



## Pengaruh Tekanan Kompaksi Terhadap Densitas, Porositas, dan Struktur Mikro Kowi (*Crucible*) Berbahan *Evaporation Boats*, Kaolin, Castable, dan Abu Sekam Padi

Pradana Hery Krismanto, Rusiyanto Rusiyanto, Rahmat Doni Widodo, Kriswanto, Hendrix Noviyanto Firmansyah

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### Info Artikel

### Abstrak

#### Keywords:

Tekanan kompaksi,  
*evaporation boats*, kowi

Indonesia banyak industri yang menghasilkan berbagai macam barang atau bahan yang dibutuhkan untuk produksi seperti industri Metalyzing Plastic. Industri tersebut menggunakan *evaporation boats* dalam jumlah banyak dan dengan masa pakai yang relatif cepat. Kowi grafit memiliki spesifikasi standar yang sudah ada seperti besar nilai densitas, tekanan kompaksi, dan konduktivitas termal. Variasi tekanan kompaksi yang diberikan yaitu 30 M.Pa, 35 M.Pa, 40 M.Pa, and 45 M.Pa. Komposisi bahan yang digunakan adalah 50% *evaporation boats*, 20% kaolin, 20% castable, 10% abu sekam padi. Pengujian yang dilakukan adalah x-ray diffraction, densitas, porositas, dan struktur mikro. Hasil XRD menunjukkan adanya Titanium Boride 21,3 %, Boron Nitride 36,2 %, Kaolinite 38,8 %, Cristobalite 3,7 %. Hasil test Struktur mikro didapatkan kecenderungan fasa berwarna putih berubah menjadi berwarna hitam seiring naiknya tekanan kompaksi. Nilai densitas terbesar pada tekanan kompaksi 45 M.Pa sebesar 2.43 gr / cm<sup>3</sup> dan terendah pada tekanan kompaksi 30 M.Pa sebesar 1.84 gr / cm<sup>3</sup>, dan berbanding terbalik pada nilai porositas.

### Abstract

Indonesia has a lot of industries that produce various kinds of goods or materials needed for production, such as the Metalyzing Plastic industry. This industry uses *evaporation boats* in large numbers and with a relatively fast service life. The existing graphite crucibles have standard specifications such as density values, compacting pressure, and thermal conductivity. Perform various compacting pressures, namely 30 M.Pa, 35 M.Pa, 40 M.Pa, and 45 M.Pa. The material composition is 50% *evaporation boats*, 20% kaolin, 20% castable, 10% rice husk ash. The tests carried out were X-ray diffraction, density, porosity, and microstructure. XRD results showed the presence of Titanium Boride 21,3 %, Boron Nitride 36,2 %, Kaolinite 38,8 %, Cristobalite 3,7 %. The results shows that microstructures tend to changes the colour from white phase to black phase as pressure rose. The highest density value is at a compacting pressure of 45 M.Pa of 2.43 gr / cm<sup>3</sup> than the lowest is at a compacting pressure of 30 M.Pa of 1.84 gr / cm<sup>3</sup>, inversely proportional to the porosity.

## PENDAHULUAN

Indonesia terdapat banyak industri yang menghasilkan berbagai macam barang atau bahan yang dibutuhkan untuk produksi seperti industri *Metalyzing Plastic*. Industri tersebut menggunakan *evaporation boats* dalam jumlah banyak dan dengan masa pakai yang relatif cepat. *Evaporation boats* yang sudah tak terpakai oleh industri *Metalyzing Plastic* hanya dibuang belum dimanfaatkan lagi atau daur ulang. *Evaporation boats* memiliki kandungan unsur atau komposisi didalamnya yaitu *boron nitride* (BN), dan *titanium deboride* (*TiB2*). Kedua bahan tersebut memiliki tingkat kekerasan yang sangat tinggi namun sangat getas dan memiliki tingkat konduktor baik pada suhu tinggi memiliki sifat tahan panas yang belum dimanfaatkan lagi secara maksimal.

Proses pengecoran logam membutuhkan alat yang digunakan untuk meleburkan logam yaitu kowi atau *crucible*. Menurut Irawan, dkk (2013) pengecoran logam memiliki banyak cara atau metode yang digunakan, salah satu metode pengecoran logam yang dapat menghasilkan coran yang unggul adalah pengecoran *die casting*. Proses pengecoran ini memanfaatkan tekanan yang dikenakan pada logam cair yang telah dituangkan dalam cetakan.

Kowi adalah tempat dengan bentuk seperti pot atau mangkuk dengan krus atau diameter di bawah lebih kecil dibandingkan diameter bagian atas, maka sering disebut *crucible*. Kowi diperlukan untuk melebur suatu material hingga suhu lebur material tersebut. Kowi yang baik memiliki tingkat kekerasan, daya lebur yang cepat dan ketahanan panas yang tinggi.

Masalah yang sering terjadi dalam kowi yaitu ketahanan, retak dan bocor sebelum ataupun sesudah penggunaan. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan hal tersebut antara lain nilai densitas dan porositas pada kowi, tekanan kompaksi pembentukan kowi, komposisi bahan pembuatan kowi, suhu pemanasan pembuatan kowi, *holding time*, dan *thermal shock conductivity*. Semakin tinggi *thermal shock* menyebabkan tingkat kekerasan meningkat dan spesimen uji semakin getas (Nurrohmah, dkk., 2020).

Menurut Sari, dkk., (2017) peleburan logam khususnya logam *non ferrotidak* membutuhkan panas yang tinggi. Kowi tersebut biasanya terbuat dari tanah liat dan grafit, dan juga ada yang menggunakan bata tahan api. Kowi memerlukan material penyusun yang tepat untuk menghasilkan kowi yang memiliki sifat tahan lama, tahan panas, daya lebur cepat, tidak mudah retak dan bocor. Kowi dengan bahan utama *evaporation boats* memungkinkan kowi memiliki sifat tahan lama, tahan panas dan daya lebur cepat. Penambahan material kaolin, *castable*, dan abu sekam padi yang sudah halus memungkinkan agar kowi lebih tahan lama, tidak mudah retak dan bocor. Pembuatan kowi memerlukan tekanan kompaksi dalam pembuatannya. Tekanan kompaksi berfungsi sebagai metode pencetakan kowi dan untuk menghasilkan kowi yang memiliki densitas yang diinginkan. Tekanan kompaksi juga sangat berpengaruh pada kualitas kowi, jika tidak dilakukan tekanan kompaksi maka kowi bisa mengalami kegagalan pada saat pemberian pemanasan seperti retak maupun pecah.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui senyawa yang terkandung dalam kowi, mengetahui pengaruh tekanan kompaksi terhadap densitas dan porositas kowi, mengetahui pengaruh tekanan kompaksi terhadap struktur mikro kowi berbahan *evaporation boats*, kaolin, *castable*, dan abu sekam padi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan rekomendasi bagi perusahaan atau industri yang menggunakan kowi sebagai peleburan aluminium. Proses kompaksi adalah suatu proses pembentukan logam dari serbuk logam menjadi logam padat dengan mekanisme penekanan setelah serbuk logam dimasukkan ke dalam cetakan. Tekanan kompaksi mempengaruhi sifat fisis dan sifat mekanis suatu material. Tekanan yang diterapkan diketahui menyebabkan pemadatan membran, atau deformasi, dalam *reverse osmosis* (RO) konvensional yang mengakibatkan penurunan permeabilitas air membran (Davenport, et al., 2020).

Menurut Frank dan Carlos (2001) matriks resultan dicirikan oleh jaringan partikulat berikat dan struktur pori bersebelahan dengan skala ukuran sebanding dengan ukuran partikel ( $\leq 1 \mu\text{m}$ ). Tingkat porositas yang diperlukan untuk mengaktifkan toleransi kerusakan biasanya jatuh di kisaran  $30 \pm 40\%$ . Porositas dalam suatu material menjadi penting agar suatu komposit keramik memiliki ketangguhan yang baik. Jika tidak adanya porositas maka suatu keramik dapat menjadi sangat mudah retak.

Struktur mikro adalah struktur terkecil yang terdapat dalam suatu bahan yang keberadaannya tidak dapat di lihat dengan mata telanjang, tetapi harus menggunakan alat pengamat struktur mikro

diantaranya; mikroskop cahaya, mikroskop electron, mikroskop *field ion*, mikroskop *field emission* dan mikroskop sinar-X (Tarkono dan Sewandono, 2013).

## METODE PENELITIAN

Parameter penelitian yang digunakan adalah variasi tekanan kompaksi 30 M.Pa, 35 M.Pa, 40 M.Pa, 45 M.Pa. Komposisi bahan yaitu *evaporation boats* 50%, kaolin 20%, *castable* 20%, abu sekam padi 10%. Pengujian yang dilakukan yaitu *x-ray diffraction* (XRD), densitas, porositas, dan struktur mikro. Alat yang digunakan diantaranya *furnace Nabertherm to 1300°C*, neraca digital analitik, Ayakan *mesh* 100, Mesin *Crusher* 2HP, Mesin *Mixer*, mesin *press*, cetakan spesimen, gelas ukur 100 ml, mikroskop *Meiji Techno UM7200*, dan *x-ray diffraction* (XRD) SHIMADZU XRD-7000. Bahan penelitian yang digunakan yaitu *evaporation boats*. Langkah awal pembuatan spesimen dimulai dari penghancuran *evaporation boats* menggunakan mesin *crusher* lalu semua bahan diayak dengan ayakan *mesh* 100. Bahan yang sudah diayak kemudian dicampur atau *mixing* dengan ditambahkan air sebanyak 30% berat. Bahan yang sudah dicampur kemudian dimasukkan kedalam cetakan spesimen sebanyak 18 gram lalu ditekan menggunakan mesin *press* dengan kekuatan tekanan kompaksi yang bervariasi yaitu 30 M.Pa, 35 M.Pa, 40 M.Pa, dan 45 M.Pa. Selanjutnya bahan yang sudah dicetak akan didiamkan dengan suhu kamar selama waktu 8 hari seelum kemudian melalui proses pemanasan. Proses pemanasan dilakukan pada semua spesimen dengan suhu atau temperatur 1100°C dengan *holding time* 1 jam.

Pengujian densitas Porositas dapat dilakukan menggunakan metode Archimedes (Sumpena, 2017).

$$\rho_m = \frac{M_k}{M_k - M_a} \times \rho_{H_2O} \quad (1)$$

Persamaan Porositas

$$\emptyset = \frac{M_b - M_k}{M_b - M_a} \times 100\% \quad (2)$$

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Hasil Uji X-Ray Diffraction

Pengujian XRD campuran 50% *Evaporation boats*, 20% kaolin, 20% *castable*, 10% abu sekam padi dalam berat 2kg dilakukan untuk mengetahui presentase senyawa yang terkandung dalam setiap spesimen atau kowi menggunakan alat uji XRD dengan sudut 2 *theta*. Senyawa yang terkandung yaitu *titanium boride* 21,3 % yang disajikan dengan *peak* warna biru, *boron nitride* 36,2 % yang disajikan dengan *peak* warna hijau, *kaolinite* 38,8 % yang disajikan dengan *peak* warna abu-abu, dan *crystalite* 3,7 % yang disajikan dengan *peak* warna merah. Pengujian densitas dan porositas diperoleh dengan perhitungan pada persamaan 1 dan 2. Densitas dan porositas dapat dihitung sebagai berikut.

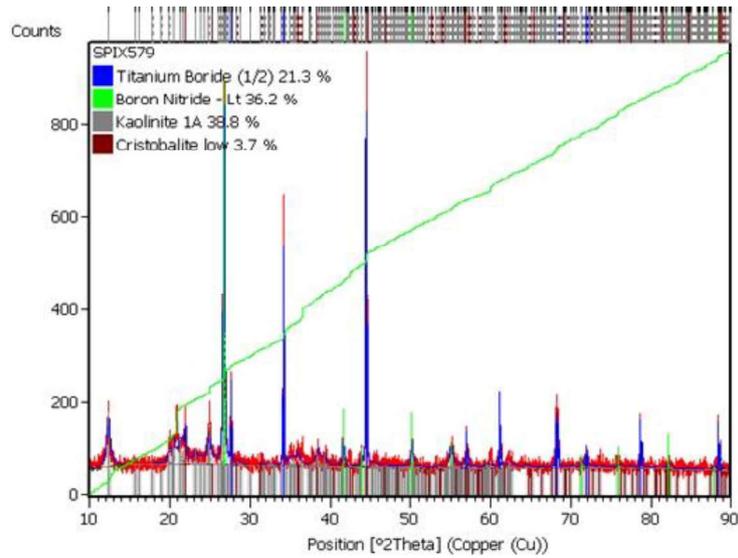
Contoh perhitungan densitas:

$$\begin{aligned} \rho_m &= \frac{M_k}{M_k - M_a} \times \rho_{H_2O} = \frac{15,37}{15,7 - 7,06} \times 1 \\ &= \frac{15,37}{8,64} \times 1 \\ &= 1,84 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan porositas:

$$\begin{aligned} \emptyset &= \frac{M_b - M_k}{M_b - M_a} \times 100\% = \frac{18,87 - 15,37}{18,87 - 7,06} \times 100\% \\ &= \frac{3,5}{11,81} \times 100\% \\ &= 29\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai densitas dan porositas seluruhnya disajikan dalam tabel 1.



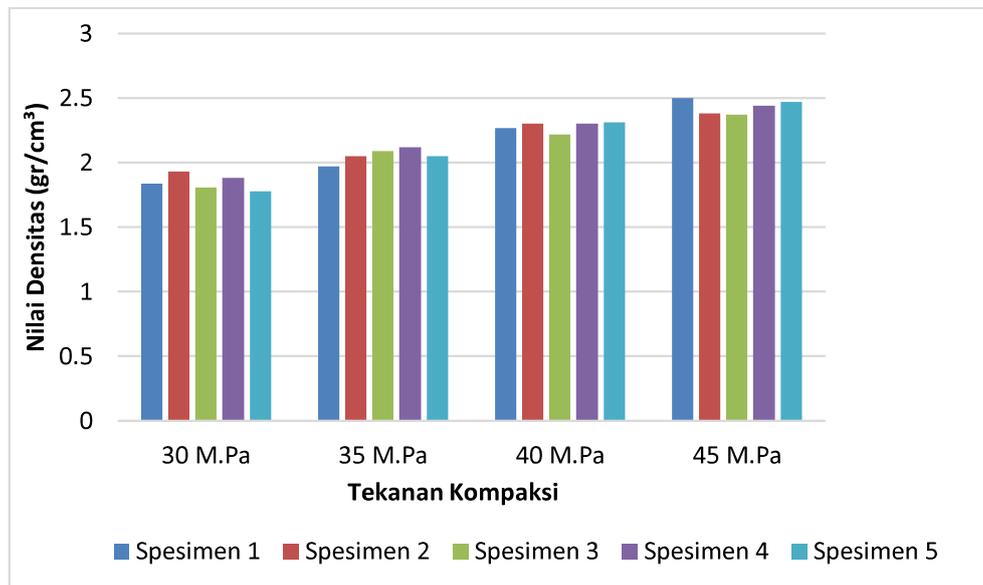
**Gambar 1.** Hasil uji x-ray diffraction

**Tabel 1.** Nilai densitas dan porositas.

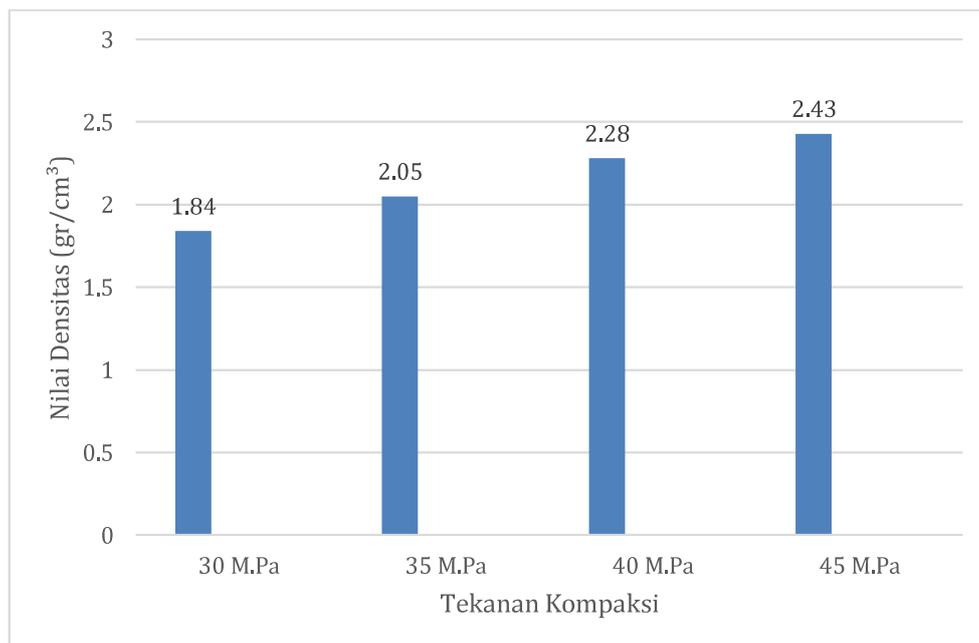
TEKANAN KOMPAKSI	SPESIMEN	DATA PENGUJIAN			Densitas $\rho$ (gr/cm <sup>3</sup> )	Porositas %
		Mk (gr)	Ma (gr)	Mb (gr)		
30 MPa	1	15,37	7,06	18,87	1,84	29
	2	16,35	7,92	19,45	1,93	26
	3	14,75	6,64	18,71	1,81	32
	4	16,1	7,55	19,28	1,88	27
	5	14,87	6,53	19,07	1,78	33
Rata-rata					1,84	29
35 MPa	1	14,11	6,98	16,81	1,97	27
	2	14,8	7,61	17,69	2,05	28
	3	14,99	7,85	16,92	2,09	21
	4	15	7,93	16,67	2,12	19
	5	14,86	7,62	17,34	2,05	25
Rata-rata					2,05	24
40 MPa	1	14,34	8,05	16,23	2,27	23
	2	14,63	8,29	16,15	2,3	19
	3	14,02	7,71	16,12	2,22	24
	4	14,69	8,32	16,04	2,3	17
	5	14,73	8,38	15,97	2,31	16
Rata-rata					2,28	19
45 MPa	1	13,43	8,07	14,01	2,5	9
	2	12,23	7,1	13,29	2,38	17
	3	11,48	6,64	12,55	2,37	18
	4	12,88	7,61	13,82	2,44	15
	5	13,31	7,93	14,16	2,47	13
Rata-rata					2,43	14

Gambar 2 dan 3 menunjukkan nilai densitas tiap spesimen dan densitas rata-rata yang dihasilkan pada pemberian tekanan kompaksi yang berbeda yaitu 30 MPa, 35 MPa, 40 MPa, dan 45 MPa. Grafik

menunjukkan adanya perbedaan nilai densitas tiap spesimen dan rata-rata pada setiap tekanan kompaksi. Nilai densitas pada setiap tekanan kompaksi tersebut terlihat mengalami kenaikan dari tekanan kompaksi rendah ke tekanan kompaksi tinggi yaitu 30 MPa ke 45 MPa.

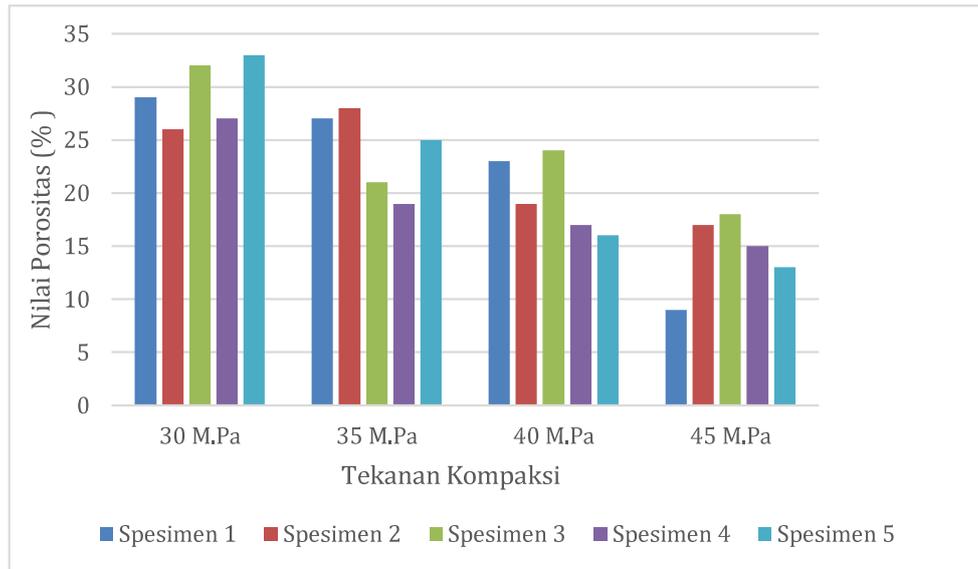


**Gambar 2.** Grafik nilai densitas spesimen

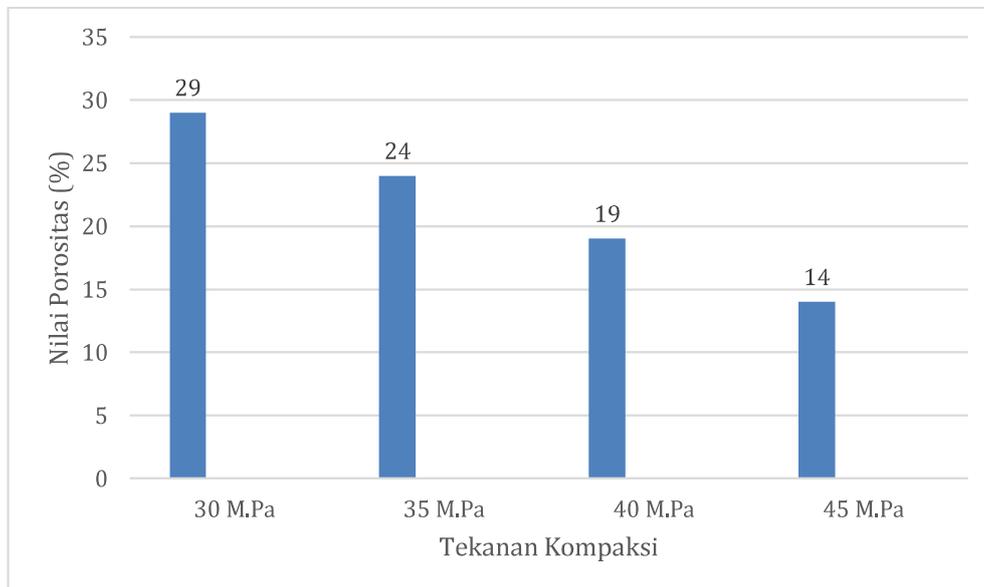


**Gambar 3.** Grafik nilai densitas rata-rata

Menurut Saifullah, dkk., (2018) dihasilkan bahwa semakin besar dan tinggi kompaksi atau penekanan saat pemadatan serbuk dalam cetakan, membuat paduan padat yang baik dan akan mendapatkan hasil kekerasan yang lebih besar setelah mengalami proses pemanasan. Nilai densitas meningkat seiring bertambahnya tekanan kompaksi yang diberikan. Hal ini dikarenakan pada saat pemberian tekanan kompaksi maka partikel atau butir dari suatu campuran bahan menjadi semakin rapat dengan demikian rongga pada campuran juga berkurang sehingga densitas semakin besar.



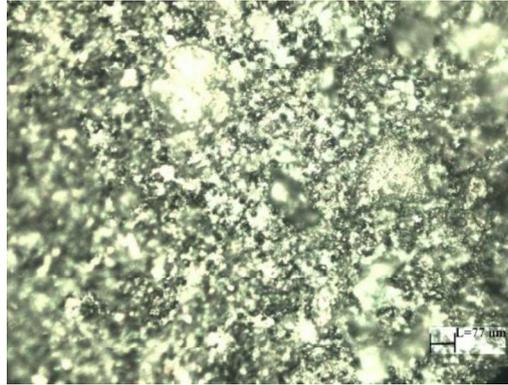
**Gambar 4.** Grafik nilai porositas spesimen



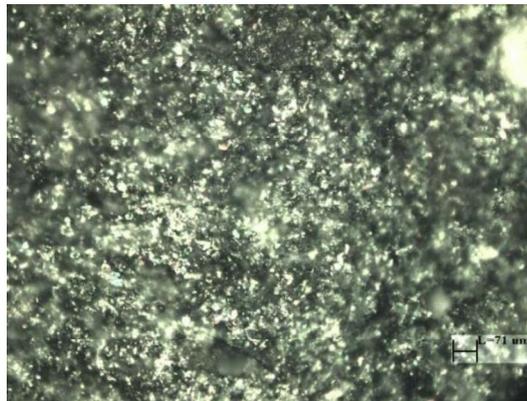
**Gambar 5.** Grafik nilai porositas rata-rata

Gambar 3 dan 4 menunjukkan nilai porositas tiap spesimen dan porositas rata-rata yang dihasilkan pada pemberian tekanan kompaksi yang berbeda yaitu 30 MPa, 35 MPa, 40 MPa, dan 45 MPa. Grafik menunjukkan adanya perbedaan nilai porositas rata-rata pada setiap tekanan kompaksi. Nilai porositas pada setiap tekanan kompaksi tersebut terlihat mengalami penurunan dari tekanan kompaksi rendah ke tekanan kompaksi tinggi yaitu 30 MPa ke 45 MPa. Menurut Amin dan Irawan, (2008) kenaikan tekanan kompaksi akan menaikkan densitas dari kaolin dan porositas menurun. Menurut Anugraha dan Widyastuti (2014) semakin tinggi tekanan kompaksi maka akan semakin sedikit porositas yang terbentuk. Nilai porositas menurun seiring bertambahnya tekanan kompaksi yang diberikan. Hal ini dikarenakan pada saat pemberian tekanan kompaksi maka partikel atau butir dari suatu campuran bahan menjadi semakin rapat dengan demikian rongga pada campuran juga berkurang sehingga porositas semakin kecil.

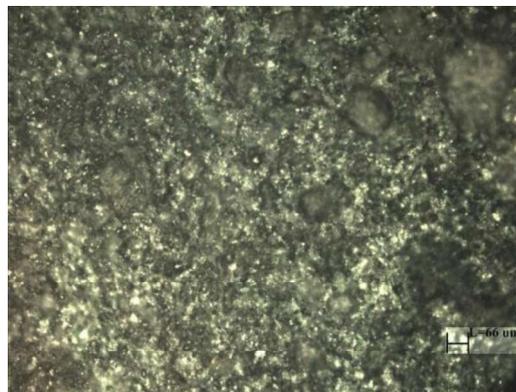
### Hasil Uji Struktur Mikro



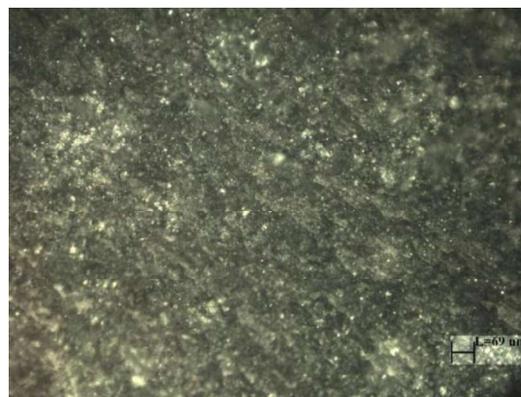
**Gambar 6.** Struktur mikro tekanan kompaksi 30 M.Pa



**Gambar 7.** Struktur mikro tekanan kompaksi 35 M.Pa



**Gambar 8.** Struktur mikro tekanan kompaksi 40 M.Pa



**Gambar 9.** Struktur mikro tekanan kompaksi 45 M.Pa

Struktur mikro pada setiap tekanan kompaksi menunjukkan adanya perbedaan penyebaran fasa dan distribusi fasa yang berubah-ubah. Struktur mikro pada tekanan kompaksi rendah 30 MPa dan 35 MPa menunjukkan adanya penyebaran fasa dan distribusi fasa yang tidak merata. Struktur mikro pada tekanan kompaksi 40 MPa menunjukkan penyebaran fasa dan distribusi fasa yang paling maksimal sehingga menjadi seimbang atau merata antara fasa putih dan fasa hitam. Struktur mikro pada tekanan kompaksi 45 MPa menunjukkan adanya penyebaran fasa dan distribusi fasa yang tidak seimbang atau merata.

## SIMPULAN

Senyawa yang terkandung dalam kowi (*crucible*) berbahan *evaporation boats*, kaolin, *castable*, dan abu sekam padi yaitu *titanium boride* 21,3%, *boron nitride* 36,2 %, *kaolinite* 38,8 %, *crystalite* 3,7 %. Densitas dan porositas kowi (*crucible*) berbahan *evaporation boats*, kaolin, *castable*, dan abu sekam padi dengan variasi tekanan kompaksi yang diberikan menghasilkan hasil yang berbeda-beda. Tekanan kompaksi yang diberikan dari tekanan rendah ke tinggi menyebabkan naiknya nilai densitas dan menyebabkan turunnya nilai porositas. Nilai densitas akan berbanding terbalik dengan nilai porositas. Jika semakin besar nilai densitas maka semakin kecil nilai porositas, begitupun sebaliknya. Struktur mikro yang dihasilkan dari kowi (*crucible*) berbahan *evaporation boats*, kaolin, *castable*, dan abu sekam padi dengan pengaruh tekanan kompaksi menghasilkan struktur mikro yang berbeda-beda. Tekanan kompaksi yang diberikan dari tekanan rendah ke tinggi menyebabkan struktur mikro yang menghasilkan fasa berwarna putih menjadi menurun dan fasa berwarna hitam yang meningkat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M. dan Bagus. I. 2008. Pengaruh Tekanan Kompaksi Terhadap Karakteristik Keramik Kaolin Yang Dibuat Dengan Proses Pressureless Sintering, *Jurnal Unimus* 8(1): 40-54.
- Anugraha, V.G. dan Wdiyastuti. 2014. Pengaruh Komposisi Sn dan Variasi Tekanan Kompaksi Terhadap Densitas dan Kekerasan Komposit Cu-Sn untuk Aplikasi Proyektil Peluru Frangible dengan Metode Metalurgi Serbuk, *Jurnal Teknik Pomits* 3(1): 102-107.
- Davenport, D.M, et al. 2020. Thin film composite membrane compaction in highpressure reverse osmosis. *Journal of membrane science* 610(2020): 118268.
- Frank, W, Z dan Carlos, G. L. 2001. Mechanical Properties of Porous-Matrix Ceramic Composites. *Advance Engineering Material* 3: 1-2.
- Irawan, Y.S, dkk. 2013. Kekuatan Tarik Dan Porositas Silinder Al-Mg-Si Hasil Die Casting Dengan Variasi Tekanan, *Jurnal Rekayasa Mesin*, 4(1): 11-16.
- Nurrohmah, S,I, dkk. 2020. Pengaruh Thermal Shock Dan Komposisi Grafit, Kaolin (Clay) Terhadap Struktur Makro Dan Ketahanan Impact Kowi Berbahan Dasar Limbah Evaporation Boats. *Jurnal Rekayasa Mesin* 11(2): 287-295.
- Saifullah, A., Murjito, dan Daryono, 2018, Analisa Tekanan Kompaksi dan Waktu Sintering Terhadap Sifat Mekanik Pada Campuran Metalurgi Serbuk Besi ( Iron Powder) Dengan Zat Arang (Karbon). *Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTARA)*, ISSN 2527-6042.
- Sari, D,L, dkk. 2017. Pengaruh thermal shock resistance terhadap makro struktur dan ketahanan impact kowi pelebur (*crucible*) berbahan komposit abu sekam padi/grafit/kaolin, *Jurnal Kompetensi Teknik* 9(1): 53-59.
- Sumpena., 2017. Pengaruh Paduan Serbuk Fe 12% Pada Aluminium Terhadap Porositas Dan Struktur Mikro Dengan Metode Gravity Casting, *Jurnal Engine* 1(1): 20-25.
- Tarkono, dan Sewandono, D., 2013. Pengaruh Variasi Abu Sekam Dan Bentonit Pada Cetakan Pasir Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Hasil Coran Aluminium Aa 1100. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 1(3): 1-12.