* (Ra) permukaan memiliki tren berbanding lurus dengan lamanya waktu pemakanan. Peningkatan tingkat kekasaran yaitu sebesar 2 kali lipat untuk setiap perbedaan waktu pemakanan di atas.

Grafik perbandingan MRR dan SMRR pada Gambar 5 dan Gambar 6 memperlihatkan tren meningkat setiap kenaikan waktu pemakanan.



Gambar 5. Grafik perbandingan nilai MRR dengan variasi waktu pemakanan



Gambar 6. Grafik perbandingan nilai SMRR dengan variasi waktu pemakanan

## Kesimpulan

Hasil *biomachining* nikel mendapatkan hasil karakterisasi kontur permukaan beserta data kedalaman efektif dan juga nilai *roughness* dari permukaan nikel.

Nilai kedalaman permukaan efektif didapatkan untuk waktu kerja selama 6 jam yaitu sekitar 5 hingga 7  $\mu\text{m}$ ; 12 jam sekitar 11 hingga 13  $\mu\text{m}$ ; dan 24 jam sekitar 26 hingga 29  $\mu\text{m}$ .

Nilai *surface roughness average* (Ra) yaitu pada waktu pemakanan 6 jam sebesar 0,5239  $\mu\text{m}$ ; waktu pemakanan 12 jam sebesar 0,5655  $\mu\text{m}$ ; dan waktu pemakanan 24 jam sebesar 0,6365  $\mu\text{m}$ .

Nilai MRR rata – rata untuk waktu pemakanan 6 jam sebesar 0,073  $\text{mm}^3$ ; 12 jam sebesar 0,0894  $\text{mm}^3$ ; dan 24 jam sebesar 0,1236  $\text{mm}^3$ .

## Referensi

- [1] J.S. Colton ME 4210: Manufacturing Processes & Engineering GIT (2009)

- [2] Y. Kurosaki, M. Matsui, Y. Nakamura, K. Murai, T. Kimura, "Material Processing Using Microorganisms (An Investigation of Microbial Action on Metals)," JSME International Journal, Series C, vol. 46, no.3, 2003.
- [3] M. Madou, "Fundamental of Microfabrication - Some History," University of California Irvine, 2012.
- [4] Y. Uno, T. Kaneeda, and S. Yokomizo, "Fundamental study on Biomachining (machining of metals by Thiobacillus ferrooxidans)," JSME International Journal, Series C, vol. 39, no. 4, 1996, pp. 837-842.
- [5] D. Johnson, R. Warner, A.J. Shih, "Surface Roughness and Material Removal Rate in Machining Using Microorganisms," ASME vol. 129, 2007, pp. 223-227.
- [6] J. Istiyanto, T.J. Ko, I.C. Yoon, "A Study on Copper Micromachining Using Microorganisms," International Journal of Precision Engineering and Manufacturing vol. 11, no. 5, 2010, pp. 659-664.