# PENGARUH PENAMBAHAN UNSUR SILIKON (1-3%) PADA PRODUK KOPEL TERHADAP KEKUATAN TARIK, KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO

**Febi Rahmadianto[1)], Wisma Soedarmadji[2)]**

[1)] Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Malang
[2)] Program Studi Teknik Mesin, Universitas Yudharta Pasuruan
e-mail: wisma@yudharta.ac.id

**ABSTRAK**

*Cast Iron* adalah merupakan jenis besi paduan yang mengandung karbon, belerang, mangan, silisium, dan fosfor. Besi cor merupakan salah satu meterial yang paling banyak digunakan dalam industri logam baik sebagai bahan dasar rangka hingga produk-produk lain seperti komponen-komponen kendaraan bermotor, *pump casing*, sistem perpipaan maupun komponen generator. UKM yang bergerak dibidang pabrikasi logam telah memproduksi berbagai macam benda-benda coran seperti pulley, kopel, as mobil dan lain-lain. Benda-benda tersebut diproduksi sesuai *job order* dari konsumen sehingga tidak dapat diproduksi secara continue. Hasil produk yang dihasilkan UKM ini mengalami permasalahan dalam mengukur tingkat kekerasan suatu produk dan tidak menggunakan standarisasi pengecoran yang baik untuk melihat tingkat kekerasan dari produk yang dihasilkan. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan silikon terhadap kekuatan tarik, tingkat kekerasan dan perubahan struktur mikro yang terjadi pada besi cor dari produk yang dihasilkan. Hasil dari penelitian pada pengujian kekerasan disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar penambahan komposisi silikon pada batas tertentu, tingkat kekerasannya semakin menurun, pada pengujian tarik menunjukkan bahwa makin tinggi kadar penambahan komposisi silikon maka kekuatan tariknya juga semakin menurun, hasil pengujian pada besi cor kelabu dengan penambahan komposisi silikon yang bervariasi yaitu 1%, 1,2%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3% disimpulkan bahwa pada komposisi 1,2% silikon adalah merupakan penambahan komposisi yang paling sesuai dengan keunggulan sifat-sifat yang telah diharapkan, tingkat kekerasannya sebesar 145,47 BHN dengan kekuatan tarik maksimum sebesar 0,302 Kg/mm$^2$.

*Kata kunci: Kekerasan, Kekuatan Tarik, Struktur mikro*

## PENDAHULUAN

Besi cor adalah besi paduan yang mengandung karbon, silisium, mangan, fosfor dan belerang. Sifat-sifat yang dimiliki besi cor kelabu, antara lain: Mudah dituang atau dicor menjadi bentuk yang rumit, Mudah dilakukan proses permesinan, Tahan aus/ gesekan, karena grafit dapat berfungsi sebagai pelumas, Mempunyai kemampuan meredam getaran (*Damping Capacity*) yang tinggi, Mempunyai kekuatan tekan (*Compressive Strength*) yang tinggi, Sifat ketahanan korosinya lebih baik dibandingkan dengan baja kontruksi biasa, Harganya relatif lebih murah dibandingkan paduan besi-karbon yang lainnya.

Salah satu UKM yang bergerak dibidang pabrikasi logam telah memproduksi berbagai macam benda-benda coran seperti pulley, kopel, as mobil dan lain-lain. Benda-benda tersebut diproduksi sesuai *job order* dari konsumen sehingga tidak dapat diproduksi secara continue. Produk yang dihasilkan oleh UKM ini mengalami permasalahan dalam mengukur tingkat kekerasan suatu produk serta tidak mengunakan standarisasi pengecoran yang baik untuk melihat tingkat kekerasan dari produk yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan pada saat proses pengecoran memakai sistem perbandingan takaran yaitu 150 kg besi cor dengan penambahan Silikon sebesar 1kg. Ini di lakukan untuk melihat tingkat kekerasan yang terjadi, sehingga penambahan Silikon pada UKM ini hanya berpedoman pada pengalaman petugas yang bekerja. Untuk mengetahui tingkat kekerasan dari produk yang dihasilkan saat ini UKM tersebut masih menggunakan cara dengan menempa hasil produk agar dihasilkan bunyi yang berbeda. Hal ini

di lakukan untuk melihat kualitas hasil produk, apabila bunyi yang dihasilkan terdengar suara mendengung tandanya produk yang di hasilkan tidak layak digunakan dan di lakukan proses pengecoran ulang dan apabila bunyi yang dihasilkan tidak mendengung artinya produk siap di lakukan dalam proses selanjutnya. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan silikon terhadap kekuatan tarik, tingkat kekerasan dan perubahan struktur mikro yang terjadi pada besi cor dari produk yang dihasilkan.

**TINJAUAN PUSTAKA**

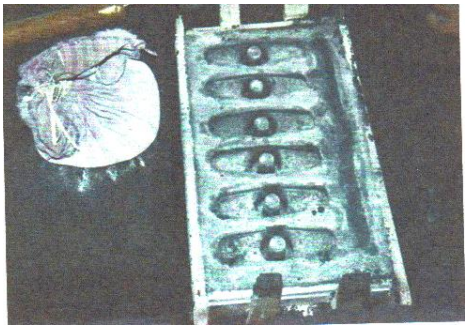
Besi cor umumnya mengandung unsur silikon antara 1-3%, dengan kandungan sebesar ini silikon mampu meningkatkan kekuatan besi cor melalui penguatan fasa ferit (Yusuf, 2009). Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan sifat mekanis besi cor kelabu, hal ini diperlukan untuk mendapatkan hasil komponen produk kopel yang diinginkan. Dalam penelitian ini besi cor kelabu ditambah dengan unsur Silikon (Si) dengan tujuan untuk melihat sifat-sifat mekanisnya terhadap uji tarik dan struktur mikro. Suprihanto, (2005) mengemukakan bahwa kekuatan tarik besi cor kelabu dipengaruhi oleh matrik dan grafitnya. Jenis matrik besi cor kelabu berturut-turut dari yang menghasilkan kekuatan tarik rendah sampai tinggi adalah ferrit, pearlit dan sementit.

Struktur mikro dari besi cor terdiri dari ferit atau perit dan serpihan karbon bebas, karbon dan silium ternyata mempengaruhi struktur mikro, ukuran serta bentuk dari karbon bebas dan keadaan struktur dasar berubah sesuai dengan mutu dan kuantitasnya. Menurut Surdia (2000) besi cor kelabu memiliki kekuatan tarik sebesar 10-30 Kgf/mm$^2$, memiliki sifat agak getas, titik cairnya berkisar 1200$^0$ C dan mampu cor sangat baik sehingga besi cor kelabu ini sering digunakan untuk membuat benda-benda coran.

Besi cor yang memiliki matrik sementit umumnya tidak bergrafit meskipun menghasilkan kekuatan tarik yang tinggi. Besi cor dengan matrik yang sama, bentuk grafit bulat menghasilkan kekuatan tarik yang tinggi dibanding dengan bentuk lainnya. Besi cor merupakan paduan besi yang mengandung karbon, silisium, mangan, fosfor dan belerang. Unsur karbon dalam besi cor dapat berupa sementit, karbon bebas atau grafit. Kandungan karbon pada besi cor kelabu antara 2,5% - 3,5% dan sebagian besar besi cor kelabu memiliki grafit dalam bentuk serpih yang biasanya dikelilingi oleh ferit atau perlit. Besi cor kelabu memiliki nilai keuletan yang sangat rendah sehingga apabila mengalami gaya tarik akan terbentuk bidang perpatahan karena grafit yang menyerupai mika sangat rapuh dan getas (Surdia, 2000).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki matrik besi cor kelabu adalah dengan penambahan unsur paduan. Menurut pengaruhnya terhadap transformsi fasa, unsur paduan dalam besi cor dapat digolongkan menjadi 3 kelompok yaitu (Angus, 1976):

1. Unsur paduan yang ditujukan untuk meningkatkan potensial grafitisasi pada tahap transformasi etektik dan etektoid yaitu unsur Al dan Si.
2. Unsur paduan yang ditujukan untuk meningkatkan potensial grafitisasi pada tahap transformasi etektik tetapi menurunkannya pada tahap transformasi etektoid yaitu unsur Ni, Cu dan Sn.
3. Unsur paduan yang ditujukan untuk menurunkan potensial grafitisasi pada kedua tahap reaksi etektik dan etektoid yaitu unsur Cr, W dan V.



Gambar 1. Cetakan kopel yang digunakan

Nurferdian *et.al* (2009) menyatakan bahwa hasil pengecoran penambahan Si 2,5% lintasan yang terbentuk pendek karena dipengaruhi unsur Si 4,07 % dan unsur Fosfor 0.1393 % serta suhu penuangan besi cor kelabu ke cetakan pasir sebesar $1326^0$C. Hasil pengujian kekerasan, besi cor kelabu mempunyai nilai kekerasan rata – rata tertinggi: 270 BHN pada proses pengecoran besi cor kelabu tanpa penambahan Si dan nilai rata – rata terendah: 203.12 BHN pada proses pengecoran besi cor kelabu dengan penambahan Si 2,5 %.

Suprihanto, et.al (2005) menyatakan bahwa Sifat mekanis besi cor kelabu dipengaruhi oleh laju pendinginan, tebal coran, perlakuan panas, perlakuan saat cairan dan penambahan unsur paduan. Gambar 2 menunjukkan produk kopel yang dihasilkan dari penambahan besi cor dengan silikon. Agus *et.al* (2010) menyatakan bahwa Sifat mekanis pada besi cor kelabu dipengaruhi oleh laju pendinginan, tebal coran, perlakuan panas, perlakuan saat cairan dan penambahan unsur paduan. Masyrukan (2012) dalam penelitiannya menyatakan bahwa hasil uji kekerasan didapat harga kekerasan tertinggi.

Gambar 2. Produk kopel yang dihasilkan

**METODE PENELITIAN**

Untuk mengetahui pengaruh unsur silikon besi cor kelabu, maka pada komposisi material dasar ditambah unsur silikon sampai persentase tertentu. Penambahan unsur silikon direncanakan mulai dari 1% sampai 3%. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian tarik, pengujian kekerasan dan pengamatan struktur mikro sedangkan sampel uji untuk setiap pengujian dilakukan pengulangan minimal tiga kali dengan posisi pengujian yang berbeda dan harga kekerasan diperoleh dari harga kekerasan rata-ratanya. Data hasil pengujian dikumpulkan kemudian dianalisa dengan rumus statistik deskriftif. Menurut Hadi (1989) rumus statistik deskriftif dapat dihitung sebagai berikut:

1. Mean (x) : $\bar{X} = \frac{\sum X_1}{n}$

   Dimana :

   $\bar{X}$ = harga rata-rata

   $\sum X_1$ = jumlah hasil percobaan

   n = banyaknya data percobaan

2. Standart Deviasi (SD) : $SD = \sqrt{\frac{\sum\left(X - \bar{X}\right)^2}{n-1}}$

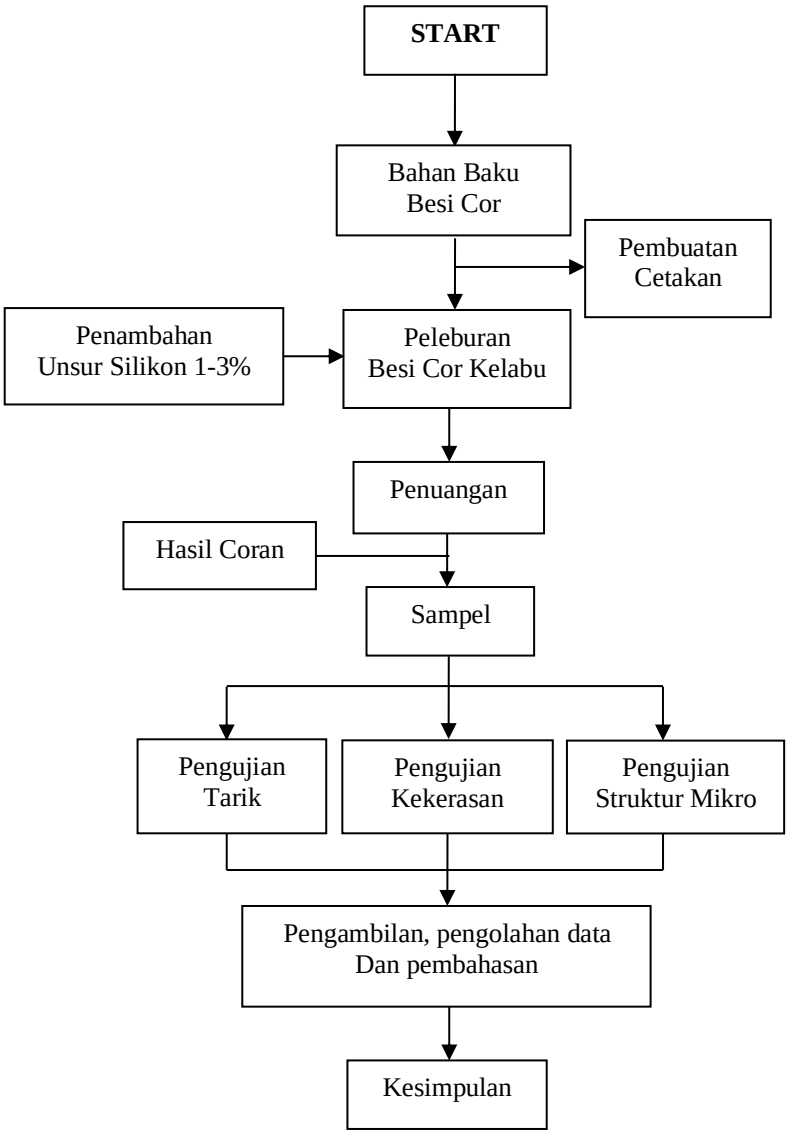
3. Batas Pengukuran :

   - Batas pengukuran atas Ba = $\bar{X}$ + SD
   - Batas pengukuran bawah Bb = $\bar{X}$ - SD

4. Standart Deviasi Rata-rata : $SDR = \frac{SD}{\sqrt{n}}$
5. Batas hasil pengukuran
   - Batas hasil pengukuran atas (Ba) = $\bar{X}$ + SDR
   - Batas hasil pengukuran bawah (Bb) = $\bar{X}$ - SDR
6. Kesalahan relatif

$$KR = \frac{SDR}{\bar{X}} x100\%$$

7. Prosentase Ketelitian Pengukuran: KP = 100 % - KR




Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

**ANALISA DATA**

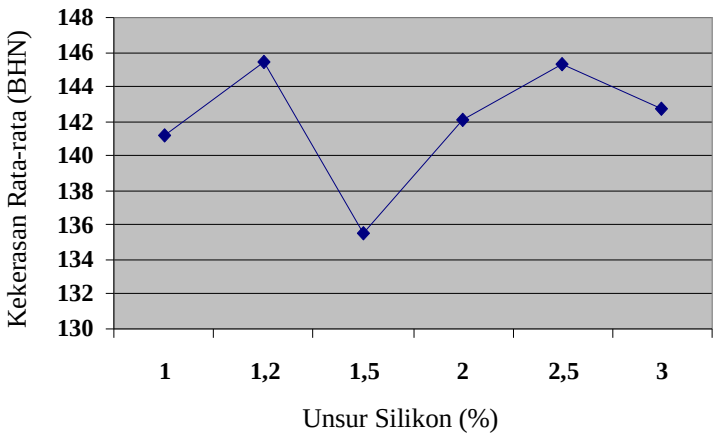
Tabel 1. Data Pengujian Kekerasan

| No | Unsur Silikon (%) | Kekerasan (BHN) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | I | II | III |
| **1** | 1 | 64,3 | 55 | 65,7 |
| **2** | 1,2 | 63,3 | 62,5 | 59 |
| **3** | 1,5 | 58,4 | 57,4 | 59,3 |
| **4** | 2 | 61,6 | 59,7 | 62,3 |
| **5** | 2,5 | 63,3 | 62,5 | 62,3 |
| **6** | 3 | 62,5 | 59,7 | 61,6 |

Tabel 2. Analisa Data Uji Kekerasan

| No | Analisa | Penambahan Unsur Silikon (%) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **1,2** | **1,5** | **2** | **2,5** | **3** |
| **1** | Kekerasan rata-rata $(\bar{X})$ | 141,20 | 145,47 | 135,57 | 142,07 | 145,27 | 142,73 |
| **2** | Standart deviasi (SD) | 30,9 | 27,81 | 27,95 | 29,36 | 29,36 | 29,04 |
| **3** | **Batas Pengukuran:** | | | | | | |
| | Batas pengukuran atas ($B_a$) | 172,1 | 173,28 | 163,52 | 171,45 | 175,93 | 171,71 |
| | Batas pengukuran bawah ($B_b$) | 110,3 | 117,66 | 107,62 | 112,71 | 117,21 | 113,69 |
| **4** | Standart Deviasi Rata-rata (SDR) | 21,91 | 19,72 | 19,82 | 20,82 | 20,82 | 20,59 |
| **5** | **Batas Hasil Pengukuran:** | 163,11 | 165,19 | 155,39 | 162,89 | 167,39 | 163,32 |
| | Batas hasil pengukuran atas ($B_{ha}$) | 119,29 | 125,75 | 115,75 | 121,25 | 125,75 | 122,14 |
| | Batas hasil pengukuran bawah ($B_{hb}$) | | | | | | |
| **6** | Kesalahan Relatif (KR) (%) | 15,51 | 13,55 | 14,61 | 14,65 | 14,20 | 14,42 |
| **7** | Prosentase Ketelitian Pengukuran (KP) (%) | 84,49 | 86,45 | 85,39 | 85,35 | 85,8 | 85,58 |

Grafik 1. Hubungan Kekerasan (BHN) Rata-rata dengan Penambahan Unsur Silikon (%)



Tabel 3. Data Hasil Pengujian Tarik

| No | Sampel | Tegangan (Kg/mm$^2$) | Regangan (%) |
|---|---|---|---|
| **1** | 1 | 0,114 | 0,05 |
| **2** | | 0,132 | 0,075 |
| **3** | | 0,121 | 0,07 |
| **1** | 1,2 | 0,131 | 0,085 |
| **2** | | 0,124 | 0,095 |
| **3** | | 0,141 | 0,11 |
| **1** | 1,5 | 0,123 | 0,105 |
| **2** | | 0,134 | 0,115 |
| **3** | | 0,132 | 0,125 |

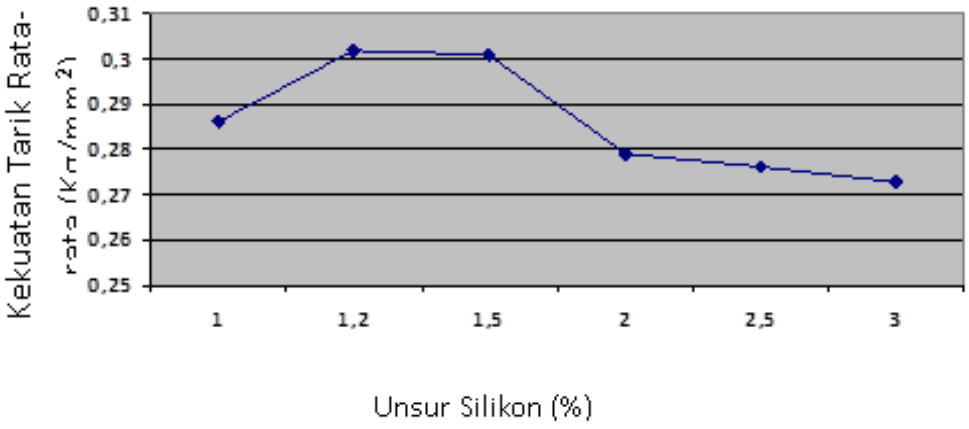
Tabel 4. Data Hasil Pengujian Tarik

| No | Sampel | Tegangan (Kg/mm$^2$) | Regangan (%) |
|---|---|---|---|
| **1** | 2 | 0,119 | 0,12 |
| **2** | | 0,121 | 0,1 |
| **3** | | 0,118 | 0,105 |
| **1** | 2,5 | 0,12 | 0,06 |
| **2** | | 0,118 | 0,09 |
| **3** | | 0,115 | 0,105 |
| **1** | 3 | 0,117 | 0,11 |
| **2** | | 0,116 | 0,095 |
| **3** | | 0,121 | 0,105 |

Tabel 5. Data Hasil Perhitungan Rata-rata Pengujian Tarik

| No | Unsur Silikon (%) | Tegangan (Kg/mm$^2$) | Regangan (%) |
|---|---|---|---|
| **1** | 1 | 0,286 | 0,148 |
| **2** | 1,2 | 0,302 | 0,216 |
| **3** | 1,5 | 0,301 | 0,261 |
| **4** | 2 | 0,279 | 0,255 |
| **5** | 2,5 | 0,276 | 0,185 |
| **6** | 3 | 0,273 | 0,24 |

Grafik 2. Hubungan Kekuatan Tarik Rata-rata Dengan Penambahan Unsur Silikon (%)



## PEMBAHASAN

### a. Pengaruh Penambahan Komposisi Unsur Silikon Terhadap Kekerasan

Pengaruh penambahan komposisi Silikon dari hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa ada peningkatan kekerasan untuk penambahan unsur silikon 3%, hal ini dapat dilihat pada grafik 1 yaitu hubungan kekerasan rata-rata (BHN) dengan penambahan unsur silikon, maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi prosentase silikon yang ada pada besi cor kelabu nilai kekerasannya akan menurun dan pada penambahan unsur silikon 1,5% kekerasannya mengalami penurunan. Nilai kekerasan tertinggi adalah pada penambahan 1,2% silikon yaitu 145,47 BHN. Terjadinya penurunan kekerasan pada komposisi 1,5% silikon disebabkan pada saat peleburan kurang sempurna dalam hal pengadukkannya sehingga penyebaran partikel-partikelnya tidak merata.

### b. Pengaruh Penambahan Komposisi Unsur Silikon Terhadap Kekuatan Tarik

Untuk pengaruh penambahan komposisi unsur silikon terhadap kekuatan tarik dapat dilihat bahwa semakin tinggi prosentase penambahan silikon, maka kekuatan tarik pada besi cor mengalami penurunan. Pada komposisi 1,2% dan 1,5% silikon mengalami kenaikan. Pada penambahan 1,2% merupakan kekuatan tarik maksimum yang tertinggi yaitu 0,302 Kg/mm$^2$, dan penambahan unsur silikon 1,5% juga mempunyai kekuatan tarik yang hampir sama tetapi dilihat dari tingkat kekerasannya penambahn unsur 1,5% mengalami penurunan sebesar 135 BHN, hal ini dapat disimpulkan bahwa pada grafik nilai kekuatan tariknya menurun jika prosentase penambahan unsur silikon sebesar semakin besar.

### c. Hubungan Kekuatan tarik

Adapun data dari pengujian tarik untuk besi cor dengan penambahan silikon mengalami variasi kekuatan tarik yang terjadi. Tegangan tarik maksimum untuk besi cor mengalami kenaikan sebesar 0,30 dengan penambahan silikon sebesar 1,2% dan 1,5%. Hal ini seiring dengan hasil pengujian tarik yang mana semakin tinggi penambahan komposisi silikon pada besi cor, maka nilai kekuatan tarik yang terjadi mengalami penurunan.

### d. Pengaruh Penambahan Komposisi Silikon Terhadap Struktur Mikro

Dengan penambahan komposisi silikon pada besi cor kelabu memberikan pengaruh juga pada struktur mikro. Dengan pembesaran 500x terlihat bahwa austenit tidak jelas pada komposisi silikon 3%, hal ini disebabkan bahwa austenit yang terjadi tertutupi oleh perlit berupa garis-garis coklat. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan unsur silikon pada besi cor kelabu menyebabkan grafit serpihnya tidak terlihat dan kekuatan tariknya menurun.

### e. Pemilihan Komposisi Prosentase Silikon Yang Sesuai

Dari hasil pengujian terhadap besi cor kelabu dengan penambahan komposisi unsur silikon yang bervariasi mulai dari 1% sampai dengan 3% pada pengujian kekerasan, kekuatan tarik, dan struktur mikro diperoleh komposisi silikon yang sesuai untuk besi cor kelabu adalah pada tingkat kekerasan yaitu 145,47 BHN pada komposisi 1,2%. Pada komposisi tersebut pertumbuhan austenit lebih banyak dan lebih merata, di samping itu nilai kekuatan tarik maksimum yaitu sebesar 0,302 Kg/mm$^2$.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Pada pengujian kekerasan disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar penambahan komposisi silikon pada batas tertentu, tingkat kekerasannya semakin menurun.
2. Pada pengujian tarik menunjukkan bahwa makin tinggi kadar penambahan komposisi silikon maka kekuatan tariknya juga semakin menurun.

3. Hasil pengujian pada besi cor kelabu dengan penambahan komposisi silikon yang bervariasi yaitu 1%, 1,2%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3% disimpulkan bahwa pada komposisi 1,2% silikon adalah merupakan penambahan komposisi yang paling sesuai dengan keunggulan sifat-sifat yang telah diharapkan.
4. Hasil pengamatan struktur mikro disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar penambahan komposisi silikon pada besi cor kelabu menyebabkan austenit tidak terlihat dengan jelas.

**DAFTAR PUSTAKA**

Angus, HT; 1976, *Cast Iron Physical and Engineering Properties*, Buttherworths, English.

Agus S, et.al, 2010, *Perbaikan Sifat Mekanis Besi Cor Kelabu Dengan Penambahan Unsur Crom dan Tembaga,* Jurnal Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang.

Masyrukan, 2012, *Pengaruh Metoda Pengecoran Terhadap Hasil Coran Besi Cor Kelabu*, Simposium Nasional RAPI XI FT UMS – 2012 ISSN : 1412-9612

Nurferdian T. Rizal et.al 2009, Pengaruh Penambahan Kandungan Silikon Pada Besi Cor Kelabu Dengan Metode Fluiditas Strip Mould Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro, Jurnal Rotasi–Volume 11 Nomor 3–Juli 2009.

Surdia, Tata., 2000, *Teknik Pengecoran Logam edisi ke 8*, Pradnya Pratama, Jakarta.

Suprihanto Agus et.al, 2005, Perbaikan Sifat Mekanis Besi Cor Kelabu Dengan Penambahan Unsur Crom Dan Tembaga, Jurnal Media Mesin Vol.6 No.1 Januari 2005, ISSN 1411-4348.