

# OPTIMASI PENAMBAHAN PROSENTASE TIMAH PUTIH (Sn) TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO BESI COR KELABU FC 25 PADA PT. BOMA BISMA INDRA(PERSERO) PASURUAN

## *THE OPTMATION OF ADDITION AT PERCENTAGE OF TIN (Sn) ON MECHANICAL PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE OF GREY CAST IRON FC 25 AT PT. BOMA BISMA INDRA (PERSERO) PASURUAN*

Narulita Budi<sup>1</sup>, Dedi Dwilaksana<sup>2</sup>, Hary Sutjahjono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

<sup>2</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

Jln. Kalimantan 37, Jember 68121

E-Mail: [Dedi.teknik@unej.ac.id](mailto:Dedi.teknik@unej.ac.id)

### Abstrak

Sifat mekanis besi cor kelabu dapat dimodifikasi dengan elemen paduan. Sn telah dikenal sebagai elemen yang dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik besi cor abu-abu tetapi diikuti oleh embrittlement dalam jumlah tertentu Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh paduan Sn pada sifat mekanik besi cor kelabu FC 25. Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan 0,08% wt, 0,12% wt dan 0,16% wt. Hasil penelitian ini menunjukkan penambahan Sn sangat berpengaruh pada sifat mekanik and struktur mikro tetapi diikuti munculnya embrittlement sehingga mengurangi kekuatan tarik. Nilai kekuatan tarik pada besi cor kelabu 0,08%Sn memiliki kekuatan tarik tertinggi yaitu 34,36 kgf/mm<sup>2</sup>, tetapi memiliki kekerasan terendah 188,33 BHN. Sedangkan penambahan 0,16% Sn memiliki kekuatan tarik terendah 28,10 kgf/mm<sup>2</sup> tetapi memiliki kekerasan tertinggi 217,33 BHN. Untuk hasil struktur mikro adalah besi cor abu-abu perlitic dengan distribusi grafit A dan ukuran grafit 4 .Dengan demikian kelebihan penambahan timah putih di atas tingkat yang diperlukan untuk membentuk matriks perlitic harus dihindari untuk mengurangi risiko embritting matriks .

**Kata Kunci:** besi cor kelabu, timah putih, , kekerasan, kekuatan tarik, embrittlement

### Abstract

*The mechanical properties of grey cast irons can be modified with alloying elements. Sn have been known as elements that can improve hardness and tensile strength of grey cast irons but followed by embrittlement in a certain amount The goal of this research is to study the effect of alloying Sn on mechanical properties of grey cast iron FC 25. This research conducted by adding 0,08% wt, 0,12%wt and 0,16%wt. The results of this study showed the addition of Sn is very influential to mechanical properties and microstructure but followed the emergence of embrittlement so that reduces the tensile strength. Tensile strength values in gray cast iron samples 0,08% Sn has the highest tensile strength of 34.36 kgf/mm<sup>2</sup>, but has the lowest hardness is BHN 188.33. While the addition of 0.16% Sn has the lowest tensile strength kgf/mm<sup>2</sup> 28.10 217.33 but has the highest hardness BHN. The microstructures of its materials are pearlitic grey cast irons with graphite distribution A and size of graphite 4. Thus excess the addition of tin above the level required to form a perlitic matrix should be avoided to reduce the risk of embritting the matrix.*

**Keywords:** gray cast iron, stannum, hardness, tensile strength, embrittlement.

## PENDAHULUAN

Besi cor merupakan paduan Besi-Karbon dengan kandungan C di atas 2% pada umumnya sampai dengan 4% [1] . Struktur dasar Besi Cor terdiri dari dari grafit dan matriks. Matriks merupakan struktur utama selain grafit yang terdiri dari ferit sementit dan perlit. Perlit adalah struktur yang berbentuk lapisan dari ferit yang liat dan sementit yang keras serta getas. Perlit itu ulet dan baik sekali ketahanan ausnya. Sehingga untuk besi cor kelas tinggi perlu mempunyai matriks perlit [2]

Pemilihan matrik tersebut didasari karena perlit mampu memberikan kombinasi kekuatan dan keuletan yang mencukupi dibandingkan dengan matrik lainnya yaitu ferit dan sementit. Matrik ferit meski mampu memberikan keuletan yang tinggi tetapi kekuatannya rendah, sedangkan sementit meski memberikan kekuatan tarik tertinggi tetapi keuletannya sangat rendah dan getas [3]. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki matrik besi cor kelabu adalah dengan penambahan unsur paduan yang berfungsi sebagai *perlit promotour* yakni salah satunya unsur Sn (timah putih).

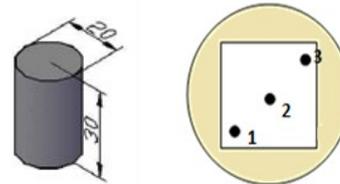
Timah putih merupakan *perlit stabilizer*, Timah putih memiliki efek mirip dengan tembaga, meskipun jumlah penambahannya yang relatif lebih kecil yang hanya sampai dengan 0,1%. Penambahan 0,1% Sn ataupun timah putih menjadikan matriks sepenuhnya perlitik dan dapat mengurangi grafit [4]. Selain itu, titik leleh timah 232° C yang jauh di bawah logam lain menjadikan penambahan unsur timah dapat di laksanakan pada proses *tapping* di dalam ladle. Kehilangan selama pelelehan dan pemaduan dengan logam lain sangat jarang terjadi [5].

Penelitian sebelumnya oleh Sadino dkk mengenai pengaruh stannum (Sn) terhadap kekerasan dan struktur mikro besi cor nodular FCD 700-A (produk camshaft) dengan penambahan timah memberikan pengaruh terhadap nilai kekerasan diakibatkan matriks perlit yang terbentuk.[6]

Setelah pembongkaran, dilaksanakan *machining* dan pengujian tarik menggunakan *Universal Tension Machine* berkapasitas 1750- 22000 kg.

3. Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan dilaksanakan dengan memotong spesimen uji tarik sehingga tampak seperti gambar 2(a) , Pengujian ini dilaksanakan dengan metode Brinell dengan indentasi sebanyak 3 kali pada masing-masing *sample* seperti tampak pada gambar 2(b). Alat yang digunakan *Equotip impact device*.



Gambar 2(a) Spesimen uji tarik 2(b) Titik uji kekerasan

**METODE PENELITIAN**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, dengan melaksanakan percobaan untuk menguji pengaruh *stannum* terhadap kekuatan tarik dan kekerasan material. Variabel bebas pada penelitian ini adalah penambahan prosentase Sn sebanyak 0,08%, 0,12% dan 0,16% variasi tersebut digunakan untuk mencari batas optimum penambahan Sn sebagai unsur paduan. Untuk variabel terikat pada penelitian ini adalah nilai kekerasan, hasil uji tarik dan foto struktur dari material coran tersebut.

1. Pengujian komposisi

Kegiatan ini meliputi pengaturan komposisi kimia, penambahan unsur Sn saat *tapping*, dan penuangan ke dalam *cup base*. Untuk mengetahui kadar Sn yang ditambahkan maka dilakukukan perhitungan sebagai berikut,

$$\text{Penambahan Sn} = \frac{\%Sn \times S \text{ kg}}{YR \text{ Sn}}$$

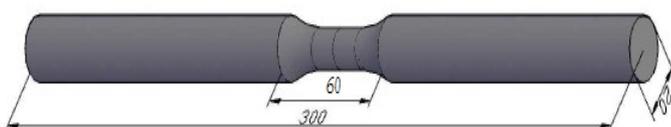
Dimana,

- S = Volume ladle x Berat jenis besi cor
- % Sn = prosentase Sn yang diinginkan atau Sn yang ditambahkan
- YR = Yield Ratio Sn. (80%-95%)

Uji komposisi dilakukan menggunakan *optical emission spectrometer* dengan penembakan sebanyak 2 kali untuk mendapatkan rata-rata komposisi.

2. Pengujian tarik

Langkah pertama adalah pembuatan spesimen uji tarik. Kegiatan ini meliputi penentuan dimensi spesimen uji, pembuatan pola dari kayu, dan cetakan spesimen dari pasir. Spesimen uji dibuat dengan dimensi berikut ini,



Gambar 1. Dimensi spesimen uji tarik

4. Pengujian metalografi

Pengujian metalografi bertujuan untuk mengetahui distribusi dan ukuran grafit serpih dengan panduan referensi ASTM A-247 dan mengetahui matriks yang terbentuk pada material. Sehingga dapat dilakukan analisa mengenai sifat mekanik yang terjadi. Pengujian ini menggunakan *ZEISS microscope* dengan perbesaran 100x, 200x dan 500x.

Hasil dari pengujian diproses lebih lanjut pada pengolahan dan analisa data, menggunakan metode statistik anava desain acak sempurna model tetap dengan taraf signifikan 5%. Sehingga dapat diketahui bahwa *stannum* memiliki pengaruh terhadap kekuatan tarik dan kekerasan spesimen uji. Representasi data yang telah diolah berupa tabel, grafik dan foto dan analisis tiap-tiap foto dengan sifat mekanis yang didapatkan.

**HASIL PENELITIAN**

Tabell menunjukkan kalkulasi komposisi bahan peleburan FC 25.

Tabel 1.Kalkulasi bahan coran

	Raw Material	
	%	Kg
Pi Baru	30	300
Steel Scrap	40	400
Return Scrap	30	300
Carburizer	0	10
Inoculant	0	3

Hasil pengujian komposisi penambahan Sn pada besi cor kelabu FC 25 didapatkan data pada Tabel 2 berikut,

Tabel 2. Uji komposisi FC 25 dengan penambahan Sn

Element	C	Si	Mn	P	S	Sn
Target di	3,20-	1,60-	0,30-	0,15	0,10	N/A
PT. BBI	3,60	2,40	0,60	max	max	

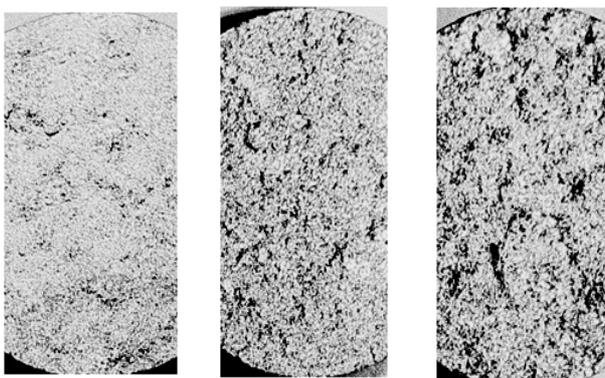
Test Result 1	3,43	2,04	0,54	0,044	0,035	0,08465
Test Result 2	3,43	2,04	0,54	0,044	0,035	0,12117
Test Result 3	3,41	2,32	0,57	0,049	0,027	0,16587

Setelah komposisi sesuai dilakukan pencetakan spesimen uji kemudian dilaksanakan pengujian dengan standart di PT.Boma Bisma Indra. Hasil pengujian kekuatan tarik dan kekerasan dapat dilihat pada tabel 3 untuk hasil uji tarik dan tabel 4 untuk hasil uji kekerasan berikut,

Tabel 3. Hasil uji tarik

NO	Persentase Sn (%)	Load maksimal	Luasan	Kekuatan Tarik (kgf/mm <sup>2</sup> )
1		10625	314	33,84
2	0.08	11000	314,31	35
3		10750	314	34,24
				34,36
4		9750	314	31,05
5		9800	313,37	31,17
6	0.12	9500	314	30,25
				30,82
7		9250	313,37	29,52
8	0.16	9000	314	28,66
9		8200	313,68	26,14
				28,1

Dari hasil pengujian pada tabel 3 dapat diketahui nilai rata-rata kekuatan tarik terbesar didapat dari pemaduan 0,08% yakni 34,36 kgf/mm<sup>2</sup> namun seiring bertambahnya prosentase Sn, kekuatan tarik mengalami penurunan. Hal ini disebabkan dengan penambahan kadar Sn diikuti munculnya embrittlement, yang memicu porositas sebagai awal cracking saat dilaksanakannya pengujian tarik. Adanya cracking ataupun perambatan retak ditandai pada gambar 3 berikut ini,



(a) 0,08% Sn (b) 0,12% Sn (c) 0,16% Sn  
Gambar 3. Foto makro hasil patahan uji tarik

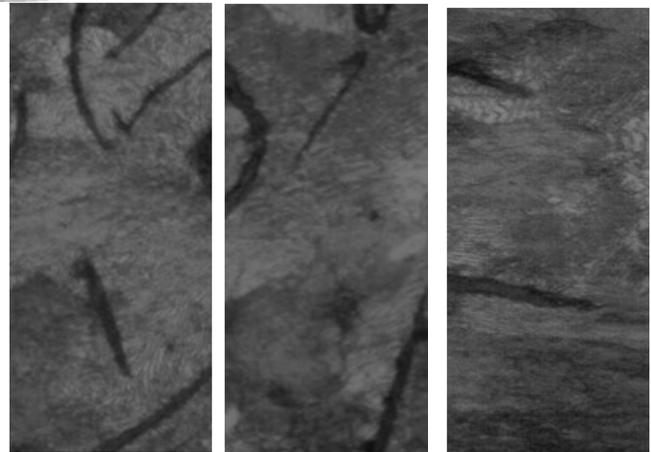
Pada Gambar 3(a) penambahan 0,08% Sn menunjukkan hasil patahan tampak seragam dengan sedikit sekali cracking pada bagian dalam patahan spesimen uji. Hal ini yang menyebabkan penambahan 0,08% Sn memberikan hasil kekuatan tarik tertinggi. Cracking atau perambatan retak pada penambahan 0,12% Sn mulai bertambah di beberapa bagian jika dibandingkan dengan gambar 3(a) 0,08%Sn terlihat luasan perambatan retak yang bertambah jumlahnya dan saling berdekatan satu dengan lainnya. Peningkatan luasan cracking juga tampak pada gambar 3(c) penambahan 0,16% Sn, selain meningkat perambatan retak terlihat lebih dalam di beberapa bagian, sehingga penambahan 0,08% Sn memberikan nilai kekuatan tarik terendah.

Hasil uji kekerasan ditunjukkan pada tabel 4 berikut,

Tabel 4. Hasil uji kekerasan

No	Spesimen	Kekerasan			Rata-Rata BHN
		1	2	3	
1		193	195	177	188
2	0,08 % Sn	192	198	176	189
3		172	200	193	188
		Rata-rata			188,33
4		198	201	199	199
5	0,12 % Sn	182	214	184	193
6		196	214	189	200
		Rata-rata			197,33
7		204	223	221	216
8	0,16 % Sn	220	219	213	217
9		207	221	228	219
		Rata-rata			217,33

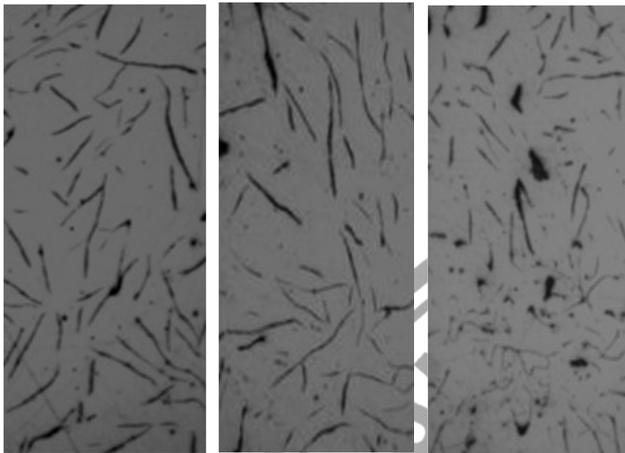
Pada tabel 4, Hasil pengujian kekerasan menunjukkan penambahan 0,16% Sn memiliki nilai rata-rata kekerasan tertinggi yakni 217,33 BHN. Hal ini disebabkan sifat Sn sebagai perlit promoteur dan perlit stabilizer mendekomposisikan grafit membentuk perlit sehingga dengan kenaikan kadar prosentase Sn, material mengalami kenaikan kekerasan pula. Adanya dekomposisi grafit ke perlit ditunjukkan pada gambar 4 berikut



(a) 0,08% Sn (b) 0,12% Sn (c) 0,16% Sn  
Gambar 4. Struktur mikro penambahan Sn, etsa nital 5%

Pada Gambar 3(a) penambahan 0,08% Sn menunjukkan hasil struktur mikro dengan banyak grafit, namun perlit yang terbentuk cukup baik, penambahan 0,08% Sn menghasilkan kekerasan dengan nilai 188,33 BHN. Seiring pertambahan kadar Sn, kekerasan semakin meningkat dikarenakan jumlah grafit berkurang akibat berdekomposisi menjadi perlit. Dekomposisi grafit dapat diketahui dengan berkurangnya pembentukan grafit pada tiap-tiap gambar. Gambar 3(c) menunjukkan luasan grafit terendah sehingga penambahan 0,16% Sn menghasilkan kekerasan tertinggi yakni 217,33 BHN.

Untuk hasil struktur mikro dapat dilihat pada gambar 5 berikut,



a) 0,08% Sn      (b) 0,12% Sn      (c) 0,16% Sn  
Gambar 4. Struktur mikro penambahan Sn, as polish

Pengujian metalografi menunjukkan bahwa grafit besi cor kelabu yang terbentuk dengan merujuk pada standart ASTM A-247 diperoleh grafit serpih tipe A dengan ukuran 4.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan bahwa :

1. Dengan penambahan Sn (*stannum*) pada material FC 25, dapat diketahui sebagian besar matriks yang terbentuk pada struktur mikro adalah matriks perlit
2. Dengan penambahan 0,08%Sn didapatkan kekuatan tarik sebesar 34,36 kgf, sedangkan 0,12%Sn didapatkan 30,82 kgf dan untuk 0,16% Sn didapatkan kekuatan tarik sebesar 28,1 kgf. Adanya penurunan kekuatan tarik dikarenakan *liquid metal embrittlement* yang ditandai dengan perambatan retak di bagian tengah material pada foto makro
3. Dengan penambahan 0,08%Sn didapatkan kekerasan sebesar 188,33HB, sedangkan 0,12%Sn didapatkan dan untuk 0,16% Sn didapatkan nilai kekerasan . Dengan demikian didapatkan nilai kekerasan terbesar pada penambahan 0,16%. Hal ini dikarenakan dengan semakin banyaknya penambahan Sn meningkatkan matriks perlit material dan secara langsung meningkatkan kekerasan yang terjadi.
4. Batas pemaduan Sn paling baik yakni di bawah 0,08% Sn untuk mendapatkan nilai kekerasan dan kekuatan tarik maksimal.

## SARAN

Dari penelitian ini, dapat diketahui bahwa Sn berpengaruh terhadap pembentukan matriks perlit yang berpengaruh langsung terhadap kekuatan mekanis besi cor kelabu FC 25. Sehingga pemberian dibawah 0,08% Sn masih dapat dipergunakan disesuaikan kebutuhan pada material yang akan diproduksi sebagai unsur paduan pengecoran FC 25 pada PT.Boma Bisma Indra (persero) Pasuruan. Untuk mengetahui porositas dengan baik, diharapkan peneliti selanjutnya memfokuskan *microscope* untuk daerah indikasi porositas

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Widodo, R. 2008. Besi Cor Kelabu, <http://hapli.wordpress.com/> [ Diakses tanggal 24 januari 2014]
- [2] Rosidi, Ir., 1987. *Pengetahuan Bahan Logam*, Pendidikan dan Latihan Teknik Pengecoran Logam , Kerjasama PT.BBI dan BBPILM
- [3] Purnomo, Alfajar. 2006. *Pengembangan Material Tromol Rem Bus/Truk UKM Lokal* . UNIMUS
- [4] B.R,John., 2000. *Foseco Ferrous Foundryman's Handbook*. British: A division of Reed Educational and Professional Publishing Ltd.
- [5] Ortmer, Kirk. 1969. *Encyclopedia Chemical Technology*. USA: John Wiley and Sons Inc.
- [6] Sadino, Wicaksono, Pahlevi. 2008. Pengaruh Stannum (Sn) terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro besi cor nodular FCD 700-A (Produk Camshaft). Institut Teknologi Sepuluh Nopember.