

NO. 5, TAHUN 4 OKT. – DES. 2006

ISSN 1693 – 7066



# Simetris

Publikasi Ilmiah

SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI RONGGOLAWE CEPU  
KABUPATEN BLORA

**Simetris**

Publikasi Ilmiah Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu

Nomor : 5, Tahun 4 Okt. – Des. 2006

**SUSUNAN REDAKSI**

**Penanggung Jawab :**

Drs. H. DJUPRI PRAJITNO

**Pemimpin Redaksi :**

Ir. SUBANDI

**Anggota Redaksi :**

Ir. Bambang Supranoto

Ir. Agus Darwanto, MT

Ir. Eko Sutarto

Ir. Sarjono

**Staf Sekretariat dan Distribusi :**

Sunaji

M. Sakri Abdul Mukti

**Alamat Redaksi :**

Jl. Kampus Ronggolawe Blok B No. 1 Mentul Cepu 58315

Telp. (0296) 422322/ Fax. (0296) 425429

**Penerbit :**

SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI RONGGOLAWE (STTR) CEPU



**SimetriS**

Publikasi Ilmiah Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu  
Nomor : 5, Tahun 4 Okt. – Des. 2006

**DAFTAR ISI**

SUSUNAN REDAKSI .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
PENGANTAR REDAKSI.....	iii
Pemilihan Bahan Pengemulsi Minyak Solar Sebagai Bahan Bakar Pada Burner. Oleh : Ir. Sarjono .....	1
Investigasi Kecepatan Kritis Dan Penomena Flooding Aliran Gas cair di Dalam Pipa vertikal. Oleh : Mahmuddin .....	7
Pengaruh Meningkatnya Tekanan Injeksi Terhadap Kinerja Mesin dan Emisi Diesel Berbahan Bakar Emulsi. Oleh : Lukas Kasno Mangalla .....	14
Karakteristik Besi Tuang Kelabu Pada Perlakuan Perubahan Temperatur Tempering. Oleh : Nur Subeki .....	21
Analisa Kekerasan dan Struktur Mikro Pada Hasil Pengelasan SAW Pada Baja Paduan Rendah. Oleh : Anang Setiawan .....	30
Destilasi Air Tenaga Surya. Oleh : Ir. Agus Dwi Korawan .....	36
Pemadatan Tanah Lempung. Oleh : Ir. Subandi .....	40
Pembangunan Berwawasan Bencana. Oleh : Ir. Bambang Supranoto .....	45
Studi Perancangan Prototipe Trash-Skimmer Boat Untuk Penanganan Pencemaran Limbah Minyak di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Oleh : Sunarso, Agoes Santoso, Trika Pitana.....	57



## KARAKTERISASI BESI TUANG KELABU PADA PERLAKUAN PERUBAHAN TEMPERATUR TEMPERING

Nur Subeki

Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Malang  
E-mail [nursubeki@yahoo.com](mailto:nursubeki@yahoo.com)

### Abstrak

*Besi Tuang Kelabu merupakan paduan besi dengan unsur – unsur lainnya seperti : karbon, silisium, mangan, belerang, dan phospor, serta unsur-unsur penyusun yang lainnya. Bahan ini mempunyai sifat mampu redam yang baik, sehingga cocok digunakan sebagai bahan untuk membuat Blok silinder terutama pada Motor Diesel. Untuk menopang berat mesin dan meredam getaran yang terjadi pada mesin Diesel diperlukan Silinder Block yang tangguh. FC 30 (Ferro Casting 30) adalah Besi Tuang Kelabu yang mempunyai kekuatan tarik sebesar 30Kgf/mm<sup>2</sup> Bahan ini digunakan untuk pembuatan silinder block pada Mobil Diesel, Landasan Mesin perkakas, serta peralatan yang lainnya.*

*Proses yang pertama dilakukan Pre – Heating pada temperatur 400 °C (Holding Time 15 meni ), kemudian dilanjutkan dengan Heating pada suhu 850 °C ( Holding Time 60 menit ). Setelah itu dilakukan proses Tempering dengan variasi temperatur Tempering : 300, 350, 400, 450, dan 500 °C.*

*Tujuan dari penelitian ini membuat struktur Besi Tuang Kelabu FC30 menjadi lebih Homogen, meningkatkan kekuatan Impack, dengan sedikit berkurang kekerasannya. Sehingga tegangan sisa yang terjadi karena pembekuan yang tidak merata, pembebanan dan getaran yang terakumulasi pada Besi Tuang tersebut, dapat berkurang.*

*Dari hasil analisa menunjukkan bahwa dengan semakin meningkatnya Temperatur Tempering, mengakibatkan kekerasan semakin menurun. Sebaliknya, dengan semakin meningkatnya temperatur Tempering, maka kekuatan Impack cenderung mengalami peningkatan. Pada struktur mikro dapat kita lihat bahwa semakin tinggi Temperatur Tempering, prosentase Grafit meningkat, dan bentuk serpih Grafitnya berubah menjadi agak bulat, disertai dengan semakin meningkatnya jumlah prosentase Ferit, serta menurunnya prosentase Perlit.*

*Key ward : Besi tuang kelabu, tempering, prosentase struktur mikro, kekerasan dan ketangguhan*

### 2. Pendahuluan

Penggunaan material teknik pada akhir-akhir ini, mengalami kemajuan yang sangat pesat, hal ini seiring dengan era industrialisasi yang sedang tumbuh di Indonesia. Material yang dimaksud adalah Besi Tuang Kelabu (*Grey Cast Iron*) yang dihasilkan dari Besi bekas komponen mesin pabrik, skrap baja, dan unsur paduan lainnya, kemudian dilebur dalam dapur

Kupola. Jumlah Tonase produksi coran di dunia lebih dari 80 juta Ton (1970), produksi dari besi cor kelabu lebih besar dari produksi logam lainnya, yaitu kira-kira 80 %, produksi baja cor kira-kira 15% dan produksi coran bukan besi hanya 2-5 %.

Negara yang memproduksi coran dalam jumlah banyak adalah : Amerika Serikat, Rusia, Jepang, Jerman Barat,

Inggris, Perancis, Itali, dan India, sedangkan Amerika Serikat dan Rusia adalah produsen terbesar. (Tata Surdia, 2000).

Indonesia merupakan salah satu negara yang tidak mau ketinggalan dalam memproduksi benda – benda coran. Misalnya produksi coran Perak, Emas, Perunggu, Kuningan, Tembaga dan lain – lain, bahkan saat ini dikembangkan teknologi pengecoran besi tuang kelabu (*Grey Cast Iron*) untuk industri manufaktur bidang pengecoran logam.

*Besi Tuang Kelabu* mempunyai sifat – sifat yang menguntungkan diantaranya :

1. Mempunyai sifat mekanik seperti : kekuatan tarik yang tinggi ( $30 \text{ Kgf/mm}^2$ ), kekerasan ( $269 \text{ BHN max}$ ), ketahanan aus, dan kemampuan meredam getaran.
2. Kemudahan untuk dituang pada bentuk-bentuk yang rumit karena mampu alirnya yang cukup baik pada suhu rendah.
3. Harganya relatif murah.

Dalam komponen Mesin, diperlukan beberapa kriteria yang perlu dipenuhi oleh bahan, sehingga dapat menghasilkan produk dengan kualitas yang baik dan mempunyai *Life Time* yang tinggi. Salah satu faktor yang dapat mengurangi *Life Time* suatu bahan adalah adanya interaksi dengan lingkungannya, misalnya : gesekan, tumbukan, dan sebagainya.

Sebelum digunakan, besi tuang kelabu harus mengalami proses perlakuan panas terlebih dahulu, diantaranya berupa : Annealing, Normalizing, Hardening, dan Tempering dengan tujuan untuk meningkatkan sifat ketahanan mekanik, kemudahan pemesinan, dan lain – lain.

Namun, dari sekian banyak industri pengecoran logam terutama besi tuang kelabu (*Grey Cast Iron*) belum seluruhnya menerapkan *Standarisasi Mutu Produk* yang mereka buat. Industri pengecoran logam yang berskala kecil pada umumnya hanya melakukan pengecoran tanpa mengetahui seberapa besar kekerasan,

ketahanan impact, dan bentuk struktur mikro, serta kualitas produk yang dibuat.

## Dasar Teori

### 2.1. Besi Tuang

Besi Tuang merupakan paduan eutektik<sup>1</sup> dari besi dan karbon dengan kandungan  $\pm 2.0 \%C$ , yang mengandung banyak elemen penting seperti : silisium, mangan, belerang, dan fosfor, yang berubah struktur dan susunannya sehingga menghasilkan paduan. Kandungan karbon yang tinggi, menyebabkan besi tuang menjadi rapuh dan mempunyai kekuatan yang lebih rendah dari Baja. Suhu cairnya relatif rendah ( $\sim 1450 \text{ }^\circ\text{C}$ ), hal ini menguntungkan karena mudah dicairkan, pemakaian bahan bakar lebih irit, dan dapur peleburan lebih sederhana.

Klasifikasi besi tuang didasarkan pada bentuk struktur mikrographnya, ada empat faktor yang mempengaruhi struktur dan jenis besi tuang yang akan terbentuk, yaitu : kandungan karbon, unsur paduan, laju pendinginan (*cooling rate*), dan perlakuan panas (*heat treatment*). Keempat variabel diatas sangat mempengaruhi kondisi karbon, dimana karbon dapat berupa kombinasi antara besi karbida didalam bentuk *sementit* atau dalam bentuk bebas yang berupa *grafit*.

### 2.2. Besi Tuang Kelabu (*Grey Cast Iron*)

Besi Tuang yang paling banyak digunakan adalah Besi Tuang Kelabu (*grey cast iron*) yang dihasilkan dari besi kasar (*pig iron*) dan dilebur kembali dalam dapur Kupola. Besi tuang ini memiliki struktur grafit dengan bentuk *flake* (serpih berbentuk melengkung) yang sangat membantu dalam peredaman getaran, memperbaiki sifat mampu mesin, dan membuat tahan terhadap pemakaian (*Van Vlack, 1992*). Secara tiga dimensional bentuk *flake* bisa dimodelkan seperti pada Gambar di bawah ini :



Gambar 1. Serpilh Grafit dalam Matriksi berupa perlit, Etsa menggunakan 2 % Nital  
 Sumber : Bhadeshia, 2000

Mengingat kekuatan tariknya yang rendah, maka hendaknya besi tuang kelabu ini digunakan pada bagian yang menerima beban tekan, bukan beban tarik atau bending. ya ferit yang lunak, maka kekerasan besi tuang kelabu tidak begitu besar. Dan dengan adanya lamel grafit menyebabkan kekuatan tariknya rendah (H. Van Vlack, 1982.)

**2.3.Komposisi Besi Tuang Kelabu**

Besi Tuang mempunyai komposisi yang sangat berpengaruh terhadap sifat mekanis. Pembuatan suatu benda yang akan menghasilkan kualitas yang baik, harus memperhitungkan kandungan komposisi kimia di dalam material tersebut. Komposisi besi tuang dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 13. Komposisi kimia besi tuang kelabu

Elemen (%)	Besi Tuang Kelabu FC 25	Besi Tuang Kelabu FC 30
Carbon, C	3.2 - 3.5	3.1 - 3.3
Silicon, Si	2.2 - 1.7	2.1 - 1.6
Mangan, Mn	0.6 - 0.9	0.6 - 0.9
Posphor, P	Maks. 0.15	Maks. 0.1
Sulfur, S	Maks. 0.1	Maks 0.1

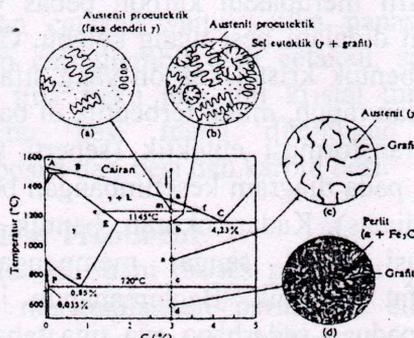
Sumber : Majalah PEKIK ( PUPUK ), 1994

Unsur yang sangat mempengaruhi terhadap sifat-sifat besi tuang adalah : karbon dan silikon yang banyak terdapat

dalam besi tuang. Unsur karbon berkomposisi dengan besi membentuk karbida besi atau dalam keadaan bebas sebagai Grafit, yang terbentuknya dipengaruhi oleh kadar silikon dalam besi tuang. Dengan adanya peningkatan kadar karbon dalam besi, di atas 2% kemungkinan akan terjadi pembentukan grafit yang semakin besar. Dengan adanya silikon, sementit menjadi kurang stabil dan akan cenderung membentuk grafit.

**2.4.Struktur mikro besi tuang kelabu**

Struktur dasar dari besi tuang terdiri dari grafit,ferit, dan pearlit.



Gambar 2. Struktur Besi Tuang  
 Sumber : Bhadeshia, 2000

Struktur besi tuang ditentukan oleh komposisi dari besi dan karbon. Dari diagram di atas dapat diketahui bagaimana fasa berubah dan struktur apa yang timbul kalau besi tuang yang mengandung 3% karbon membeku.

Struktur eutektik terbentuk sedemikian sehingga paduan membeku serempak dari fasa cair dan membentuk dua fasa yang tercampur halus. Tetapi seperti pada besi tuang, cabang-cabang grafit tumbuh radial bersama-sama dengan pertumbuhan sel eutektik, dan dendrit austenit menjadi tidak jelas, sehingga akhirnya struktur menjadi austenit dengan grafit tersebar, seperti ditunjukkan pada gambar (c).

Ketika temperatur turun ke (720 °C) setelah seluruhnya menjadi beku, larutan padat  $\gamma$  terurai menjadi dua fasa yaitu : larutan padat  $\alpha$  dan karbid Besi. Gejala ini

disebut transformasi eutektoid dan khususnya disebut transformasi A, untuk paduan besi-karbon.

Larutan padat  $\alpha$  dari transformasi ini disebut ferit, dan karbida dari besi  $Fe_3C$  disebut sementit. Keduanya membentuk lapisan-lapisan tipis tertumpuk bergantian, struktur ini disebut perlit. Kalau laju pendinginan diperkecil, larutan padat  $\gamma$ , terurai menjadi larutan padat  $\alpha$  dan grafit. Karena itu struktur besi tuang kelabu pada temperatur kamar adalah : Perlit dengan grafit tersebar, ferit dengan grafit yang tersebar atau diantaranya dari kedua struktur diatas.

#### 2.4.1. Graphite (G)

Grafit merupakan karbon bebas yang terdapat didalam besi tuang kelabu. Grafit ini berbentuk kristal karbon yang sifatnya lunak dan rapuh, mulai terbentuk di bawah garis transformasi eutektik (seperti yang terlihat pada diagram kesetimbangan besi - grafit diatas). Kadar, ukuran, bentuk, dan distribusi grafit sangat mempengaruhi sifat-sifat mekanik. Bagaimanapun juga, untuk paduan sederhana ada tiga tahapan dalam proses terbentuknya grafit, yaitu :

- Pertumbuhan grafit selama proses pendinginan.
- Pertumbuhan grafit sebagai akibat presipitasi atom karbon pada fase austenit.
- Pertumbuhan grafit selama transformasi eutektoid.

#### 2.4.2. Perlit

Adalah campuran sementit dan ferit yang memiliki kekerasan sekitar 10-30 HRC. Jika Besi diaustenisasi dan didinginkan dengan cepat ke suatu temperatur dibawah  $A_1$  misalnya ke temperatur  $700^\circ C$  dan dibiarkan pada temperatur tersebut sehingga terjadi transformasi isothermal, maka austenit akan mengurai dan membentuk perlit melalui proses pengintian (*nukleasi*). Perlit yang terbentuk berupa campuran ferit dengan sementit yang tampak seperti pelat - pelat yang tersusun bergantian.



Gambar 3. Perlit (Bagian yang Gelap) dan Ferit (Bagian yang Terang), Etsa : Nital 2%  
Sumber : Bhadeshia, 2000

#### 2.4.3. Dihindari kecuali untuk mendapatkan sifat tahan aus. Ferit

Ferit dalam besi tuang adalah ferit silisium yang liat tetapi tidak diinginkan dalam jumlah banyak, karena dapat merusak sifat-sifatnya. Merupakan larutan padat besi dan karbon dalam prosentase kecil dengan struktur kristal kubus pemusatan luar (BCC). Sifat yang dimiliki relatif lunak, ulet, kekuatan mekanik sedang. Pada Besi Tuang, ferit mengandung silikon yang menaikkan kekerasan dan kekuatan tarik..

Ferit dalam besi tuang dapat berupa ferit bebas atau berikatan dengan sementit-pearlit. Ferit bebas merupakan komponen yang dominan dalam besi tuang mampu tempa dan besi tuang nodular dengan keuletan maksimum. Dalam besi tuang kelabu ferit terutama didapat sebagai komponen perlit. Jika terjadi proses penggrafitan yang sempurna, struktur akhir dari besi tuang akan terdiri dari grafit dan perlit atau campuran perlit dan ferit bebas atau campuran perlit dan sementit bebas.

#### 2.4.4. Sementit

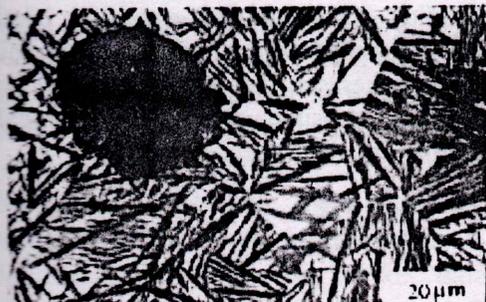
Sementit adalah senyawa yang sangat keras dan rapuh, tetapi keuletan tekannya cukup tinggi, dan juga merupakan salah satu komponen perlit. Merupakan karbon dalam besi tuang yang terikat dengan besi membentuk sementit atau  $Fe_3C$ .

Sementit tidak membentuk struktur eutektik dengan ferit atau tersisihkan

bercampur fosfida. Besi sementit sangat keras dan merusak mampu mesin sehingga pengendapan sementit lebih baik

### 2.5. Bentuk potongan serpih grafit pada besi tuang kelabu

Martensite adalah fasa yang ditemukan oleh seorang metallografer yang bernama A. Martens. Fasa tersebut merupakan larutan padat dari karbon yang lewat jenuh pada besi alfa sehingga latis – latis sel satuannya terdistorsi. Sifatnya sangat keras dan diperoleh jika Besi dari temperatur austenitnya didinginkan dengan laju pendinginan yang lebih besar dari laju pendinginan kritisnya. Bentuk mikrostruktur martensite adalah seperti jarum (*menyerupai garis*), hal ini diakibatkan karena terbentuknya martensit hanya merupakan pergeseran austenite. Dikarenakan austenite dalam pendinginan yang cepat tidak sempat berdekomposisi menjadi perlit atau bainit seperti tampak pada Diagram Isothermal. Diagram itu menunjukkan bahwa Austenit (A) dengan pendinginan cepat, garis pendinginan belum sempat memotong hidung transformasi dengan difusi maka akan dihasilkan struktur martensit (M). bila laju pendinginan lambat akan dihasilkan struktur bainit (B). sedangkan bila laju pendinginan sangat lambat akan dihasilkan struktur perlit (P). Martensit mempunyai struktur berbentuk BCT (*Body Centre Tetragonal*). Sifat Martensit adalah keras, rapuh dan tidak stabil.



Gambar 4. Foto Bentuk mikrostruktur martensit adalah seperti jarum. Sumber : Bhadeshia, 2000

### 2.6. Pembekuan Besi Tuang

Pembekuan berawal dari cairan logam murni yang perlahan-lahan didinginkan dan membeku pada temperatur yang konstan. Temperatur ini disebut titik beku. Pada pembekuan ini, mula-mula tumbuh inti-inti kristal, kemudian kristal-kristal tumbuh disekeliling inti tersebut dan inti lain yang baru, timbul pada saat yang sama, sampai akhirnya seluruhnya ditutupi oleh butir kristal. Jika logam yang terdiri dari dua unsur atau lebih didinginkan dari keadaan cair, maka butir-butir kristalnya akan berbeda dengan butir-butir kristal logam murni. Pembekuan dari coran dimulai dari bagian yang bersentuhan dengan cetakan yaitu ketika panas dari logam cair diambil oleh cetakan, sampai pada titik beku lalu inti kristal tumbuh. Struktur besi tuang ditentukan oleh komposisi dari besi dan karbid besi.

### 2.7. Heat Treatment

Adalah suatu proses perlakuan panas, yang mengakibatkan perubahan struktur bahan, dengan bentuk bahan yang tetap sama, kecuali perubahan akibat regangan panas, (*Schonmetz, 1986*). Atau dengan kata lain perlakuan panas ini dapat dikatakan sebagai proses pemanasan dan pendinginan yang terkontrol, untuk memperbaiki sifat dari bahan. Pemanasan ini dilakukan pada suhu – suhu tertentu, tergantung dari kandungan karbon, jenis besi tuang dan tujuan kita untuk memberikan perlakuan panas.

Dalam proses heat treatment ini dikenal istilah annealing, normalizing, hardening dan tempering. Namun untuk melakukan pengujian ini yang mungkin dapat dilakukan hanyalah tiga proses yaitu : annealing, normalizing, dan tempering.

Melalui perlakuan panas, struktur besi tuang tersebut dapat berubah. Tinjauan mengenai keadaan struktur ini tergantung dari suhu dan kandungan karbon yang ditampilkan pada diagram keadaan Fe – Fe<sub>3</sub>C

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1. Material Penelitian

Dalam penelitian ini bahan yang digunakan adalah Besi Tuang Kelabu ( *Grey Cast Iron* ) FC 30. Karakteristik dari material ini mempunyai sifat mampu redam yang baik, nilai kekuatan tarik 30  $Kgf/mm^2$ , dan kekerasan sebesar maksimum 169 BHN.

#### 3.2. Proses Pembuatan Spesimen

Besi tuang dihasilkan dengan cara mencairkan besi kasar didalam dapur kupola, namun terlebih dahulu ditambahkan besi bekas, atau baja bekas sebelum proses pencairan berlangsung. Besi Tuang Cair pada suhu sekitar 1450-1500 °C. Dapur Kupola atau dapur kubah mempunyai dinding yang terbuat dari plat Baja yang tebal kemudian dilapisi dengan batu tahan api, untuk mencegah agar dindingnya tidak berlubang akibat suhu yang tinggi. Bagian bawah dari dapur kupola diisi dengan kayu, kemudian bagian atas kayu diberi kokas, dapur kupola yang digunakan mempunyai kapasitas 1,4 ton /jam. Untuk membuat FC 30, bila kadar abu kokas adalah dibawah 8%, maka dengan menambahkan Baja pelat 30-60% berat kepada masukan, maka kokas 15 – 18% dapat mencapai temperatur 1450 °C, dengan syarat kokas dasar sekitar 700-800 mm diatas lubang hembusan udara dan volume hembusan udara adalah : 500-550  $Nm^3$ /menit atau 21-22  $Nm^3$ / menit. Apabila kadar abu kokas diatas 10%, maka masukan kokas harus naik menjadi 17 – 24% (rata – rata 20%).

Penambahan Baja kepada besi masukan harus dipertimbangkan, yaitu apabila pemasukan bahan logam di atas 80 Kg, maka untuk FC 30, baja ada pada lapisan atas. Semakin tinggi persen baja yang ditambahkan, semakin tinggi kelas yang dicapai, tetapi tuangan akan semakin mudah berwarna putih atau retak, terutama untuk tuangan tipis. Untuk menghindari hal tersebut, disarankan untuk menggunakan inokulan dan boleh

ditambahkan potongan kawat/ pelat tembaga antara 0,5 – 1% berat ke dalam ladle.

Contoh untuk pembuatan FC 30 dengan kadar unsur kimia sebagai berikut :

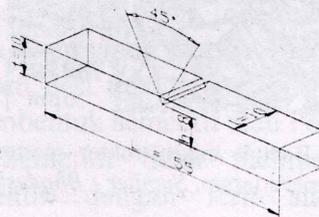
Tabel 2. Unsur Kimia Besi Tuang Kelabu FC30

Jenis Besi Tuang	Unsur Kimia					
	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Fe %
FC 30	3,1	2,0	0,6	< 0,2	< 0,1	Sisa

Berikut ini adalah Jumlah Material masukan yang digunakan untuk pembuatan Besi Tuang Kelabu FC 30 dan juga unsur kimianya :

Semua bahan dimasukkan dari pintu pemasukan yang terletak dibagian samping atas, dengan pemanasan dari kokas pada suhu 1450 °C, bahan masukan mulai mencair dan merambat turun kebawah melalui celah – celah tumpukan kokas yang membara. Sehingga sampai ke dasar Dapur Kupola semua bahan telah mencair dan membara Merah kekuningan, kemudian cairan logam keluar melalui saluran yang sudah disediakan dan ditampung pada ladle untuk selanjutnya dituangkan kedalam cetakan pasir yang sebelumnya telah disediakan. Cetakan ini berbentuk persegi dengan ukuran P : 300 mm, L : 60 mm, T : 16 mm. Setelah membeku kemudian keesokan harinya dilakukan pembongkaran cetakan dan pembersihan spesimen dari kotoran yang melekat, kemudian dilakukan proses Penyekrapan, Frais, dan pemotongan spesimen dengan menggunakan gergaji listrik sesuai dengan ukuran. Untuk menghindari perubahan struktur mikro yang terjadi akibat panas dari proses permesinan tersebut diatas, maka digunakan cairan pendingin untuk mendinginkan spesimen. Kemudian spesimen siap untuk di lakukan pengujian heat-treatment (*Tempering*), mikro struktur, kekerasan, dan kekuatan impacknya.

Ukuran spesimen yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 5. Spesimen Uji Impact

### 3.3. Proses Heat Treatment

Adalah suatu proses perlakuan panas (*proses pemanasan dan pendinginan yang terkontrol*) untuk memperbaiki sifat mekanik dari bahan. Dalam penelitian ini menggunakan Standart Perlakuan Panas dengan tahapan proses sebagai berikut :

#### 3.3.1. Heating

Dilakukan proses pemanasan Pre-Heating pada spesimen dengan suhu 400 °C kemudian ditahan (*Holding Time*) selama 15 menit. Dan dilanjutkan dengan Heating pada suhu 850 °C dengan Holding Time 60 menit, hal ini dilakukan agar panas merata mengenai seluruh permukaan Logam sehingga akan diperoleh struktur Logam yang seragam (*Homogen*).

#### 3.3.2. Tempering

Dengan berakhirnya proses Heating maka material harus didinginkan kemudian dilanjutkan dengan proses tempering. Pendinginan material untuk proses tempering tidak boleh sampai suhu kamar, sebab akan menimbulkan tegangan yang besarnya dapat mendekati harga yang dicapai pada saat proses pengerasan. Untuk itu material harus dijaga agar tetap berada pada suhu antara 100–150 °C), dan segera dilakukan proses pemanasan dengan variasi suhu tempering : 300, 350, 400, 450, 500 °C, dan dilanjutkan pendinginan dengan media udara.

### 3.4. Prosedur Penelitian

Langkah – langkah yang dilakukan pada percobaan ini adalah sebagai berikut:

1. Membersihkan benda kerja dari kotoran – kotoran yang melekat.
2. Mengukur kekerasan awal, ketahanan impact awal, dan struktur mikronya.
3. Memasukkan benda kerja ke dalam dapur listrik, untuk dilakukan proses Pre – Heating dengan suhu 400 °C kemudian dilanjutkan dengan proses Heating sampai suhu 850 °C.

4. Benda kerja dikeluarkan dari dapur listrik dan dilakukan proses cooling dengan media udara.
5. Benda kerja dibersihkan dan dihaluskan dengan Mesin Poles hingga permukaannya rata, halus, dan mengkilap seperti kaca, kemudian dilakukan proses pengambilan gambar struktur mikronya.
6. Dilakukan pengujian kekerasan.
7. Pengujian impact.
8. Menganalisa data yang diperoleh dan pembahasan

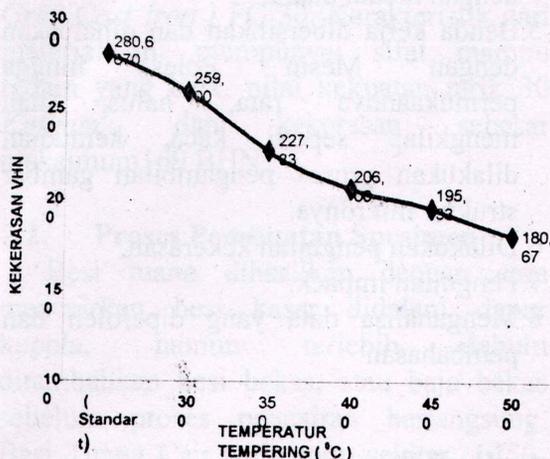
### 4. Hasil Penelitian

Dari penelitian ini didapatkan beberapa hasil pengujian.

#### 4.1 Kekerasan VHN (*Vickers Hardness Number*)

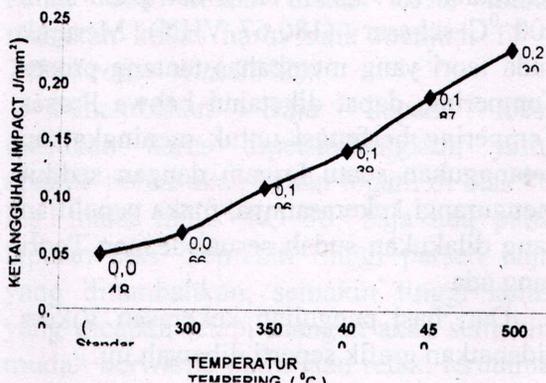
Berdasarkan hasil penelitian dengan variasi suhu temper pada Besi Tuang Kelabu FC 30, terhadap kekerasan permukaan spesimen, dapat diketahui bahwa : nilai kekerasan rata – rata setelah dilakukan proses Tempering mengalami penurunan dari pada sebelum dilakukan proses Tempering (*keadaan standart*) yaitu sebesar (280,7 VHN), sedangkan rata – rata kekerasan setelah proses tempering pada suhu 300 °C adalah (259 VHN), pada suhu 350 °C sebesar (227,33 VHN), pada suhu 400 °C ( 206 VHN ), pada suhu 450 °C adalah (195,33 VHN), dan pada suhu 500 °C sebesar (180,67 VHN). Merujuk pada teori yang membahas tentang proses Tempering, dapat diketahui bahwa Proses Tempering berfungsi untuk meningkatkan ketangguhan suatu Logam dengan sedikit mengurangi kekerasannya, maka penelitian yang dilakukan sudah sesuai dengan Teori yang ada.

Dari hasil pengujian kekerasan Vikers didapatkan grafik seperti dibawah ini.



**4.2 Ketangguhan Impack**  
(Impack Strength)

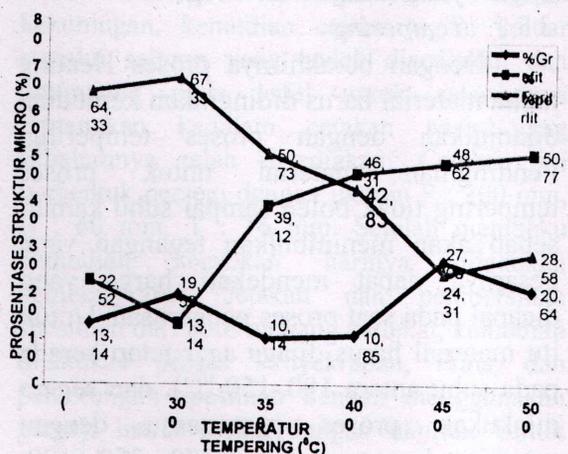
Hasil penelitian terhadap kekuatan Impack pada Besi Tuang Kelabu FC 30, dengan menggunakan Variasi Temperatur yang berbeda, dapat dilihat bahwa kekuatan Impack mengalami peningkatan dibanding dengan sebelum dilakukan proses Tempering. Yaitu : kekuatan Impack sebelum proses Tempering sebesar (0,0484 J/mm<sup>2</sup>), sedangkan setelah proses Tempering pada suhu 300 °C sebesar (0,0666 J/mm<sup>2</sup>), pada suhu 350 °C, sebesar (0,1061 J/mm<sup>2</sup>), pada suhu 400 °C, sebesar (0,1395 J/mm<sup>2</sup>), pada suhu 450 °C sebesar (0,1879 J/mm<sup>2</sup>), dan pada suhu 500 °C, adalah (0,2302 J/mm<sup>2</sup>).



**4.3 Prosentase Struktur Mikro (Grafit, Ferit, Perlit)**

Dari hasil penelitian Mikro Struktur dapat diketahui bahwa strukturnya berbentuk serpih Grafit ( Flake ), dimana setelah dilakukan proses Tempering, terdapat perbedaan struktur mikro pada tiap – tiap variasi Temperturnya, dibandingkan dengan keadaan standart. Kandungan Grafit tertinggi dicapai pada suhu 450 °C sebesar 27,06 %, kandungan Ferit tertinggi diperoleh pada suhu 500 °C sebesar 50,77 %, sedangkan kandungan Perlit tertinggi terdapat pada temperatur Tempering 300 °C, yaitu sebesar 50,73%.

Pada keadaan standart, grafit berbentuk melengkung dengan ujung yang meruncin. Pada ujung yang runcing inilah merupakan tempat konsentrasi tegangan. Setelah dilakukan proses Tempering, ujung Grafit menjadi agak bulat sehingga tidak lagi menjadi konsentrasi tegangan yang dapat mengakibatkan keretakan.



**5. Kesimpulan**

Dari analisa data hasil penelitian Kekerasan, Kekuatan Impack, dan Mikro Struktur pada Besi Tuang Kelabu FC 30, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin tinggi temperatur tempering maka kekerasan menurun , dan sebaliknya ketangguhan impak naik.
2. Semakin tinggi temperatur tempering dapat meningkatkan struktur feritnya, sedangkan pada struktur perlit prosentase menurun. Pada Struktur grafit

dijumpai adanya perubahan bentuk strukturnya, dimana pada keadaan standart bentuk grafit meruncing. Dengan naiknya temperatur tempering, bentuk grafit cenderung agak bulat sehingga, mengurangi tegangan sisa dan menaikkan ketangguhan material tersebut.

3. Temperatur pemanasan yang tinggi pada proses tempering, memerlukan waktu pendinginan yang cukup lama. Proses pendinginan yang lama, akan mengakibatkan bentuk butiran ferit dan perlit menjadi kasar, hal ini menyebabkan kekerasan logam menjadi turun. Tetapi keuletannya meningkat, sehingga kekuatan Impacknya akan meningkat pula.
4. Pada proses tempering dengan temperatur pemanasan yang rendah, akan mempercepat waktu pendinginan pada proses cooling, sehingga menghasilkan struktur ferit dan perlit yang halus. Struktur seperti ini, akan meningkatkan kekerasan Besi Tuang Kelabu FC 30, tetapi keuletannya menjadi berkurang sehingga mengakibatkan ketangguhan turun.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Angus, Harold T. 1976, *Cast Iron Physical and Engineering Properties*, Second Edition. Butterworth & Co (Publiser Ltd.).
- Avner, Sidney H. 1974, *Introduction to Physical Metallurgy*, Second edition. Mc Graw - Hill Inc, Singapore.
- Banga T. R, Agarwal R. T, Manghani T. 1981, *Foundry Engineering*, Khanna Publiser, New Delhi.
- Callister Jr., William D. 1985, *Material Science and Engineering An Introduction*, John Wiley & Sons, Singapore.
- Djaprie Sriati, George E. Dieter. 1987, *Metalurgi Mekanik*. Erlangga, Jakarta.
- Djaprie Sriatie, Van Vlack Lawrence H. 1991, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Erlangga, Jakarta.
- Djoko A. R. 2003, *Jurnal Ilmu - Ilmu Teknik Diagonal*, Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang.
- Faraq Moh. M. 1997, *Material Selection for Engineering Design*, Prentice Hall, Europe.
- Gaspersz Vincent. 1991, *Teknik Analisis Dalam Penelitian Percobaan*, Tarsito, Bandung.
- Heine R. W., C. R. Lopez, P. C. Rosenthal. 1983, *Principles of Metal Casting*, Mc Graw - Hill, New York.
- Suratman Rochim. 1994, *Panduan Proses Perlakuan Panas*, Lembaga Penelitian Institut Teknologi Bandung.
- Smallman R. E., 1991. *Metallurgy Fisik Modern*, Gramedia, Jakarta.
- Surdia Tata, Kenji Chijiiwa. 1996, *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Surdia Tata, Kenji Chijiiwa. 1997, *Teknik Pengecoran Logam*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sobandi Sachri., Groenendijk G, Van der Linde J. 1984, *Pengujian Materi*, Bina Cipta, Jakarta.
- Walpole, Ronald E. 1986, *Ilmu Peluang Dan Statistika Untuk Insinyur Dan Ilmuwan*, ITB, Bandung.
- Yitnosumarto, Suntoyo. 1991, *Percobaan Perancangan, Analisis, dan Interpretasinya*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Miguel Angel Yescas-Gonzalez and H. K. D. H. Bhadeshia, 2000, *Journal Cast Irons*, University Of Cambridge.