

PENGARUH PROSES SHAW DAN UNICAST TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS CETAKAN COR PASIR KROMIT

Jauhar Khoirul Umam¹, I Wayan Nadya Kesuma², Ellyawan Setyo Arbintarso^{3*}, Joko Waluyo⁴, Bambang Wahyu Sidharta⁵, Rahayu Khasanah⁶

^{1,2,3,4,5} Teknik Mesin, Universitas AKPRIND Indonesia,

⁶ Teknik Industri, Universitas AKPRIND Indonesia, *Penulis Koresponden

e-mail: ¹jauharkhoirul16@gmail.com, ²wayannadya96@gmail.com, ³ellyawan@akprind.ac.id,

⁴joko_w@akprind.ac.id, ⁵bambang_w@akprind.ac.id, ⁶rahayu.khasanah@akprind.ac.id

ABSTRACT

Steel casting has been done using sand molds, both river sand and silica sand, tends to experience casting defects, especially surface defects. One way to overcome surface defects is to use sand that has a higher melting point, including chromite sand and zircon sand. Chromite sand has a higher price, so it is often mixed into silica sand, but this mixing can cause clumping when exposed to molten metal at high temperatures (e.g. steel). One solution proposed in several literature is using ceramic molds. Ceramic molds are molds made of ceramics or minerals, in this case, sand that has been sintered to become ceramics. For this reason, it is necessary to test the ability of chromite sand as a raw material for this ceramic mold. There are two ceramic sintering processes, namely the Shaw process and the Unicast process, where the Shaw process requires higher production costs because the sintering time is longer. In this study, the Shaw process showed better ability than the Unicast process in producing chromite sand ceramic molds, with an optimum sintering temperature of 1050°C. The Fenotec 810 resin produced by PT. Foseco Indonesia is a binder that has varying drying time characteristics, so it can be adjusted according to needs in forming ceramic molds.

Keywords: chromite sand, Fenotec 810, Shaw process, sintering temperatures, Unicast process

INTISARI

Pengecoran baja dengan menggunakan cetakan pasir, baik pasir kali maupun pasir silika, cenderung mengalami cacat pengecoran, khususnya cacat permukaan. Salah satu upaya mengatasi cacat permukaan tersebut adalah dengan menggunakan pasir yang mempunyai titik leleh yang lebih tinggi, antara lain pasir kromit dan pasir zirkon. Pasir kromit mempunyai harga yang lebih tinggi, sehingga sering dicampurkan ke dalam pasir silika, namun pencampuran ini dapat menyebabkan terjadinya pengumpulan ketika terkena logam cair dengan suhu yang tinggi (misal baja). Salah satu solusi yang diajukan dalam beberapa pustaka yaitu menggunakan cetakan keramik. Cetakan keramik adalah cetakan yang terbuat dari keramik atau mineral, dalam hal ini adalah pasir yang telah disintering sehingga menjadi keramik. Untuk itu perlu kiranya diuji kemampuan pasir kromit sebagai bahan baku dari cetakan keramik ini. Terdapat dua proses sintering keramik yaitu proses Shaw dan proses Unicast, dimana proses Shaw membutuhkan biaya produksi lebih tinggi karena waktu sintering lebih lama. Dalam penelitian ini proses Shaw menunjukkan kemampuan lebih baik dari proses Unicast dalam menghasilkan cetakan keramik pasir kromit, dengan temperatur sintering optimum pada 1.050°C. Adapun resin Fenotec 810 produksi PT. Foseco Indonesia merupakan pengikat yang mempunyai karakter waktu kering yang bervariasi, sehingga dapat disesuaikan sesuai kebutuhan dalam pembentukan cetakan keramik.

Kata kunci: pasir kromit, Fenotec 810, proses Shaw, temperatur sintering, proses Unicast

1. PENDAHULUAN

Kualitas pengecoran salah satunya ditentukan dari kualitas pasir cetaknya. Cetakan terbuat dari pasir cetak mempunyai keunggulan mudah dibuat dan mudah untuk didaur-ulang, sehingga menghemat biaya produksi. Namun dari keunggulan dan kemudahan tersebut terdapat kekurangan yaitu cacat permukaan, khususnya untuk coran dengan menggunakan temperatur tuang yang tinggi, dalam hal ini adalah baja. Peningkatan jenis pasir cetak (misal menggunakan pasir silika) telah terbukti mengurangi cacat permukaan yang terjadi, namun untuk jenis coran yang mempunyai bentuk kurva masih mudah terjadi cacat permukaan tersebut. Penggunaan pasir cetak dengan titik leleh yang tinggi telah dilakukan, salah satunya dengan pasir kromit. Pasir kromit secara umum hanya digunakan sebagai pelapis pada inti coran untuk pembuatan coran baja, dan terbukti bekerja dengan baik sebagai pelepas panas coran dan penguat bagian tertentu dari coran. Pasir kromit mempunyai harga relatif lebih tinggi dibanding pasir silika, sehingga umumnya industri pengecoran melakukan pencampuran dengan pasir silika, tanpa disadari campuran ini menurunkan sifat mampu panas (*refractoriness*) yang dimiliki karena terbentuknya formasi fayalite ($2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$) (Nee, 2015). Pasir kromit juga belum banyak digunakan sebagai pasir cetak dikarenakan

ukuran butirannya yang lebih lembut dan daya ikatnya yang rendah. Salah satu solusi yang ditawarkan adalah mengubah cetakan pasir menjadi cetakan keramik. Untuk itu perlu dilakukan penelitian mengembangkan cetakan keramik terbuat dari pasir kromit agar dapat mengatasi cacat permukaan pada coran baja. Penelitian ini memiliki dua tujuan, yaitu menguji sifat-sifat mekanis dari pasir kromit (dengan pengikat) yaitu kekuatan tekan dingin (*Cold Crushing Strength*) dan modulus pecah (*Modulus of Rupture*) serta menguji sifat-sifat fisis meliputi uji mampu panas (*refractoriness*), uji porositas, uji berat jenis, dan uji struktur mikro - makro. Karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan pasir kromit dengan komposisi tertentu sebagai cetakan keramik.

Pasir kromit terdiri dari besi spinel oksida dan krom (FeCr_2O_4) dengan kandungan Cr_2O_3 yang tinggi, biasanya lebih besar dari 37%. Pasir kromit memiliki titik leleh $2.180\text{ }^\circ\text{C}$ dan kepadatan $4,3\text{-}4,5\text{ g/cm}^3$ (Stachowicz, M., Kamiński, M., Granat, K., Pałyga, L., 2016). Butirannya umumnya bersudut, secara kimiawi sangat lembam dan tahan api. Stabilitas termal dan konduktivitas yang baik membuatnya cocok untuk pengecoran besi atau baja dengan titik panas atau bobot yang besar. Namun, mungkin mengandung kotoran terhidrasi yang dapat menyebabkan cacat pada coran. Pasir kromit memiliki AFS (*Average Fineness Number - American Foundrymans Society*) antara 50 dan 80 (Beno, J., Poreba, M., Bajer, T., 2021), seperti terlihat pada Gambar 1. Pasir kromit digunakan dalam industri pengecoran logam karena konduktivitas termalnya yang tinggi memberikan efek dingin. Kromit memiliki ekspansi termal rendah yang membantu menghilangkan cacat ekspansi. Pasir kromit memiliki tampilan hitam mengkilap dan memiliki ketahanan lebih besar terhadap penetrasi logam dibandingkan zirkon. Pasir ini memiliki kebutuhan asam yang lebih tinggi dibandingkan pasir lainnya, sehingga perlu menggunakan katalis asam dalam jumlah yang lebih banyak saat resin furan digunakan (Tshabalala, N.V., Nyembwe, K.D., Van Tonder, P.J.M., 2021), (P. R. Carey & M. Lott, 2023). Kromit umumnya digunakan untuk pengecoran baja untuk memberikan efek pendinginan (Chauke, J.L., Nyembwe, K.D., Mojisola, T., 2022).



Gambar 1. Pasir Kromit

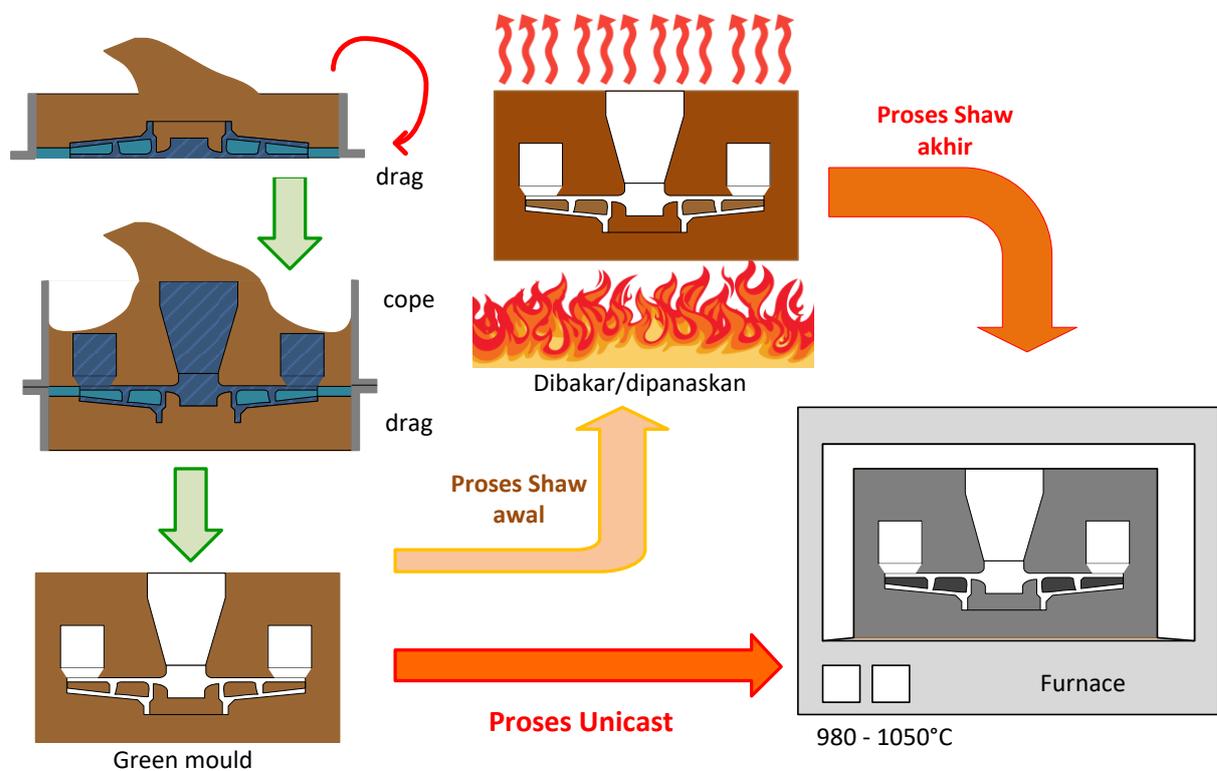
Cetakan keramik adalah bagian dari proses pengecoran logam yang menggunakan keramik sebagai bahan cetaknya. Ini adalah kombinasi pengecoran cetakan plester dan pengecoran investasi. Ada dua jenis proses pembuatan cetakan keramik pengecoran yaitu proses Shaw dan proses Unicast. Proses pengecoran ini biasanya digunakan untuk membuat perkakas, terutama cetakan penempaan jatuh (*drop forging mold*) (Campbell, 2021), tetapi juga cetakan cetakan injeksi, cetakan *die casting*, cetakan kaca, cetakan stamping, dan cetakan ekstrusi.

Proses Shaw, juga dikenal sebagai proses Osborn-Shaw, menggunakan campuran agregat tahan api, etil silikat terhidrolisis, alkohol, dan bahan pembentuk gel untuk membuat cetakan (resin phenolic maupun furan). Campuran ini dituangkan ke dalam pola yang dapat digunakan kembali (yaitu benda yang digunakan untuk membuat bentuk cetakan). Campuran segera mengeras menjadi kenyal (konsistensi karet vulkanisasi). Pola kemudian dilepas, diangin-anginkan, kemudian nyala api (dapat juga menggunakan oven) digunakan untuk memanggang cetakan, yang menyebabkan sebagian besar zat yang mudah menguap terbakar dan terbentuknya microcrazes keramik (retakan mikroskopis). Retakan ini penting karena memungkinkan gas keluar sekaligus mencegah logam mengalir; retakan ini juga mengurangi ekspansi dan kontraksi termal selama pematangan dan penyusutan. Setelah dibakar, cetakan (*green mould*) dipanggang pada suhu $980\text{-}1.050\text{ }^\circ\text{C}$ untuk menghilangkan sisa zat volatil. Sebelum logam dituang, cetakan dipanaskan terlebih dahulu untuk mengontrol penyusutan.

Keuntungan utama menggunakan cetakan keramik adalah: pola yang dapat digunakan kembali (benda yang digunakan untuk membuat bentuk cetakan), permukaan akhir yang sangat baik, toleransi dimensi yang dekat,

penampang tipis, dan bentuk yang rumit dapat dicetak. Untuk potongan bawah dan fitur lain yang sulit dicetak, sebagian pola dapat dibuat dari lilin bersama dengan pola standar; pada dasarnya menggunakan teknik 'investment' dan pengecoran cetakan keramik secara bersamaan. Kerugian utamanya adalah: hanya hemat biaya untuk produksi skala kecil hingga menengah dan keramik tidak dapat digunakan kembali. Bahan ferrous dan non-ferrous suhu tinggi paling sering dicetak dengan proses menggunakan cetakan keramik. Batasan beratnya adalah 100 gram hingga beberapa ribu kilogram (ton). Penampang melintang setipis 1,3 mm dimungkinkan, tanpa batas atas. Toleransi umumnya adalah 0,1 mm untuk 25 mm pertama dan 0,003 mm per mm tambahan. Kemiringan pola 1° biasanya diperlukan. Permukaan akhir yang khas adalah 2-4 um RMS (*Root Mean Surface*) (Liao, D., Fan, Z., Jiang, W, 2011).

Proses Unicast sangat mirip dengan proses Shaw (lihat Gambar 2), hanya saja proses ini tidak memerlukan pembakaran cetakan dan kemudian dikeringkan (sintering) dalam tungku. Sebaliknya, cetakan tersebut dibiarkan sebagian sehingga polanya dapat dilepas dan kemudian dikeringkan sepenuhnya dengan cara dibakar pada suhu sekitar 1050°C. Jika logam yang akan dituang memiliki titik leleh rendah maka pembakaran dapat dilewati (*no-bake*), karena cetakan mempunyai kekuatan yang cukup dalam keadaan "hijau" (tidak dibakar). Adapun urutan proses Shaw dan Unicast dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Proses Sintering Unicast dan Shaw

Kedua proses sintering cetakan cor mempunyai keunggulan dan kelemahan, baik secara ekonomi maupun keteknikan, sehingga perlu dilakukan telaah pengaruh kedua proses sintering tersebut terhadap cetakan cor, khususnya pasir kromit. Sifat-sifat dasar yang diperlukan dalam pasir inti adalah daya rekat (*adhesiveness*), kepadatan (*cohesiveness*), keruntuhan (*collapsibility/Modulus of Rupture - MoR*), kemampuan mengalir (*flowability*), kekuatan kering (*dry strength/Cold Crushing Strength - CCS*), kekuatan hijau/mula (*green strength*), permeabilitas/porositas, mampu panas (*refractoriness*) yang dijelaskan sebagai berikut. Daya rekat merupakan sifat pasir cetakan untuk melekat atau melekatnya benda asing seperti menempelnya pasir cetakan pada dinding bagian dalam kotak cetakan.

Kepadatan adalah sifat pasir cetakan berdasarkan partikel butiran pasir yang berinteraksi dan menarik satu sama lain di dalam pasir cetakan. Dengan demikian, kemampuan pengikatan pasir cetakan ditingkatkan untuk meningkatkan sifat kekuatan hijau, kering dan panas dari cetakan dan pasir inti. Setelah logam cair dalam cetakan mengeras, cetakan harus dapat runtuh sehingga terjadi kontraksi bebas pada logam dan hal ini secara alami akan menghindari robek atau retaknya logam yang berkontraksi. Dengan tidak adanya sifat keruntuhan, kontraksi logam terhambat oleh cetakan dan dengan demikian mengakibatkan robekan dan retakan pada cetakan. sifat ini sangat dibutuhkan dalam inti. Segera setelah logam cair dituangkan ke dalam cetakan, kelembapan pada lapisan pasir

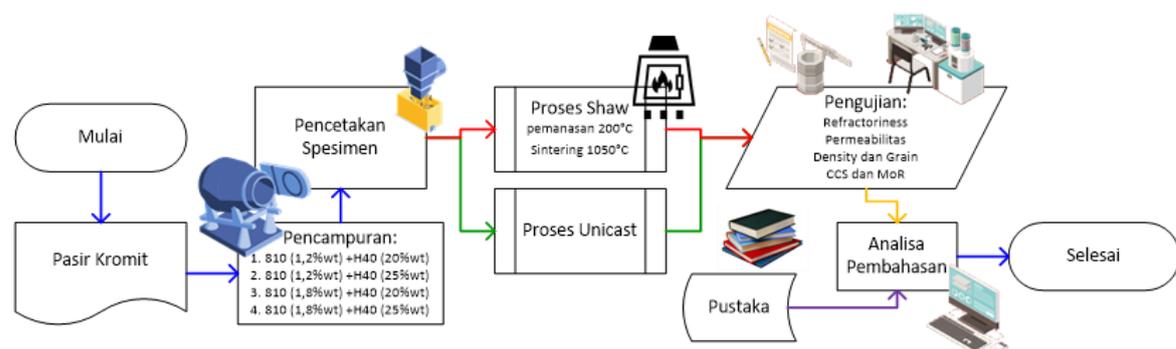
yang berdekatan dengan logam panas akan menguap dan lapisan pasir kering ini harus mempunyai kekuatan yang cukup untuk mempertahankan bentuknya untuk menghindari erosi pada dinding cetakan selama aliran lelehan logam. Kekuatan kering (CCS) juga mencegah pembesaran rongga cetakan akibat tekanan metalostatik logam cair. Kemampuan mengalir atau plastisitas adalah kemampuan pasir untuk memadat dan berperilaku seperti fluida. Ini akan mengalir secara merata ke seluruh bagian pola ketika ditabrak dan mendistribusikan tekanan serudukan logam cair secara merata ke segala arah. Umumnya partikel pasir menolak bergerak di sekitar sudut atau proyeksi (Singh, 2006). Secara umum, kemampuan mengalir meningkat seiring dengan penurunan kekuatan hijau dan sebaliknya. Kemampuan mengalir meningkat seiring dengan berkurangnya ukuran butir pasir. Kemampuan mengalir juga bervariasi menurut kadar air dan tanah liat di pasir (Andrew Y C Nee, Mehrdad Zarinejad, 2015).

Cetakan setelah terbentuk harus mempunyai kekuatan dan ketangguhan yang cukup untuk memungkinkan pembuatan dan penanganan cetakan. Untuk itu butiran pasir harus bersifat perekat, yaitu harus mampu menempel pada benda lain dan oleh karena itu, butiran pasir yang memiliki daya rekat tinggi akan menempel pada sisi kotak cetakan. Selain itu, butiran pasir juga harus memiliki sifat yang disebut kekohesifan, yaitu kemampuan butiran pasir untuk menempel satu sama lain. Berdasarkan sifat ini, pola dapat dikeluarkan dari cetakan tanpa merusak cetakan dan juga tidak terjadi erosi pada permukaan dinding cetakan selama aliran logam cair. Kekuatan hijau juga bergantung pada bentuk dan ukuran butiran, jumlah dan jenis pengikatnya. Permeabilitas juga disebut sebagai porositas cetakan untuk memungkinkan keluarnya udara, gas atau uap air yang ada atau dihasilkan dalam cetakan ketika logam cair dituangkan ke dalamnya. Semua gas yang dihasilkan selama proses penuangan dan pemadatan harus keluar jika tidak, pengecoran menjadi rusak. Permeabilitas merupakan fungsi dari ukuran butir, bentuk butir, serta kadar pengikat pada cetakan (Aminnudin, 2020). Luasnya serudukan pasir secara langsung mempengaruhi permeabilitas cetakan. Permeabilitas cetakan dapat lebih ditingkatkan dengan memperbesar ventilasi yang menggunakan batang ventilasi.

Refraktoriness (mampu panas) didefinisikan sebagai kemampuan pasir cetakan untuk menahan suhu tinggi tanpa rusak atau melebur sehingga memudahkan untuk mendapatkan coran yang sesuai. Ini adalah karakteristik yang sangat penting dari pasir cetakan. Refraktorines hanya dapat ditingkatkan sampai batas tertentu. Pasir cetakan dengan daya tahan api yang buruk dapat terbakar pada permukaan pengecoran dan tidak dapat diperoleh permukaan pengecoran yang halus. Tingkat refraktorines tergantung pada kandungan mineral dengan titik leleh yang tinggi (mampu panas), dan bentuk serta ukuran butir partikel. Semakin tinggi kandungan mineral mampu panas dan semakin kasar komposisi volumetrik butirnya maka semakin tinggi pula sifat refraktorines cetakan dan pasir inti. Sifat mampu panas/tahan api diukur dengan titik sinter pasir, bukan titik lelehnya.

2. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan adalah pasir kromit dari PT. Baralogram Multijaya, yang dicampur dengan resin Fenotec 810 yang telah ditambah dengan katalis Fenotec Hardener H40 dari PT. Foseco Indonesia (Foseco, 2024). Peralatan dan proses yang digunakan terlihat di Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Proses Penelitian dan Peralatan yang Digunakan

Penelitian diawali dengan melakukan pembersihan pasir kromit dari pengotor kemudian dilakukan pencampuran pengikat dengan komposisi pasir kromit, resin Fenotec 810 beserta hardener-nya Fenotec H40 adalah 98,5%:1,2%:0,3%(wt). Setelah pasir tercampur sempurna dengan pengikatnya, kemudian dilakukan pencetakan sesuai dengan spesimen yang dibutuhkan. Spesimen kemudian akan melalui dua proses, yaitu Proses Shaw yang menggunakan pemanasan awal (400°C) kemudian sintering (950°C, 1.000°C, 1.050°C) dan Proses Unicast yang tanpa proses pemanasan awal langsung disintering (850°C, 950°C, 1.050°C). Spesimen kemudian dilakukan pengujian meliputi: pengujian refractoriness (ASTM C 24), porositas (ASTM C 20), berat jenis, struktur mikro-

makro, CCS (ASTM C 133) dan MoR (ASTM C 133). Jumlah spesimen untuk setiap variabel sebanyak 5 buah, sehingga total spesimen berjumlah 180 spesimen ((6 sifat x 5 buah) x 6 variasi temperatur sintering). Data-data hasil pengujian kemudian dianalisa dan dilakukan pembahasan sehingga dapat ditarik suatu kesimpulan.

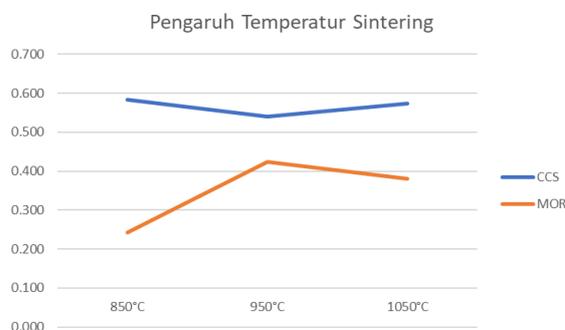


Gambar 4. Spesimen CCS dan MoR (Sebelum dan Setelah Sintering)

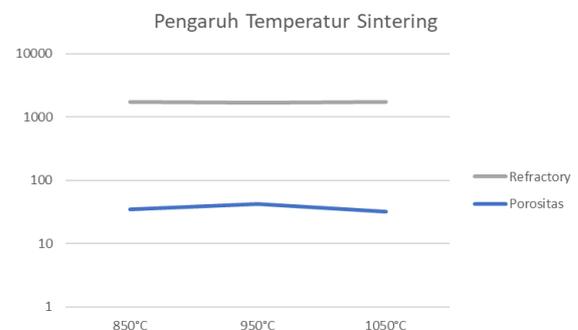
Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Bahan, Teknik Mesin, Universitas AKPRIND Indonesia sebagai tempat pengujian CCS, berat jenis, dan struktur mikro-makro, serta Balai Besar Keramik, Bandung, sebagai tempat pengujian refractoriness, porositas, CCS dan MoR seperti terlihat pada Gambar 4. Data hasil pengujian kemudian diolah dengan menggunakan perhitungan statistika standar (rerata dan standar deviasi) kemudian dianalisa kecenderungan berdasarkan grafik yang diperoleh.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian disajikan dalam dua kondisi proses sintering yaitu proses Shaw dan Unicast. Pengaruh temperatur sintering dengan proses Unicast terhadap sifat CCS dan MoR ditunjukkan pada Gambar 5, dimana terdapat kecenderungan yang berbeda antara sifat CCS dan MoR. Sedangkan Gambar 6 memperlihatkan pengaruh temperatur sintering proses Unicast terhadap sifat refraktoriness dan porositas spesimen.

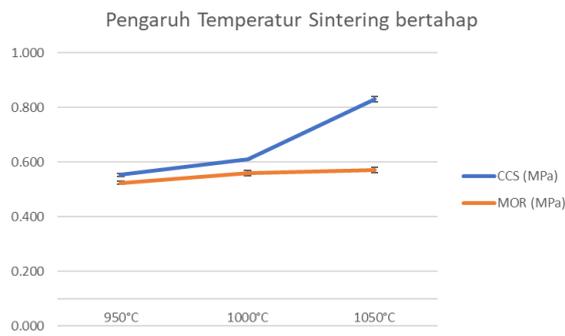


Gambar 5. Sifat CCS dan MoR Unicast

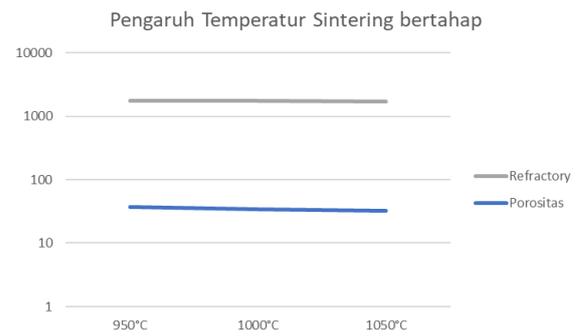


Gambar 6. Sifat Refractoriness dan Porositas Unicast

Sedangkan pengaruh temperatur sintering dengan proses Shaw ditunjukkan pada Gambar 7 untuk sifat CCS dan MoR, dimana terdapat kecenderungan sifat CCS dan MoR akan meningkat seiring dengan kenaikan temperatur sintering, dan Gambar 8 menunjukkan pengaruh temperatur sintering proses Shaw terhadap sifat refraktoriness dan porositas spesimen dimana hasilnya hampir sama dengan proses Unicast, tidak terlihat berubah signifikan seiring kenaikan temperatur sintering.

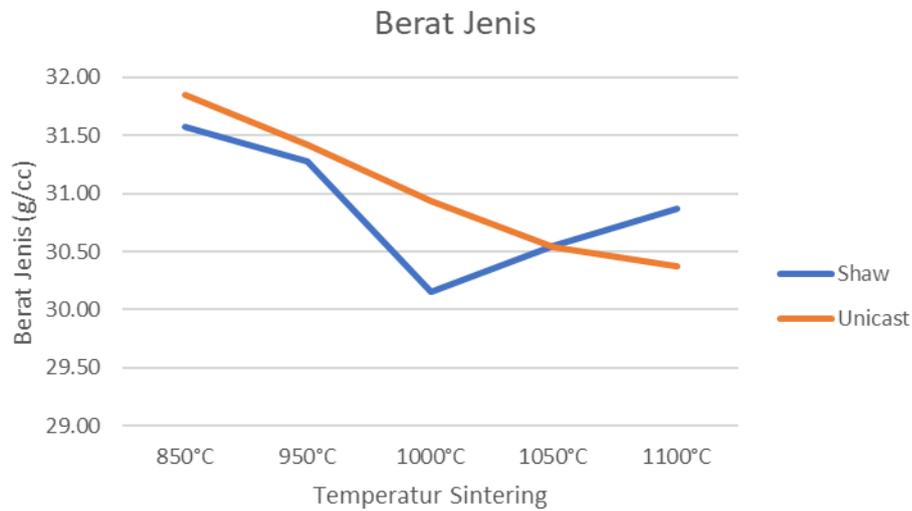


Gambar 7. Sifat CCS dan MoR Shaw



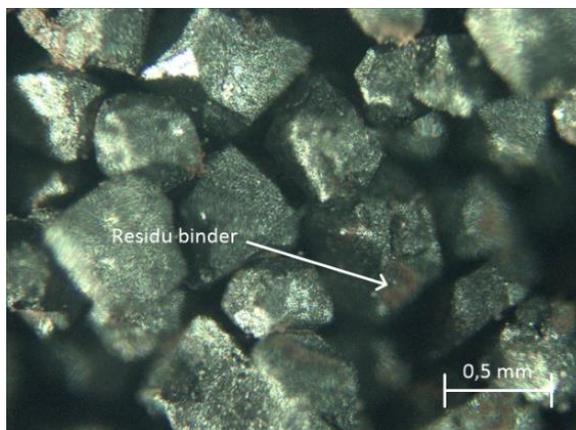
Gambar 8. Sifat Refractoriness dan Porositas Shaw

Secara umum berat jenis mengalami penurunan setelah mengalami sintering baik menggunakan proses Shaw maupun proses Unicast, seperti terlihat pada Gambar 9. Hal tersebut disebabkan pengikat (*binder*) telah terbakar selama proses sintering sehingga bobot menjadi menurun, walaupun secara volume tidak menunjukkan penurunan yang signifikan (penyusutan minimal).

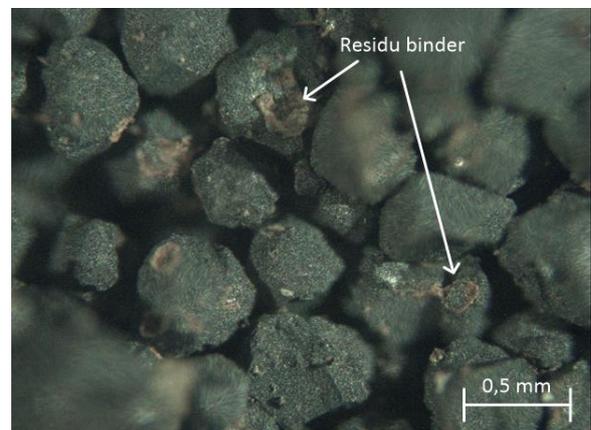


Gambar 9. Berat Jenis Cetakan Pasir Setelah Proses Shaw dan Unicast.

Gambar 10 dan Gambar 11 memperlihatkan struktur makro cetakan cor dengan proses Shaw dan proses unicast (temperatur sintering akhir 1.050°C), tampak residu *binder* (resin) masih terlihat dengan intensitas yang lebih banyak pada proses Unicast.

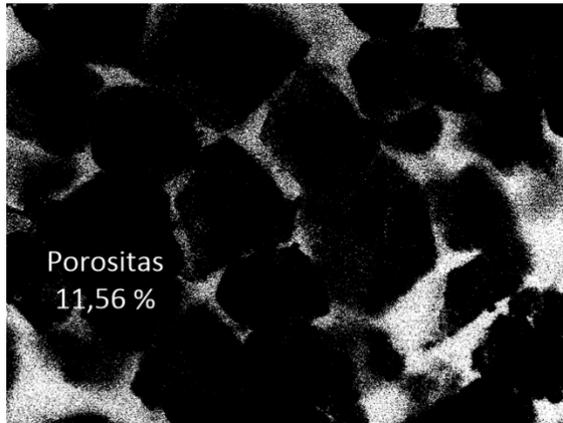


Gambar 10. Struktur Makro Cetakan Proses Shaw

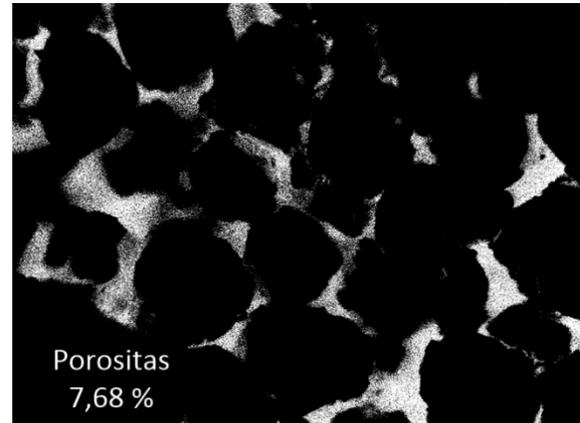


Gambar 11. Struktur Makro Cetakan Proses Unicast

Dari pengolahan gambar menggunakan aplikasi ImageJ, diperoleh perkiraan tingkat porositas, yaitu 11,56% untuk proses Shaw dan 7,68% untuk proses Unicast pada temperatur sintering akhir 1.050°C, seperti yang terlihat pada Gambar 12 dan Gambar 13.

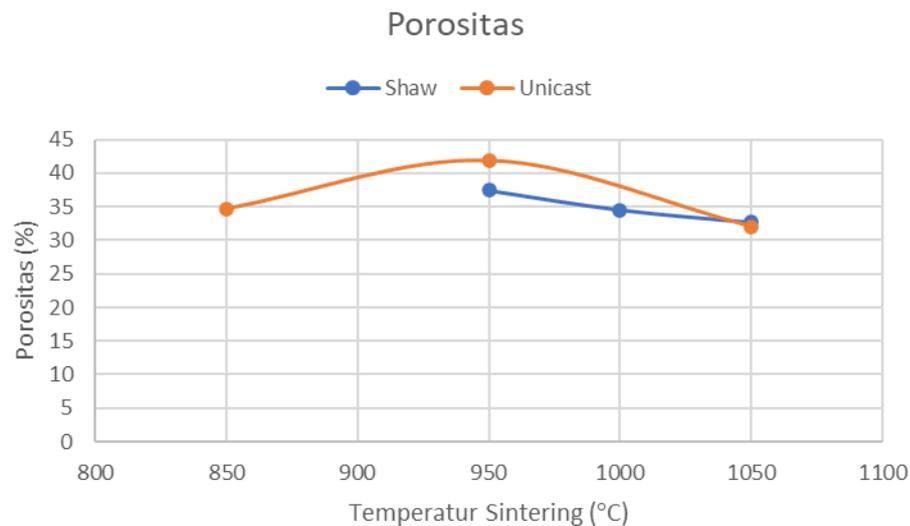


Gambar 12. Struktur Makro Cetakan Proses Shaw



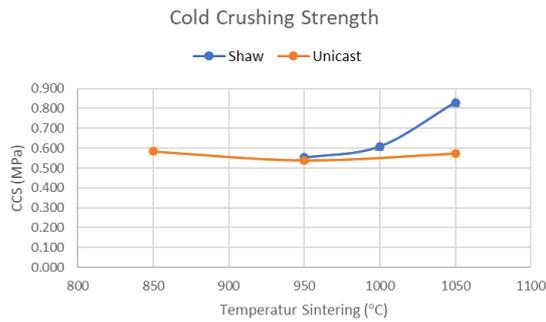
Gambar 13. Struktur Makro Cetakan Proses Unicast

Hasil porositas menggunakan analisa gambar (ImageJ) sejalan dengan data porositas yang diambil dari pengujian (walaupun besaran nilainya tidak sama), dimana pada temperatur sintering 1.050°C, proses Shaw memperlihatkan lebih tinggi (sedikit) tingkat porositasnya (lihat Gambar 14). Namun perlu diketahui porositas proses Unicast pada temperatur sintering 950°C mempunyai tingkat tertinggi, porositas ini penting untuk menjamin gas-gas yang ditimbulkan akibat reaksi antara logam cair dengan pasir cetak dapat terlepas dan tidak terjebak dalam pembekuan logam yang dapat menimbulkan cacat rongga.

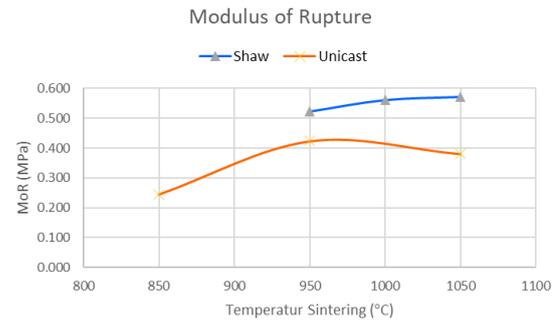


Gambar 14. Porositas Proses Shaw dan Unicast Berdasarkan Temperatur Sintering (Akhir)

Porositas yang terjadi mempengaruhi kekuatan CCS maupun MoR cetakan cor, seperti terlihat pada Gambar 15 dan Gambar 16. Secara umum nilai CCS dan MoR hasil sintering proses Shaw terlihat lebih tinggi dibandingkan sintering proses Unicast, walaupun residu pengikat yang hilang pada proses Shaw lebih banyak dibandingkan proses Unicast - berdasarkan struktur makro yang telah ditampilkan (Gambar 10 dan 11) - namun terlihat nilai proses Shaw lebih tinggi pada temperatur sintering yang sama. Perlu penelitian lebih lanjut dengan melihat ikatan antar butir pasir yang hanya bisa dilakukan menggunakan pengujian SEM, dimana pada saat ini belum dapat dilakukan. Hasil pengujian CCS baik proses Shaw dan Unicast masih lebih baik dari pada hasil pengujian oleh Widiyanto, dkk (Widiyanto, E., Santosa Aa., Kardiman, Nabinome, V., , 2017) yaitu 0,14 – 0,45 MPa.

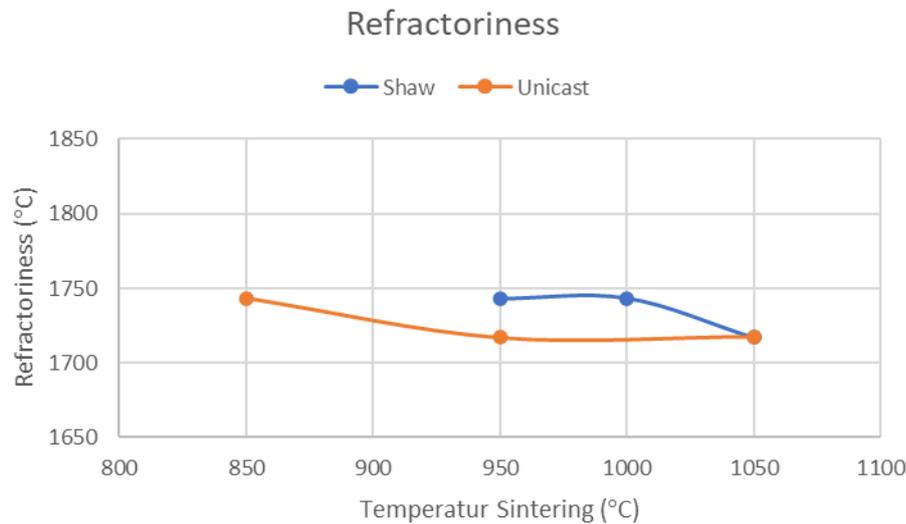


Gambar 15. Perbandingan CCS Shaw - Unicast



Gambar 16. Perbandingan MoR Shaw - Unicast

Kemampuan cetakan pasir untuk menahan suhu tinggi tanpa rusak atau melebur sering disebut sebagai *Refractoriness* (mampu panas), ketahanan terhadap suhu tinggi merupakan sifat multifase bahan tahan api yang mencapai derajat pelunakan tertentu pada suhu tinggi tanpa beban, dan diukur dengan uji ekuivalen kerucut pirometrik (*pyrometric cone equivalent* - PCE). Refractoriness cetakan cor setelah proses Shaw dan Unicast diperlihatkan pada Gambar 17, dimana dengan meningkatnya temperatur sintering menurunkan sifat *refractoriness*-nya, namun demikian cetakan pasir tersebut masih masuk dalam kategori SK33 atau kategori *super duty* (Sengupta, 2020).



Gambar 17. Refractoriness Proses Shaw dan Unicast Berdasarkan Temperatur Sintering (Akhir)

4. KESIMPULAN

Proses Shaw secara ekonomis membutuhkan biaya lebih besar dibandingkan proses Unicast, dikarenakan waktu sintering menjadi lebih panjang. Namun dari sifat-sifat yang dibutuhkan oleh cetakan cor, proses Shaw menunjukkan kemampuan yang lebih baik dari proses Unicast, dimana temperatur optimal diperoleh pada suhu 1.050°C. Pada temperatur sintering diatas titik tersebut, mulai terjadi penurunan nilai sifat-sifat pendukung cetakan cor, namun jika temperatur sintering dibawah titik tersebut sampai titik 950°C, masih dapat ditolerir.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih untuk PT. Fosco Indonesia yang telah menyediakan resin Fenotec 810 dan *hardener* H40 dalam kegiatan penelitian ini, Dirjendiktiristik dengan Program Dana Padanan 2024 DIKTI P#1410 yang telah memberi dana dan kesempatan mahasiswa berpartisipasi dalam penelitian, serta Universitas AKPRIND Indonesia atas kesempatan dan dukungan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminuddin, P. Y. (2020). Effect grain size to mould's permeability & compressive strength, and casting products . *Journal of Physics: Conference Series*, 1700 (2020) (012042). doi:https://doi:10.1088/1742-6596/1700/1/012042
- Andrew Y C Nee, Mehrdad Zarinejad. (2015). Handbook of Manufacturing Engineering and Technology. doi:DOI:10.1007/978-1-4471-4670-4

- Beno, J., Poreba, M., Bajer, T. (2021). Application of Non-Silica Sands for High Quality Castings, Arch. Metall. Mater. *Archives of Metallurgy and Materials*, 66(1), 25-30. doi:DOI: 10.24425/amm.2021.134754
- Campbell, J. (2021). *Metal Casting Processes, Metallurgy, Techniques and Design*. Oxford: Elsevier. Retrieved from <https://old.foundrygate.com/upload/artigos/FT0Ku31Q3bfcyfBS8gZTLyud5574.pdf>
- Chauke, J.L., Nyembwe, K.D., Mojisola, T. (2022). Assessment of South African Chromite Sand for Binder Jetting Application . *MATEC Web of Conferences*, 370, 04001. Retrieved from <https://doi.org/10.1051/mateconf/202237004001>
- Foseco. (2024). *Self-setting resins / No-bake binders for foundries, Foseco, the Foundry Division of Vesuvius plc*. Retrieved from Vesuvius: <https://www.foseco.com/en/products/binders-and-moulding-material/no-bake-binders>
- Liao, D., Fan, Z., Jiang, W. (2011). Study on the surface roughness of ceramic shells and castings in the ceramic shell casting process based on expandable pattern. *Journal of Materials Processing Technology*, 211(9):1465-1470.
- P. R. Carey & M. Lott. (2021). *Sand Binder Systems*. Düsseldorf: ASK Chemicals. Retrieved from https://www.ask-chemicals.com/fileadmin/user_upload/Download_page/professional_articles/EN/FMT_Article_part5.pdf
- Sengupta, P. (2020). Classification of Refractories. In: *Refractories for the Chemical Industries*. Springer, Cham. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-030-61240-5_2
- Singh, R. (2016). *Introduction to Basic Manufacturing Processes and Workshop Technology* (Vols. 8122418465, 9788122418460). New Delhi, India: New Age International.
- Stachowicz, M., Kamiński, M., Granat, K., Pałyga, L. (May 2016). Effect of Temperature on Chromite-Based Moulding Sands Bonded with Sodium Silicate. *Archives of Foundry Engineering*, 16(4), 147-152.
- Tshabalala, N.V., Nyembwe, K.D., Van Tonder, P.J.M. (2021). Optimisation of a resin-coated chromite sand for rapid sand casting applications. *South African Journal of Industri Engineering*, 32 (3), 290-298.
- Widianto, E., Santosa Aa., Kardiman, Nabinome, V., . (2017). Sintesis dan Karakterisasi Sifat Mekanik Cetakan Pasir Pengecoran Berbasis Pasir Recycle dengan Penambahan Resin. *Lontar Jurnal Teknik Mesin Undana*, 04 (02).