



Analisis Pengaruh Penambahan Karbon Pada Proses Peleburan Besi *Scrap* Terhadap Komposisi dan Kekerasan Besi Cor

Dimas Fandi Pratama^{1*}, Gugun Gundara², Agus Riyana Doni Saputra³, Firman Fauzi Rachman⁴
^{1,2,3,4}Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya, Jl. Tamansari Gobras,
Tasikmalaya, Jawa Barat, 46196

*dimasfandi096@gmail.com

Diterima: 03 01 2025

Direvisi: 21 01 2025

Disetujui: 30 01 2025

ABSTRAK

Pengecoran logam (casting) adalah metode teknis pembuatan produk dengan melalui beberapa langkah pekerjaan mulai dari pembuatan pola, pencetakan, peleburan, penuangan, dan pendinginan. Produk pengecoran logam yang dapat dihasilkan antara lain blok mesin, roda gigi, sambungan pipa dan lain sebagainya. Bahan baku pengecoran logam adalah besi *scrap* daur ulang. Besi tuang dengan penambahan unsur karbon mampu memperkuat ketahanan dan daya tariknya, namun di sisi lain membuatnya rapuh. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis dampak variasi dalam penambahan karbon terhadap komposisi dan tingkat kekerasan dari besi cor. Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan unsur karbon 3%, 4%, dan 5%, kemudian dilakukan pengujian komposisi kimia (spektrometer) dan pengujian kekerasan (*Rockwell*). Besi tuang dengan penambahan unsur paduan karbon 3% mempunyai komposisi karbon sebesar 2,93121%, karbon 4% sebesar 3,57801%, dan /5% sebesar 3,97108%. Dampak dari susunan kimia itu adalah bertambahnya jumlah karbon dalam formula kimia besi cor. Besi tuang dengan penambahan karbon 3% sebagai unsur paduan mempunyai nilai kekerasan sebesar 92,34 HRb, karbon 4% sebesar 92,67 HRb, dan 5% sebesar 93,34 HRb. Hasil dari pengujian kekerasan menunjukkan bahwa tingkat kekerasan bertambah dengan adanya peningkatan kandungan karbon.

Kata kunci: Pengecoran logam, Besi *Scrap*, Penambahan karbon, Uji komposisi, Uji kekerasan.

ABSTRACT

Metal casting (casting) is a technical method of making products through several work steps starting from pattern making, molding, melting, pouring and cooling. Metal casting products that can be produced include engine blocks, gears, pipe connections and so on. The raw material for metal casting is recycled iron scrap. Cast iron with the addition of carbon elements can increase its hardness and tensile strength, but on the other hand makes it brittle. This research aims to analyze the impact of variations in carbon addition on the composition and hardness level of cast iron. This research was carried out by adding 3%, 4% and 5% carbon elements, then chemical composition testing (spectrometer) and hardness testing (Rockwell) were carried out. Cast iron with the addition of 3% carbon alloying elements has a carbon composition of 2.93121%, 4% carbon of 3.57801%, and 5% of 3.97108%. The impact of this chemical arrangement is to increase the amount of carbon in the chemical formula of cast iron. Cast iron with the addition of 3% carbon as an alloying element has a hardness value of 92.34 HRb, 4% carbon of 92.67 HRb, and 5% of 93.34 HRb. The results of the hardness test show that the level of hardness increases with increasing carbon content.

Keywords: Metal casting, Scrap Iron, Carbon addition, Composition test, Hardness test.

PENDAHULUAN

Industri manufaktur memiliki peran penting dalam pertumbuhan ekonomi dan peningkatan lapangan kerja di Indonesia. Salah satunya adalah industri pengecoran logam, Pengecoran logam merupakan sebuah metode teknik untuk memproduksi barang dengan mengikuti serangkaian tahap, mulai dari pembuatan pola yang sesuai dengan produk yang ingin dibuat. kemudian membuat cetakan yang memiliki rongga sesuai dengan pola yang dibentuk, meleburan logam padat mencapai temperatur titik lebur hingga logam berubah wujud menjadi cair selanjutnya logam cair tersebut dituang kedalam cetakan, Setelah itu logam cair dibiarkan dingin hingga menjadi padat. Produk pengecoran logam yang dapat dihasilkan antara lain blok mesin, roda gigi, sambungan pipa dan lain sebagainya. Cara-cara dalam pengecoran logam telah mengalami banyak inovasi, termasuk pengecoran pasir, pengecoran sentrifugal, pengecoran cetakan, dan lain-lain. Manfaat dari penerapan metode pengecoran adalah dapat memproduksi barang dari berbagai tipe logam dengan desain yang rumit, serta mendukung proses produksi massal barang logam.

Besi *scrap*, merupakan besi bekas atau limbah besi yang dapat didaur ulang, contohnya limbah industri termasuk sisa atau potongan besi yang dihasilkan selama proses manufaktur di industri otomotif, konstruksi, atau permesinan. Industri pengecoran logam banyak yang memanfaatkan bahan *scrap* untuk bahan dasar pengecoran logam. Alasan mengapa *scrap* dipilih adalah karena material ini mudah diperoleh, khususnya dari para pengumpul logam bekas, dan jika dibandingkan dengan bahan yang dihasilkan melalui proses ekstraksi bijih besi, *scrap* memiliki nilai yang lebih menguntungkan. Untuk menghasilkan produk logam yang berkualitas pada proses peleburan besi *scrap* dimasukkan bahan paduan seperti karbon atau paduan lainnya untuk untuk merujuk pada susunan kimia baku dari barang yang diproduksi.[2]

Besi cor adalah campuran besi yang memiliki unsur karbon, silikon, mangan, fosfor, belerang dan lain sebagainya. Besi cor dapat diklasifikasikan menjadi besi cor kelabu, besi cor putih, besi cor nodular, dan besi cor yang mampu tempa. Besi cor adalah salah satu bahan yang paling umum digunakan dalam industri metal, baik sebagai material dasar untuk struktur industri maupun sebagai bahan utama untuk produk lain seperti bagian kendaraan bermotor, penutup pompa, dan sistem transmisi pada komponen generator.[3] Guna memperbaiki sifat mekanisnya, besi cor biasanya dikombinasikan dengan berbagai unsur paduan. Sifat mekanis besi cor dapat ditingkatkan sesuai kebutuhan dengan menambahkan unsur-unsur paduan yang sesuai dan perlakuan panas yang tepat.[4] Karbon dalam besi cor umumnya berada dalam bentuk *grafit*, yang terbentuk selama proses pembekuan. Semakin tinggi kandungan karbon, semakin banyak *grafit* yang terbentuk, yang memengaruhi sifat mekanik besi tersebut. Peningkatan jumlah karbon dapat memperkuat ketahanan dan daya tariknya, tetapi di sisi lain juga membuatnya lebih rapuh serta mengurangi daya tahannya.[5]

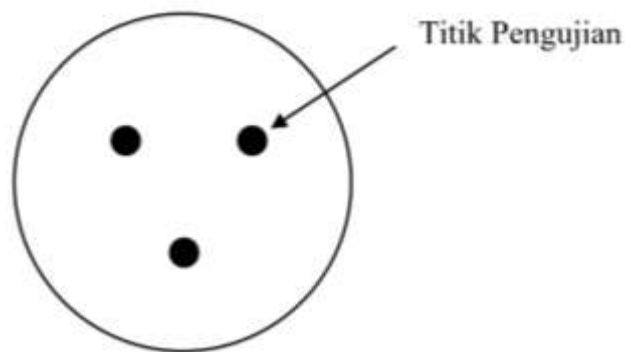
Studi Sulistyono berjudul pengaruh lapisan karbon terhadap sifat fisis dan mekanis pada solidifikasi besi cor kelabu dalam cetakan permanen untuk tapping akhir. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana lapisan karbon mempengaruhi sifat fisis dan mekanis solidifikasi besi cor kelabu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa komposisi spesimen berlapis karbon mengandung lebih banyak unsur karbon, tetapi karena dominasi grafit dalam kondisi ini, kekerasan spesimen berlapis karbon berkurang.[6] Studi Rusmardi berjudul analisa persentase kandungan karbon pada logam baja. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengukur kadar karbon dalam baja dan untuk memahami berbagai bentuk butiran dalam logam baja. Temuan dari penelitian ini menunjukkan bahwa persentase kadar karbon dalam baja bervariasi. Semakin tinggi kadar karbon, maka baja akan semakin kuat. Berdasarkan latar belakang yang telah dilekasa maka Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis pengaruh variasi penambahan karbon pada proses peleburan besi *scrap* terhadap komposisi dan kekerasan besi cor. Diharapkan hasil dari studi ini bisa memberikan pemahaman yang lebih komprehensif untuk sektor industri. dalam mengoptimalkan proses peleburan besi *scrap* dan menghasilkan besi cor yang memenuhi standar kualitas yang diinginkan.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, unsur karbon ditambahkan selama proses pemanasan besi daur ulang. Selanjutnya, material yang dihasilkan akan diuji untuk mengetahui komposisi kimia serta tingkat kekerasan. Uji komposisi kimia dilakukan untuk mengidentifikasi kandungan dan kadar masing-masing unsur dalam besi cor.[8] Uji kekerasan bertujuan untuk mengetahui variasi nilai kekerasan yang terdapat pada besi cor.[4] Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap yang dimulai dengan pembuatan spesimen atau material, pengujian dan proses pengambilan data dilakukan di PT. Kartika Alas Utama. Alat dan bahan yang digunakan yaitu peralatan keselamatan kerja, tungku peleburan, panci tuang (*ladle*), cetakan specimen, timbangan, *foundry thermocouple pyrometer*, mesin gerinda duduk, mesin amplas, alat uji komposisi kimia (*Optical Electro Spectroscopy*), alat uji kekerasan (*Rockwell Hardness Tester*), besi *scrap* dan karbon. Peleburan menggunakan tungku induksi listrik, tahapan awal masukan bahan besi *scrap* kedalam tungku induksi sebanyak 800 kg, setiap peleburan ditambahkan unsur karbon sebanyak 3%, 4%, dan 5 %, pemanasan dan peleburan logam dilakukan selama 2,5 jam, Logam dalam keadaan cair dicurahkan ke dalam cetakan pada suhu sekitar 1.500 °C, kemudian logam cair didinginkan, lepaskan spesimen dari cetakan, selanjutnya hasil coran diratakan permukaannya menggunakan mesin grinding dan mesin amplas. Pengujian pertama yang dilakukan adalah uji komposisi kimia, kemudian dilakukan pengujian kedua yaitu pengujian kekerasan *Rockwell*, tiap spesimen diuji kekerasannya sebanyak 3 kali. Metode eksperimen digunakan dalam penelitian ini, dan analisis dilaksanakan untuk memahami komposisi unsur kimia dan tingkat kekerasan dari produk pengecoran.

Penelitian ini melakukan tahapan – tahapan sebagai berikut :

1. Menentukan besi *scrap* yang akan dilebur
2. Penambahan unsur karbon pada proses peleburan besi *scrap* sebanyak 3%, 4% dan 5%
3. Menyiapkan cetakan spesimen uji komposisi kimia dan uji kekerasan *rockwell*
4. Membuat spesimen uji komposisi kimia dan uji kekerasan *Rockwell*
5. Pengujian komposisi kimia pada setiap spesimen
6. Pengujian kekerasan *Rockwell* dilakukan dengan menguji setiap spesimen sebanyak tiga kali, seperti yang ditunjukkan dalam gambar 1. Indentor yang dipakai adalah bola baja dengan beban mayor sebesar 100 kgf.



Gambar 1. Titik pengujian kekerasan *Rockwell*



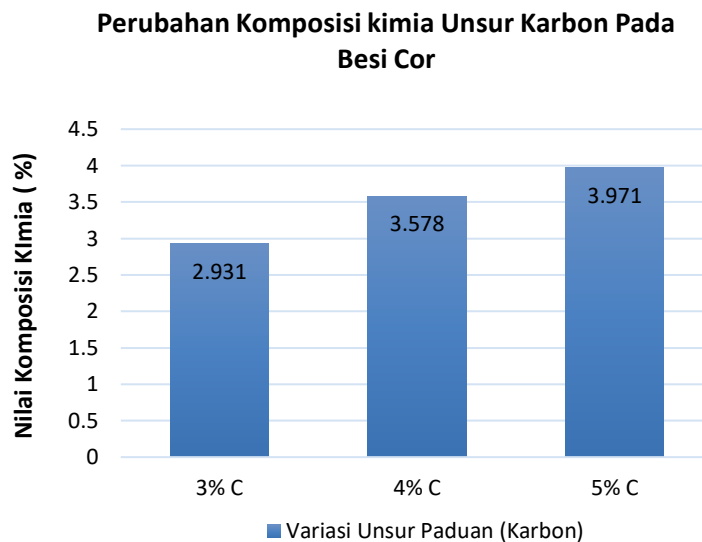
Gambar 2. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesimen besi cor dengan paduan paduan karbon yang telah dibuat kemudian dilakukan pengujian kandungan unsur kimia dan kekerasannya. Pengujian terhadap susunan kimia dilakukan untuk memahami kandungan kimia serta jumlah setiap elemen yang terdapat dalam besi cor. alat yang digunakan yaitu Spectrometer OES (Optical Emission Spectroscopy). Uji kekerasan dilaksanakan untuk memahami variasi tingkat kekerasan pada besi cor. alat yang digunakan yaitu Rockwell Hardness Tester. Data hasil pengujian komposisi kimia dan kekerasan dengan variasi unsur karbon pada sampel sebesar 3%, 4% dan 5% disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian komposisi kimia dan kekerasan

No	Paduan karbon (%)	Kandungan unsur (%)											Rata-rata nilai kekerasan rockwell (HRb)
		Fe	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Cu	V	Ti	
1	3	93,609	2,931	0,716	1,935	0,003	0,015	0,021	0,096	0,013	0,007	0,012	92,34
2	4	93,742	3,578	0,781	1,693	0,003	0,024	0,028	0,078	0,012	0,009	0,011	92,67
3	5	92,708	3,971	0,866	2,447	0,003	0,001	0,010	0,036	0,012	0,012	0,010	93,34



Gambar 3. Grafik perubahan komposisi kimia unsur karbon (C)

Berdasarkan hasil pengujian Komposisi kimia yang dilakukan, kandungan komposisi karbon pada besi cor dengan penambahan unsur paduan 3% karbon sebesar 2,931%, besi cor dengan penambahan unsur paduan 4% karbon memiliki komposisi karbon sebesar 3,578% dan besi cor dengan penambahan unsur paduan 5% karbon memiliki komposisi karbon sebesar 3,971%. Dari gambar 3. diatas menunjukkan bahwa grafik perubahan komposisi kimia unsur karbon naik. Nilai karbon naik 0,647% ketika paduan dari 3% karbon dinaikan 4% dan nilai komposisi kimia karbon naik 0,393% ketika paduan dari 4% karbon dinaikan 5%. Dampak tambahan karbon pada besi cor terhadap komposisi kimianya adalah meningkatnya kadar karbon dalam komposisi kimia besi cor.



Gambar 4. Grafik perbandingan nilai kekerasan

Berdasarkan hasil dari pengujian kekerasan yang telah dilaksanakan, rata-rata tingkat kekerasan pada besi cor dengan penambahan elemen paduan 3% karbon menunjukkan nilai mencapai 92,34 HRb. Nilai kekerasan pada penambahan elemen paduan 4% karbon sebesar 92,67 HRb, dan nilai kekerasan pada penambahan unsur

5% karbon sebesar 93,34 HRb. Dari gambar 4. diatas menunjukkan bahwa hasil pengujian kekerasan grafiknya naik. Nilai kekerasan naik 0,36% ketika paduan dari 3% karbon dinaikan 4% dan nilai kekerasan naik 0,72% ketika paduan dari 4% karbon dinaikan 5%. Rerata nilai tes kekerasan Rockwell pada spesimen menunjukkan bahwa tingkat kekerasan bertambah dengan adanya penambahan karbon.

KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan karbon pada proses peleburan besi *scrap* meningkatkan komposisi kimia dan kekerasan besi cor. Penambahan 3%, 4%, dan 5% karbon menghasilkan kadar karbon masing-masing sebesar 2,93121%, 3,57801%, dan 3,97108%, dengan peningkatan komposisi karbon nilai karbon naik 0,6468% ketika paduan dari 3% karbon dinaikan 4% dan nilai komposisi kimia karbon naik 0,39307% ketika paduan dari 4% karbon dinaikan 5%. Dalam pengujian kekerasan *Rockwell*, nilai kekerasan meningkat dari 92,34 HRb pada 3% karbon menjadi 92,67 HRb pada 4% karbon dan 93,34 HRb pada 5% karbon, dengan kenaikan masing-masing sebesar 0,36% dan 0,72%. Secara keseluruhan, penambahan karbon pada besi cor berpengaruh positif terhadap peningkatan kadar karbon dalam komposisi kimia dan nilai kekerasannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. S. Fajar Rizki Saputra, Budi Harjanto, "Pengaruh Variasi Penambahan Kadar Air Dengan Bahan Pengikat Bentonit Terhadap Karakteristik Pasir Cetak Dan Cacat Porositas Hasil Pengecoran Logam Paduan Al-Si," *J. Pendidik. Tek. Mesin*, vol. 02.04, pp. 290–300, 2020.
- [2] Suyanto, R. Wibowo, and S. Pramono, "Pemanfaatan Besi Scrap Sebagai Bahan Dasar Industri Peleburan Baja," *Mar. Sci. Technol. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 51–51, 2021.
- [3] Y. Umardani and T. R. Nurferdian, "Pengaruh Penambahan Kandungan Silikon Pada Besi Cor Kelabu Dengan Metode Fluiditas Strip mould Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro," *J. Rotasi*, vol. 11, no. 3, pp. 5–12, 2009, doi: <https://doi.org/10.14710/rotasi.11.3.5-12>.
- [4] Y. Syahbadri, "Pengaruh Variasi Mangan Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Besi Cor Kelabu," Universitas Islam Riau, 2020.
- [5] M. A. Robbina, "Perbandingan Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro Akibat Variasi Katalis Pada Proses Carburizing Baja S45C," Universitas Negeri Semarang, 2012.
- [6] C. Sulistiyono, "Pengaruh Lapisan Karbon Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Pada Solidifikasi Besi Cor Kelabu Dalam Cetakan Permanen Untuk Tapping Akhir," 2016, [Online]. Available: https://eprints.ums.ac.id/id/eprint/42752%0Ahttps://eprints.ums.ac.id/42752/18/NASKAH_PUBLIKASI.pdf
- [7] F. Rusmardi, "Analisa Persentase Kandungan Karbon Pada Logam Baja," *J. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 1, pp. 35–43, 2012.
- [8] S. Fatimah, "Identifikasi Kandungan Unsur Logam Menggunakan XRF dan OES Sebagai Penentu Tingkat Kekerasan Baja Paduan," Universitas Negeri Yogyakarta, 2018.