

Rancang Bangun *Holder Face Mill* dengan *Insert* Pahat HSS

Ahmad Ridwanul Muwafiq, Mulyadi Mulyadi*

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Abstrak: Penelitian ini merupakan desain dan proses pembuatan *holder face mill* dengan *insert* pahat HSS. Tujuan pembuatan *holder face mill* dengan *insert* pahat HSS untuk menghemat biaya dalam proses pemesinan. Jika menggunakan *holder face mill* buatan pabrikan maka biaya akan mahal karena kita akan tergantung menggunakan jenis *insert* yang sesuai dengan *holder*. Sedangkan dengan menggunakan *holder face mill* dengan *insert* HSS ini, jika *insert* aus tinggal di asah lagi dan sudah bisa digunakan kembali. Penelitian ini mencakup desain, proses pembuatan, dan hasil pengujian dari *holder face mill* dengan *insert* pahat hss. Proses pembuatan *holder face mill* ini menggunakan mesin CNC bubut, mesin frais, dan mesin bor. Proses pengujian dari *holder face mill* ini yaitu waktu pergantian *insert*, *run out holder*, dan selisih permukaan dari hasil pemesinan *holder face mill* ini. Hasil dari pengujian *holder face mill* ini memiliki waktu pergantian *insert* kurang dari 3 menit, *run out* 0,055 mm, dan selisih permukaan 0,053 mm sehingga sangat bisa digunakan untuk proses permesinan.

Kata Kunci: *Face Mill*, Mesin Frais, CNC bubut, HSS

DOI:

<https://doi.org/10.47134/innovative.v1i1.84>

*Correspondence: Mulyadi

Email: mulyadi@umsida.ac.id

Received: 01-01-2022

Accepted: 15-02-2022

Published: 31-03-2022



Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: This research is the design and process of making a face mill holder with an HSS tool insert. The purpose of making face mill holders with HSS tool inserts is to save costs in the machining process. If you use a factory-made face mill holder, the cost will be expensive because we will depend on using the type of insert that fits the holder. Meanwhile, by using a face mill holder with this HSS insert, if the insert wears out, just sharpen it again and it can be reused. This research covers the design, manufacturing process, and results of day testing of face mill holder with HSS tool insert. The process of making this face mill holder uses a CNC lathe, milling machine, and drilling machine. The testing process of this face mill holder is the time to change the insert, run out of the holder, and the surface different from the machining results of this face mill holder. The results of the holder face mill test have an insert change time of fewer than 3 minutes, run out of 0.055 mm, and a surface difference of 0.053 mm so it can be used for machining processes.

Keywords: *Face Mill*, Milling Machine, CNC lathe, HSS

Pendahuluan

Manufaktur adalah suatu cabang industri yang mengaplikasikan mesin, peralatan dan tenaga kerja dan suatu medium proses untuk mengubah bahan mentah menjadi barang jadi yang memiliki nilai jual. Proses manufaktur meratakan permukaan material merupakan hal yang sangat penting. Saat membeli material bahan yang belum jadi hampir materialnya mempunyai permukaan yang kasar bahkan tidak rata, kecuali kita membeli bahan yang sudah jadi tentunya harganya juga sangat mahal karena melalui banyak proses manufaktur. Untuk menekan biaya maka kita hanya membeli materialnya dan kita proses manufakturnya sendiri. Proses pemesian frais (*milling*) adalah proses penyayatan benda kerja menggunakan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar. Proses penyayatan dengan gigi potong yang banyak yang mengitari pisau ini bisa menghasilkan proses pemesian lebih cepat (Kelliger, 2023; Venkateswaran, 2023; Widarto B. S. Wijanarka & Paryanto, 2008).

Kajian-kajian tentang penelitian yang berkaitan dengan rancang bangun *holder face mill* dengan pahat potong HSS belakangan ini sudah dilakukan oleh para peneliti yang mencermati hal-hal yang layak diteliti. Beberapa kajian yang telah dilakukan telah dapat memberikan sumbangan pemikiran secara ilmiah untuk menunjang tambahan keilmuan. Aspek yang diteliti juga mencerminkan hal-hal yang bervariasi atau melihat permasalahan dari berbagai sudut pandang dan berbagai disiplin ilmu.

Tool holder merupakan alat bantu atau perlengkapan pada mesin perkakas yang berfungsi sebagai pemegang/pencekam pahat/pisau. Dalam beberapa jenis pekerjaan, ada keterbatasan yang dimiliki suatu mesin perkakas, khususnya dalam pencekaman pahat, sehingga untuk mengatasinya diperlukan sebuah alat bantu yang disebut *tool holder*. Mill Bits merupakan alat bantu cekam pahat untuk penggunaan pada mesin frais. Pahat yang bisa dicekam pada alat ini adalah pahat bubut, yang kemudian dapat digunakan sebagai *flying cutter*. Jenis pekerjaan yang dapat dikerjakan dengan peralatan ini adalah untuk membuat permukaan rata pada benda kerja (fungsi *slabmill*) dan untuk membuat profil alur radius. Dengan alat ini, proses pemakaian *flying cutter* menjadi lebih mudah dan bisa dilakukan dengan capaian diameter putaran pisau yang lebih besar. Dengan demikian, bidang yang diratakan melalui proses *frais* lebih luas (Velraja, 2023; Vennila, 2023; Matlygin, 2022; Rynio, 2022; Ristadi, 2018).

Pada proses pemesian pada mesin frais perlu diperhatikan beberapa hal mengenai penentuan putaran *spindle* dan kecepatan makan, karena dapat mempengaruhi nilai kekasaran permukaan benda kerja. Semakin tinggi putaran *spindle*, maka tingkat/nilai kekasaran permukaan akan semakin rendah. Semakin tinggi kecepatan makan, maka tingkat/nilai kekasaran permukaan akan semakin tinggi (Asaad, 2022; Mahesh, 2021; Sesharao, 2021; Monkova, 2020; Mulyadi, 2009). Kekasaran permukaan (R_a) terbukti

tergantung pada *spindle speed* (n), *feedrate* (f) serta *depth of cut* (t). Untuk mendapatkan kekasaran permukaan N6, gunakan *feedrate* rendah (100 mm/menit). Tanpa mengorbankan kekasaran permukaan N7, produktifitas tertinggi dapat diraih pada *feedrate* = 500 mm/menit, *depth of cut* = 1,5 mm serta *spindle speed* = 1800 – 2000 rpm[4]. Tingkat kekasaran pada tinggi pengecaman *endmill* menunjukkan bahwa semakin mendekati *flute* maka akan semakin kasar karena ada rongga *flute* yang tidak tercekam, dan pengecaman semakin ke atas dari panjang *endmill* juga akan semakin kasar karena terjadi vibrasi yang besar saat proses pemakanan (M. W. Asaad, 2022; Thavale, 2020; Kriyadeesh, 2019; Paramasivam, 2019; Zainuddin, 2019).

Pada proses pemesinan, radius pisau juga berpengaruh terhadap nilai kekasaran benda, gerak pemakanan bertambah besar maka akan menaikkan nilai Kekasaran sedangkan radius pahat (*nose radius*) dan kecepatan potong yang bertambah besar akan menurunkan nilai kekasaran (Kamaruddin, 2019; Badiger, 2018; Paiva, 2017; Thampi, 2016; Jonoadji & Dewanto, 1999). Semakin kecil kedalaman pemakanan mengakibatkan tingkat kerataan semakin tinggi, hal ini disebabkan oleh kedalaman pemakan yang rendah membuat pisau tidak terlalu bergetar dan menerima beban terlalu berat ketika melakukan penyayatan rata. Pada variasi jumlah mata sayat *endmill* 2 dan 4 maka dihasilkan tingkat kerataan tertinggi adalah menggunakan *endmill* 4. Jadi semakin banyak mata sayat pada *endmill* mengakibatkan tingkat kerataan semakin tinggi, hal ini disebabkan oleh dikarenakan semakin banyak jumlah mata sayat membuat penyayatan yang dilakukan setiap mata sayat menjadi ringan dan lebih meminimalisir terjadinya gesekan antara *endmill* dan benda kerja (Zhang, 2016; Chopra, 2015; Kalyan, 2015; Suharyadi & Irfa'i, 1999).

Pahat merupakan bagian dari mesin yang memegang peran penting dalam pemotongan logam, karena pahat adalah bagian yang berkontak langsung dengan benda kerja yang dipotong. Ada beberapa kriteria yang harus dimiliki pahat, diantaranya: harus lebih keras dibanding benda kerja, tahan sifat mekanis, dan tahan aus. Terdapat beberapa jenis material pahat, diantaranya: baja karbon, HSS (*High Speed Steel*), paduan cor *nonferro*, karbida, keramik, CBN (*Cubic Boron Nitrides*), dan intan. Ada beberapa kriteria yang harus dimiliki pahat, diantaranya: harus lebih keras dibanding benda kerja, tahan sifat mekanis, dan tahan aus. Terdapat beberapa jenis material pahat, diantaranya: baja karbon, HSS (*High Speed Steel*), paduan cor *nonferro*, karbida, keramik, CBN (*Cubic Boron Nitrides*), dan intan (Caicedo, 2015; Chandrasekaran, 2015; Vikram, 2015; Nugroho, 2010).

Semakin besar sudut ujung mata pahat, maka semakin kecil nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan. Hal serupa juga terjadi pada kecepatan pemotongan yang berbanding terbalik dengan kekasaran permukaan. Semakin besar kecepatan pemotongan, maka semakin kecil nilai kekasaran permukaan (Sobron Lubis & Sobron Lubis, 2017). Apabila sudut penyayatan *endmill* yang terlalu kecil tidak tajam tetapi mempunyai

kekuatan, sedangkan sudut penyayatan yang terlalu besar mudah mengalami keausan tetapi mempunyai ketajaman (Susilo W. et al., 2013).

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui proses pembuatan *holder face mill* berbahan baja AISI S45C dengan pahat potong *High Speed Steel* (HSS). Untuk mengetahui perbedaan waktu dalam penggantian pisau *holder face mill* berbahan baja AISI S45C dengan pahat potong *High Speed Steel* (HSS) dengan *holder face mill* model BAP400R-50-22 dengan *insert* jenis APMT 1604. Untuk mengetahui *run out* dari *holder face mill* baja AISI S45C. Untuk menganalisa hasil dari proses *facing* rata dari *holder face mill* berbahan baja AISI S45C dengan pahat potong *High Speed Steel* (HSS) dengan *holder face mill* model BAP400R-50-22 dengan *insert* jenis APMT 1604.

Metode

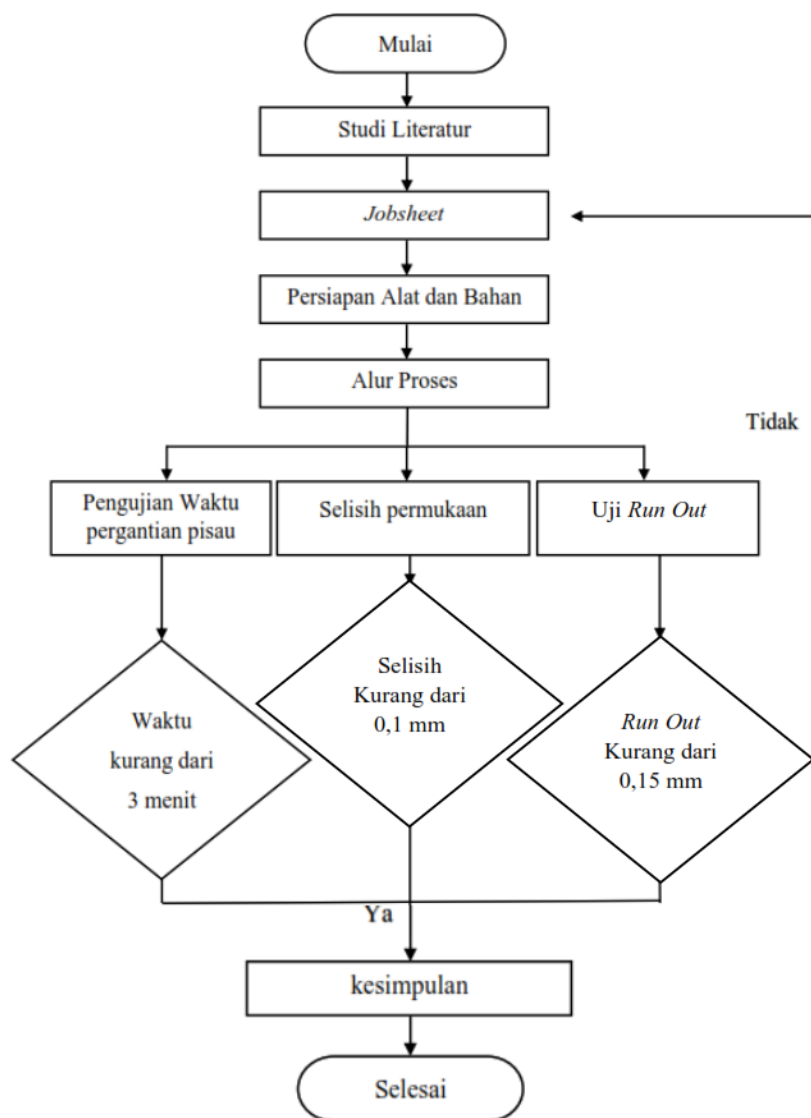
Penelitian ini meliputi dua kegiatan utama yaitu pembuatan *holder face mill* dan pengambilan data pada saat pengujian. Untuk proses pembuatan dan pengujian membutuhkan beberapa mesin dan alat yang digunakan yaitu Mesin bubut manual / CNC bubut, mesin *frais*, jangka sorong (*vernier calipers*), dial indikator, ragum, mata bor ukuran diameter 3,2 mm, 8,5 mm, dan 10,5 mm, tap m 4 x 0,7, *end mill* 8, *center drill*, kunci L satu set, alat *clamp* mesin *milling*. Bahan utama yang digunakan yaitu baja AISI S45C sebagai *holder* dan besi st 45 untuk *stopper insert*.

Adapun bahan beli yang sudah jadi yaitu, baut ukuran m 10 x 1,5 panjang 25 mm jumlah 1, borek m 4 x 0,7 panjang 10 mm jumlah 8, pahat HSS ukuran $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times 8$ inchi jumlah 1 (dipotong jadi 4). Bahan yang di gunakan uji coba proses *face mill* yaitu plat besi ukuran 18 mm x 160mm x 700 mm.

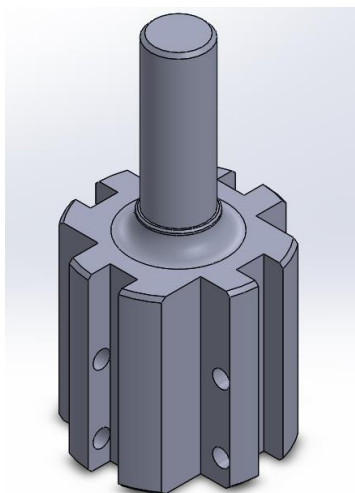
Prosedur pembuatan untuk *holder face mill* yaitu mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan, melakukan proses pembubutan sesai desain, melakukan proses di mesin *frais* untuk membuat *slot* tempat *insert* dan baut, melakukan proses pengeboran untuk di buat lubang mur, melakukan penetapan untuk kuncian *insert*. Untuk pembuatan *stopper insert* yaitu dilakukan di mesin bubut tahapannya yaitu, persiapan alat dan bahan yang dibutuhkan kemudian melakukan pembubutan sesuai desain.

Prosedur proses pengujian waktu pergantian *insert* dilakukan dua tahap yaitu dilakukan orang yang mengerti mesin dan dilakukan oleh orang yang tidak mengerti terhadap mesin. Pengujian *run out holder* yaitu dengan cara melakukan pendialan *holder* yang di pasang pada mesin *frais* dengan empat kali pengujian. Pengujian kerataan permukaan pada proses *face mill* dilakukan pada plat ukuran 18 mm x 160mm x 700 mm lalu dilakukan proses *machining face mill*, selanjutnya dilakukan pendialan pada empat ujungnya.

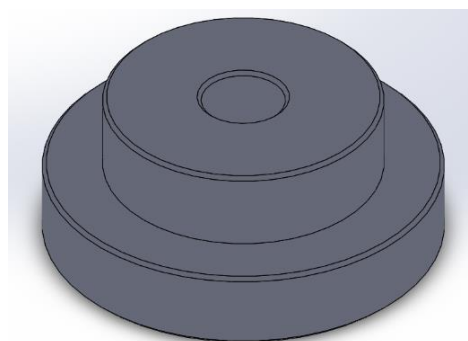
Hasil dan Pembahasan



Gambar 1. Flow Chart Pengerjaan



Gambar 2. Desain Holder Face Mill



Gambar 3. Desain Stopper Insert

A. Hasil dari Pembuatan *Holder Face Mill*

Hasil dari pembuatan *holder face mill* ini dapat di lihat pada gambar 4 di bawah ini yaitu gambar *assembly holder face mill*.



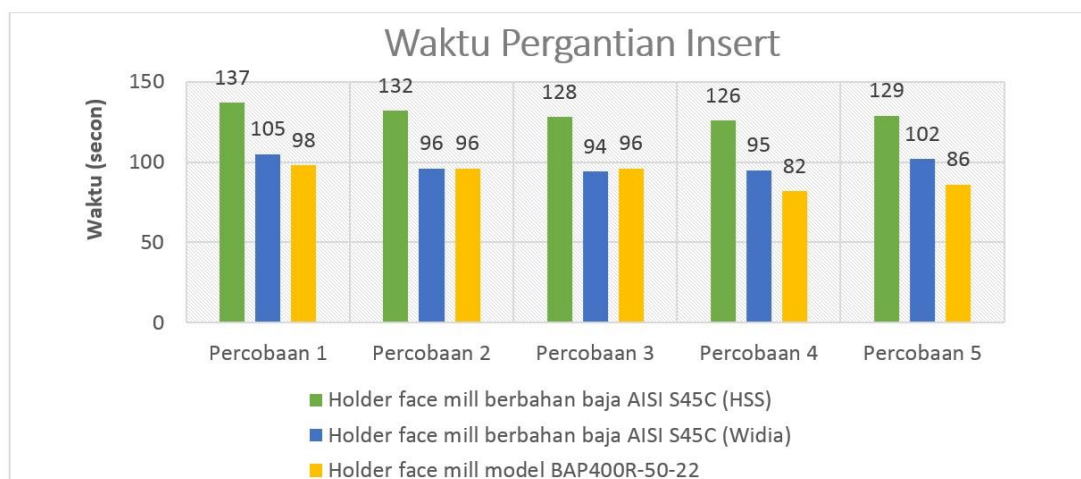
Gambar 4. *Assembly Holder Face Mill*

B. Hasil Pengujian *Holder Face Mill*

Ada tiga proses pengujian *holder face mill* diantaranya yaitu pengujian waktu pergantian *insert*, pengujian keolengan *holder*, dan pengujian kerataan permukaan pada proses *face mill*. Berikut adalah hasil dari pengujian tersebut.

Tabel 1. Waktu Pergantian *Insert* Dilakukan Orang Yang Mengerti Mesin

No Percobaan	<i>Holder Face Mill</i> S45C HSS (s)	<i>Holder Face Mill</i> S45C Widia(s)	<i>Holder Face Mill</i> BAP400R-50-22 (s)
1	137	105	98
2	132	96	96
3	128	94	96
4	126	95	82
5	129	102	86

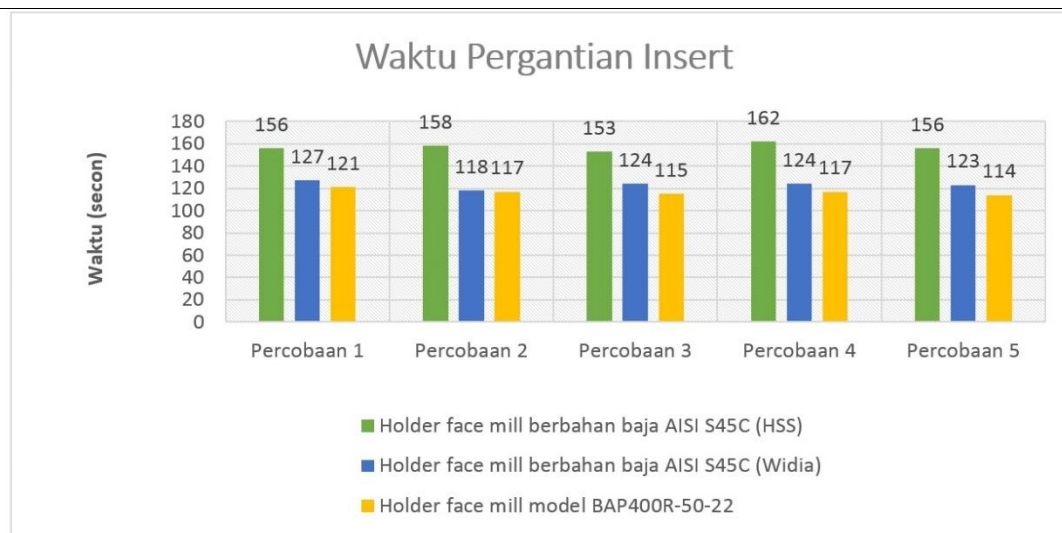


Gambar 5. Grafik Waktu Pergantian *Insert* Dilakukan Orang Yang Mengerti Mesin

Berdasarkan data di atas maka kita dapat mengambil nilai rata-rata waktu pergantian *insert* yang dilakukan oleh orang yang paham mesin yaitu pada *holder face mill* berbahan baja AISI S45C dengan *insert* HSS yaitu dengan waktu 130,4 detik (2,17 menit). Pada *holder face mill* berbahan baja AISI S45C *insert* widia dengan rata-rata pergantian *insert* 98,4 detik (1,64 menit). Untuk *holder face mill* model BAP400R-50-22 yaitu rata-rata 91,6 detik (1,53 menit).

Tabel 2. Waktu Pergantian *Insert* Dilakukan Oleh Orang Yang Tidak Mengerti Terhadap Mesin

No Percobaan	Holder Face Mill S45C HSS (s)	Holder Face Mill S45C Widia(s)	Holder Face Mill BAP400R-50-22 (s)
1	156	127	121
2	158	118	117
3	153	124	115
4	162	124	117
5	156	123	114



Gambar 6. Grafik Waktu Pergantian *Insert* Dilakukan Oleh Orang Yang Tidak Mengerti Terhadap Mesin

Berdasarkan data di atas maka kita dapat mengambil nilai rata-rata waktu pergantian *insert* yang dilakukan oleh orang yang tidak mengerti terhadap mesin yaitu pada *holder face mill* berbahan baja AISI S45C dengan *insert* HSS yaitu dengan waktu 157 detik (2,62 menit). Pada *holder face mill* berbahan baja AISI S45C *insert* widia dengan rata-rata pergantian *insert* 123,2 detik (2,05 menit). Untuk *holder face mill* model BAP400R-50-22 yaitu rata-rata 116,8 detik (1,95 menit).

Berdasarkan data rata-rata waktu pergantian *insert* yang dilakukan oleh orang yang paham mesin dan orang yang tidak paham mesin yaitu rata-rata untuk *holder face mill* berbahan baja AISI S45C *insert* HSS adalah 143,7 detik (2,4 menit), *holder face mill* berbahan

baja AISI S45C *insert* widia 110,8 detik (1,85 menit), dan *holder face mill* model BAP400R-50-22 waktu rata-rata 104,2 detik (1,74 menit).

Tabel 3. Hasil Uji Keolengan *Holder*

No Pengujian	<i>Holder Face Mill S45C</i> (mm)	<i>Holder Face Mill BAP400R-50-22</i> (mm)
1	0.05	0.12
2	0.05	0.13
3	0.06	0.12
4	0.06	0.12



Gambar 7. Grafik Keolengan *Holder*

Berdasarkan data pengujian *run out holder* di atas maka kita dapat mengambil nilai rata-rata *run out holder* yaitu untuk *holder face mill* berbahan baja AISI S45C rata-rata 0,055 mm dan *holder face mill* model BAP400R-50-22 rata-rata 0,1225 mm.

Tabel 4. Hasil Uji Selisih Permukaan *Holder*

No Percobaan	<i>Holder Face Mill S45C</i> HSS (mm)	<i>Holder Face Mill S45C</i> Widia (mm)	<i>Holder Face Mill BAP400R-50-22</i> 50-22 (mm)
1	0.06	0.05	0.05
2	0.05	0.05	0.06
3	0.05	0.05	0.05



Gambar 8. Grafik Selisih Permukaan

Berdasarkan data pengujian selisih permukaan di atas maka kita dapat mengambil nilai rata-rata dari selisih permukaan yaitu untuk *holder face mill* berbahan baja AISI S45C dengan *insert* HSS rata-rata 0,053 mm, *holder face mill* berbahan baja AISI S45C dengan *insert* widia rata-rata 0,05 mm, dan *holder face mill* model BAP400R-50-22 dengan nilai rata-rata 0,053 mm.

Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa *holder face mill* berbahan baja AISI S45C layak digunakan untuk proses *machining face mill*. Waktu pergantian *insert* yang dilakukan oleh dua orang yang berbeda telah memenuhi syarat yaitu pergantian rata-rata untuk *holder face mill* berbahan baja AISI S45C dengan *insert* HSS yaitu 2,4 menit, *holder face mill* berbahan baja AISI S45C dengan *insert* Widia dengan waktu rata-rata 1,85 menit, dan *holder face mill* model BAP400R-50-22 dengan waktu rata-rata 1,74 menit. Selisih waktu pergantian *insert* cukup bagus karena dari yang tercepat dan paling lama hanya terpaut 0,66 menit (39,6 detik).

Run out rata-rata *holder face mill* berbahan baja AISI S45C yaitu 0,055 mm, dan *run out* rata-rata *holder face mill* model BAP400R-50-22 yaitu 0,1225 mm. Dengan ini bisa dikatakan bahwa *holder face mill* berbahan baja AISI S45C memiliki *run out* yang bagus sehingga akan memiliki putaran yang lebih stabil.

Selisih kerataan permukaan dengan luas permukaan yang di *facing* 160 mm x 700 mm dengan ke dalaman potong 0,1 mm memiliki nilai rata-rata selisih permukaan setiap pengujian yaitu untuk *holder face mill* berbahan baja AISI S45C dengan *insert* HSS yaitu 0,053 mm, *holder face mill* berbahan baja AISI S45C dengan *insert* widia dengan selisih kerataan permukaan rata-rata 0,05 mm, dan *holder face mill* model BAP400R-50-22 dengan selisih kerataan permukaan rata-rata 0,053mm. Dengan ini *holder* bisa dikatakan layak digunakan karena selisih kerataan permukaan kurang dari 0,1 yaitu toleransi umum.

Daftar Pustaka

- Asaad, M. W. (2022). Using Grey Relation Analysis to Improve Tool Life in Medium Carbon Steel Turning by Coating Multilayer HSS Insert. 2022 13th International Conference on Mechanical and Aerospace Engineering, ICMAE 2022, 507–513. <https://doi.org/10.1109/ICMAE56000.2022.9852876>
- Asaad, W. (2022). Investigation of microstructure, morphology and properties of monolayer and multilayer coating T6-HSS by the sol–gel route. *Advances in Materials and Processing Technologies*, 9(4), 1594–1620. <https://doi.org/10.1080/2374068X.2022.2129518>
- Badiger, P. V. (2018). Performance of DLC coated tool during machining of MDN431 alloyed steel. *Materials Today: Proceedings*, 5(9), 17360–17370. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.04.149>

- Caicedo, J. C. (2015). TiN[BCN/BN] c-BN system improves the surface properties of machining tools used in industrial applications. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 77(5), 819–830. <https://doi.org/10.1007/s00170-014-6508-x>
- Chandrasekaran, V. V. (2015). Multivariate analysis of orthogonal tube cutting forces with 3-D tool wear analysis of AISI 1020 alloy steel using cold compressed air versus liquid nitrogen as metal working fluids. *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE)*, 2. <https://doi.org/10.1115/IMECE2015-51534>
- Chopra, S. A. (2015). Metallurgy behind the Cryogenic Treatment of Cutting Tools: An Overview. *Materials Today: Proceedings*, 2(4), 1814–1824. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2015.07.119>
- Jonoadji, N., & Dewanto, J. (1999). Pengaruh Parameter Potong dan Geometri Pahat Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Bubut. *J. Tek. Mesin*, 1(1), 82–88. <https://doi.org/10.9744/jtm.1.1.pp.82-88>
- Kalyan, C. (2015). Cutting mode analysis in high speed finish turning of AlMgSi alloy using edge chamfered PCD tools. *Journal of Materials Processing Technology*, 216, 146–159. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2014.09.003>
- Kamaruddin, S. A. (2019). Optimization of surface roughness on CNC milling machining using differential evolution (DE) method. *AIP Conference Proceedings*, 2129. <https://doi.org/10.1063/1.5118173>
- Kelliger, T. (2023). Orthogonal cutting with additively manufactured grooving inserts made from HS6-5-3-8 high-speed steel. *Materials Research Proceedings*, 28, 1235–1244. <https://doi.org/10.21741/9781644902479-134>
- Kriyadeesh, A. (2019). Optimization of input parameters with carbide inserts and HSS tool on CNC turning of EN19 steel. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(12), 3869–3875. <https://doi.org/10.35940/ijitee.L3374.1081219>
- Mahesh, K. (2021). Machinability of Inconel 718: A critical review on the impact of cutting temperatures. *Materials and Manufacturing Processes*, 36(7), 753–791. <https://doi.org/10.1080/10426914.2020.1843671>
- Matlygin, G. (2022). Effect of cutting parameters on temperature in the cutting zone in a high-speed steel turn-milling process. *Journal of Physics: Conference Series*, 2373(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2373/3/032009>
- Monkova, K. (2020). Durability and tool wear investigation of HSSE-PM milling cutters within long-term tests. *Engineering Failure Analysis*, 108. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.104348>
- Mulyadi. (2009). *Analisis Pengaruh Putaran Spindle dan Kecepatan Makan terhadap kekerasan Permukaan Baja SCM 4 Pada proses Milling*.
- Nugroho, S. (2010). Karakterisasi Pahat Bubut High Speed Steel (Hss) Boehler Tipe Molibdenum (M2) Dan Tipe Cold Work Tool Steel (a8). *J. Tek. Mesin*, 12(4), 19–26. <https://doi.org/10.1520/E2894-12.2>
- Pahleviannur, M. R. (2022). *Penentuan Prioritas Pilar Satuan Pendidikan Aman Bencana (SPAB) menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Pena Persada.

- Pahleviannur, M. R., Wulandari, D. A., Sochiba, S. L., & Santoso, R. R. (2020). Strategi Perencanaan Pengembangan Pariwisata untuk Mewujudkan Destinasi Tangguh Bencana di Wilayah Kepesisiran Drini Gunungkidul. *Jurnal Pendidikan Ilmu Sosial*, 29(2), 116–126.
- Paiva, R. De. (2017). Contribution to sharpening operation of HSS lathe tool bit. *Revista Materia*, 22(3). <https://doi.org/10.1590/S1517-707620170003.0198>
- Paramasivam, S. S. S. S. (2019). Multi Characteristics Optimization of Treated Drill Tool in Drilling Operation Key Process Parameter Using TOPSIS and ANOVA Technique. *SAE Technical Papers*. <https://doi.org/10.4271/2019-28-0055>
- Ristadi, F. A. (2018). Tool holder. *Journal Title*, 3(April), 55–63.
- Rynio, C. (2022). Mechanical And Tribological Properties Of Copper Infiltrated High-Speed Steel Based Valve Seat Insert Materials With Different Hard Phase Particles. *World PM 2022 Congress Proceedings*.
- Sesharao, Y. (2021). Optimization on operation parameters in reinforced metal matrix of AA6066 composite with HSS and Cu. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/1609769>
- Sobron Lubis, R., & Sobron Lubis, R. W. (2017). Pengaruh Variasi Sudut Ujung Mata Potong Karbida Terhadap Kekasaran Dan Topografi Permukaan Logam Al 6061 Pada Proses Pembubutan. *Journal Title*, 15, 18–25.
- Suharyadi, K., & Irfa'i, M. A. (1999). Pengaruh Jumlah Mata Sayat End Mill Cutter Menggunakan Kode Program G 02 Dan G 03 Terhadap Kerataan Alumunium 6061 Pada Mesin CNC TU-3A.
- Susilo W., D., Zainuddin, & Raharjo, B. (2013). Pengaruh Sudut Penyayatan dan Jumlah Mata Sayat End Mill Cutter Terhadap Tingkat Kekerasan Permukaan Baja ST 40 Hasil Pemesinan CNC Milling Tosuro Kontrol GSK 983 Ma-H.
- Thampi, V. V. A. (2016). Nanostructured TiCrN thin films by Pulsed Magnetron Sputtering for cutting tool applications. *Ceramics International*, 42(8), 9940–9948. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2016.03.095>
- Thavale, V. T. (2020). Wear behavior and machinability of hot pressed sintering of B₄C reinforced M3/2 HSS composite. *Materials Today: Proceedings*, 44, 4891–4897. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.710>
- Velraja, K. (2023). Analysis of DC magnetron sputtered coated with distinct inserts in CNC machining process. *Measurement: Sensors*, 27. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2023.100815>
- Venkateswaran, D. (2023). Comparing carbide, PCD, drill insert with HSS drill bit for material removal rate in the drilling of Al6061/SiC/AlO composite using Taguchi method. *AIP Conference Proceedings*, 2822(1). <https://doi.org/10.1063/5.0173237>
- Vennila, C. B. (2023). Comparison of carbide, PCD drill insert with HSS drill bit for cutting time in drilling of novel coffee bean powder reinforced polymer composite. *AIP Conference Proceedings*, 2655. <https://doi.org/10.1063/5.0139968>
- Vikram, K. A. (2015). Assessment of surface roughness and MRR while machining brass with HSS tool and carbide inserts. *Indian Journal of Engineering and Materials Sciences*, 22(3), 321–330.

Widarto B. S. Wijanarka, S., & Paryanto. (2008). *Teknik Pemesinan*.

Zainuddin. (2019). Analisis Tingkat Kekasaran Permukaan Pada Hasil Pemesinan Mesin Milling Dengan Variasi Tinggi Pencekaman Benda Kerja Dan Tinggi Pemasangan Endmill Cutter. *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, 20(2), 17–24.
<https://doi.org/10.23917/mesin.v20i2.8531>

Zhang, E. G. (2016). Properties and cutting performance of tialsin coating prepared by cathode ARC ion plating. *Surface Review and Letters*, 23(6).
<https://doi.org/10.1142/S0218625X16500554>