

Penanaman Mata Pahat *Carbide* Pada Baja *High Speed Steel*

Dimas Permana¹, Syahbuddin²

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila Jakarta

²Program Studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila Jakarta

E-mail: dimaspermana9899@gmail.com

Abstrak--Perkembangan industri manufaktur di Indonesia dari tahun ke tahun semakin pesat seiring berkembangnya teknologi permesinan, mesin-mesin itu antara lain mesin frais, mesin boring, mesin skrap, mesin bubut, dan sebagainya. Salah satu proses permesinan yang sering digunakan didalam industri manufaktur adalah mesin bubut. Terlepas dari proses permesinan, mesin bubut membutuhkan sebuah pahat atau tools untuk pengoperasiannya. Penanaman mata pahat ada berbagai metode, tentunya metode ini akan sangat berpengaruh terhadap kualitas pahat saat digunakan. Dalam penelitian ini akan membahas tentang proses pembuatan pahat carbide model tanam pada baja high speed steel, proses pembuatan pahat ini akan dibagi menjadi dua proses pembuatan pahat, yaitu pahat dengan las kuningan dan pahat dengan pemanas induksi, kemudian dari keduanya akan diteliti berdasarkan kekerasannya. Berdasarkan hasil dari penelitian penanaman pahat carbide pada baja high speed steel yang berhasil dilakukan mendapatkan hasil, Pengikat berbahan kuningan antara mata pahat carbide dan pemegang (holder) lebih keras melalui metode induksi dibandingkan metode pengelasan dengan nilai kekerasan rockwell sebesar 66,36 HRB untuk kuningan hasil induksi dan 63,94 HRB untuk kuningan hasil pengelasan.

Kata kunci: Permesinan, Pahat Bubut, Carbide, High Speed Steel

Abstract--The development of the manufacturing industry in Indonesia from year to year is growing rapidly along with the development of machining technology, these machines include milling machines, boring machines, scrap machines, lathes, and so on. One of the machining processes that is often used in the manufacturing industry is a lathe. Apart from the machining process, a lathe requires a chisel or tools for its operation. There are various methods of planting chisels, of course this method will greatly affect the quality of the chisel when used. In this study, we will discuss the process of making carbide chisels for planting models on high speed steel, the process of making these chisels will be divided into two chisel-making processes, namely chisels with brass welding and chisels with induction heating, then both of them will be investigated based on their hardness. Based on the results of the successful study of planting carbide chisels on high speed steel, the results showed that the brass fastener between the carbide chisel and the holder was harder through the induction method than the welding method with a rockwell hardness value of 66.36 HRB for brass. induction and 63.94 HRB for welded brass.

Keywords: Machining, Chisel Lathe, Carbide, High Speed Steel

1. PENDAHULUAN

Berkembangnya *industry* manufaktur di Indonesia. Memaksakan kita unruk memahami mengenai mesin-mesin yang ada di dalam *industry* permesinan. Sebagai contohnya yaitu: mesin frais, mesin sekrup, mesin boring dan mesin bubut. Mesin bubut merupakan salah satu mesin *industry* yang sangat sering digunakan. Mesin bubut merupakan jenis alat perkakas yang banyak dipakai didunia industri, untuk pembuatan atau pembentukan suku cadang ketimbang dengan mesin perkakas yang lain. Kualitas keluaran yang dibuat menggunakan mesin bubut seperti kualitas geometri, kualitas kekasaran permukaan dan kualitas fungsi [1]. Proses pembubutan yaitu proses dimana membuang Sebagian material benda kerja dengan menggunakan pahat atau *tools* [2].

Pahat merupakan salah satu komponen yang sangat penting. Yang dimana pahat adalah suatu alat potong yang digunakan untuk memotong suatu material benda kerja. Material suatu pahat harus lebih keras dari material benda yang akan di potong, dikarenakan jika material pahat lebih lunak maka pahat tidak akan dapat memotong benda kerja [3]. Pahat bubut adalah alat perkakas untuk memotong material terhadap suatu mesin bubut dengan metode memberikan gaya berupa gaya potong serta gaya tekan di permukaan objek yang dipotong, dengan terdapatnya gaya putar continue dari mesin serta torsi yang terjadi mengakibatkan terjadi proses pemotongan pada permukaan benda yang dipotong [4].

HSS (*High Speed Steel*) memiliki nilai rata-rata kekerasan sebesar 63-65 HRC, oleh karena itu HSS banyak digunakan sebagai alat/pahat potong. HSS adalah baja paduan dengan unsur-

unsur paduan berupa kromium (Cr) dan tungsten/wolfram (W) [5]. *Carbide* diperkenalkan pada tahun 1930an. Karena kekerasannya yang tinggi pada berbagai suhu, modulus elastisitas tinggi, dan muai panas rendah. *Carbide* adalah salah satu bahan alat yang paling penting, serbaguna, dan hemat biaya untuk berbagai macam aplikasi. Dua kelompok utama *carbide* yang digunakan untuk permesinan adalah *tungsten carbide* dan *titanium carbide* [6].

Kuningan ialah logam gabungan dari tembaga serta seng, tembaga ialah komponen utama dalam pembuatan kuningan, serta kuningan umumnya diklasifikasikan sebagai logam paduan dari tembaga. Warna pada logam kuningan pada umumnya bermacam-macam mulai coklat kemerahan gelap sampai ke warna cahaya kuning keperakan tergantung pada jumlah logam seng yang dimasukan. Seng lebih banyak akan pengaruhi warna kuningan tersebut. Kuningan lebih kokoh dan juga lebih keras daripada tembaga, tetapi tidak sekeras baja [7].

Induction heater merupakan suatu sistem pemanas yang memanfaatkan induksi medan magnet serta dihasilkan dari frekuensi tinggi/*high frequency*. Hal ini bisa berlangsung disebabkan pada objek muncul arus eddy ataupun arus pusat yang arahnya melingkar melingkupi medan magnet yang menembus objek. Metode kerja *induction heating* yakni dengan tegangan bolak-balik yang mempunyai frekuensi tinggi yang diangkitkan dari power modul. Frekuensi ini hendak memicu suatu komponen elektronika untuk membangkitkan energi AC yang mempunyai frekuensi tinggi. Energi AC frekuensi tinggi ini yang dikirimkan ke kumparan untuk memunculkan fluks, besar kecilnya fluks yang di bangkitkan tergantung pada luas bidang kumparan induksi yang digunakan. Perihal ini disebabkan *induction heater* memanfaatkan rugi-rugi yang berlangsung pada kumparan penginduksi. Arus eddy berfungsi dominan dalam proses *induction heating*. Pada saat lilitan dialiri oleh arus bolak-balik, maka hendak muncul medan magnet di sekitar kawat penghantar. Medan magnet tersebut besarnya berubah-ubah sesuai dengan arus yang mengalir pada lilitan tersebut [8].

Las asetelin (*Las Oxy-Acetylene*) merupakan salah satu teknik pengelasan untuk menyambungkan suatu logam dengan menggunakan energi panas yang berasal dari pembakaran gas asetelin dan gas oksigen. Kegiatan pengelasan merupakan suatu kegiatan menyambung dua buah logam atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau menggabungkan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu jadi satu seperti benda utuh [9]. Uji kekerasan ialah suatu uji bahan atau material untuk mengetahui suatu ketahanan plastis dari suhu permukaan material uji terhadap penetrasi. Kekerasan suatu bahan (baja) bisa diketahui

dengan pengujian kekerasan menggunakan mesin uji kekerasan (*hardness tester*) menggunakan tiga metoda maupun metode yang umum dilakukan yakni metoda *Brinell*, *Rockwell* serta *Vickers* [10]. Penelitian ini sangat penting untuk dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan pahat carbide dengan metode las dan induksi, karena jika material pahat lebih lunak setelah dilakukan metode penanaman pahat tertentu maka pahat tidak bisa memotong benda kerja dan mengakibatkan kerusakan pada pahat dan juga benda kerja.

2. METODOLOGI

2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimen dan perlu adanya tahapan-tahapan dalam melaksanakan penelitian. Dengan tujuan agar didapat data yang akurat. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Pancasila Jakarta.

2.2 Bahan dan Alat

2.2.1 Bahan

a. Baja HSS (*High Speed Steel*)

Baja HSS ini berukuran 3/8" x 4". Baja HSS dibeli dipasaran tanpa sertifikasi. Baja HSS ini digunakan sebagai pemegang (*holder*) mata pahat berupa *carbide*. HSS seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Pahat HSS (*High Speed Steel*)

b. Mata Pahat *Carbide*

Carbide merupakan material yang sangat keras dan sangat cocok digunakan sebagai mata pahat. Mata pahat yang digunakan yaitu mata pahat *carbide* A416 dengan ukuran lebar 10mm, Panjang 16mm, dan tebal 5,5mm. *Carbide* seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Mata Pahat *Carbide*

c. Plat Kuningan

Plat kuningan ini nantinya akan digunakan sebagai perekat pada mata pahat carbide dan HSS (*holder*) dengan menggunakan metode induksi, plat kuningan ini akan menjadi lunak dan akan merekatkan pahat carbide dan hss. Pelunakan plat kunungan ini dengan cara dipanaskan dengan temperatur tertentu sampai plat kuningan menjadi lunak dan cair agar bisa melekat dengan pahat carbide dan holder nya berupa HSS. Plat kuningan seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Plat Kuningan

d. Batang Kuningan

Batang kuningan 3 mm ini digunakan pada saat proses pengelasan pada mata pahat berupa *carbide* pada baja HSS. Batang kuningan berfungsi sebagai logam pengisi untuk merekatkan carbide dan holder nya berupa HSS, melalui proses pengelasan menggunakan batang kuningan ini akan merekatkan penanaman pahat. Batang kuningan seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Batang Kuningan

e. Boraks

Boraks digunakan untuk membantu menurunkan titik leleh dari kuningan, agar mempercepat kuningan meleleh pada saat proses induksi dan proses pengelasan. Pemberian boraks ini sangat penting dilakukan, karena titik leleh kuningan yang begitu tinggi akan menghambat proses pembuatan pahat, dengan pemberian boraks maka titik leleh bisa diturunkan, maka proses pelelehan kuningan akan lebih mudah dilakukan. Boraks seperti pada gambar 5.

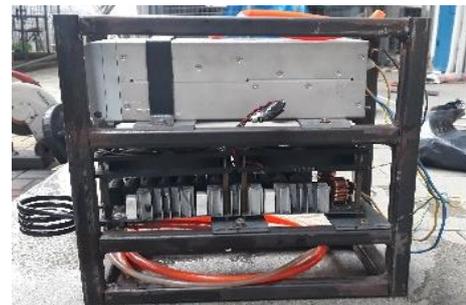


Gambar 5. Boraks

2.2.2 Alat

a. *Induction Heater*

Alat ini (*induction heater*) tersedia di laboratorium Universitas Pancasila Jakarta. Merupakan suatu alat yang digunakan untuk proses pembuatan pahat/sampel dengan melalui metode induksi. Metode induksi ini dapat memanaskan kuningan sampai ke titik lelehnya dan akan melekatkan pahat *carbide* dan *holder* agar dapat menyatu. Alat ini sangat penting untuk pembuatan pahat. *Induction heater* seperti pada gambar 6.



Gambar 6. *Induction Heater*

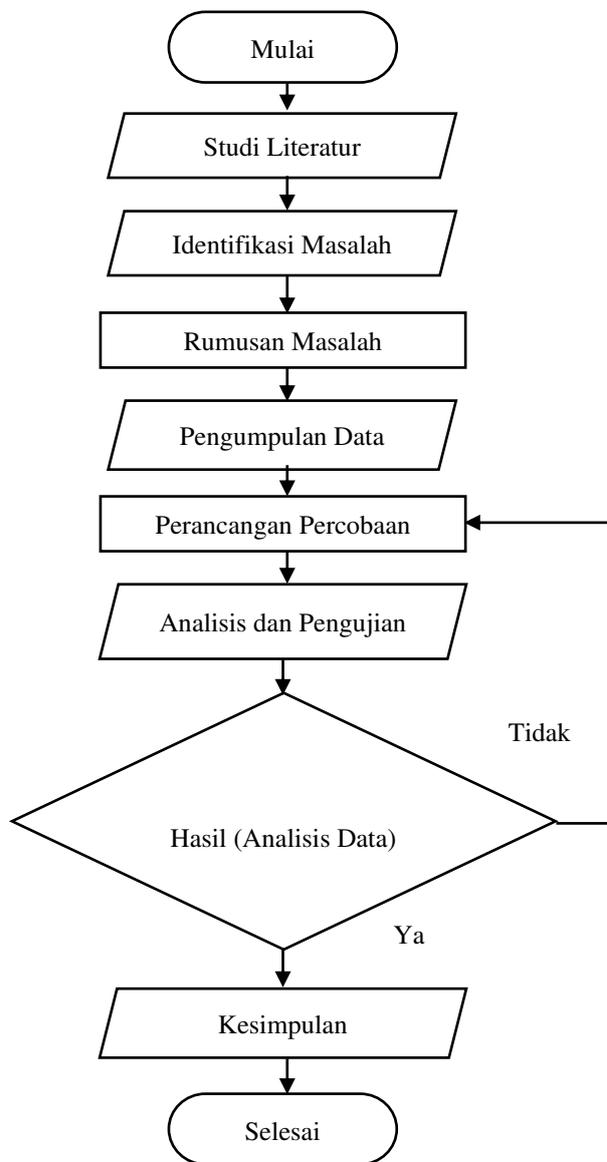
b. Las Asetelin

Las asetelin digunakan untuk proses pembuatan sampel (pahat bubut dengan mata berupa *carbide*) dengan melalui proses metode pengelasan, proses pengelasan ini dilakukan secara manual, dimana permukaan pahat yang akan disambung mengalami pemanasan sampai mencair oleh nyala api. Dengan logam pengisi berupa batang kuningan, dimana proses penyambungan tanpa penekanan.

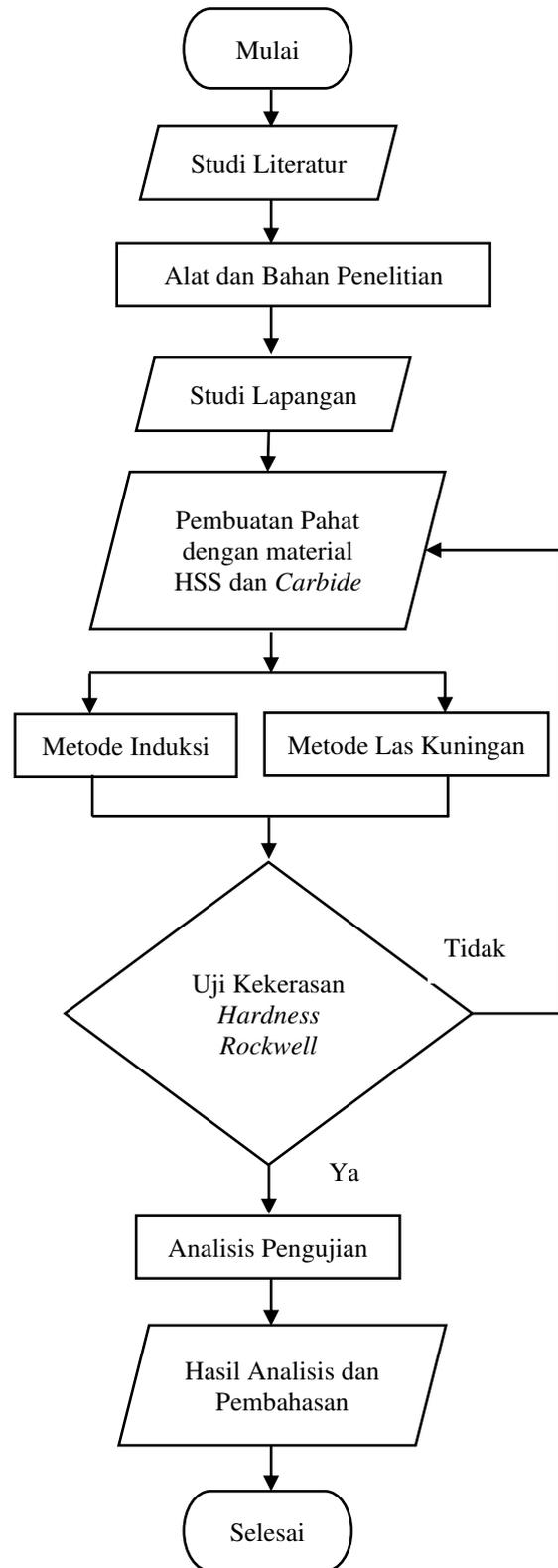
c. *Hardness Rockwell*

Alat ini digunakan untuk menguji kekerasan (*hardness*) pada sampel yang akan di uji kekerasannya. Sampelnya berupa pahat *carbide* yang sudah dipotong.

2.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 8. Diagram Alir Penelitian



Gambar 9. Diagram Alir Pengujian

Uraian diagram alir proses penelitian :

1. Studi Literatur Studi literatur dilakukan untuk mencari atau mengetahui referensi yang berkaitan dengan teori yang berhubungan dengan proses pembuatan pahat bubut serta pengujian kekerasan hardness rockwell.
2. Identifikasi Masalah Identifikasi masalah merupakan langkah awal dalam menentukan kebutuhan atau kondisi yang diperlukan. Objek penelitian tugas akhir ini adalah proses pembuatan pahat bubut dan pengujian kekerasan hardness rockwell.
3. Rumusan Masalah Rumusan masalah ini dilakukan untuk menentukan pokok permasalahan yang ada pada latar belakang bertujuan untuk menentukan topik dari permasalahan yaitu membuat pahat bubut dan pengujian kekerasan hardness rockwell.
4. Pengumpulan Data Metode pengumpulan data yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini yaitu:
 - a. Metode Observasi Untuk mencari data-data yang diperlukan selama penelitian tugas akhir ini berlangsung.
 - b. Metode Literatur Metode ini dilakukan dengan mengumpulkan literatur yang berhubungan dengan pembuatan laporan tugas akhir.
5. . Perancangan Percobaan Proses pembuatan pahat bubut dengan mata carbide dilakukan dengan menggunakan metode induksi dan metode pengelasan.
6. Analisis dan Pengujian Sampel dilakukan pengujian kekerasan dengan menggunakan alat uji berupa hardness rockwell.
7. Hasil (Analisis Data) Dari proses perancangan menggunakan metode induksi dan pengelasan, serta dari proses identifikasi masalah didapatkan pahat bubut dengan mata carbide yang lolos dari uji kekerasan.

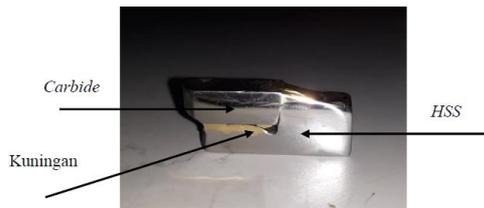
Uraian diagram alir proses pengujian :

1. Studi Literatur Studi literatur dilakukan untuk mencari atau mengetahui referensi yang berkaitan dengan teori yang berhubungan dengan proses pembuatan pahat bubut serta pengujian kekerasan hardness rockwell.
2. Alat dan Bahan Penelitian Alat dan bahan yang digunakan yaitu baja HSS, mata pahat carbide, plat kuningan, batang kuningan, boraks, tungku induksi, las asetelin, hardness rockwell.
3. Studi Lapangan Pada proses pembuatan pahat bubut model tanam dilakukan pengamatan secara langsung pada objek yang di teliti untuk mendapatkan suatu data.
4. Pembuatan Pahat Dengan Material HSS dan Carbide Pembuatan pahat dilakukan melalui dua metode, yaitu metode induksi dan metode pengelasan.
5. Metode Induksi dan Metode pengelasan Metode induksi dan metode pengelasan merupakan dua metode yang digunakan dalam proses pembuatan pahat bubut dengan mata pahat berupa carbide. Metode induksi proses pembuatan pahat dengan menggunakan tungku induksi yang ada pada laboratorium Teknik Universitas Pancasila. Dan pada metode pengelasan menggunakan las asetelin.
6. Uji Kekerasan Hardness Rockwell Uji kekerasan pada sampel berupa pahat bubut dilakukan menggunakan alat uji hardness rockwell.
7. Analisis Pengujian Pada tahap ini berisikan analisis dari pengujian yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu mengujian kekerasan rockwell.
8. Hasil Analisis dan Pembahasan Pada tahap ini berisikan mengenai hasil analisis dan pembahasan dari pengujian yang telah dilalui.

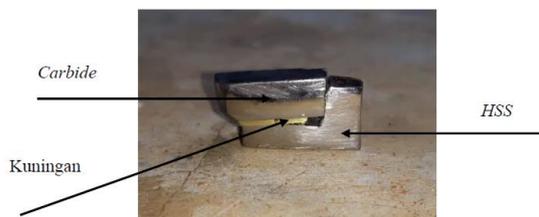
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Pada penelitian ini menghasilkan sebuah *cutting tools*, yaitu berupa pahat bubut yang dibuat dengan menggunakan bahan mata *carbide* dengan HSS sebagai holdernya. Pada proses pembuatan pahat bubut ini menggunakan 2 (dua) metode, yaitu metode induksi dan metode pengelasan. Berikut ini merupakan sampel yang akan diuji *hardness*:



Gambar 10. Sampel Hasil Metode Pengelasan



Gambar 11. Sampel Hasil Metode Induksi

3.2 Data Hasil Pengujian

3.2.1 Kekerasan Materian Pahat

Dari hasil penelitian dihasilkan sebuah alat yaitu berupa pahat bubut dengan mata pahat berupa *carbide* yang sebelumnya melalui metode induksi dan metode pengelasan dalam proses pembuatannya. Untuk mengetahui apakah pahat yang telah dibuat sebelumnya itu dapat digunakan pada proses pembubutan. Pengujian pahat akan dilakukan dengan melakukan uji kekerasan.

- Pahat Dengan Metode Pengelasan

Tabel 1. Nilai Kekerasan HSS pada Sampel Hasil Pengelasan

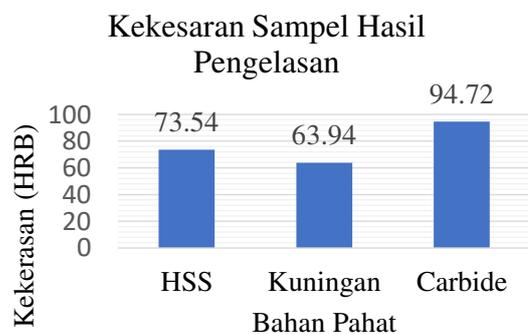
No	Material	Identor	Beban	Nilai HR
1	HSS	Steel	Ball 150	73,8
2		1/16"	kgf	
3		Steel	Ball 150	
4		1/16"	kgf	
5		Steel	Ball 150	
		1/16"	kgf	76,4
Nilai rata-rata				73,54 HRB

Tabel 2. Nilai Kekerasan Kuningan pada Sampel Hasil Pengelasan

No	Material	Identor	Beban	Nilai HR
1	Kuningan	Steel	Ball 100	63,94
2		1/16"	kgf	
3		Steel	Ball 100	
4		1/16"	kgf	
5		Steel	Ball 100	
		1/16"	kgf	64
Nilai rata-rata				63,94 HRB

Tabel 3. Nilai Kekerasan Carbide pada Sampel Hasil Pengelasan

No	Material	Identor	Beban	Nilai HR
1	Carbide	Steel	Ball 150	94,72
2		1/16"	kgf	
3		Steel	Ball 150	
4		1/16"	kgf	
5		Steel	Ball 150	
		1/16"	kgf	95,6
Nilai rata-rata				94,72 HRB



Gambar 12. Kekerasan Sampel Hasil Pengelasan

Pembuatan pahat dengan metode pengelasan ini digunakan dengan logam pengisi berupa batang kuningin yang akan merekatkan pahar carbide dan baja HSS. Nilai kekerasan pembuatan pahat dengan metode pengelasan ini cukup variatif serta menghasilkan kekerasan yang berbeda untuk setiap material yang terkena panas dari proses pengelasan, yaitu HSS, Kuningan bahan Plat dan juga carbide. Material dengan kekerasan tertinggi yaitu carbide terpengaruh dengan panas dari proses pengelasan.

- Pahat Dengan Metode Induksi

Tabel 4. Nilai Kekerasan HSS Pada Sampel Hasil Induksi

No	Material	Indentor	Beban	Nilai HR
1	HSS	Steel 1/16"	Ball 150 kgf	76
2		Steel 1/16"	Ball 150 kgf	77,8
3		Steel 1/16"	Ball 150 kgf	78,6
4		Steel 1/16"	Ball 150 kgf	77,6
5		Steel 1/16"	Ball 150 kgf	79,1
Nilai rata-rata				77,82 HRB

Tabel 5. Nilai Kekerasan Kuningan pada Sampel Hasil Induksi

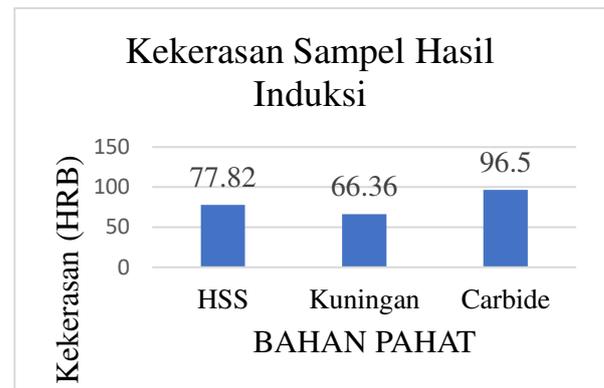
No	Material	Indentor	Beban	Nilai HR
1	Kuningan	Steel 1/16"	Ball 100 kgf	70
2		Steel 1/16"	Ball 100 kgf	67,8
3		Steel 1/16"	Ball 100 kgf	65
4		Steel 1/16"	Ball 100 kgf	64
5		Steel 1/16"	Ball 100 kgf	65
Nilai rata-rata				66,36 HRB

Tabel 6. Nilai Kekerasan Carbide pada Sampel Hasil Induksi

No	Material	Indentor	Beban	Nilai HR
1	Carbide	Steel 1/16"	Ball 150 kgf	93,6
2		Steel 1/16"	Ball 150 kgf	97,5
3		Steel 1/16"	Ball 150 kgf	97,8
4		Steel 1/16"	Ball 150 kgf	97
5		Steel 1/16"	Ball 150 kgf	96,6
Nilai rata-rata				96,5 HRB

Pembuatan pahat dengan menggunakan metode induksi ini menggunakan *induction heater*. Alat tersebut dapat memanaskan logam kuningan sampai ke titik lelehnya, dengan melelehnya kiningan tersebut akan membuat carbide dan HSS melekat dan menjadi struktur baru yang kuat. Metode induksi ini dilakukan dengan cara meletakkan pahat didalam lilitan tembaga induksi

yang akan menghantarkan panas sampai suhu tertentu.



Gambar 13. Kekerasan Sampel Hasil Induksi

3.2.2 Pembahasan

Dari pengujian *hardness rockwell* yang telah dilakukan di Lab. Metalurgi Fisik Universitas Pancasila pada sampel hasil pengelasan dan sampel hasil induksi yang dilakukan sebanyak 5 kali pada titik yang berbeda. Pada sampel hasil pengelasan didapatkan nilai rata-rata kekesaran *rockwell* pada material HSS sebesar 73,54 HRB, nilai rata-rata kuningan sebesar 63,94 HRB, dan nilai rata-rata *carbide* sebesar 94,72 HRB. Lalu pada sampel pahat hasil induksi yang telah dilakukan pengujian *hardness rockwell*. Didapat nilai rata-rata dari material HSS sebesar 77,82 HRB, nilai rata-rata dari kuningan sebesar 66,36 HRB, dan nilai rata-rata dari material *carbide* sebesar 96,5 HRB.

Dari data hasil kekerasan *rockwell* pada material HSS, kuningan, dan *carbide* yang telah dilakukan pada sampel hasil pengelasan dan sampel hasil induksi, didapat nilai rata-rata dari data yang diperoleh menunjukkan sampel hasil induksi mendapatkan nilai rata-rata kekerasan lebih tinggi dibandingkan dengan sampel hasil pengelasan. Pada sampel hasil pengelasan, kuningan cair sedangkan pada sampel hasil induksi kuningan padat. Oleh karena itu sampel hasil pengelasan diperoleh nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan sampel hasil induksi, dikarenakan temperature pada proses pengelasan lebih tinggi dibandingkan temperature pada saat proses induksi. Sehingga material kuningan, HSS dan carbide pada sampel hasil pengelasan memiliki nilai kekerasan lebih rendah dibanding sampel hasil induksi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan pada bab sebelumnya, penanaman mata pahat *carbide* pada baja high speed steel dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Proses penanaman pahat *carbide* pada baja high speed steel berhasil dilakukan dengan metode pengelasan dan metode induksi dan mendapatkan hasil kekerasan yang berbeda.
2. Pengikat berbahan kuningan antara mata pahat *carbide* dan pemegang (*holder*) lebih keras melalui metode induksi dibandingkan metode pengelasan dengan nilai kekerasan *rockwell* sebesar 66,36 HRB untuk kuningan hasil induksi dan 63,94 HRB untuk kuningan hasil pengelasan.
3. Kekerasan mata pahat *carbide* hasil metode induksi sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan mata pahat *carbide* hasil metode pengelasan. Nilai rata-rata yang didapat pada material *carbide* hasil induksi sebesar 96,5 HRB dan nilai rata-rata kekerasan pada *carbide* hasil pengelasan sebesar 94,72 HRB.
4. Demikian juga dengan pemegang (*holder*) mata pahat *high speed steel* yang digunakan dengan metode induksi lebih keras dibandingkan dengan metode pengelasan. Dengan nilai rata-rata *holder* mata pahat HSS hasil metode induksi sebesar 77,82 HRB dan nilai rata-rata *holder* mata pahat HSS dari hasil pengelasan sebesar 73,54 HRB.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Prilyanto and D. Pratiwi, "Analisis Prediktif Dan Optimasi Pengaruh Ketinggian Pahat Insert Carbide Pada Proses Turning Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Material Bantalan Luncur (Bronze)," *J. Media Apl.*, vol. 11, no. 2, pp. 1–10, 2019.
- [2] Supriyanto, "Pengaruh Variasi Merk Pahat HSS (High Speed Steel) terhadap Keausan Pahat pada Material ST 37," *Univ. Nusant. PGRI Kediri*, pp. 1–10, 2017.
- [3] A. S. Muksin R. Harahap, "Pengaruh Kondisi Pemotongan Baja Karbon SC-1045 menggunakan Pahat HSS terhadap Kekasaran Permukaan pada Proses Pembubutan," *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 69–76, 2018.
- [4] B. H. Setyamarga, "PEMBUATAN DAN PENGUJIAN PAHAT MODEL INSERT DARI BAJA 34CrNiMo6 MELALUI PROSES PACK CARBURIZING," 2014.
- [5] N. I. Pertiwi, "ANALISA PENGARUH TEMPERATUR AUSTENISASI DAN MEDIA PENDINGIN PADA MATERIAL TOOL STEEL JENIS BAJA HIGH SPEED STEEL (HSS) AISI M2 TERHADAP PERUBAHAN STRUKTUR MIKRO DAN NILAI KEKERASAN," 2020.
- [6] S. Kalpakjian and Steven R. Schmid, *Engineering and Technology*, vol. 7, no. 5–6. 2013.
- [7] A. Nasution, A. Ibrahim, J. Jufriadi, and S. Syamsuar, "ANALISA PADUAN Cu-Zn TANPA TIMBAL SETELAH PROSES ANNEALING," *J. Mesin Sains Terap.*, vol. 5, no. 1, p. 38, 2021, doi: 10.30811/jmst.v5i1.2142.
- [8] I. Kurniawan, B. A. Girawan, I. Muasih, and Y. Susanto, "Rancang Bangun Alat Pemanas Induksi Proses Perlakuan Panas," *Accurate J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 21–30, 2020, doi: 10.35970/accurate.v1i1.162.
- [9] A. Syahrani, Naharuddin, and M. Nur, "ANALISIS KEKUATAN TARIK, KEKERASAN, DAN STRUKTUR MIKRO PADA PENGELASAN SMAW STAINLESS STEEL 312 DENGAN VARIASI ARUS LISTRIK," *J. Mek.*, vol. 9, no. 1, pp. 814–822, 2018.
- [10] H. Setiawan, "PENGARUH PROSES HEAT TREATMENT PADA KEKERASAN MATERIAL SPECIAL K (K100)," vol. 2, no. 1, pp. 1–11, 2012.