

PERBANDINGAN MAKROSTRUKTUR HASIL COR DENGAN VARIASI KOMPOSISI PASIR CETAK

Dewi Izzatus Tsamroh^{1*)}, Cepi Yazirin², Muhammad Ilman Nur Sasongko³

^{1*),3}Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Malang, Indonesia

²Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang, Indonesia

^{*)}Corresponding author: dewi.tsamroh.fv@um.ac.id

ABSTRACT

This study aims to analyze the comparison of macrostructure of casting results with variations in molding sand composition. Molding sand plays an important role in the metal casting process, because its properties affect the quality of the resulting cast products. Variations in molding sand composition, such as the percentage of silica sand, binder, and water, were tested to observe their effects on the macrostructure of the casting results, including surface defects, hardness, and homogeneity. The casting process was carried out using the sand-casting method with certain metal materials, as well as standardized process parameters. The results of observations showed that variations in the composition of molding sand had a significant impact on the surface quality and internal structure of the casting results. The optimal molding sand composition was able to produce a more uniform macrostructure, minimal defects, and in accordance with industrial quality standards. This study is expected to contribute to improving the efficiency and quality of the casting process in the manufacturing industry.

Keywords: Molding sand, Metal casting, Macrostructure, Casting quality, Sand casting.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan makrostruktur hasil cor dengan variasi komposisi pasir cetak. Pasir cetak memegang peran penting dalam proses pengecoran logam, karena sifatnya memengaruhi kualitas produk cor yang dihasilkan. Variasi komposisi pasir cetak, seperti persentase pasir silika, binder, dan air, diuji untuk mengamati pengaruhnya terhadap struktur makro hasil cor, termasuk cacat permukaan, kekerasan, dan homogenitas. Proses pengecoran dilakukan menggunakan metode sand casting dengan bahan logam tertentu, serta parameter proses yang terstandarisasi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa variasi komposisi pasir cetak memberikan dampak signifikan terhadap kualitas permukaan dan struktur internal hasil cor. Komposisi pasir cetak yang optimal mampu menghasilkan struktur makro yang lebih seragam, minim cacat, dan sesuai dengan standar kualitas industri. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas proses pengecoran di industri manufaktur.

Kata Kunci: Pasir cetak, Pengecoran logam, Makrostruktur, Kualitas hasil cor, Sand casting.

PENDAHULUAN

Pengecoran logam merupakan salah satu metode manufaktur yang memiliki peran penting dalam berbagai industri, seperti otomotif, konstruksi, dan mesin. Proses ini digunakan untuk

menghasilkan komponen dengan bentuk kompleks secara efisien [1]. Salah satu aspek utama dalam pengecoran logam adalah penggunaan pasir cetak sebagai bahan untuk membuat cetakan. Pasir cetak harus memiliki karakteristik tertentu, seperti kekuatan mekanis, permeabilitas, dan stabilitas termal, agar dapat menghasilkan produk cor berkualitas tinggi [2].

Kualitas produk cor tidak hanya bergantung pada material logam yang digunakan, tetapi juga pada parameter proses, termasuk komposisi pasir cetak. Pasir cetak umumnya terdiri dari pasir silika, binder, dan air, yang masing-masing memiliki fungsi penting. Pasir silika memberikan struktur utama cetakan, binder berfungsi sebagai perekat, dan air membantu membentuk campuran yang mudah dibentuk [3]. Variasi dalam komposisi pasir cetak ini dapat memengaruhi hasil akhir, seperti kekasaran permukaan, ketahanan terhadap cacat, dan homogenitas struktur makro. Ketidaksesuaian komposisi pasir cetak dapat menyebabkan berbagai cacat pada hasil cor, seperti porositas, retakan, atau permukaan yang tidak rata. Cacat-cacat ini dapat mengurangi performa mekanik produk cor dan meningkatkan biaya produksi akibat perbaikan atau kegagalan produk. Oleh karena itu, penting untuk memahami bagaimana variasi komposisi pasir cetak memengaruhi kualitas struktur makro hasil cor, sehingga dapat diperoleh cetakan dengan kualitas optimal [4].

Penelitian ini bertujuan untuk memahami bagaimana variasi dalam komposisi pasir cetak dapat mempengaruhi karakteristik makrostruktur dari hasil cor. Beberapa penelitian relevan memberikan wawasan yang berharga. Pertama, analisis komposisi unsur dan makrostruktur sangat penting dalam menentukan sifat material setelah proses pengecoran. Penelitian ini menekankan pentingnya memahami komposisi material sebelum dan setelah pengujian korosi, yang dapat memberikan gambaran tentang ketahanan dan integritas struktur yang dihasilkan [5].

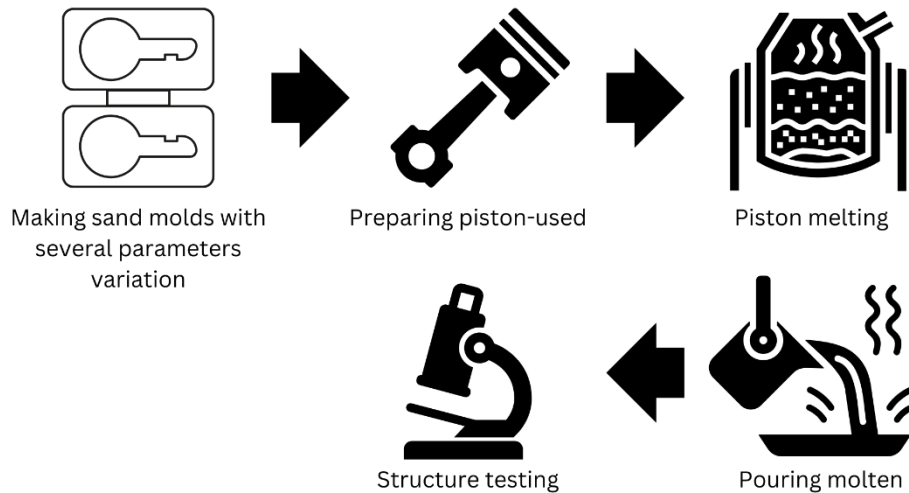
Selain itu, pengaruh sifat mikro-fisik dan bentuk butiran pasir terhadap karakteristik kuat geser, yang dapat berimplikasi pada stabilitas dan kekuatan hasil cor [6]. Hasil ini menunjukkan bahwa variasi dalam bentuk butiran pasir dapat mempengaruhi interaksi antar partikel, yang pada gilirannya mempengaruhi makrostruktur hasil cor. Penambahan lempung dalam campuran pasir dapat mempengaruhi kuat geser dan kerapatan pasir, yang merupakan faktor penting dalam menentukan kualitas dan performa hasil cor. Penelitian ini memberikan bukti bahwa variasi dalam komposisi pasir cetak, termasuk penambahan bahan lain seperti lempung, dapat mempengaruhi karakteristik fisik dari campuran tersebut [7].

Penelitian lebih lanjut, memberikan wawasan tentang bagaimana variasi dalam metode pembuatan pola cor dapat mempengaruhi hasil akhir. Perbandingan pola cor konvensional dengan pola yang dicetak menggunakan teknologi 3D, penelitian ini menunjukkan bahwa metode pembuatan dapat mempengaruhi makrostruktur dan kualitas hasil cor [8]. Hal ini menunjukkan bahwa tidak hanya komposisi material, tetapi juga metode pembuatan dapat berkontribusi pada karakteristik akhir dari produk cor. Secara keseluruhan, pemahaman yang mendalam tentang pengaruh variasi komposisi pasir cetak terhadap makrostruktur hasil cor sangat penting untuk pengembangan material yang lebih baik dan lebih efisien. Penelitian yang ada menunjukkan bahwa baik komposisi material maupun metode pembuatan memiliki dampak signifikan terhadap kualitas dan karakteristik akhir dari hasil cor.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi pasir cetak terhadap struktur makro hasil cor. Studi dilakukan dengan menguji beberapa variasi komposisi pasir cetak menggunakan metode pengecoran pasir (*sand casting*). Parameter yang diamati meliputi kualitas permukaan, kekasaran, dan adanya cacat pada struktur makro hasil cor. Data yang diperoleh diharapkan dapat memberikan wawasan mendalam mengenai hubungan antara komposisi pasir cetak dan kualitas produk cor. Meskipun banyak penelitian telah membahas proses pengecoran pasir dan faktor-faktor yang memengaruhi kualitas hasil cor, sebagian besar penelitian masih menekankan pada parameter proses seperti suhu kecepatan pengecoran dan desain cetakan. Hanya sedikit penelitian yang secara spesifik membahas pengaruh variasi komposisi pasir cetak, terutama pada kombinasi bahan pengikat dan jenis pasir terhadap kualitas hasil cor.

METODE

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi pasir cetak terhadap makrostruktur hasil cor. Penelitian melibatkan beberapa tahapan yang mencakup persiapan material, pembuatan cetakan, proses pengecoran, dan analisis hasil. Pada gambar 1 adalah tahapan metode yang dilakukan:



Gambar 1. Langkah Penelitian

1. Persiapan Material

Pasir cetak yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari pasir silika, binder, dan air. Pasir silika digunakan sebagai bahan utama dengan berbagai ukuran butir, sedangkan binder berfungsi sebagai perekat, dan air sebagai bahan pengikat tambahan. Variasi komposisi pasir cetak dirancang dengan beberapa kombinasi persentase pasir silika (70, 80, 90%), binder (5, 7, 10%), dan air (5, 7, 10%). Semua bahan diukur dengan akurasi tinggi untuk memastikan keseragaman campuran.

2. Pembuatan Cetakan

Cetakan dibuat menggunakan metode pengecoran pasir (*sand casting*). Setiap variasi komposisi pasir cetak dicampur hingga homogen, kemudian dimasukkan ke dalam rangka cetakan (flask). Pola dengan bentuk standar digunakan untuk menghasilkan rongga cetakan dengan dimensi seragam. Setelah cetakan terbentuk, proses pengeringan dilakukan untuk memastikan kekuatan cetakan saat menerima logam cair.

3. Proses Pengecoran

Bahan logam yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium paduan (Al-Si), yang dipilih karena sifat corannya yang baik. Aluminium dilebur dalam tungku peleburan pada suhu sekitar 700–750°C, kemudian dituangkan ke dalam cetakan pasir. Setelah logam mendingin dan membeku, hasil cor dikeluarkan dari cetakan untuk dianalisis lebih lanjut.

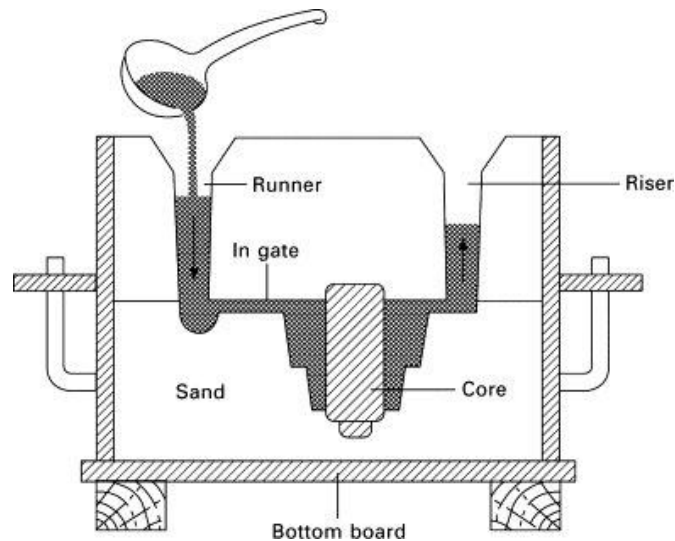
4. Pengujian dan Analisis

Makrostruktur hasil cor dianalisis menggunakan inspeksi visual dan alat bantu seperti kamera digital. Parameter yang diamati meliputi cacat permukaan, seperti porositas, retakan, dan kekasaran, serta homogenitas struktur makro. Data yang diperoleh dibandingkan antara masing-masing variasi komposisi pasir cetak untuk menentukan pengaruhnya terhadap kualitas hasil cor.

5. Pengolahan Data

Hasil pengamatan dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif. Data cacat permukaan dihitung secara persentase, sedangkan kekasaran permukaan diukur menggunakan alat uji kekasaran (*surface roughness tester*). Semua hasil diolah menggunakan perangkat lunak statistik untuk

menentukan hubungan antara variasi komposisi pasir cetak dengan parameter kualitas hasil cor.



Gambar 2. Proses Sand Casting

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan makrostruktur hasil cor dengan variasi komposisi pasir cetak, khususnya dengan variasi persentase pasir silika (70%, 80%, dan 90%), binder (5%, 7%, dan 10%), serta air (5%, 7%, dan 10%), merupakan topik yang menarik untuk diteliti dalam konteks rekayasa material. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi komposisi tersebut terhadap cacat permukaan, seperti porositas, retakan, dan kekasaran, serta homogenitas struktur makro dari hasil cor. Salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan adalah pengaruh komposisi pasir silika terhadap porositas hasil cor [9].

1. Persentase Pasir Silika

Komposisi material yang tepat sangat berpengaruh terhadap kemampuan cor untuk menghindari cacat seperti porositas [10]. Peningkatan persentase pasir silika dapat mengurangi ruang kosong dalam struktur, sehingga mengurangi porositas. Hal ini sejalan dengan penelitian lain yang menekankan bahwa pemilihan material yang tepat dapat meningkatkan kekuatan tarik dan mengurangi cacat permukaan pada coran [11].



Gambar 3. Proses Pengecoran dengan Variasi Komposisi Pasir Cetak

Gambar 3 merupakan proses pengecoran dengan menggunakan variasi komposisi pasir cetak. Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan variasi persentase pasir silika, komposisi pasir silika memengaruhi kekuatan cetakan dan kualitas permukaan hasil cor. Kandungan silika yang rendah (70%) membuat cetakan memiliki kekuatan yang lemah, sehingga mudah mengalami deformasi selama pengecoran. Hal ini menghasilkan permukaan produk cor yang kasar dan cenderung memiliki cacat seperti retakan. Kandungan silika yang tinggi (90%) menjadikan cetakan lebih rapuh. Meski demikian, ukuran butiran pasir yang lebih halus memungkinkan cetakan menghasilkan permukaan cor yang lebih halus, tetapi berisiko membentuk porositas mikro. Sedangkan komposisi silika 80% memberikan keseimbangan antara kekuatan cetakan dan kualitas hasil cor. Cetakan cukup stabil untuk menahan tekanan logam cair, sehingga menghasilkan permukaan cor yang lebih rata dengan risiko cacat yang minimal.

2. Persentase Binder

Binder berfungsi sebagai perekat antarbutir pasir, memengaruhi kekompakan dan stabilitas cetakan. Variasi binder juga memiliki dampak signifikan terhadap karakteristik makrostruktur hasil cor [12]. Penggunaan binder yang lebih tinggi dapat meningkatkan kohesi antara partikel pasir, sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya retakan [13]. Dalam konteks ini, binder berfungsi sebagai pengikat yang memperkuat struktur, yang sangat penting dalam mencegah kerusakan akibat beban mekanis. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa variasi dalam komposisi binder dapat mempengaruhi kekasaran permukaan hasil cor, di mana binder yang lebih tinggi cenderung menghasilkan permukaan yang lebih halus.

Jumlah binder yang rendah (5%) membuat cetakan kurang kokoh, sehingga rentan terhadap deformasi. Hal ini dapat memengaruhi distribusi logam cair selama pengecoran dan meningkatkan risiko cacat pada hasil cor. Kandungan binder yang terlalu tinggi (10%) meningkatkan risiko pembentukan residu karbon dalam cetakan. Residu ini dapat menimbulkan cacat internal seperti inklusi karbon pada hasil cor. Jumlah binder 7%, dianggap optimal karena memberikan keseimbangan antara kekuatan cetakan dan minimnya residu. Cetakan menjadi cukup stabil untuk menghasilkan struktur cor yang lebih homogen.

3. Persentase Air

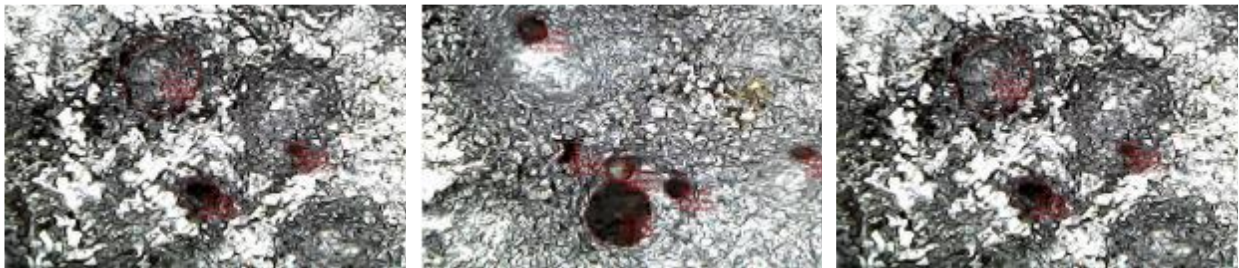
Kadar air dalam pasir cetak berpengaruh pada pembentukan uap selama pengecoran, yang dapat memicu cacat porositas. Air juga merupakan faktor kunci dalam proses pengecoran [14]. Kadar air yang tepat dapat mempengaruhi fluiditas campuran, yang pada gilirannya mempengaruhi kemampuan cor untuk mengisi cetakan dengan baik [15]. Kelebihan air dapat menyebabkan pembentukan pori-pori yang tidak diinginkan, sedangkan kekurangan air dapat mengakibatkan campuran yang terlalu kering dan sulit untuk dicetak. Oleh karena itu, penting untuk menemukan keseimbangan yang tepat antara kadar air dan komponen lainnya untuk mencapai hasil cor yang optimal. Kandungan air yang tinggi (10%), meningkatkan risiko pembentukan porositas akibat penguapan air yang berlebihan selama proses pengecoran. Porositas ini dapat terlihat sebagai rongga pada permukaan atau struktur internal hasil cor. Rentang kadar air ini (5-7%) memberikan kondisi optimal untuk proses pengecoran. Penguapan air lebih terkendali, sehingga mengurangi pembentukan porositas dan menghasilkan hasil cor dengan struktur yang lebih solid.

Kombinasi komposisi pasir cetak yang ideal adalah 80% silika, 7% binder, dan 5-7% air. Kombinasi ini memberikan kekuatan cetakan yang cukup untuk menahan tekanan logam cair, menghasilkan permukaan cor yang lebih rata, dan meminimalkan cacat seperti porositas, retakan, dan kekasaran. Variasi di luar komposisi ini cenderung meningkatkan risiko cacat, baik karena kelemahan cetakan maupun pembentukan residu dan porositas.

4. Struktur Makro

Gambar 4 menunjukkan cacat permukaan seperti porositas, retakan, dan kekasaran dipengaruhi oleh kombinasi kadar air, ukuran butiran pasir silika, dan kekuatan cetakan. Komposisi pasir cetak yang optimal adalah 80% silika, 7% binder, dan 5% air, yang menghasilkan permukaan hasil cor dengan cacat minimal. Kombinasi ini mengurangi porositas, meminimalkan retakan, dan memberikan kekasaran permukaan yang lebih baik. Komposisi di luar parameter ini meningkatkan risiko cacat, baik akibat deformasi cetakan maupun penguapan air yang tidak terkendali.

Terkait homogenitas struktur makro, variasi dalam metode pengecoran, termasuk penggunaan cetakan yang berbeda, dapat mempengaruhi distribusi material dalam hasil cor [16]. Metode pengecoran yang lebih baik dapat menghasilkan struktur yang lebih homogen, yang penting untuk memastikan kekuatan dan ketahanan produk akhir. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa variasi dalam komposisi pasir cetak dapat mempengaruhi distribusi butiran dan, akibatnya, homogenitas struktur makro [17].



Gambar 4. Struktur Makro Hasil Cor

Porositas pada hasil cor berkaitan erat dengan kadar air dalam pasir cetak. Penggunaan kadar air 5%, porositas berada pada tingkat terendah karena penguapan air berlangsung terkendali, sehingga hanya sedikit rongga yang terbentuk pada permukaan hasil cor. Sedangkan pada cetakan dengan kadar air 7% dan 10%, porositas meningkat secara signifikan karena uap air yang terbentuk selama proses pengecoran tidak dapat sepenuhnya dieliminasi, menghasilkan rongga-rongga kecil pada permukaan hasil cor. Retakan disebabkan oleh tegangan termal yang terjadi selama pendinginan logam cair dan ketidakstabilan cetakan. Ketidakstabilan cetakan akibat kekuatan rendah menyebabkan deformasi selama proses pengecoran, memicu retakan pada permukaan hasil cor dengan pasir silika 70%. Sedangkan penggunaan pasir silika dengan persentase 90%, menyebabkan cetakan menjadi terlalu rapuh, sehingga meskipun deformasi berkurang, retakan mikro tetap muncul akibat tekanan termal. Kombinasi pasir silika 80% dan binder 7% menghasilkan cetakan dengan kekuatan dan stabilitas yang optimal, sehingga retakan pada hasil cor dapat diminimalkan. Dengan demikian, kadar air yang tepat sangat penting untuk mengontrol penguapan selama proses pengecoran, tidak hanya memengaruhi porositas tetapi juga memiliki peran secara tidak langsung untuk stabilitas cetakan dan kualitas akhir hasil cor.

5. Kekasaran Permukaan

Cacat permukaan seperti retakan dan kekasaran juga menjadi perhatian utama dalam penelitian ini. Kelemahan dalam cetakan pasir, seperti kelembapan yang tinggi, dapat menyebabkan kerusakan pada coran, termasuk retakan dan porositas. Kelembapan tinggi pada pasir cetak berdampak langsung pada proses pengecoran karena air yang berlebihan dalam cetakan akan menguap dengan cepat ketika terkena suhu tinggi dari logam cair. Penguapan mendadak ini menghasilkan tekanan gas yang signifikan di dalam cetakan, dan apabila gas ini tidak dapat keluar dengan efisien, akan terperangkap dalam logam cair, membentuk porositas dalam hasil cor [18]. Kekasaran permukaan ditentukan oleh ukuran butiran pasir dalam cetakan. Pasir kasar (70% silika), menghasilkan permukaan yang tidak rata karena detail cetakan tidak terbentuk dengan

baik. Kekasaran ini dapat menjadi sumber cacat tambahan jika dibiarkan. Pasir halus (90% silika), permukaan hasil cor menjadi lebih rata karena detail cetakan lebih halus. Namun, risiko porositas mikro meningkat akibat penetrasi logam cair ke dalam celah antarbutir pasir yang terlalu kecil. Pasir 80% silika, memberikan keseimbangan antara permukaan yang rata dan minimnya porositas mikro, menghasilkan kualitas permukaan yang lebih baik dibandingkan komposisi lainnya.

Oleh karena itu, penting untuk mengontrol kondisi cetakan dan komposisi material untuk meminimalkan cacat permukaan. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa variasi dalam komposisi pasir cetak, termasuk persentase pasir silika, binder, dan air, memiliki dampak signifikan terhadap makrostruktur hasil cor. Pengaruh ini terlihat dalam aspek-aspek seperti porositas, retakan, kekasaran, dan homogenitas struktur makro. Oleh karena itu, pemilihan komposisi yang tepat sangat penting untuk mencapai hasil cor yang berkualitas tinggi dan minim cacat.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi komposisi pasir cetak memiliki pengaruh signifikan terhadap makrostruktur hasil cor aluminium, terutama pada aspek cacat permukaan seperti porositas, retakan, dan kekasaran, serta homogenitas struktur makro. Kombinasi optimal ditemukan pada 80% silika, 7% binder, dan 5% air, yang menghasilkan produk cor dengan cacat minimal dan struktur yang homogen. Kandungan silika yang terlalu rendah atau terlalu tinggi memengaruhi stabilitas cetakan, sementara kadar air berlebih cenderung meningkatkan porositas. Binder berperan penting dalam kekuatan cetakan, tetapi jumlah yang terlalu tinggi dapat menimbulkan residu karbon. Dengan komposisi pasir cetak yang seimbang, kualitas hasil cor dapat ditingkatkan secara signifikan, memberikan panduan praktis bagi industri pengecoran dalam meminimalkan cacat dan meningkatkan homogenitas produk cor.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] A. Suprpto, D. I. Tsamroh, D. Andrijono, and S. D. I. Maswain, "Comparison of the hardness value and microstructure of Al6061 in horizontal centrifugal casting with and without mold cooling," *Eastern-European J. Enterp. Technol.*, vol. 4, no. 12 (130), pp. 42–48, 2024, doi: 10.15587/1729-4061.2024.306262.
- [2] D. I. Tsamroh, M. F. Ardiansyah, M. A. Yaqin, T. A. A. Shiddiqy, and D. Z. Lubis, "Hardness enhancement of Al-Si alloys from sand casting with runner variations," *Mechanical*, vol. 15, no. 2, 2024.
- [3] F. O. Edoziuno, C. C. Nwaeju, A. A. Adediran, E. E. Nnuka, O. S. Adesina, and S. A. Nwose, "Factorial optimization and predictive modelling of properties of Ukpok clay bonded synthetic moulding sand prepared using River Niger silica sand," *Results Mater.*, vol. 10, no. May, p. 100194, 2021, doi: 10.1016/j.rinma.2021.100194.
- [4] Y. Li *et al.*, "Alumina nanocrystalline ceramic by centrifugal casting," *J. Eur. Ceram. Soc.*, vol. 43, no. 4, pp. 1590–1596, 2023, doi: 10.1016/j.jeurceramsoc.2022.12.004.
- [5] M. Masrukan, D. Mustika, D. Andara Perdana, and J. Jumaeri, "Analisis Komposisi Unsur, Densitas, Makrostruktur, Dan Fasa Paduan U-6Zr-xNb Pasca Uji Korosi," *Urania J. Ilm. Daur Bahan Bakar Nukl.*, vol. 26, no. 3, pp. 155–166, 2020, doi: 10.17146/urania.2020.26.3.6051.
- [6] C. G. Maulina, D. Sisingih, and A. P. Hendrawan, "Evaluasi Pengaruh Sifat Mikro-Fisik dan Bentuk Butiran terhadap Karakteristik Kuat Geser pada Pasir Vulkanik dan Pasir Pantai," *J. Teknol. dan Rekayasa Sumber Daya Air*, vol. 1, no. 2, pp. 584–597, 2021, doi: 10.21776/ub.jtresda.2021.001.02.21.
- [7] B. B. Islami, K. Rahmat, D. Widodo, and I. Sukoco, "Analisis Variasi Sistem Saluran Terhadap Cacat Coran Dan Kekuatan Bending Runner Sudu 20 Turbin Cross-Flow Dengan Metode Sand Casting," vol. 22, no. 2, pp. 45–49, 2022.

- [8] H. Abdillah, M. Munadi, and N. W. Supriyadi, "Comparison of 3D Printer and Wood Casting Pattern," *J. Elektro dan Mesin Terap.*, vol. 6, no. 2, pp. 70–80, 2020, doi: 10.35143/elementer.v6i2.3636.
- [9] S. Irawan, "Mampu Cor Paduan Aluminium," *All Fields Sci. J. Liaison Acad. Society*, vol. 2, no. 3, pp. 71–79, 2022, doi: 10.58939/afosj-las.v2i3.493.
- [10] Mad Yusup and Purbawati, "Analisis Cacat Coran Pada Sand Casting Produk Clamp Saddle," *J. Ilm. Tek. Mesin, Elektro dan Komput.*, vol. 2, no. 2, pp. 115–122, 2022, doi: 10.51903/juritek.v2i2.571.
- [11] D. Masnur, A. Rasyad, P. Nawangsari, and R. Abdurrahman, "Analisis Jarak Titik Pengukuran Temperatur Tuang pada Kualitas Coran Aluminium Daur Ulang," *J. Surya Tek.*, vol. 10, no. 1, pp. 590–594, 2023, doi: 10.37859/jst.v10i1.4750.
- [12] A. W. Adianta, S. Suprianto, A. Daely, and M. F. Bangun, "Studi Fluiditas dan Karakteristik Aliran pada Pengecoran Al-Si Alloy Menggunakan Simulasi Numerik," *Talent. Conf. Ser. Energy Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 007–012, 2018, doi: 10.32734/ee.v1i1.102.
- [13] K. J. Hodder and R. J. Chalaturnyk, "Bridging additive manufacturing and sand casting: Utilizing foundry sand," *Addit. Manuf.*, vol. 28, no. June, pp. 649–660, 2019, doi: 10.1016/j.addma.2019.06.008.
- [14] A. D. Shieddieque, I. Putra Nugraha, M. I. Zaenal Muttahar, and G. Heryana, "Pengaruh Variasi Campuran Bentonit Terhadap Karakteristik Pasir Cetak Untuk Proses Sand Casting," *Rekayasa*, vol. 15, no. 3, pp. 316–325, 2022, doi: 10.21107/rekayasa.v15i3.16194.
- [15] I. M. Nasution and M. Yusuf, "Analisa Karakteristik Pasir Sungai Sebagai Bahan Cetakan Pada Pengecoran Logam," *Malikussaleh J. Mech. Sci. Technol.*, vol. 7, no. 2, p. 97, 2023, doi: 10.29103/mjmst.v7i2.12507.
- [16] A. E. Purkuncoro and A. Taufik, "Pengaruh Bentuk Saluran Pada Proses Pengecoran Dengan Model Dari Styrofoam Terhadap Sifat Mekanis Aluminium Paduan Al-Si-Cu," *J. PASTI*, vol. 13, no. 2, p. 177, 2019, doi: 10.22441/pasti.2019.v13i2.007.
- [17] A. N. Islam and D. H. Al-Janan, "Pengaruh Variasi Temperatur Dan Waktu Tahan Age Hardening Terhadap Kekerasan Dan Porositas Pada Hasil Pengecoran Aluminium," *J. Kompetensi Tek.*, vol. 11, no. 2597–9280, pp. 36–40, 2019, [Online]. Available: <https://doi.org/10.15294/jkomtek.v11i1.17219>.
- [18] Zalmidun, "Article Review: Jenis-Jenis Cetakan Pasir," *ENOTEK J. Energi dan Inov. Teknol.*, vol. 1, no. 2, pp. 21–24, 2022, doi: 10.30606/enotek.v1i2.1273.