

Analisa Cacat Permukaan Akibat Proses Permesinan *Friction Drilling* Dengan Pahat Tungsten

Henry Widya Prasetya¹⁾, Nurul Fitria Apriliani²⁾, Mohammad Rendy Saifulloh³⁾
^{1,2,3)}Politeknik Perkeretaapian Indonesia,

Jalan Tirta Raya, Madiun – Indonesia Telp : (0351) 474777

E-Mail: henry@ppi.ac.id

Abstrak

Salah satu bagian komponen utama kereta api adalah dinding kereta (*side wall*). Salah satu proses pembuatan lubang yang digunakan untuk penyambungan komponen *carboby* kereta api dengan proses pengeboran (*drilling*). Pada pengeboran konvensional mempunyai kekurangan, salah satunya yaitu pengeboran konvensional menggunakan mata pahat yang memiliki mata sayat sering mengalami keretakan. Pada penelitian ini inovasi yang menggantikan pengeboran konvensional dengan pengeboran *thermal (friction drilling)* yang digunakan pada *carboby* kereta api. Pengeboran gesek ini memiliki kelebihan yaitu pada proses pengeboran yang menggunakan suhu tinggi akan membentuk kembali semua material sehingga tidak ada material yang hilang. Pada penelitian ini digunakan metode *friction drilling* dengan menentukan variasi diameter mata pahat yaitu, 4 mm, 5 mm, 6 mm, dan ketebalan pelat *stainless steel* yang digunakan yaitu 2 mm. Material pahat yang digunakan pada proses *friction drilling* yaitu material *tungsten* dikarenakan material *tungsten* sifat tahan panas yang tinggi. Dilakukan pengujian *penetrant* dan pengamatan pada struktur makro dan mikro untuk mengetahui cacat permukaan, setelah pengujian akan diambil data dari bahan yang sudah diuji yang kemudian data dari mikroskopis akan diolah menggunakan *software ImageJ*. Dari hasil pengujian yang dilakukan dengan variasi diameter. Semakin besar diameter pahat yang digunakan maka semakin besar cacat yang didapatkan. Hasil dari pengujian foto mikro menunjukkan beberapa kecacatan yang terjadi pada material, yaitu cacat titik dan cacat garis. Pada pelat dengan tebal 2 mm yang di bor dengan diameter pahat 6 mm saat dilakukan pengujian foto mikro menghasilkan pematatan permukaan yang cukup merata dan mengalami kecacatan yang dominan.

Kata Kunci: cacat permukaan, *friction drilling*, *software ImageJ*, uji mikroskopis, uji *penetrant*.

Abstract

One of the main component parts of the train is the side wall. One of the hole-making processes used for connecting train carboby components with the drilling process. At Conventional drilling has disadvantages including. In this process produces high temperatures during the drilling process and from conventional drilling using a tool blade that has a cutting edge is also often experience cracks. In this research, innovations that replace conventional drilling with thermal drilling (friction drilling) used on the train carboby. This friction drilling has the advantage in the drilling process that uses high temperatures will reshape all material so that no material is lost. In this research, uses friction drilling method by determining the variation of drill bit diameter, namely, 4 mm, 5 mm, 6 mm, and the thickness of the stainless steel plate used is 2 mm. The tool material used in the friction drilling process is tungsten material, because the tungsten material is high heat resistance. After all specimens are drilled, Penetrant testing will be carried out and observations on the macro and micro structure to determine surface defects. After the test, will be taken data from the tested materials that have been tested and then the microscopic data will be processed using ImageJ software. From the test results conducted with diameter variation. The larger the diameter of the tool used, the smaller the defect obtained. The results of the microphoto test show several defects that occur in the material, namely point defects and line defects. On a plate with a thickness of 2 mm which is drilled with a 6 mm diameter tool when carried out microphoto testing produces a surface that is quite even and experiences few defects.

Keyword: surface defects, *friction drilling*, *ImageJ software*, microscopic test, penetrant test.

1. PENDAHULUAN

Pengeboran merupakan salah satu proses permesinan yang sering dipakai setelah proses pembubutan, hampir seluruh komponen dan produk permesinan mempunyai lubang [1].

Tindakan pemakanan dan pemotongan dalam proses pengeboran dilakukan oleh mesin bor yang menggunakan pahat bor konvensional. Pahat bor konvensional memiliki mata sayat yang digunakan untuk proses pelubangan, ketika proses pelubangan pahat diputar oleh spindle mesin bor. Rotasi *spindle* dan gerakan *feed* dapat dipilih dari berbagai tingkat rotasi dan pergerakan *feed* yang tersedia di mesin. Menurut [2] pada pengeboran konvensional sendiri menyebabkan mata pahat lebih cepat tumpul dan mengurangi *lifetime*.

Hasil dari pengeboran konvensional yang menggunakan mata sayat juga sering ditemui retakan pada hasil pengeboran, lubang hasil pengeboran yang tidak sesuai akan mengurangi kekuatan konstruksi itu sendiri [3]. Berkembangnya ilmu pengetahuan pada proses permesinan maka dibutuhkan inovasi agar memaksimalkan hasil pengeboran, pengeboran yang cocok untuk mengurangi masalah tersebut adalah pengeboran *thermal*. Menurut [4] pengeboran *thermal (friction drilling)* adalah metode pengeboran *non-* konvensional yang digunakan untuk pembuatan lubang pada pelat tipis, pahat yang digunakan pada proses *friction drilling* diputar dengan kecepatan tinggi menghasilkan suhu panas yang ditimbulkan dari gesekan antara pahat dan benda kerja.

Menurut [5] pengeboran gesek ini memiliki kelebihan pada proses pengeboran yang menggunakan suhu tinggi akan membentuk kembali semua material sehingga tidak ada material yang hilang. Proses ini menghasilkan bentuk selongsong yang diperkirakan 3 kali lebih panjang dari ketebalan asli dari material yang digunakan untuk membuat sambungan yang sangat kuat pada pelat. Metode pengeboran ini memiliki kelemahan yaitu tidak bisa dilakukan pada material *massif* karena logam yang meleleh harus mengalir pada suatu tempat untuk membentuk sebuah *bush*. Proses ini harus menggunakan

kecepatan putar yang lebih tinggi dari pada pengeboran konvensional.

Dalam metode *friction drilling* memiliki peningkatan efektivitas panjang ulir dari pada pengeboran konvensional serta sambungan sekrup yang digunakan untuk penjepitan beban dalam aplikasi penyambungan. Beberapa peneliti berhasil menerapkan pengeboran gesekan dan menunjukkan proses ini merupakan alternatif yang sangat baik untuk pembuatan lubang [5]. Material pahat yang digunakan dalam proses pengeboran *thermal* kali ini menggunakan material *tungsten*, dikarenakan menurut [7] bahwa kekuatan mata pahat *friction drilling* dengan material HSS hanya dapat digunakan pada pelat *stainless steel* dengan ketebalan maksimal 1 mm. Kelemahan tersebut ditimbulkan karena adanya proses pengurangan kekerasan akibat proses pembuatan mata pahat dengan proses bubut. Panas yang ditimbulkan pada proses ini dihasilkan oleh gesekan material HSS dengan pahat *insert*, ketika pembuatan mata pahat dapat mengurangi kekerasan yang dimiliki oleh material HSS ini. Penelitian ini akan menggantikan material HSS dengan material *tungsten* sebagai bentuk peningkatan kualitas material.

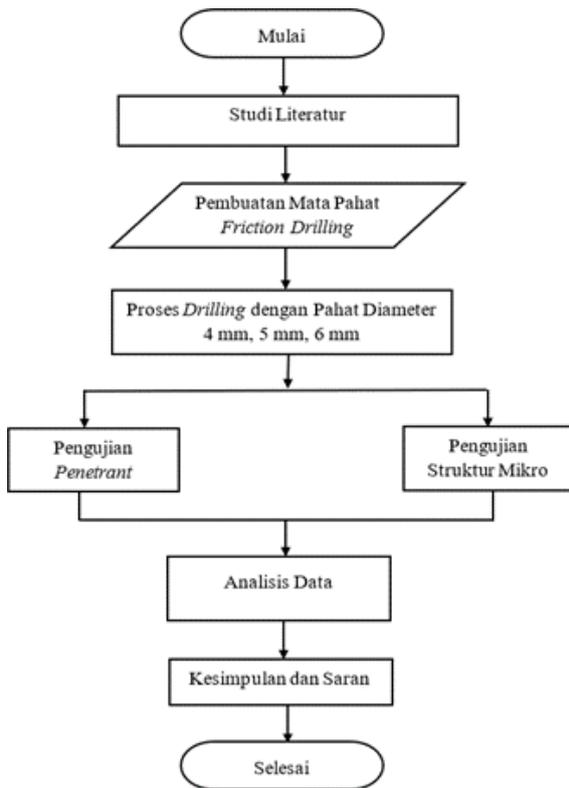
Menurut [6] material *tungsten* sering digunakan untuk penerapan yang mengharuskan memiliki konduktivitas *thermal* yang tinggi, kekuatan dan stabilitas suhu tinggi. Material *tungsten* banyak diolah untuk membuat abrasif yang tahan aus, dan alat potong. Diharapkan pada penelitian ini dengan menggunakan material *tungsten* dapat memaksimalkan hasil pengeboran gesek lebih baik dari pada penelitian sebelumnya yang menggunakan material HSS.

Proses penyambungan pelat menggunakan lubang pengeboran yang terdapat pada *carbody* kereta sendiri mempunyai kelemahan, disaat proses penyambungan maupun proses pengeboran pelat tipis menggunakan metode pengeboran konvensional masih terdapat retakan (*crack*). Sering ditemukan pada sambungan kereta banyak sekrup penyambung lepas dan masih memerlukan penambahan material seperti ring di belakang mur. Penulis akan melakukan inovasi menggunakan metode

friction drilling dalam proses permesinan atau pemotongan pelat yang terdapat pada bagian *carboby* kereta api, yang harapannya akan diaplikasikan di industri kereta api guna meningkatkan kualitas sarana.

2. METODE PENELITIAN

Tahapan dalam penelitian tentang *friction drilling* mulai pembuatan rancang bangun pahat dari material tungsten sampai pengujian dan analisa cacat yang muncul dijelaskan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pada penelitian ini diperlukan alat dan bahan untuk mendukung proses penelitian.

Berikut alat yang digunakan:

1. Mesin gerinda duduk 6 inch GB 602 MAKITA
2. Batu gerinda grade 120
3. Mesin bor (Mesin Bor Duduk *Drilling* dan *Milling* 31.5 mm Westlake ZX-7032)
4. Mikroskop optic (Mikroskop Olympus CX23)
5. Penetrant uji keretakan (Magnaflux Spotcheck SKD-S2, SKL-SP2, SKC-S)

Berikut bahan yang akan digunakan:

1. Pelat *stainless steel* 304 ketebalan 2 mm.
2. Material pahat *tungsten* diameter 4 mm, 5 mm dan 6 mm.

Berikut tahapan-tahapan proses pembuatan spesimen:

1. Mempersiapkan spesimen uji material *stainless steel* 304 dengan dimensi 10 cm x 10 cm.

Tabel 1. Variasi Spesimen Uji

Kode Spesimen	Ketebalan (mm)	Kecepatan putar (rpm)	Diameter mata bor (mm)
A1	2	1700	4
A2			
A3			
B1	2	1700	5
B2			
B3			
C1	2	1700	6
C2			
C3			

2. Pembuatan mata bor *friction drilling* dengan pengasahan menggunakan mesin gerinda duduk sesuai desain yang telah dirancang.

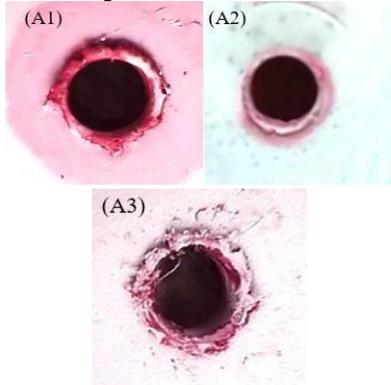
Proses pengujian dari setiap spesimen yang dilakukan proses pengeboran dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pengujian penetrant yang tujuannya digunakan untuk mengetahui letak cacat pada permukaan hasil pengeboran.
2. Pengujian dengan mikroskop optik yang bertujuan untuk mengetahui cacat pada hasil pengeboran dibagian dalam dengan dilakukannya pembesaran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut hasil yang didapat setelah dilakukan proses pengeboran:

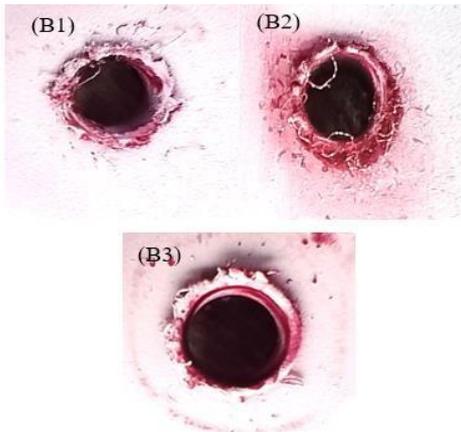
1. Diameter pahat 4 mm



Gambar 2. Uji *Penetrant* Pengeboran Diameter 4 mm (A1) Pengulangan Pertama, (A2) Pengulangan Kedua dan (A3) Pengulangan Ketiga

Dapat diketahui hasil bahwa variasi diameter 4 mm menghasilkan kecacatan yang sedikit dengan penebalan yang cukup merata pada bagian atas hasil pengeboran.

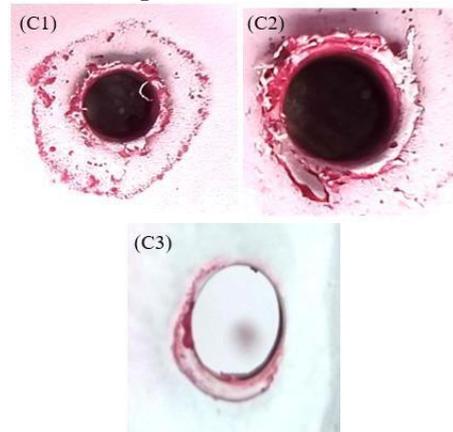
2. Diameter Pahat 5 mm



Gambar 3. Uji *Penetrant* Pengeboran Diameter 5 mm, (B1) Pengulangan Pertama, (B2) Pengulangan Kedua dan (B3) Pengulangan Ketiga

Dapat diketahui hasil bahwa variasi diameter 5 mm menghasilkan kecacatan yang sedikit dengan penebalan yang sedikit merata pada bagian atas hasil pengeboran.

3. Diameter pahat 6 mm

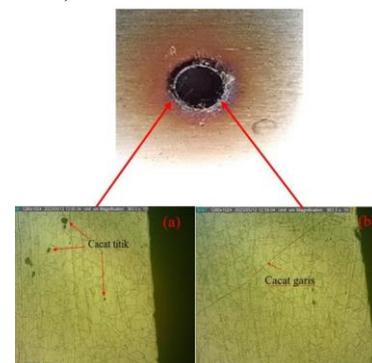


Gambar 4. Uji *Penetrant* Pengeboran Diameter 6 mm, (C1) Pengulangan Pertama, (C2) Pengulangan Kedua dan (C3) Pengulangan Ketiga

Pada pengujian penetran pada pengeboran diameter mata bor 6 mm menghasilkan kecacatan yang cukup dominan dengan ditandai dengan banyaknya warna merah pada permukaan dan penebalan yang dihasilkan tidak merata.

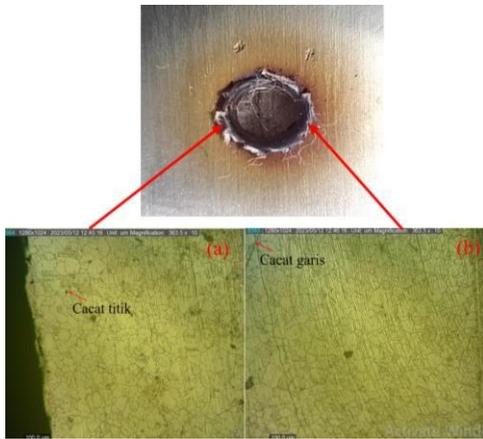
Hasil yang didapatkan dari beberapa variasi diameter pahat 4 mm, 5 mm, 6 mm menghasilkan keterangan bahwa variasi diameter 4 mm menghasilkan kecacatan yang sedikit dengan penebalan yang cukup merata pada bagian atas hasil pengeboran, untuk variasi diameter 5 mm menghasilkan kecacatan yang cukup dominan pada pengeboran pertama sedangkan pada pengeboran kedua menghasilkan penebalan yang cukup merata, untuk variasi diameter 6 mm menghasilkan pematatan yang kurang merata dan kecacatan yang dominan.

Berikut merupakan hasil dari foto mikro pada spesimen menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 365. Hasil pengujian foto mikro menggunakan daerah HAZ (*Heat Affected Zone*).



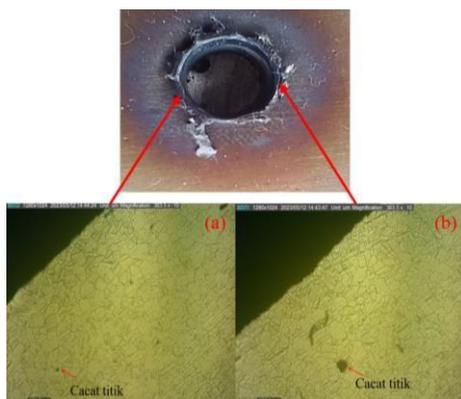
Gambar 5. (a) Hasil Foto Mikro Spesimen A1 pada Titik 1 dan (b) Hasil Foto Mikro Spesimen A1 pada Titik 2

Hasil pengamatan berdasarkan analisa dengan *software imageJ* menunjukkan struktur mikro dengan pengeboran diameter pahat 4 mm menghasilkan rata-rata cacat titik 30,679 μm dengan ukuran paling besar 54,931 μm . Rata-rata cacat garis yang didapatkan yaitu 336,13 μm dengan ukuran paling panjang 1152,434 μm .



Gambar 6. (a) Hasil Foto Mikro Spesimen A2 pada Titik 1 dan (b) Hasil Foto Mikro Spesimen A2 pada Titik 2

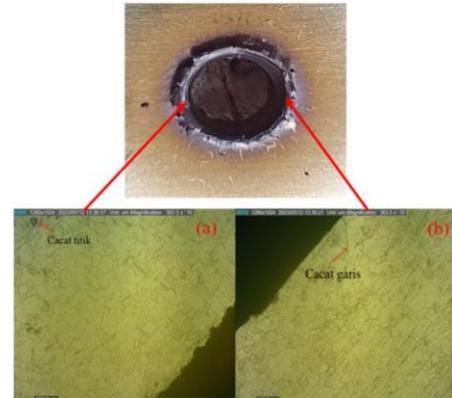
Hasil pengamatan berdasarkan analisa dengan *software imageJ* menunjukkan struktur mikro dengan pengeboran diameter pahat 4 mm pengulangan kedua menghasilkan rata-rata cacat titik 22,011 μm dengan ukuran paling besar 31,556 μm . Rata-rata cacat garis yang didapatkan yaitu 197,841 μm dengan ukuran paling panjang 230,785 μm .



Gambar 7. (a) Hasil Foto Mikro Spesimen B1 pada Titik 1 dan (b) Hasil Foto Mikro Spesimen B1 pada Titik 2

Hasil pengamatan berdasarkan analisa dengan *software imageJ* menunjukkan struktur mikro dengan pengeboran diameter pahat 5 mm pengulangan pertama menghasilkan rata-rata cacat titik 17,531 μm

dengan ukuran paling besar 40,906 μm . Rata-rata cacat titik pada sisi (b) yang didapatkan yaitu 24,777 μm dengan ukuran paling besar 66,618 μm .



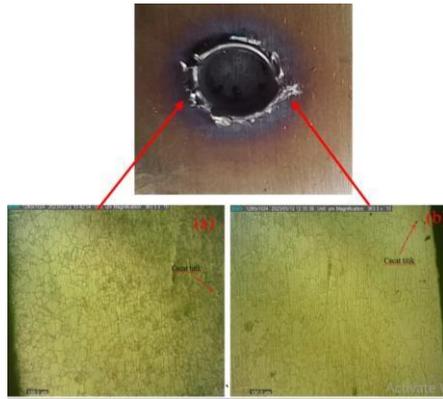
Gambar 8. (a) Hasil Foto Mikro Spesimen B2 pada Titik 1 dan (b) Hasil Foto Mikro Spesimen B2 pada Titik 2

Hasil pengamatan berdasarkan analisa dengan *software imageJ* menunjukkan struktur mikro dengan pengeboran diameter pahat 5 mm pengulangan kedua menghasilkan rata-rata cacat titik 22,888 μm dengan ukuran paling besar 40,906 μm . Rata-rata cacat garis yang didapatkan yaitu 294,741 μm dengan ukuran paling panjang 184,608 μm .



Gambar 9. (a) Hasil Foto Mikro Spesimen C1 pada Titik 1 dan (b) Hasil Foto Mikro Spesimen C1 pada Titik 2

Hasil pengamatan berdasarkan analisa dengan *software imageJ* menunjukkan struktur mikro dengan pengeboran diameter pahat 6 mm pengulangan pertama menghasilkan rata-rata cacat garis 225,867 μm dengan ukuran paling panjang 323,964 μm . Rata-rata cacat garis yang didapatkan pada titik (b) yaitu 388,999 μm dengan ukuran paling panjang 754,833 μm .



Gambar 10. (a) Hasil Foto Mikro Spesimen C2 pada Titik 1 dan (b) Hasil Foto Mikro Spesimen C2 pada Titik 2

Hasil pengamatan berdasarkan analisa dengan *software imageJ* menunjukkan struktur mikro dengan pengeboran diameter pahat 6 mm pengulangan kedua menghasilkan rata-rata cacat titik $15,573 \mu\text{m}$ dengan ukuran paling besar $22,914 \mu\text{m}$. Rata-rata cacat titik pada sisi (b) yang didapatkan yaitu $17,893 \mu\text{m}$ dengan ukuran paling besar $20,45 \mu\text{m}$.

Hasil dari pengujian struktur mikro dengan bantuan menganalisa menggunakan *software ImageJ* mendapatkan bahwa hasil pengeboran diameter pahat 4 mm menghasilkan cacat titik dan cacat garis yang dominan yaitu cacat titik ($22,345 \mu\text{m}$) dan ($266,98 \mu\text{m}$), untuk diameter pahat 5 mm menghasilkan cacat titik ($22,080 \mu\text{m}$) dan cacat garis ($293,741 \mu\text{m}$), sedangkan untuk diameter pahat 6 mm menghasilkan cacat titik ($33,466 \mu\text{m}$) dan cacat garis ($320,933 \mu\text{m}$) dari hasil pengujian tersebut menghasilkan bahwa semakin kecil diameter pahat maka semakin sedikit cacat titik dan cacat garis yang dihasilkan, sedangkan semakin besar diameter pahat maka cacat titik dan cacat garis yang dihasilkan akan semakin dominan [9].

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pengujian yang telah dilakukan pada *stainless steel 304* menggunakan metode *friction drilling* dapat disimpulkan:

1. Hasil dari setiap variasi pengeboran gesek (*friction drilling*) menghasilkan struktur yang bervariasi atau banyak

perbedaan. Struktur yang berbeda ini ditimbulkan karena proses *friction drilling* menghasilkan panas yang akan mempengaruhi struktur mikro dan menghasilkan cacat yang berbeda-beda. Perbedaan yang dimaksud ini adalah hasil dari proses pengeboran dengan diameter pahat 4 mm menghasilkan cacat titik dan cacat garis dibanding dengan diameter 5 mm dan 6

mm. Sedangkan hasil dari diameter pahat 6 mm menghasilkan cacat titik dan cacat garis yang lebih banyak dari pada diameter pahat 4 mm dan 5 mm. Dapat diketahui bahwa semakin besar diameter pahat yang digunakan maka semakin besar pula cacat permukaan yang dihasilkan.

2. Hasil spesimen yang dilakukan pengujian penetrant menggunakan cairan *penetrant* menghasilkan letak kecacatan yang berbeda-beda. Hal ini dikarenakan pada saat proses *drilling*, spesimen yang dilubangi ada yang tidak menghasilkan penebalan merata pada bagian atas lubang yang disebabkan oleh perbedaan variasi diameter pahat. Pada hasil tersebut kecacatan yang ditimbulkan mengarah pada permukaan yang bergesekan dengan mata pahat.

5. SARAN

Berdasarkan kesimpulan yang telah didapat, maka ada beberapa saran yang perlu diperhatikan untuk dapat memberikan masukan guna memperbaiki analisis ini, antara lain:

1. Perlunya dilakukan percobaan menggunakan mesin CNC dengan variasi kecepatan yang lain agar mengetahui hasil dari setiap kecepatan.
2. Melakukan pengujian SEM (*Scanning electron microscope*) agar hasil struktur mikro lebih jelas dan valid.

REFERENSI

- [1] Akhmadi, A.N. (2021). Pengaruh variasi putaran mesin terhadap waktu pengeboran dengan material aluminium AL 6061 pada mesin bor duduk. *Nozzle Journal Mechanical Engineering*. Vol 10, No.1.
- [2] Kaya, M. T., Aktas, A., Beylergil, B., & Akyildiz, H. K. (2014). An experimental study on friction drilling of ST12 steel. *Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering*, 38(3), 319–329. <https://doi.org/10.1139/tcsme-2014-0023>
- [3] Kumar, R., & Jesudoss Hynes, N. R. (2019). Thermal drilling processing on sheet metals: a review. *International Journal of Lightweight Materials and Manufacture*, 2(3), 193–205. <https://doi.org/10.1016/j.ijlmm.2019.08.003>.
- [4] Boopathi, M., Shankar, S., Manikandakumar, S., & Ramesh, R. (2013). Experimental investigation of friction drilling on brass, aluminium and stainless steel. *Procedia Engineering*, 64, 1219–1226. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.09.201>
- [5] Dehghan, S., Ismail, M. I. S. B., Mohd Ariffin, M. K. A. B., & Baharudin, B. T. H. T. B. (2019). Friction drilling of difficult-to-machine materials: workpiece microstructural alterations and tool wear. *Metals*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/met9090945>
- [6] Zivelonghi, A. (2013). Recent progress in research on tungsten materials for nuclear fusion applications in europe. *Journal of Nuclear Materials*, 432(1–3), 482–500. <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2012.08.018>
- [7] Sumarji. (2011). Studi perbandingan ketahanan korosi stainless steel tipe ss 304 dan ss 201 menggunakan metode u-bend test secara siklik dengan variasi suhu dan ph. *Jurnal ROTOR*, 4(1), 1–8.
- [8] Yulisa, & Razali. (2019). Analisa pengaruh waktu dan media pendingin terhadap hasil pengelasan SMAW berdasarkan uji penetrant dan kekerasan. *Seminar Nasional Industri Dan Teknologi (SNIT)*, 185–190.
- [9] Prasetya, H.W, Septiadi, W. N., & Ary Subagia, I. D. G. (2016). Analisa cacat drilling dari material hybrid komposit laminasi serat karbon-basalt-epoxy. *Jurnal METTEK Volume*, 2(2), 106–113.
- [10] Wahjono, H. B. (2021). Pengujian kekerasan dan pengamatan foto makro automatic surface treatment rel dengan variasi jarak torch pemanas dan nozzel pendingin. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia*. Vol.5, NO.2, 46–5