

Perbandingan *Pack Carburizing* Mata Pahat Bubut Karbida dan Mata Pahat dari Kikir Bekas Praktikum Kerja Bangku

Hendi Lilih Wijayanto⁽¹⁾, Amiruddin⁽²⁾, Eriek Aristya Pradana Putra⁽³⁾,
Dewi Purnama Sari⁽⁴⁾, Aditya Perdana Putra⁽⁵⁾

Politeknik Industri Logam Morowali, Labota, Kec. Bahodopi, Kabupaten
Morowali, Sulawesi Tengah, Indonesia

Email: ¹hendilw@gmail.com*

Tersedia Online di

<http://www.jurnal.unublitar.ac.id/index.php/briliant>

Sejarah Artikel

Diterima pada 8 September 2022
Disetujui pada 19 Februari 2023
Dipublikasikan pada 26 Februari 2023
Hal. 192-204

Kata Kunci:

Karbida; *pack carburizing*; pahat

DOI:

<http://dx.doi.org/10.28926/briliant.v8i1.1070>

dikarburasi. Sehingga didapatkan hasil nilai kekerasan mata pahat karbida sebelum karburasi adalah 1615,37 HV dan setelah karburasi 1746,94 HV. Sedangkan mata pahat dari kikir bekas sebelum karburasi adalah 564,7 HV dan setelah karburasi didapatkan nilai kekerasan vickers adalah 666,18 HV.

Abstrak: Dalam setiap siklus pemesinan, khususnya pada sistem pembubutan, tingkat kehalusan merupakan salah satu penanda untuk mencapai akurasi benda kerja. Dalam kondisi itu, sifat pahat sangat esensial dalam menciptakan benda kerja dengan tingkat kekasaran yang masuk kategori akurasi presisi. Maka dari itu kekerasan mata pahat sangat berpengaruh, sehingga penulis berupaya membuat mata pahat bubut karbida menjadi lebih keras dari standarnya dengan metode *pack carburizing*. Mata pahat karbida merupakan mata pahat potong yang memiliki nilai kekerasan HRC = 90-93. Pada penelitian ini juga bertujuan menghasilkan pahat bubut dengan memanfaatkan kikir bekas praktikum kerja bangku dengan metode *pack carburizing*. Sehingga dapat dibandingkan nilai kekerasan dan pengamatan mikro hasil *pack carburizing* dari pahat karbida dan mata pahat dari kikir bekas sebelum dikarburasi dengan yang sudah

PENDAHULUAN

Pada praktikum teknik produksi dan pemesinan II dan teknik produksi pemesinan III di Prodi Teknik Perawatan Mesin (TPM) Politeknik Industri Logam Morowali dimana mahasiswa praktik menggunakan mesin bubut konvensional sebagai mesin utama untuk mengerjakan sebuah produk maupun mencapai kompetensi yang sudah ditetapkan sesuai kurikulum. Berdasarkan hal tersebut banyak terjadi kendala dalam praktikum teknik produksi dan pemesinan terutama ketersediaan pahat potong untuk kompetensi bubut, sehingga dapat mengganggu jalannya praktikum mahasiswa.

Mesin bubut adalah mesin yang digunakan untuk menghilangkan logam dari benda kerja untuk memberikan bentuk dan ukuran yang diinginkan (Kumar, 2021). Kinerja bahan alat pemotong/pahat telah terus ditingkatkan dalam menanggapi kebutuhan pengguna dalam hal kecepatan potong yang tinggi. Baja berkecepatan tinggi pertama muncul di pasaran pada awal tahun 1900-an. Saat ini, karbida sisipan menyumbang mayoritas bahan alat pemotong karena dapat memotong benda kerja

pada kecepatan yang lebih tinggi dari baja kecepatan tinggi Pada paruh kedua tahun 1970-an, karbida disemen alat yang dilapisi dengan senyawa alumina atau titanium (Tsuda, 2016).

Mereka mengembangkan yang memungkinkan kecepatan potong yang jauh lebih tinggi. Mata karbida sisipan mampu meningkatkan proses pemesinan secara signifikan dengan menggunakan mata karbida tersebut pada tingkat yang lebih cepat daripada menggunakan mata pahat konvensional (Zhang & Chen, 2017). 8% dari alat pemotong bubut yang digunakan saat ini adalah mata karbida sisipan yang tidak dilapisi dan 74% adalah karbida yang dilapisi. Peningkatan dalam kecepatan pemotongan diketahui: Pemotongan inovasi karbida sisipan bekerja dengan mencapai kecepatan pemotongan baja 100 hingga 150/menit, kira-kira empat kali kecepatan potong baja berkecepatan tinggi (20 hingga 40m/menit) (Tsuda, 2016), Pelapisan terhadap mata pahat karbida sisipan dapat memperpanjang umur pahat karbida tersebut (Vasilko et al., 2021). Dari Sejumlah penelitian telah melaporkan bahwa abrasi dan gesekan sebagai faktor utama keausan yang paling dominan pada mata karbida sisipan ketika melakukan pekerjaan pemesinan (Nguyen et al., 2016).

Karburasi atau *Carburizing* ialah proses perlakuan termokimia, pada umumnya diterapkan pada jenis material yang mudah dikeraskan. Dengan demikian agar baja tersebut dapat dikeraskan permukaannya (Yasir, 2017). Metode karburasi padat lebih mudah dibanding metode karburasi cair atau gas. Kelebihan metode ini, antara lain: (a) ekonomis, (b) peralatan dan proses sederhana; (c) media padat melimpah, dan (d) relatif aman (Arianto Leman S., Tiwan, 2007). Jika konsentrasi karbon tinggi maka karbida akan terbentuk (Hadian et al., 2020). Proses karburasi pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan mata karbida yang tidak cepat rusak atau mengalami keausan agar bisa menghasilkan benda kerja dengan kehalusan yang memenuhi standar.

Pada proses pemesinan level kekasaran permukaan benda kerja yang sedang dibuat menjadi acuan evaluasi sebuah produk. Dengan demikian kekasaran permukaan adalah penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata permukaan. Definisi ini digunakan untuk menentukan harga rata-rata dari kekasaran permukaan. Dalam dunia industri, permukaan benda kerja memiliki nilai kekasaran permukaan yang berbeda, sesuai dengan kebutuhan alat tersebut. Nilai kualitas kekasaran permukaan telah diklarifikasikan oleh ISO dimana yang paling kecil adalah N1 yang memiliki nilai kekasaran permukaan (Ra) 0,025 μm dan yang paling tinggi N12 yang nilai kekasarannya 50 μm .

Penulis melaksanakan penelitian dengan menggunakan mata pahat karbida sisipan yang dikeraskan dengan metode karburasi dibuat dengan campuran tempurung kelapa, dengan tujuan untuk mengetahui perbedaan hasil produk bubutan menggunakan mata karbida sebelum dan sesudah di karburasi, maka penulis juga dapat membuat penelitian perbandingan pengaruh *pack carburizing* mata pahat bubut karbida dari kikir bekas praktikum kerja bangku. Adapun pengaruh pada *pack carburizing* pada spesimen yang diuji adalah terjadi peningkatan kekerasan akibat dari adanya karbon yang terdifusi pada permukaan baja sehingga kadar karbon meningkat yang mengakibatkan kenaikan kekerasan pada logam.

METODE

Pada penelitian ini sifatnya eksperimen perlu adanya tahapan-tahapan dalam melakukan penelitian. bertujuan agar mendapatkan hasil yang akurat. Untuk penelitian ini dilakukan di *Workshop* Teknik Perawatan Mesin (TPM) Politeknik Industri Logam Morowali.

Bahan pengujian

Bahan utama sebagai obyek pengujian adalah pahat bubut sisipan jenis karbida. Bahan ini digunakan karena ukurannya yang kecil, sangat pas sekali sebagai sampel pengujian. Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat material pahat bubut sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan *pack carburizing*. Pada penelitian ini hanya akan pengujian sifat mekanik (*mechanical properties*) yaitu kekerasan(hardness). Sifat mekanik material tersebut diuji sesuai dengan tujuan *pack carburizing* yaitu peningkatan kekerasan pada permukaan mata pahat karbida. Yang kemudian dipakai untuk membuat permukaan pada baja ST 37.



Gambar 1. Spesimen mata pahat karbida

Kikir

Kikir di *workshop* juga dikenal sebagai kikir mekanik yang terbuat dari baja karbon tinggi dengan bentuk bermacam-macam sesuai jenis pekerjaan yang akan dikerjakan. Pada penelitian ini penggunaan kikir bekas sebagai mata pahat bubut bertujuan mendapatkan bahan atau mata pahat bubut tanpa harus membeli tetapi dengan memanfaatkan bekas kikir pada praktikum kerja bangku yang sudah tidak terpakai dan mengalami dikarburasi untuk meningkatkan kekerasannya. Kikir yang terbuat dari baja berkarbon tinggi tidak mudah melengkung saat digunakan serta dapat digunakan untuk menggerus atau mengubah bentuk benda kerja untuk proses penyelesaian menghaluskan permukaan. Pada dasarnya kikir merupakan alat untuk memotong bahan yang lunak dengan berbagai jenis (Pattiasina, 2017). Bahan untuk membuat kikir adalah baja karbon tinggi di mana kandungan karbon kurang dari 1,0 sampai 1,25% (Wikipedia, 2010).



Gambar 2. Spesimen mata pahat dari kikir bekas

Pack Carburizing

Pack carburizing merupakan salah satu metode *case hardening* atau perkerasan permukaan yang bertujuan untuk meningkatkan kekerasan pada permukaan baja karbon dengan menambahkan konsentrasi karbon dalam baja melalui sistem difusi atom karbon. Atom karbon melepaskan diri dari media pembawa karbon, dimana terjadi penguraian karbon monoksida menjadi karbon dioksida dan atom karbon, kemudian atom karbon tersebut ditransfer ke lapisan permukaan baja untuk selanjutnya diserap oleh lapisan permukaan baja dan berdifusi ke dalamnya. Metode *carburizing* diantaranya penambahan karbon dengan sistem tertutup menggunakan *box*, penambahan *salt bath* (NaCN atau KCN) dan gas *carburizing* menggunakan *furnace* dengan hembusan propane dan udara.

Selama beberapa decade penggunaan gas *carburizing* menjadi populer karena mudah dioperasikan, akan tetapi konsentrasi CO yang terbentuk hanya 20% pada suhu 925°C hal ini membuat kurangnya potensial karbon yang akan berdifusi pada permukaan baja. Penggunaan *sald bath carburizing* menggunakan NaCN memerlukan prosedur yang spesial karena garam sianida merupakan racun apabila berkontak dengan manusia. Perlu adanya detoksifikasi dengan bantuan bakteri apabila konsentrasi sianida kecil. Detoksifikasi umumnya menggunakan netralisasi *sodium hypochloride*. *Pack carburizing* merupakan metode yang sudah lama dikembangkan, banyak penelitian mengenai metode ini diantaranya oleh Sujita, dkk mengenai pengaruh variasi jenis karbon pada nilai kekerasan dan kuat tarik baja karbon rendah. Kemudian pengaruh komposisi media karburasi dengan melakukan penelitian dengan variasi perbandingan karbon dan *energizer*. Dari beberapa penelitian tersebut diketahui bahwa proses *pack carburizing* dapat meningkatkan nilai kekerasan baja dengan prosedur dan proses yang relatif murah dan mudah untuk dilakukan.

Proses karburasi dilakukan dengan memasukkan baja ke dalam kotak tertutup yang diisi dengan bahan sumber karbon (arang kayu, briket batubara, kokas, atau sumber karbon lain) dan ditambahkan dengan *energizer* (zat pengaktif karbon) seperti barium karbonat, natrium karbonat, dan kalsium karbonat pada komposisi tertentu kemudian dipanaskan antara temperatur 850-950°C (temperatur austenit), kemudian ditahan selama waktu tertentu (*holding time*) kemudian didinginkan, dan selanjutnya dilakukan proses pengerasan (*hardening*). Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kekerasan dari baja hasil karburasi antara lain: kandungan karbon/paduan dari substrat, temperatur karburasi, waktu penahanan, bahan sumber karbon (*carburizer*), dan penambahan zat pengaktif karbon.

Bahan pendukung

Bahan pendukung yang digunakan dalam penelitian ini adalah material baja karbon rendah yaitu baja ST37 sebagai material yang digunakan untuk pembubutan dengan mesin bubut.



Gambar 3. Material ST37

Tabel 1. Spesifikasi ST 37 (Kirono & Amri, 2015)

Thickness	Yield Strength _{ReH} (N/mm ²) transv.min.	Tensile Strength RM [N/mm ²]	Fracture Elongation (%) transv. min.	Notch Impact Energy _{1 Ch V} complete sample longitude.min
t ≤ 16mm t > 16mm	235 225			Degre: 0 AV: 27
t < 3 mm t ≥ 3mm		360 - 510 340 - 470		
Up to 1.5mm 1.51-2.00mm 2.01-2.50mm 2.51 – 2.99mm ≥ 3mm			16 17 18 19 24	

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian yang telah dilakukan, diperoleh mata pahat karbida dan mata pahat dari kikir bekas sebelum dan sesudah karburasi seperti gambar dibawah ini:

Hasil *carburizing*

Karbida YG 6 A116



Gambar 5. Mata pahat bubut karbida sebelum dan sesudah di karburasi

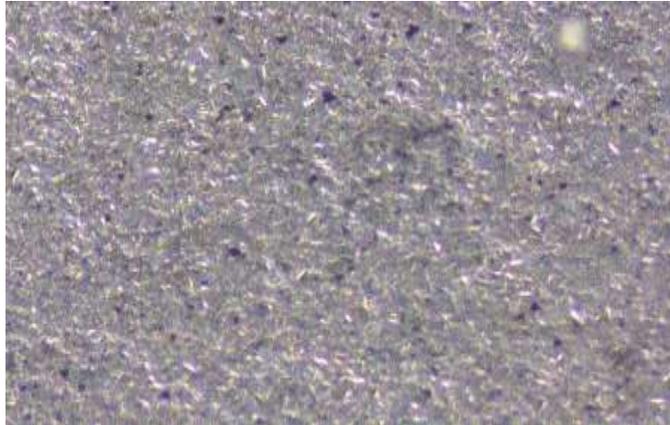
Kikir Bekas



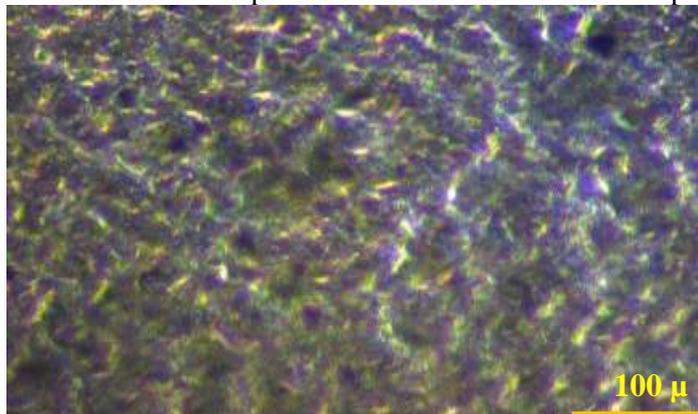


Sesudah

Gambar 6. Mata pahat bubut dari kikir bekas sebelum dan sesudah karburasi
Pengujian foto mikro
Mata pahat karbida



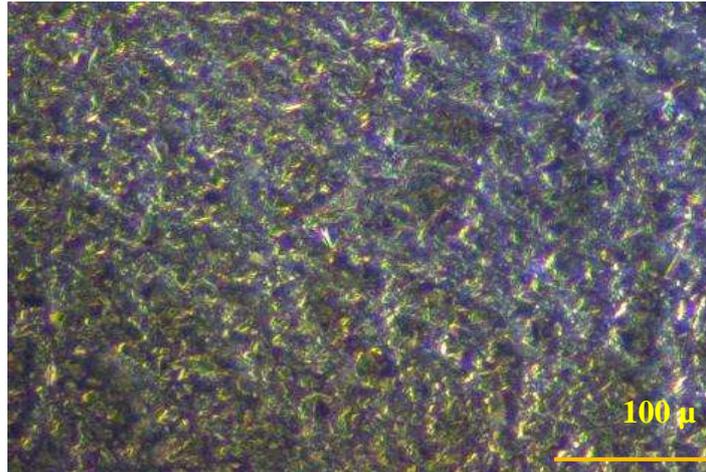
Gambar 7. Hasil foto mikro mata pahat karbida sebelum di karburasi pembesaran 20x



Gambar 8. Hasil foto mikro mata pahat karbida sebelum di karburasi pembesaran 50x



Gambar 9. Hasil foto mikro mata pahat karbida sesudah di karburasi pembesaran 20x



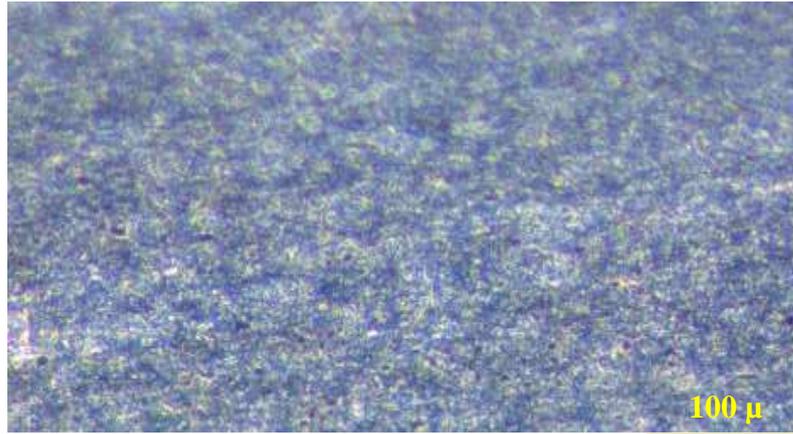
Gambar 10. Hasil foto mikro pahat karbida sesudah di karburasi pembesaran 50x

Dari hasil pengamatan foto mikro mata pahat karbida di atas melalui hasil pengamatan mikroskop optik dengan variasi pembesaran 20 x dan 50 x pada mata pahat karbida sebelum dan sesudah karburasi terlihat bahwa mata pahat karbida setelah karburasi memiliki warna lebih gelap dibandingkan dengan mata pahat karbida sebelum di karburasi. Hal ini menandakan adanya karbon yang terdifusi masuk ke permukaan mata pahat karbida. Selain itu hal lain yang dapat diamati adalah struktur mikro mata pahat sebelum karbuasi memiliki batas butir yang lebih besar dibandingkan dengan mata pahat setelah karburasi. Hal ini terjadi dikarenakan adanya proses perlakuan pendinginan yang dilakukan terhadap material setelah hasil pemanasan pada temperatur tinggi.

Mata pahat dari kikir bekas



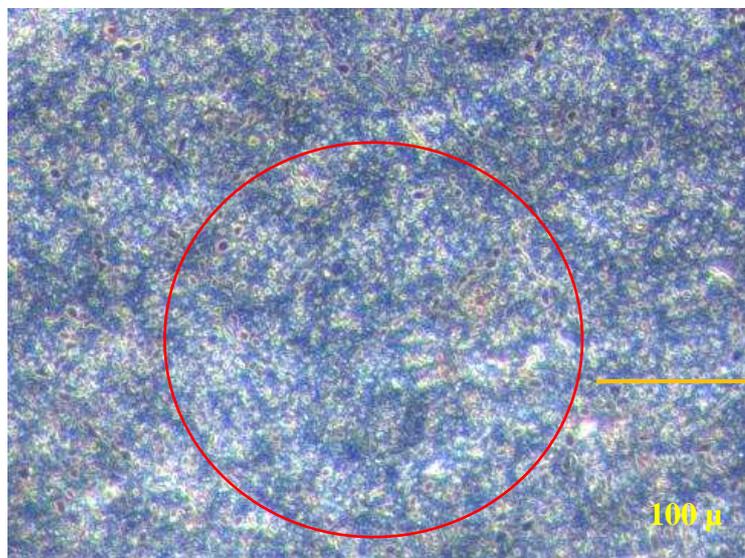
Gambar 11. Hasil foto mikro mata pahat kikir bekas sebelum dikarburasi pembesaran 20x



Gambar 12. Hasil foto mikro mata pahat kikir bekas sebelum dikarburasi pembesaran 50x



Gambar 13. Hasil foto mikro mata pahat kikir bekas sesudah dikarburasi pembesaran 20x



Gambar 14. Hasil foto mikro mata pahat kikir bekas sesudah dikarburasi pembesaran 50x

Dari hasil pengamatan foto mikro mata pahat kikir bekas di atas melalui hasil pengamatan mikroskop optik dengan variasi pembesaran 20 x dan 50 x pada mata pahat kikir bekas sebelum dan sesudah karburasi terlihat bahwa mata pahat kikir bekas yang baja karbon tinggi memiliki struktur mikro yang teridentifikasi yaitu fasa ferit yang berwarna putih dan pearlite yang berwarna hitam. Setelah mengalami karburasi, mata pahat kikir bekas sesudah karburasi memiliki struktur pearlite yang jumlahnya semakin banyak dan ukuran butir merata di sepanjang penetrasi. Pada sisi pearlite masih banyak terdapat fasa ferit. Peningkatan jumlah pearlite tersebut lebih banyak dibandingkan dengan pearlite mata pahat kikir bekas sebelum karburasi. Hal ini terjadi karena adanya pengaruh penambahan karbon ke dalam mata pahat kikir bekas selama proses karburasi melalui difusi intertisi pada pemanasan temperatur tinggi. Adanya penetrasi karbon yang cukup membuat ukuran batas butir pearlite pada mata pahat kikir bekas setelah karburasi menjadi lebih besar dibandingkan dengan pearlite pada mata pahat kikir bekas sebelum karburasi.

Spesimen percobaan diuji kekerasan (*hardness test*) pada permukaannya sebelum dan sesudah dilakukan proses *pack carburizing* pada mata pahat karbida. Hasil uji kekerasan diambil tujuh titik dari daerah pahat bubut sebelum dikarburasi dan tujuh titik dari daerah pahat bubut yang sudah dikarburasi.

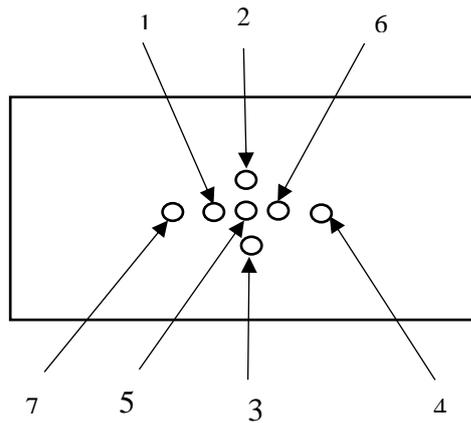
Tabel 2. Hasil Pengujian kekerasan Vickers mata karbida Sebelum Karburasi

No	Sampel	Beban (kgf)	D1	D2	HV	Rata-rata
1	Karbida YG 6	50	0,182	0,182	1536,250	1615,37
2			0,187	0,186	1606,667	
3			0,183	0,183	1609,871	
4			0,185	0,185	1650,657	
5			0,188	0,187	1660,877	
6			0,184	0,184	1636,570	
7			0,186	0,186	1606,667	

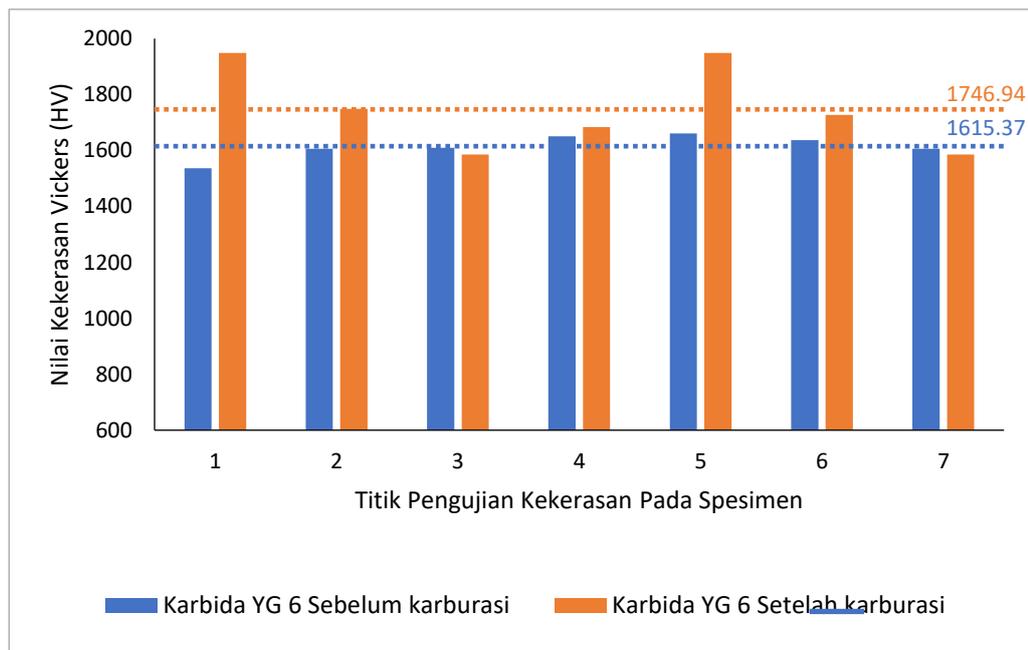
Tabel 3. Hasil Pengujian kekerasan Vickers mata karbida sesudah Karburasi

No	Sampel	Beban (kgf)	D1	D2	HV	Rata-rata
1	Karbida YG 6	50	0,190	0,190	1948,585	1746,94
2			0,182	0,182	1748,585	
3			0,186	0,186	1585,977	
4			0,187	0,187	1683,814	
5			0,189	0,189	1948,585	
6			0,184	0,184	1727,037	
7			0,185	0,185	1585,977	

Dari data tabel pengujian kekerasan vickers pada pahat bubut karbida sebelum dan sesudah karburasi dilakukan di 7 titik pengujian yang berbeda.



Gambar 15. Titik pengujian Vickers mata pahat karbida



Gambar 16. Grafik batang hasil uji kekerasan Vickers Spesimen Karbida YG 6

Spesimen percobaan diuji kekerasan permukaannya sebelum dan sesudah dilakukan proses *pack carburizing* pada mata pahat kikir bekas. Hasil uji kekerasan diambil tujuh titik dari daerah mata pahat bubut sebelum memiliki nilai kekerasan lebih rendah dibandingkan spesimen yang telah dikarburasi.

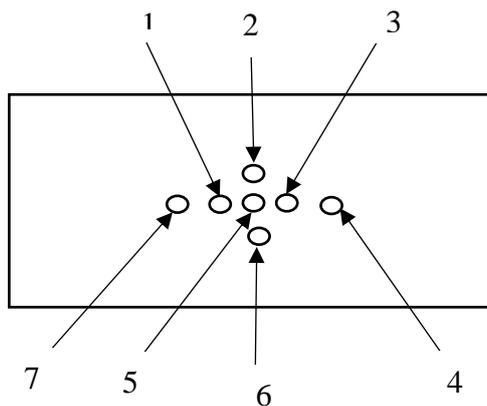
Tabel 4. Hasil Pengujian kekerasan Vickers mata pahat dari kikir bekas sebelum Karburasi

No	Sampel	Beban (kgf)	D1	D2	HV	Rata-rata
1	Mata pahat kikir bekas	50	0,187	0,187	582,8	564,76
2			0,186	0,186	575,2	
3			0,183	0,183	565,6	
4			0,185	0,185	568,8	
5			0,188	0,188	565,6	
6			0,184	0,184	582,5	
7			0,186	0,186	512,8	

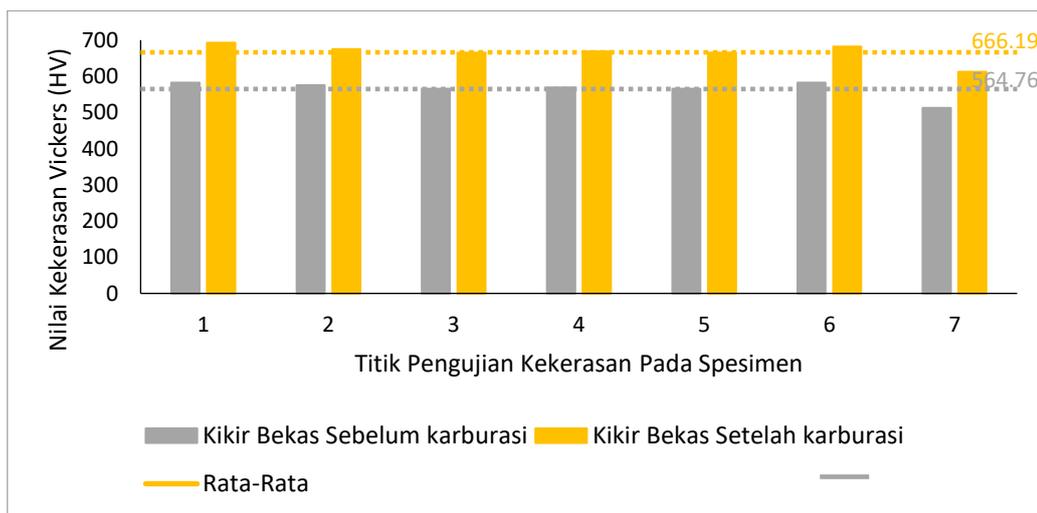
Tabel 5. Hasil Pengujian kekerasan Vickers mata pahat dari kikir bekas sesudah Karburasi

No	Sampel	Beban (kgf)	D1	D2	HV	Rata-rata
1	Mata pahat kikir bekas	50	0,188	0,188	692,8	666,18
2			0,186	0,186	675,2	
3			0,183	0,183	665,6	
4			0,185	0,185	668,8	
5			0,187	0,187	665,6	
6			0,184	0,184	682,5	
7			0,186	0,186	612,8	

Dari data tabel pengujian kekerasan vickers pada mata pahat bubut kikir bekas sebelum dan sesudah karburasi dilakukan di 7 titik pengujian yang berbeda.



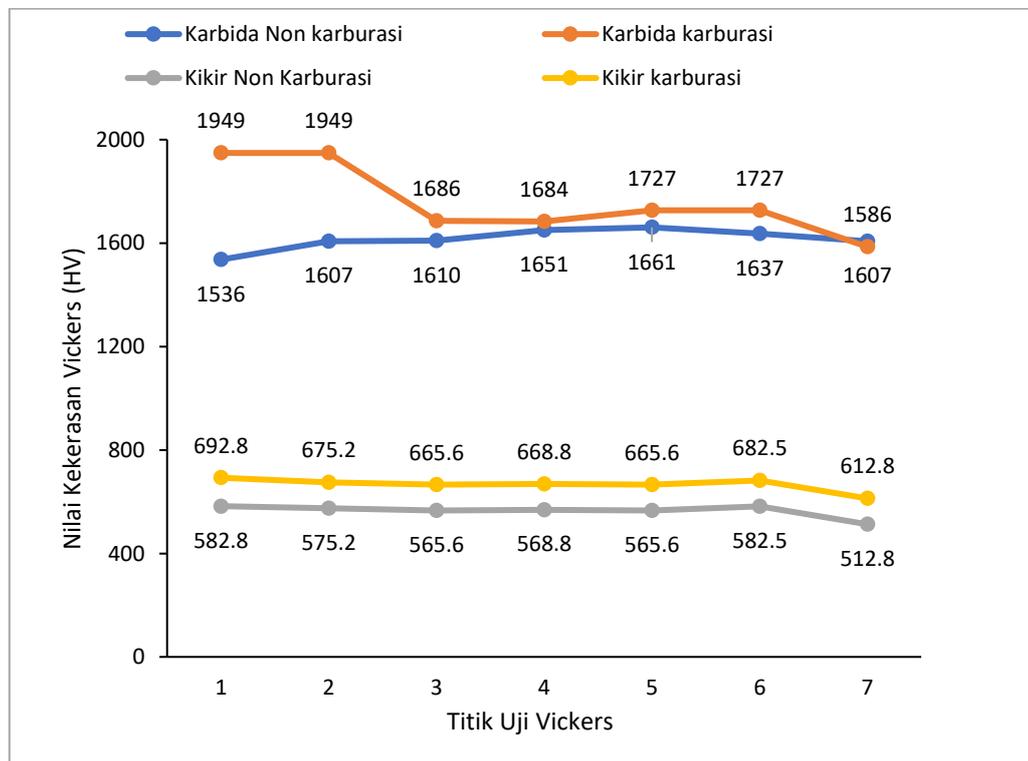
Gambar 17. Titik pengujian Vickers mata pahat kikir bekas



Gambar 18. Grafik batang hasil uji kekerasan Vickers Spesimen Kikir Bekas

Uji kekerasan mata pahat menggunakan beban sebesar 50 kgf dititik yang ditentukan. Nilai kekerasan sebelumnya (HV) diperoleh dari mencari diagonal (d). diagonal segiempat diukur dengan teliti. Nilai kekerasan yang diperoleh sedemikian itu disebut kekerasan *vickers* yang biasa disingkat dengan HV atau HVN (*Vicker Hardness Number*). Analisa data tabel di atas terlihat hasil yang didapat pada

setiap titik pengujian memiliki kekerasan yang berbeda. Dapat dilihat pada tabel 2 bahwa pahat bubut karbida yang telah dikarburisasi pada titik no 1 dan 5 mengalami peningkatan kekerasan pada permukaannya. Kemudian Dapat dilihat pada tabel 4 bahwa pahat bubut karbida yang telah dikarburisasi pada titik no 1 dan 3 mengalami peningkatan kekerasan pada permukaannya. Hal ini dikarenakan adanya karbon yang berdifusi pada permukaan spesimen yang membuat kadar karbon meningkat sehingga kekerasannya naik. Hal yang sama juga didapatkan pada hasil penelitian Rifandi pada tahun 2021 yang melakukan penelitian untuk melihat pengaruh *carburizing* pada *bearing* dengan variasi lama waktu tahan/*holding time*. Hasil yang didapatkan yaitu kenaikan kekerasan pada sampel *bearing* hasil *carburizing*, semakin lama *holding time* maka semakin banyak karbon akan masuk kedalam fasa austenite pada struktur mikro baja. Pada proses pendinginan cepat austenite yang kaya karbon akan membentuk martensit sehingga kekerasannya menjadi naik. Semakin lama waktu tahan permukaan material logam yang mengalami kenaikan kekerasan juga akan semakin dalam yang mengakibatkan material memiliki ketahanan aus tinggi.



Gambar 19. Grafik hasil uji kekerasan Vickers Spesimen Karbida YG 6 dan Kikir Bekas

KESIMPULAN

Dari hasil foto mikro mata pahat karbida sebelum dan sesudah dikarburasi ada perbedaan secara visual dan struktur mikro baik pada mata pahat karbida dan mata pahat kikir bekas hasil karburasi dibandingkan dengan mata pahat karbida dan mata pahat kikir bekas sebelum karburasi. Pengaruh *pack carburizing* dapat meningkatkan kekerasan pada material hasil karburasi dengan hasil nilai kekerasan mata pahat karbida sebelum karburasi adalah 1615,37 HV dan setelah karburasi

1746,94 HV. Sedangkan mata pahat dari kikir bekas sebelum karburasi adalah 564,7 HV dan setelah karburasi didapatkan nilai kekerasan vickers adalah 666,18 HV.

SARAN

Sebaiknya dilakukan studi lanjut mengenai pengaruh mata pahat terhadap kekasaran benda kerja atau material yang lebih tinggi keuletanya dan sebaiknya dilaksanakan penelitian selanjutnya mengenai laju keausan mata pahat pada proses permesinan.

DAFTAR RUJUKAN

- Arianto Leman S., Tiwan, M. (2007). *Pahat dari baja karbon rendah yang dikarburising padat (. 1.*
- Hadian, A., Zamani, C., Schreiner, C., Figi, R., & Clemens, F. J. (2020). Influence of carbon content and processing treatment of metallic binder on the outgassing and sintering of NbC based cemented carbide. *Ceramics International*, 46(18), 28422–28431. <https://doi.org/10.1016/J.CERAMINT.2020.07.347>
- Kirono, S., & Amri, A. (2015). *PENGARUH TEMPERING PADA BAJA St 37 YANG MENGALAMI KARBURASI DENGAN BAHAN PADAT TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO.*
- Kumar, A. (2021). Lathe Machine: Definition, Introduction, Parts, Types, Operations, and Specifications. *Learn Mechanical*, 1–25.
- Nguyen, T., Kwon, P., Kang, D., & Bieler, T. R. (2016). The Origin of Flank Wear in Turning Ti-6Al-4V. *Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME*, 138(12). <https://doi.org/10.1115/1.4034008>
- Pattiasina, N. H. (2017). Pelatihan Sheet Metal Pembuatan Oven Guna Peningkatan Usaha Mikro Skala Industry Rumahtangga di Desa Rumahtiga. *JURNAL SIMETRIK*, 7(2), 8–15. <https://doi.org/10.31959/js.v7i2.50>
- Setyawan, Dwi Rifandi. (2021). Pengaruh Proses Carburizing dengan Variasi Holding Time Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik dari Bearing Non-Pabrikan Resmi Sepeda Motor. Tugas Akhir Teknik Mesin FTI-UII.
- Tsuda, K. (2016). History of development of cemented carbides and cermet. *SEI Technical Review*, 82, 16–20.
- Vasilko, K., Murcinková, Z., & Murcinko, J. (2021). Evaluation of performance of uncoated cemented carbide cutting tools at longitudinal turning at cutting velocity 3-500 m/min and influence of coating. *Materials Today: Proceedings*, 44, 2575–2580. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.641>
- Wikipedia. (2010). File (tool). In *Wikipedia*.
- Yasir, M. (2017). *TEKNIK KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR “ ANALISA KEAUSAN PAHAT KARBIDA SEBELUM MENGGUNAKAN SERBUK ARANG TEMPURUNG.*
- Zhang, L., & Chen, Q. (2017). CALPHAD-Type Modeling of Diffusion Kinetics in Multicomponent Alloys. In *Handbook of Solid State Diffusion* (1st ed., Vol. 1). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804287-8.00006-3>