

Pembuatan *Prototype Insert Carbide* Dari Material *Metal Matrix Composite* dengan Teknologi Serbuk Metalurgi dan Pengujiannya

Fata Taoziri^{1*}, Jata Budiman², Wiwik Purwadi³

¹ Teknik Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung

² Teknik Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung

³ Teknik Pengecoran Logam, Politeknik Manufaktur Bandung

Email: fatataoziri@gmail.com

Informasi Artikel:	ABSTRAK
<i>Received:</i> 01 November 2024	Penggunaan alat potong yang efektif dan efisien seperti <i>insert carbide</i> sangat penting dalam industri manufaktur, khususnya dalam proses pemesinan material yang keras. <i>Insert carbide</i> adalah salah satu jenis alat potong yang digunakan untuk memotong material pada proses pemesinan. Penelitian ini dilakukan untuk membahas percobaan pembuatan spesimen uji <i>insert carbide</i> dengan proses teknologi serbuk metalurgi dan dibuat dari material <i>Metal Matrix Composite</i>. Metode penelitian yang digunakan <i>design of experiments</i> dengan <i>Taguchi method</i>. Parameter yang dikontrol yaitu Fe (%), yaitu Binder (%), waktu <i>mixing</i> (menit). Respons yang diukur yaitu nilai kekerasan (HV). Kontribusi parameter proses yang mempengaruhi nilai respon adalah Fe = 11,90%, Binder = 54,70%, dan waktu <i>mixing</i> = 30,99%. Hasil percobaan menghasilkan nilai kekerasan 1534,778 HV. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa parameter yang paling mempengaruhi pembuatan <i>insert carbide</i> melalui teknologi <i>powder metallurgy</i> adalah Binder (%) dengan kontribusi sebesar 54,70%.
<i>Accepted:</i> 15 Oktober 2025	
<i>Available:</i> 15 Desember 2025	
Kata Kunci:	ABSTRACT
<i>Insert Carbide, Powder Metallurgy, Metal Matrix Composite, Mixing, Taguchi Methode.</i>	<i>The effective use of cutting tools such as carbide inserts is crucial in the manufacturing industry, especially in machining processes involving hard materials. Carbide inserts are a type of cutting tool used to cut materials in machining processes. This research aims to discuss the experiment of producing carbide insert test specimens using the powder metallurgy technology process and made from Metal Matrix Composite material. The research method employed is the design of experiments with the Taguchi method. The controlled parameters are Fe (%), namely Binder (%), and mixing time (minutes). The response measured is the hardness value (HV). The contribution of the process parameters influencing the response value is found to be Fe = 11.90%, Binder = 54.70%, and mixing time = 30.99%. The experimental results yield a hardness value of 1534.778 HV. In conclusion, the most influential parameter in carbide insert production through powder metallurgy technology is the Binder (%) with a contribution of 54.70%.</i>

jtrm.polman-bandung.ac.id

1 PENDAHULUAN

Dalam era revolusi industri 4.0, perkembangan teknologi semakin meningkat. Manufaktur merupakan salah satu contoh yang mengalami dampak dari revolusi industri ini. Dampak ini dapat dilihat dari meningkatnya proses yang pada awalnya dilakukan secara konvensional menjadi otomatis dan fleksibel.

Salah satu contoh hasil pengembangan di bidang manufaktur yaitu dengan adanya mesin CNC [1]. Proses pengembangan ini tidak hanya dilakukan pada mesin saja melainkan pada *cutting tools* juga. Karena selain mesin yang baik, harus ditunjang dengan peralatan yang baik juga tentunya. Pengembangan juga dilakukan untuk memenuhi kebutuhan pemesinan yang tinggi agar dapat dilakukan dengan lebih efektif dan efisien [2]. Proses pemesinan saat ini banyak dibutuhkan digunakan pada bengkel-bengkel pemesinan baik itu di industri manufaktur, lembaga pendidikan kejuruan dan lembaga diklat atau pelatihan [3].

Insert carbide adalah salah satu jenis alat potong yang digunakan untuk memotong material pada proses pemesinan dengan cara memberikan gaya berupa gaya potong dan gaya tekan di permukaan objek yang dipotong, dengan adanya gaya putar *continue* dari mesin dan torsi yang terjadi menyebabkan terjadi proses pemotongan pada permukaan benda yang dipotong, berupa serpihan hasil potongan atau disebut juga geram [4]. Untuk dapat dijadikan alat potong, tentu saja sebuah *insert carbide* harus memiliki sifat keras, ulet, tahan panas, dan tahan aus. Hal ini diperlukan efektivitas dan efisiensi dari *insert carbide* itu sendiri [5].

Metal matrix composite (MMC) adalah material yang terdiri dari matriks berupa logam dan paduannya yang diperkuat oleh bahan penguat. Dalam penelitian ini digunakan material Fe dan SiC. Material Fe sebagai matriks pengikat dan SiC sebagai bahan penguat. Hal ini dimaksudkan karena material Fe memiliki sifat ulet dan material SiC memiliki sifat keras dan diharapkan produk memiliki kedua sifat tersebut [6].

Powder metallurgy (metalurgi serbuk) adalah proses pembentukan benda kerja dari logam, di mana material awal berupa serbuk yang kemudian serbuk tersebut ditekan di dalam sebuah *dies* menjadi bentuk yang diinginkan (dikenal dengan istilah *compacting*). Selanjutnya serbuk yang telah ditekan dipanaskan supaya saling mengikat dan menjadi rigid (dikenal dengan istilah *sintering*) [7]. Beberapa keunggulan dari *powder metallurgy* yaitu prosesnya dapat menghasilkan karbida sinter, bantalan poros dan produk bimetal yang terdiri dari lapisan serbuk logam yang berbeda. Sehingga kita dapat mengatur komposisi sesuai dengan yang diinginkan [7]. Penggunaan *powder metallurgy* untuk logam banyak diaplikasikan pada pembuatan komponen untuk produksi massal guna menghemat biaya produksi. Pembuatan roda gigi, *cutting tools*, dan komponen yang rumit dapat diatasi dengan metode *powder metallurgy* tanpa harus melalui proses *finishing* [7].

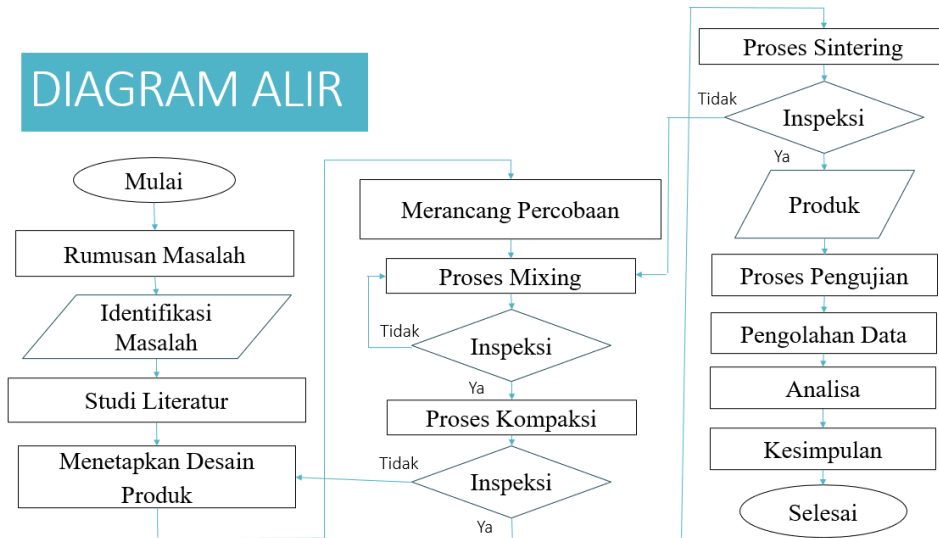
Para pakar material di Indonesia belum sanggup membuat material sejenis *carbide* untuk dijadikan sebagai alat potong. Untuk menanggulangi hal itu, perlu ada kajian-kajian ilmiah agar ditemukan gagasan-gagasan baru, untuk membuat *insert carbide* alternatif yang terbuat dari komposit yang materialnya mudah ditemui di pasaran melalui proses serbuk metalurgi agar tidak selalu ketergantungan lagi ke negara lain [3].

Berdasarkan hal tersebut, dilakukanlah sebuah penelitian untuk pembuatan *insert carbide* agar bisa produksi mandiri untuk menunjang kebutuhan praktik. Penelitian tersebut berjudul "Pembuatan *Prototype Insert Carbide dari Material Metal Matrix Composite* dengan Teknologi Serbuk Metalurgi dan Pengujiannya".

2 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi pada penelitian ini disusun untuk memperoleh parameter proses yang optimal dalam pembuatan *prototype insert carbide* berbasis metal *matrix composite* melalui teknologi serbuk metalurgi. Sebagaimana Gambar 1, Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan pendekatan *Design of Experiments* (DoE) menggunakan metode Taguchi, yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh beberapa faktor kendali terhadap karakteristik kekerasan material. Faktor kendali yang diteliti meliputi persentase Fe, persentase binder, dan waktu *mixing*, sedangkan respons yang diamati adalah nilai kekerasan Vickers (HV). Tahapan penelitian mencakup perancangan percobaan, pembuatan spesimen uji melalui proses *mixing*, *compacting*, dan *sintering*, serta pengujian kekerasan dan analisis

data menggunakan ANOVA untuk menentukan faktor yang paling berpengaruh terhadap hasil penelitian.



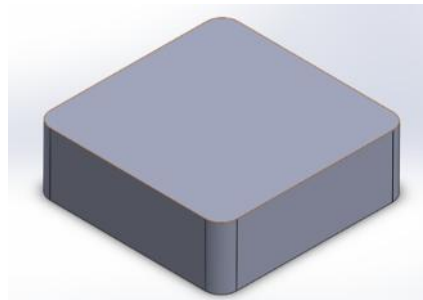
Gambar 1 Metodologi Penelitian

3 HASIL

3.1 Perancangan Percobaan

3.1.1 Bentuk spesimen uji

Percobaan ini mengambil spesimen uji dari berdasarkan *holder insert* yang tersedia di *tool crib* dengan bentuk *insert carbide* segi empat dengan ukuran 9,53 x 9,53 x 3,18 mm. Percobaan dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang dapat menghasilkan respons yang optimum pada spesimen uji. Berikut gambar III.1 adalah bentuk 3-D spesimen uji.



Gambar 2 3-D Spesimen Uji *Insert Carbide*

3.1.2 Pemilihan faktor dan respons

Terdapat beberapa faktor dan respons yang telah ditentukan oleh penulis terkait proses penelitian yang dilakukan, berikut variabel yang telah ditentukan, sebagai berikut.

a. faktor Kendali

Faktor kendali merupakan variabel yang nilainya dapat dikendalikan dan dapat ditentukan berdasarkan pertimbangan tertentu dalam penelitian yang mengarah pada tujuan dari penelitian. Untuk variabel faktor yang ditentukan pada penelitian ini adalah:

- 1) Persentase serbuk Fe (%)
- 2) Persentase binder (%)
- 3) Waktu *mixing* (menit)

Terdapat beberapa landasan yang menjadikan beberapa faktor kendali yang dipilih berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan oleh K S Torosyan dan V G Pak pada tahun 2019 terkait proses *mixing* dan binder pada material Silicon Carbide, pada penelitian tersebut beliau menggunakan 20% binder.

b. Pemilihan respons

Respons merupakan variabel yang nilainya tidak dapat ditentukan di awal dan perlakuan yang dilakukan akan berpengaruh, nilai variabel respons dapat diketahui setelah melakukan eksperimen. Untuk variabel respons yang ditentukan pada penelitian ini adalah kekerasan material (HV).

3.1.3 Pemilihan matriks ortogonal

Penentuan matriks ortogonal dengan menetapkan faktor kendali yang akan diproses dan variasi level dari faktor untuk mendapatkan nilai derajat kebebasan matriks ortogonal. Untuk penjelasan terkait matriks ortogonal yang dibuat dapat dilihat pada tabel III.1, dengan formula:

$$\begin{aligned} \text{Derajat Kebebasan} &= \text{Jumlah Faktor} \\ \text{Derajat Kebebasan} &= 3 \times (3 - 1) \\ &= 6 \end{aligned} \quad (1)$$

Tabel III.1 Faktor dan tingkatan level yang ditentukan

Level Faktor	Variabel		
	Persentase Fe (%)	Persentase Binder (%)	Waktu <i>Mixing</i> (menit)
1	10	10	15
2	15	20	30
3	20	30	45

Matriks ortogonal pada penelitian ini didasarkan pada tabel $L_9 (3^3)$ yang berarti jumlah eksperimen yang akan dilakukan yaitu 9, derajat kebebasan yang dipakai adalah 6. Lalu, matriks tersebut dapat digunakan untuk jumlah faktor 3 dan faktor memiliki 3 variasi level. Didapatkan rancangan percobaan dengan bantuan aplikasi *minitab* dan didapatkan hasil tabel III.2 sebagai berikut:

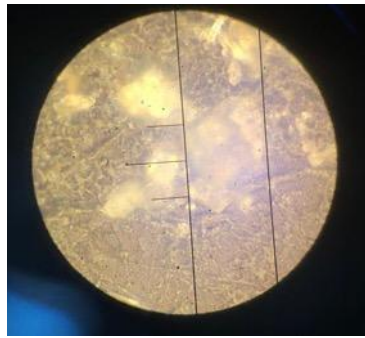
Tabel III.2 Rancangan percobaan menggunakan metode Taguchi

Urutan percobaan	Faktor		
	Persentase Fe	Persentase Binder	Waktu <i>Mixing</i>
1	10	10	15
2	10	20	30
3	10	30	45
4	15	10	30
5	15	20	45
6	15	30	15
7	20	10	45
8	20	20	15
9	20	30	30

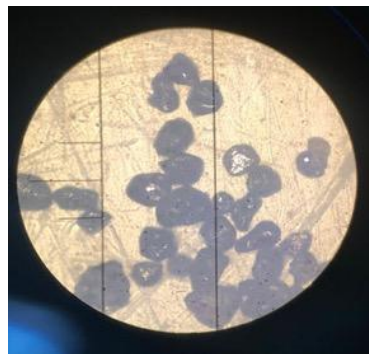
3.2 Pelaksanaan Percobaan

3.2.1 Proses pembuatan spesimen uji

Karakteristik dari sebuah serbuk logam terdapat beberapa jenis sesuai dengan tuntutan sebuah produk yang akan dibuat, berikut merupakan pengukuran dan klasifikasi serbuk logam yang telah dilakukan. Pengukuran serbuk logam dilakukan dengan menggunakan mikroskop yang mampu mengukur ukuran serbuk 0,2 – 100 μm . Dengan menggunakan alat mikroskop dapat dilihat bentuk dan ukuran dari serbuk logam yang akan diproses lanjut, untuk ukuran dan bentuk dapat dilihat pada Gambar III.2 dan Gambar III.3 berikut:



Gambar 3 Ukuran dan bentuk serbuk pada material SiC dengan pembesaran 500x



Gambar 4 Ukuran serbuk pada material Fe dengan pembesaran 500x

Setelah diklasifikasikan didapatkan hasil sebagai berikut.

- 1) Ukuran serbuk SiC diukur dengan cara *median diameter*, dan didapatkan hasil ukuran 62—110 μm .
- 2) Bentuk serbuk logam yang telah diamati masuk ke dalam kategori *irregular*.
- 3) Ukuran serbuk Fe diukur dengan cara *median diameter*, dan didapatkan hasil ukuran 80—160 μm .

Mixing merupakan proses mencampurkan serbuk logam dengan pengikat (*binder*) dan *lubricant* (untuk mengurangi gesekan antar material atau dengan *compacting tool* jika diperlukan) yang dilakukan untuk mencapai sebuah hasil yang baik dalam proses pemadatan. Jenis *mixing* pada penelitian ini adalah *wet mixing* yaitu serbuk logam akan dicampur dengan sebuah larutan, proses *mixing* mengacu kepada sebuah penelitian yang telah dilakukan oleh K S Torosyan dan V G Pak pada tahun 2019.

Tabel III.3 Komposisi *mixing*

Urutan percobaan	Material						
	SiC	Fe	<i>Binder</i>				<i>Lubricant</i>
			Paraffin	Castor oil	Oleic acid	Petroleum	
1	83,26%	8,33%	0,71%	0,065%	0,042%	7,15%	0,08%
2	76,86%	7,69%	1,42%	0,13%	0,084%	14,3%	0,08%
3	71,38%	7,14%	2,13%	1,95%	0,126%	21,45%	0,07%
4	79,94%	11,99%	0,68%	0,62%	0,04%	6,87%	0,08%
5	74,04%	11,10%	1,35%	1,24%	0,08%	13,74%	0,07%
6	68,92%	10,38%	2,04%	1,86%	0,12%	20,61%	0,07%
7	76,86%	30,75%	0,65%	0,06%	0,038%	6,6%	0,08%
8	71,38%	28,55%	3,31%	0,12%	0,076%	13,2%	0,07%
9	66,62%	26,65%	1,95%	0,18%	0,114%	19,8%	0,07%

3.2.2 *Compacting*

Compacting adalah proses pemadatan serbuk logam supaya mendapatkan hasil dari ukuran dan bentuk yang diinginkan. Untuk menghasilkan sebuah spesimen uji harus melewati tahapan proses kompaksi sebagaimana Gambar 5, berikut langkah-langkah untuk proses kompaksi:

- 1) mempersiapkan mesin *press hydraulic*;

- 2) memasukkan paduan FeSiC ke rongga cetak hingga terisi penuh;
- 3) melakukan proses kompaksi hingga tekanan terpenuhi dan tahan 180 detik;
- 4) setelah proses kompaksi selesai, keluarkan spesimen uji secara perlahan.



Gambar 5 Proses kompaksi

- 5) lakukan proses inspeksi terhadap sampel yang telah dibuat, inspeksi yang dilakukan berupa inspeksi *visual* dan inspeksi dimensi.

3.2.3 Sintering

Untuk mendapatkan sebuah produk dalam proses metalurgi, serbuk harus melewati proses akhir yaitu *sintering* yang merupakan proses menyatukan partikel antar serbuk sebagaimana Gambar 6. Berikut langkah-langkah untuk *sintering*:

- 1) menyiapkan *refraktori* untuk dudukan spesimen uji di dalam oven sinter;
- 2) lakukan persiapan pada oven sinter dan pastikan oven sinter dalam kondisi siap pakai;
- 3) hidupkan oven sinter, lalu setting oven ke temperature 50°C dan tahan selama 5 menit;
- 4) naikkan temperatur sinter sampai 100°C dan tahan selama 15 menit untuk menghilangkan kelembaban di dalam oven;
- 5) setelah proses pada poin 4 selesai, masukkan spesimen uji ke oven sinter dan tahan pada temperatur 100°C selama 15 menit agar menghilangkan kelembaban yang terdapat pada spesimen uji;
- 6) lakukan proses menaikkan temperatur secara perlahan, naikkan temperatur sesuai dengan titik didih binder dan tahan selama 30 menit sampai mencapai temperatur 1.050°C;
- 7) setelah mencapai temperatur 1.050°C lakukan *holding time* selama 2 jam;
- 8) setelah proses sinter selesai turunkan temperatur pada panel sampai temperatur kamar (24°C) dan matikan oven sinter, proses *cooling* pada spesimen uji dilakukan tertutup di dalam oven untuk menghindari terjadinya retakan yang diakibatkan perbedaan temperatur yang signifikan;
- 9) setelah itu, keluarkan spesimen uji dari oven sinter dan diamkan sampai mencapai temperatur kamar.



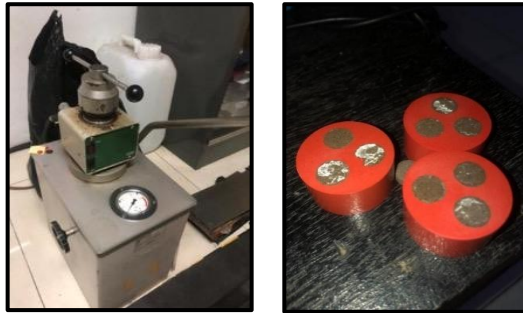
Gambar 6 Hasil Proses Sinter

3.2.4 Pengujian kekerasan

Untuk mendapatkan suatu hasil kekerasan dari sebuah material dilakukan langkah-langkah yang harus dipersiapkan untuk mendapatkan suatu nilai kekerasan, berikut proses mendapatkan hasil kekerasan.

- 1) *Mounting* sampel yang telah dibuat untuk memudahkan proses pengujian sebagaimana Gambar 7.

Pembuatan *Prototype Insert Carbide* dari Material *Metal Matrix Composite* dengan Teknologi Serbuk Metalurgi dan Pengujiannya



Gambar 7 *Mounting* sampel

- 2) Mempersiapkan spesimen yang akan diuji kekerasannya dengan cara meratakan dan menghaluskan permukaan spesimen menggunakan mesin poles (penggunaan amplas dari tingkat kekasaran 180 sampai 1.200 yang dilakukan secara bertahap supaya menghasilkan permukaan yang baik).
- 3) Mempersiapkan mesin uji kekerasan *micro vickers hardness test* sebagaimana Gambar 8.



Gambar 8 Alat *micro vickers hardness test*

- 4) Memosisikan spesimen uji pada plat yang telah disediakan dan cari titik yang akan dilakukan uji kekerasan.
- 5) Pengaturan pembebanan gaya pada 100 gf yang akan diberikan pada spesimen uji.
- 6) Pengaturan (*setting*) nol pada alat *micro vickers hardness test* sebelum melakukan proses mendapat hasil kekerasan.
- 7) Ukur diagonal yang terbentuk akibat indentasi yang dilakukan alat *micro vickers hardness test*.
- 8) Masukkan hasil data pengukuran pada rumus pengukuran *vickers* atau pada mesin yang nantinya hasil pengukuran akan tampil pada layar.
- 9) Lakukan 3 kali indentasi pada tiap spesimen uji dengan maksud merata-ratakan nilai kekerasan pada material yang diuji.

Tabel III.4 Data hasil pengujian *micro vickers hardness*

No	Fe (%)	Binder (%)	Waktu <i>mixing</i> (menit)	Hardness <i>Vickers</i>
1	10	10	15	1037,586
2	10	20	30	1381,401
3	10	30	45	1534,778
4	15	10	30	1069,026
5	15	20	45	1291,578
6	15	30	15	1270,492
7	20	10	45	1154,175
8	20	20	15	1007,512
9	20	30	30	1381,401

Hasil pengukuran *micro vickers hardness* dengan diberikan beban sebesar 100 gf pada setiap spesimen uji untuk tiap variabel yang telah dibuat dapat dilihat pada table III.4 sebagai berikut:

3.3 Analisa dan Pengolahan Data

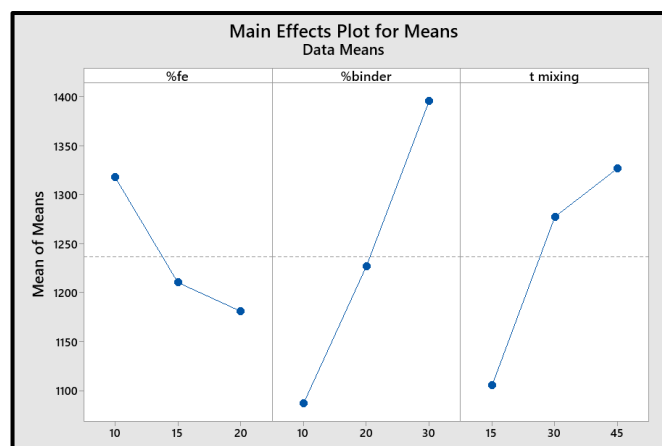
Pengolahan data dilakukan menggunakan bantuan *minitab* dengan metode Taguchi. Dilihat dari tabel variabel dan respons yang telah dipaparkan di bawah, tahap pertama dilakukan dengan mencari nilai Rasio S/N. Berikut Gambar 9 untuk nilai yang telah didapatkan Rasio S/N dari nilai kekerasan maksimum:

Response Table for Signal to Noise Ratios			
Larger is better			
Level	%fe	%binder	t mixing
1	62,28	60,72	60,82
2	61,63	61,70	62,06
3	61,37	62,87	62,40
Delta	0,91	2,15	1,57
Rank	3	1	2

Gambar 9 *Signal to noise ratios*

Pada data yang telah didapat pada Gambar 9, terlihat nilai optimum terdapat pada Fe level 1, binder dan waktu *mixing* pada level 3 untuk nilai kekerasan maksimal, dengan nilai Fe (%), binder (%), waktu *mixing* (menit) sebagai berikut.

- 1) Fe = 10 %
- 2) Binder = 30 %
- 3) Waktu *mixing* = 45 menit



Gambar 10 *Grafik main effects*

Pada Gambar 10, yang telah didapatkan melalui perhitungan dapat disimpulkan bahwa faktor yang paling berpengaruh pada nilai kekerasan maksimum yaitu waktu *binder* (%).

Pembuatan *Prototype Insert Carbide* dari Material *Metal Matrix Composite* dengan Teknologi Serbuk Metalurgi dan Pengujiannya

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
%fe	2	31168	11,90%	31168	15584	4,93	0,169
%binder	2	143292	54,70%	143292	71646	22,67	0,042
t mixing	2	81196	30,99%	81196	40598	12,84	0,072
Error	2	6322	2,41%	6322	3161		
Total	8	261979	100,00%				

Gambar 11 Uji ANOVA

Setelah mendapatkan hasil ANOVA (tabel III-6) lakukan analisis terkait hipotesis diterima atau tidaknya variabel yang telah ditentukan di awal penelitian. Berikut untuk hipotesis yang dilakukan:

- 1) Hipotesis
 - a) H_0 = Faktor yang tidak berpengaruh signifikan terhadap respons
 - b) H_1 = Faktor yang berpengaruh signifikan terhadap respons
- 2) Syarat terhadap hipotesis
 - a) H_0 diterima = jika nilai $F < F$ tabel
 - b) H_1 diterima = jika nilai $F > F$ tabel

Sebelum melakukan analisis lebih lanjut, harus dilakukan penentuan nilai f dari sebuah tabel yang telah ditentukan dengan nilai probabilitas f tabel 0,05. berikut untuk menentukan nilai f tabel:

- 1) df_{N1} = jumlah faktor - 1
 $= 3 - 1$
 $= 2$
- 2) df_{N2} = jumlah variabel - jumlah faktor
 $= 9 - 3$
 $= 6$

Jika sudah didapat penentuan nilai df untuk tiap pembilang dan penyebut, disesuaikan dengan f tabel pada Gambar 12.

df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38	19,40	19,40	19,41	19,42	19,42	19,43
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,76	8,74	8,73	8,71	8,70
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,94	5,91	5,89	5,87	5,86
5	6,59	5,36	5,11	4,86	4,70	4,58	4,49	4,42	4,37	4,34	4,32	4,29	4,28	4,24	4,23
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,03	4,00	3,98	3,96	3,94
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,60	3,57	3,55	3,53	3,51
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,31	3,28	3,26	3,24	3,22
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,10	3,07	3,05	3,03	3,01
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,94	2,91	2,89	2,86	2,85
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,82	2,79	2,76	2,74	2,72
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,72	2,69	2,66	2,64	2,62
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,63	2,60	2,58	2,55	2,53
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,57	2,53	2,51	2,48	2,46
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,51	2,48	2,45	2,42	2,40

Gambar 12 Tabel f

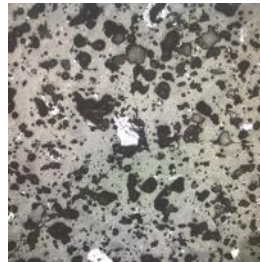
Nilai F tabel pada percobaan ini mendapat nilai 5,14. Untuk *Analysis of Variance* dapat ditarik kesimpulan yaitu:

- 1) Fe (%) yang didapat dari ANOVA menunjukkan hasil (F -Value) **4,93 < 5,14** (F tabel), sehingga Fe (%) adalah faktor yang tidak berpengaruh signifikan terhadap respon.
- 2) Binder (%) yang didapat dari ANOVA menunjukkan hasil (F -Value) **22,67 > 5,14** (F tabel), sehingga binder (%) adalah faktor yang berpengaruh signifikan terhadap respon.
- 3) Waktu *mixing* (menit) yang didapat dari ANOVA menunjukkan hasil (F -Value) **12,84 > 5,14** (F tabel), sehingga waktu *mixing* (menit) adalah faktor yang berpengaruh signifikan terhadap respon.

3.4 Hasil percobaan

Pada proses sinter ini bisa dikatakan berhasil dikarenakan telah melewati proses dehumidifikasi (proses menghilangkan kelembaban) dan delubrikasi (proses menghilangkan lubricant pada paduan material) dengan baik, tetapi nilai kekerasan pada spesimen uji belum sama dengan proses serbuk metalurgi material SiC. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor di antaranya:

1. Temperatur sinter yang masih rendah yaitu 1050°C , sedangkan pada umumnya temperatur sinter untuk material SiC yaitu 70 – 90% titik leburnya pada temperatur 1890°C - 2400°C .
2. Sebagaimana Gambar 13, jika dilihat dari mikro struktur, terlihat masih terdapat banyak porositas.



Gambar 13 Mikro struktur produk dengan perbesaran 200

4 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal, sebagai berikut.

- 1) Dari 9 percobaan yang telah dilakukan, percobaan nomor 3 adalah percobaan yang mendapatkan nilai kekerasan tertinggi yaitu 1534,778 HV, dengan komposisi persentase Fe = 10%; persentase *binder* = 30%; dan waktu *mixing* 45 menit
- 2) Dari 3 variabel yang dipilih, variabel Fe adalah variabel yang tidak berpengaruh signifikan terhadap respons nilai kekerasan, sedangkan variabel *binder* dan waktu *mixing* adalah variabel yang berpengaruh signifikan terhadap respons nilai kekerasan.
- 3) Nilai kekerasan tertinggi pada percobaan yaitu 1534, 778 HV, yang mana hanya mencapai sekitar 59% dari nilai kekerasan maksimum SiC yaitu 2600 HV. [8]

5 REFERENSI

- [1] Rania, "sasanadigital," 27 September 2023. [Online]. Available: <https://sasanadigital.com/perkembangan-era-revolusi-industri-4-0/>. [Accessed 19 Februari 2024].
- [2] A. Kristanto, *Proses MANufaktur*, Yogyakarta: Universita Ahmad Dahlan, 2010.
- [3] U. Rumendi, "PEMBUATAN DAN PENGUJIAN PAHAT MODEL INSERT DARI BAJA 34CrNiMo6 MELALUI PROSES PACK," no. STEMAN, 2014.
- [4] T. Rochim, *Teori dan Teknologi Proses Permesinan*, Bandung: Higher Education Development Support Project, 1993.
- [5] DIREKTORAT PEMBINAAN SEKOLAH MENENANGAN KEJURUAN, *TEKNIK PEMESINAN BUBUT 1*, Cimahi: KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN, 2013.
- [6] S. Bayu Setiadi, "KAJIAN SIFAT FISIS DAN MEKANIS MATERIAL KOMPOSIT DENGAN MATRIK AISiMg DIPERKUAT DENGAN SERBUK SiC," no. Universitas Diponegoro, 2014.
- [7] G. S. Upadhyaya, *Powder Mettallurgy Technology*, Cambridge, 2010.
- [8] J. Moema, "research gate," januari 2010. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Comparison-of-hardness-of-different-constituents-SiC-as-abrasive-17_tbl5_287731442. [Accessed 5 maret 2024].