

## PENINGKATAN KEKUATAN TARIK MATERIAL FCD – 50 DENGAN PROSES AUSTEMPER, CRYOGENIC AND TEMPER DUCTILE IRON (ACTDI)

Suriansyah Sabarudin<sup>1)</sup>, Agus Suyatno<sup>2)</sup>, Dadang Hermawan<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Teknik Mesin, Universitas Widyagama, Jalan Borobudur No 35 Malang, Kota, 65128

<sup>2)</sup> Teknik Mesin, Universitas Widyagama, Jalan Borobudur No 35 Malang, Kota, 65128

<sup>3)</sup> Teknik Mesin, Universitas Widyagama, Jalan Borobudur No 35 Malang, Kota, 65128

E-mail: <sup>1)</sup>[suriansyahsabarudin@gmail.com](mailto:suriansyahsabarudin@gmail.com), <sup>2)</sup>[agus\\_suyatno30@yahoo.com](mailto:agus_suyatno30@yahoo.com),

<sup>3)</sup>[dadang@widyagama.ac.id](mailto:dadang@widyagama.ac.id)

### Abstract

*Steel dominates in industrial products, whether automotive, marine, railway, aircraft or building. Materials that can be used as a steel substitute or at least as a steel partner in meeting the needs of the community in the field of industry and various types of buildings and houses and housing. The material is Ductile Cast Iron 50 (FCD-50). Interpretation of the FCD-50 is a Ductile Cast Iron that has a tensile strength of 50kg / mm<sup>2</sup>. To match or at least close to the mechanical properties of steel, this material must be enhanced its mechanical properties. The goal to be achieved in this research is to improve the mechanical properties of FCD-50 so that in its application more can be utilized industrial society and middle-income people down. The method to be used to improve the mechanical properties of FCD-50 is the method of ACTDI (Austemper Cryogenic and Temper Ductile Iron). For heat treatment process, FCD-50 specimen is inserted into kitchen heater, starting from 350C (room temperature) to 600<sup>0</sup>C and holding for 45 minutes, so that at 900<sup>0</sup>C heating does not occur crack. The immersion of 12 specimens in nitrogen liquid was carried out at different times, ranging from 12 hours, 24 hours and 72 hours. Research Results for As-cast Testing obtained a pull strength value of 514.59 MPa. For Tensile Test with ACTDI process, 12 hours immersion is obtained result of Pull Strength of 612.32 Mpa .. Soaking 24 hours resulted by Pull Strength of 597,20 Mpa. And the immersion of 72 hours obtained result of Power Strength of 608.75 Mpa. From the Tarik test that has been performed for FCD-50 test materials, the final result is obtained that all treatments are obtained by increasing the tensile strength. The highest increase in tensile strength is the ACTDI process by immersion in liquid nitrogen for 12 hours. Microstructures after soaking occur in the change in the structure of the structure where the number of perlite more when compared with the number of ferrite, as well as the arrangement of graphite nodules better than As-cast material.*

*Keywords: FCD-50, Cryogenic, Tensile Strength, Austemper and Microstructure*

### Abstrak

*Baja mendominasi dalam produk-produk industri, baik industri otomotif, kapal laut, kereta api, kapal udara maupun dibidang bangunan. Material yang dapat dipakai sebagai pengganti baja atau minimal sebagai mitra baja dalam memenuhi kebutuhan masyarakat dibidang industri dan berbagai jenis bangunan gedung serta rumah dan perumahan. Material tersebut adalah Ductile Cast Iron 50 (FCD-50). Interpretasi dari FCD-50 adalah Ductile Cast Iron yang memiliki kekuatan tarik 50kg/mm<sup>2</sup>. Untuk menyamai atau minimal mendekati sifat mekanik baja, maka material ini harus ditingkatkan sifat mekaniknya. Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk meningkatkan sifat mekanik dari FCD-50 agar dalam aplikasinya lebih banyak dapat dimanfaatkan masyarakat industri dan masyarakat yang berpenghasilan menengah kebawah. Metode yang akan dipakai untuk meningkatkan sifat mekanik FCD-50 adalah metode ACTDI (Austemper. Cryogenic and Temper Ductile Iron). Untuk proses heat treatment, specimen FCD-50 dimasukkan ke dalam dapur Pemanas, dimulai dari 35<sup>0</sup>C (temperature ruang) sampai 600<sup>0</sup>C dan di holding selama 45 menit, agar pada pemanasan 900<sup>0</sup>C tidak terjadi crack. Perendaman 12 specimen pada cairan nitrogen dilakukan dengan waktu yang berbeda-*

beda, mulai dari 12 jam, 24 jam dan 72 jam. Hasil Penelitian untuk Pengujian As-cast diperoleh nilai Kekuatan Tarik sebesar 514,59 Mpa. Untuk Pengujian Tarik dengan proses ACTDI, perendaman 12 jam diperoleh hasil Kekuatan Tarik sebesar 612,32 Mpa.. Perendaman 24 jam diperoleh hasil Kekuatan Tarik sebesar 597,20 Mpa. Dan perendaman 72 jam diperoleh hasil Kekuatan Tarik sebesar 608,75 Mpa. Dari pengujian Tarik yang telah dilakukan untuk bahan uji FCD-50, diperoleh hasil akhir bahwa semua perlakuan diperoleh peningkatan kekuatan tariknya. Yang paling tinggi memberikan peningkatan kekuatan tarik dalam proses ACTDI dengan perendaman di nitrogen cair selama 12 jam. Mikrostruktur setelah dilakukan perendaman terjadi perubahan pada susunan struktur dimana jumlah perlite lebih banyak bila dibandingkan dengan jumlah ferrite, demikian pula susunan grafit nodul lebih baik dari material As-cast.

*Kata Kunci : FCD-50, Cryogenic, Kekuatan Tarik, Austemper dan Mikrostruktur*

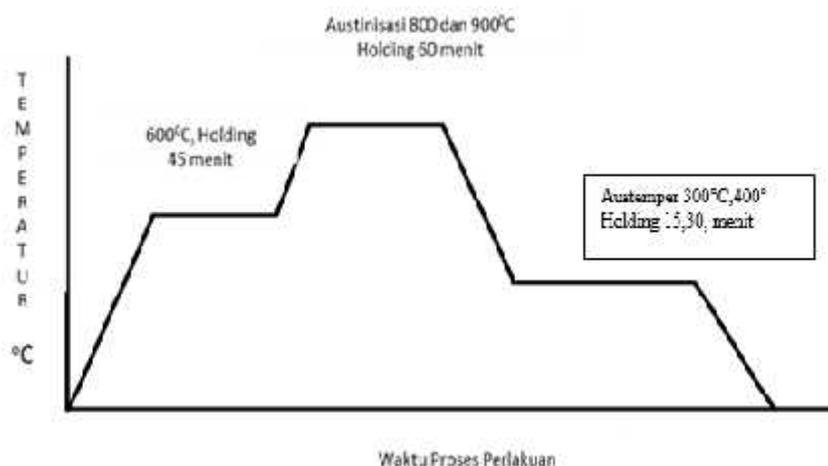
## PENDAHULUAN

Perkembangan industri untuk komponen-komponen mesin semakin meningkat, baik komponen-komponen mesin untuk kendaraan bermotor maupun komponen mesin produksi (mesin bubut, frais, planer, dan lain-lain). Adapun komponen yang banyak memakai besi tuang bergrafit bulat adalah poros roda gigi, roda gigi, ring piston, silinder liner, kepala cylinder, dan lain-lain. Kebutuhan terhadap baja tulangan untuk pembangunan gedung dan perumahan sampai saat ini masih didominasi oleh baja tulangan, maka dengan ductile cast iron yang telah ditingkatkan kualitasnya, dapat dipakai sebagai mitra baja untuk memenuhi kebutuhan besi baja tulangan. Dari daftar kekuatan tarik Nodular cast iron ada yang menyamai kekuatan tarik baja karbon sedang **50-60 kg/mm<sup>2</sup>**. Jadi ada harapan Ductile Cast Iron dapat menggantikan sebagian fungsi baja dalam dunia industri, bangunan gedung, perumahan, jembatan, dan pelabuhan-pelabuhan. Pemakaian ductile cast iron yang terus meningkat, disebabkan keunggulannya pada sifat mekanik. Sifat mekanik itu seperti kekerasan, dan kekuatan tarik. *Austemper, Cryogenic And Temper Ductile Iron (ACTDI)* adalah salah satu metode untuk meningkatkan sifat mekanik Ductile Cast Iron (FCD-50). Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk meningkatkan sifat mekanik dari FCD-50 agar dalam aplikasinya lebih banyak dapat dimanfaatkan masyarakat industri dan masyarakat yang berpenghasilan menengah kebawah khususnya untuk kekuatan tarik FCD-50.

Salah satu type produk *Nodular Cast Iron* adalah *Ductile Cast Iron*45 (FCD-50) jenis inilah yang menjadi objek penelitian untuk ditingkatkan kualitas mekaniknya dengan metode ACTDI (*Austemper, Cryogenic And Temper Ductile Iron*). Klasifikasi

FCD dimulai dari FCD 37, 40, 45, 50, 60, 70, dan 80.(ASTM). Angka dibelakang FCD menunjukkan besarnya kuat tarik dari *Nodular Cast Iron*. FCD-50 artinya besi tuang nodular ini memiliki kuat tarik  $50 \text{ Kg/mm}^2$ . Adapun interpretasi dari  $50 \text{ Kg/mm}^2$  adalah setiap luas-luasan  $1 \text{ mm}^2$  pada besi cor nodular mampu menahan beban tarik maksimal 50 Kg. FCD-50 ini adalah *as-cast*, sebagai objek penelitian, untuk melanjutkan penelitian yang pernah dilakukan oleh Sudarsono dengan metode ADI (Austempered Ductile Iron) untuk FCD-60.

Proses laku-panas (*Heat Treatment*) adalah kombinasi dari proses pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang dilakukan terhadap logam/paduan dalam keadaan padat, sebagai suatu upaya untuk memperoleh sifat-sifat tertentu. *Austempering* adalah proses laku panas yang dikembangkan langsung dari diagram transformasi isothermal (I-T diagram) untuk memperoleh struktur yang sepenuhnya bainit. Temperatur austenitising untuk proses ini sama dengan temperature austenitising pada proses annealing/hardening, hanya saja disini pendinginannya dilakukan dengan quenching sampai temperature di atas  $M_s$  dan dibiarkan disana sampai transformasi menjadi bainit selesai. Sebagai media pendingin biasanya digunakan garam cair (salt bath), dengan temperature  $200 - 425 \text{ }^\circ\text{C}$  dengan demikian struktur akhir seluruhnya bainit, sama sekali tidak terjadi martensit. Hasil austempering mempunyai kekuatan/kekerasan tinggi ( $R_c 45 - 55$ ) dengan keuletan/ketangguhan yang tinggi.



Gambar 1. Diagram Pemanasan dan pendinginan VS Waktu pada Proses Austemper Ductile Iron (ADI)

Kriogenik (*cryogenic*) merupakan salah satu teknologi pembekuan yang dapat meningkatkan sifat mekanik logam. Metode pembekuan (pendinginan) pada teknologi ini menggunakan nitrogen cair dengan temperature dibawah nol derajat Celsius. Proses untuk memperoleh nitrogen cair ini adalah : gas yang dimampatkan menjadi cairan (*liquid*) misalnya nitrogen ( $N_2$ ) dan karbon dioksida ( $CO_2$ ). Nitrogen cair sebagaimana telah diketahui sejak lama, dipergunakan sebagai pembekuan bahan-bahan organik untuk keperluan penyimpanan dan ekstraksi bahan-bahan penelitian bidang biologi terapan. Karbon dioksida cair pun telah sejak lama dipergunakan untuk pengisi tabung pemadam kebakaran. Nitrogen cair memiliki titik didih pada suhu  $-195,8$  derajat Celsius, sedangkan karbon dioksida cair  $-57$  derajat Celsius. Pada suhu yang lebih tinggi dari suhu tersebut, nitrogen dan karbon dioksida akan berbentuk gas volatil, sehingga umumnya nitrogen cair dan karbon dioksida cair berada pada suhu lebih rendah daripada titik didihnya. Dengan suhu yang sedemikian dingin, baik nitrogen cair maupun karbon dioksida cair mempunyai kemampuan membekukan bahan organik yang relatif lebih efektif daripada pendingin berbahan amonia ataupun freon.



Gambar 2. *ContainerCryogenic*

## **METODE PENELITIAN**

Metode yang akan dipakai untuk meningkatkan sifat mekanik FCD-50 adalah metode ACTDI (Austemper. Cryogenic and Temper Ductile Iron). Sampel uji FCD-50 diperoleh dari hasil pengecoran, dimana setelah melalui prosedur pemaduan dengan unsur yang dibutuhkan seperti Mn, Si, C dan lain-lain maka diperoleh FCD-50. FCD-50 artinya Ductile Cast Iron atau besi cor bergrafit bulat dengan kekuatan tarik 50 kg/mm<sup>2</sup>. Besi cor ini umumnya dikenal dengan nama Ductile Cast Iron (besi tuang bergrafit bulat), bahan uji ini diperoleh dengan cara pencairan bahan baku dengan memakai dapur induksi. Adapun proses penelitian adalah :

1. Setelah diperoleh sampel uji, proses berikutnya adalah sampel modifikasi FCD-50 ini dimasukkan ke dapur listrik dan dipanasi sampai temperatur 600<sup>0</sup>C. dan diholding 45 menit.
2. Langkah berikutnya sampel uji dipanasi lagi (diaustenisasi sampai temperatur 900<sup>0</sup>C dengan holding 60 menit).
3. Berikutnya spesimen didinginkan sampai temperatur 300<sup>0</sup>C. pada dapur ke 2 selama 20 menit (proses uastemper)
4. Selanjutnya spesimen didinginkan di ruang terbuka. Setelah mencapai suhu ruang specimen dimasukkan kedalam tabung nitrogen cair dngan waktu holding 24 jam, 72 jam dan 92 jam.
5. Proses berikutnya dilakukan pembuatan sampel uji, kemudian Pengumpulan data dari hasil pengujian dianalisa dan disimpulkan sementara seberapa jauh terjadi perubahan pada karakteristik sifat mekanik bahan setelah melalui perlakuan seperti diatas.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

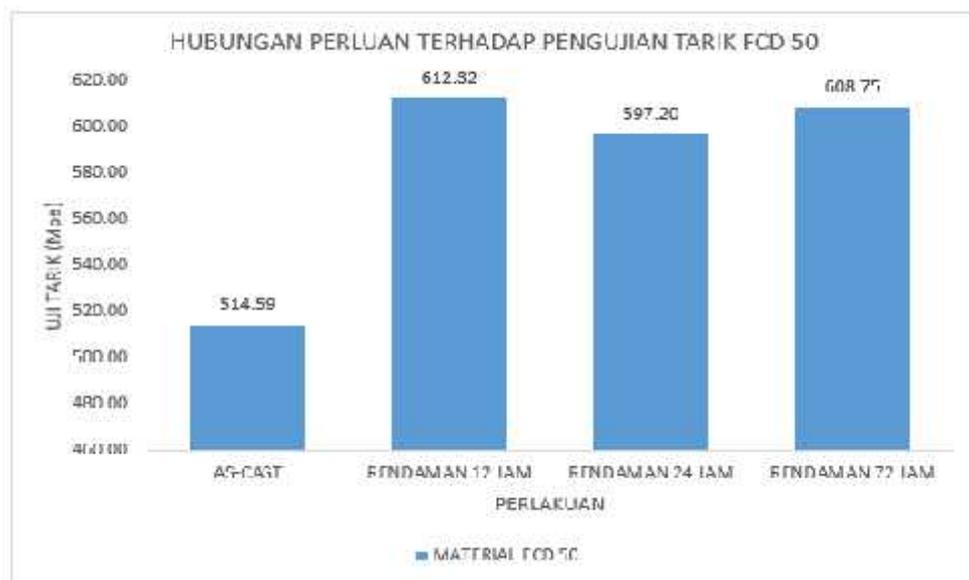
Pada tabel dan gambar dibawah ini memperlihatkan hasil akhir dari perlakuan terhadap benda uji FCD-50 dimana specimen setelah mengalami perlakuan Actdi. terjadi peningkatan kekuatan tarik. Peningkatan pada sifat mekanik ini terjadi setelah FCD-50 mengalami proses austenisasi dan holding selama satu jam. Mikrostruktur austenit setelah mengalami prose austempered dan pendinginan di dalam air garam pada temperature 70<sup>0</sup>C, akan terjadi transformasi dimana austenite akan berubah

menjadi Bainit. Pada proses pendinginan dari 900<sup>0</sup>C ketemperatur 300<sup>0</sup>C pada tungku/dapur ke 2 selama 30 menit. Proses perubahan sudah mulai berjalan dimana kristal FCC akan berubah menjadi kristal BCT dengan mikrostruktur Bainit. Ketika specimen di keluarkan dari tungku/dapur ,temperatur specimen masih berada pada posisi 300<sup>0</sup>C. pada temperature specimen tersebut, selanjutnya dimasukkan kedalam air garam (salt bath) pada temperature 70<sup>0</sup>C. Setelah mencapai temperature kamar, spesimen di masukkan ke dalam tabung yang berisi nitrogen cair -195<sup>0</sup>C. Pada saat proses perendaman ini , maka terjadi pendinginan cepat, semakin rendah temperatur pendinginan, semakin banyak austenite bertrasnformasi menjadi martensit.

**Tabel1. Pengujian Tarik**

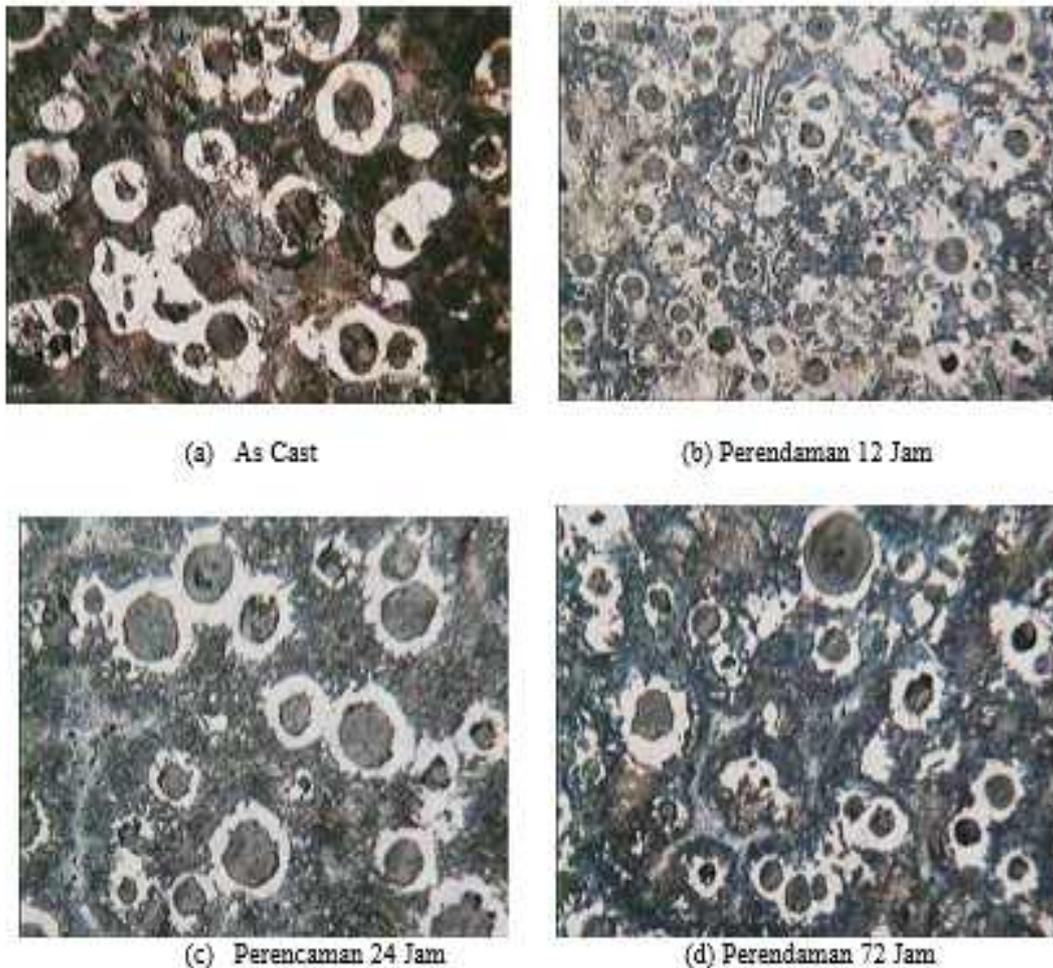
Spesimen Perlakuan	D	A	P (Kn)					u (Mpa)
	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	1	2	3	4	RATA2	
As-Cast	14	157	88.63	81.95	65.41	87.17	80.79	514.59
Rendaman 12 Jam	13.8	151	91.4	97.05	78.09	103.3	92.46	612.32
Rendaman 24 Jam	13.6	157	82.88	95.74	110.62	85.8	93.76	597.20
Rendaman 72 Jam	14	160	111.91	78.19	95.62	103.88	97.4	608.75

Sumber : Data sekunder yang diolah, Tahun 2017



Sumber: Data primer yang diolah, 2017

Gambar 3. Grafik Tarik Pada Berbagai Kondisi



Sumber: Data primer yang diolah, 2017

**Gambar 4. Strukturmikro Pembesaran 200 X**

Hasil akhir dari ACTDI untuk mikrostruktur adalah Martensit, grafit nodul, ferrite, perlite. Pada gambar diatas terlihat mikrostruktur FCD-50 sebelum dimodifikasi. Mikrostrukturnya adalah terdiri dari perlite, ferit dan grafit nodul, yang membedakan FCD dengan besi tuang-besi tuang lainnya seperti white cast iron, gray cast iron, compact cast iron dan malleable cast iron masing-masing pada bentuk grafitnya. Untuk FCD grafitnya rata-rata berbentuk bulat, bentuk bulat ini disebabkan karena dipengaruhi unsur unsur yang terkandung didalamnya seperti Si dan Mg (Avner ), dimana bentuk grafit yang bulat ini sebagai penyebab FCD ini lebih unggul dari besi tuang – besi tuang lainnya.

Pada gambar diatas grafik histogram menunjukkan peningkatan nilai pada sifat mekanik yang sedang diteliti pada proses ACTDI (Austemper, cryogenic and temper ductile iron). Peningkatan pada kekuatan tarik ini disebabkan oleh pendinginan dengan nitrogen cair dibawah  $0^{\circ}\text{C}$  ( $-195^{\circ}\text{C}$ ) selama 12 jam, 24 jam dan 72 jam. pada proses pendinginan dari  $35^{\circ}\text{C}$  sampai  $-195^{\circ}\text{C}$  akan terjadi transformasi dari sisa austenite ke martensit dimana terjadi penambahan struktur mikro martensit sebagaimana yang terlihat pada gambar mikrostruktur pendinginan cryogenic. Pada gambar diatas grafik histogram memperlihatkan peningkatan nilai sifat mekanik pada semua FCD-50 modifikasi. Diperoleh nilai kekuatan tarik yang paling tinggi dari FCD-50 modifikasi pada proses ACTDI adalah pada perendaman 12 jam. Dari mikrostrukturnya terlihat grafit nodul yang lebih kecil dalam jumlah yang banyak dan lebih rapat, serta martensite yang terjadi lebih terstruktur rapi bila dibandingkan dengan mikrostruktur pada proses Actdi waktu perendaman 24 jam maupun perendaman 72 jam.

## **SIMPULAN**

1. Pengujian Tarik Terjadi Peningkatan dari Material As-Cast setelah dilakukan perendaman 12 jam didapatkan peningkatan sebesar 612.32 Mpa.
2. Dari Pengujian mekanik dapat diketahui bahwa adanya peningkatan sifat mekanik setelah dilakukan perendaman dengan waktu yang berbeda-beda pada material FCD-50.
3. Struktur mikro setelah dilakukan perendaman terjadi perubahan yang lebih baik dari material As-cast (tidak dilakukan perlakuan).
4. Dari proses penelitian diatas hal yang perlu ditambahkan adalah waktu perendaman yang dilakukan bisa lebih divariasikan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- ASME., 1973. "Ductile Iron"., Struktire Alloys Hand Book, ASME.
- Andoko. 2014 Peningkatan Sifat Mekanik Nodular Cast Iron dengan Metode Dua Langkah Austempering Heat Treatment
- Basuki, W, 1997, "Pengaruh penambahan Unsur Cu dan Cr Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro besi tuang kelabu FC-25 untuk tromol kendaraan bermotor (Bis)"..

- Dieter, George E., 1998. "mechanical Metallurgy", 3<sup>rd</sup>.ed., atau metallurgi mekanik", terjemahan Sriati Djapri, Erlangga.
- Djaprie, Sriati. M. Met, 1988. " Ilmu dan teknologi bahan terjemahan, Erlangga. Jakarta
- Djaprie, Sriati. M. Met, 1993. " Perlakuan Panas Besi Tuang"., Universitas Indonesia
- Hassan, S.B, J.B, Agboola, V.S, Aigbodion and E.J. Williams, 2011. Hardening Characteristics of Plain Carbon Steel and Ductile Cast Iron Using Neem Oil as Quenchant. Journal of Minerals & Materials Characterization & engineering.
- Nukman, Bustanul Arifin, Bambang Sugianto, 2002 Pengaruh Penambahan unsure 0,25% Mo pada besi tuang nodular yang diaustenisasi dan diaustemper menjadi austemper ductile iron terhadap sifat mekanisnya. Makara, teknologi, Vol. 6 N0. 1
- Suherman Wahid., 1988. "Heat Treatment"., Fakultas Industri ITS Surabaya.
- Suherman Wahid., 1988. "Ilmu Logam I Jurusan teknik Mesin".,Fakultas Industri ITS Surabaya.
- Surdia Tata, 1992. "Teknik Pengecoran Logam" Pradya Paramita. Jakarta
- Suriansyah (2002), " Pengaruh Ni-Si dan CE, Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Besi Tuang Kelabu Terhadap Ketahanan Aus Besi Tuang Kelabu FC-10", Universitas Indonesia.
- William Jonathan R. And Fatemi Ali 2007., Fatigue Performance Comparison and Life Predictions of Forged Steel and Ductile Cast Iron Crankshafts, A Final Project Report.