

PENGARUH PREHEATING, AUSTENISASI DAN AUSTEMPER PADA TEMPERATUR DAN WAKTU TAHAN TERTENTU PADA BESI TUANG NODULAR FCD 45 TERHADAP SIFAT MEKANISNYA

Nukman

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km-32, Inderalaya, Ogan Ilir, 30662
e-mail: ir_nukman2001@yahoo.com

RINGKASAN

Austempered Ductile Iron (ADI) adalah besi tuang nodular yang telah mengalami proses perlakuan panas austenisasi dan austemper. Dengan mengatur temperatur dan waktu tahan maka dari penelitian ini telah didapat nilai-nilai tegangan tarik, elongasi dan impak. Bila dibandingkan dengan as-castnya, maka ADI yang dibuat ini mengalami kenaikan tegangan tarik dan impak tetapi mengalami penurunan elongasi.

ABSTRACT

This research investigates the effects of austenization and austempering temperatures on mechanical properties of Austempered Ductile Irons (ADI). ADIs developed a higher tensile stress and decrease the elongation if compared with the as-cast. The impact energy in below temperature showed the lower degree.

Keywords: *Cast Iron, Preheating, Austenization, Austempered, ADI*

1. PENDAHULUAN

Salah satu cara pembentukan dan pengolahan logam yaitu dengan proses pengecoran, dimana cara ini dipakai dengan pertimbangan adanya kemudahan pembentukan dan murah.

Produksi besi tuang menjadi sangat meningkat sejak tahun 1950 [1,2,3] an, dengan ditemukannya proses perlakuan Magnesium (Mg) dalam system pengecoran logam besi. Perkembangan teknologi pengecoran logam besi tuang berlanjut lebih jauh dan besi tuang saat ini dikelaskan menjadi gray cast iron (besi tuang kelabu), white cast iron (besi tuang putih), malleable cast iron (besi tuang mampu tempa) dan ductile cast iron (besi tuang liat/nodular).

Besi tuang nodular atau Ferro Cast Ductile (FCD) mengandung unsur-unsur [4] tertentu yaitu antara lain Mangan (Mn), Silikon (Si), Nikel (Ni), Chromium (Cr), Tembaga (Cu) dan Tin (Sn).

Besi tuang nodular [5] didapat dengan perlakuan khusus pada besi tuang kelabu dengan kadar Sulfur - S < 0,015 % yaitu dengan menambahkan sejumlah tertentu unsur Magnesium (Mg) ataupun Cerium (Ce) pada cairan besi tuang kelabu. Magnesium

ataupun Cerium diletakkan pada dasar ladle kosong coran, kemudian carian besi tuang kelabu dituangkan kedalamnya.

Grafit yang dihasilkan berbentuk nodul atau bulat. Besi Tuang Nodular FCD 45 [6] mempunyai kekuatan tarik minimum 40 kg/mm², elongasi minimum 10 % dan tingkat kekerasan Brinell Hardness Number (BHN) 143 s.d 217.

Perlakuan panas berupa austenisasi dan kemudian diaustemper pada Besi Tuang Nodular- FCD akan meningkatkan sifat mekanisnya. Adapaun sifat mekanis ini meliputi [7], kekuatan (strength), keuletan (ductility), ketangguhan (toughness), dan kekerasan (hardness). Hasil dari perlakuan pada pada FCD ini disebut sebagai ADI (Austempered Ductile Iron) [8].

Dengan temperatur austenisasi 850^o C dan waktu tahan selama 60 menit, diharapkan cukup melakukan dua hal [8] yaitu:

1. transformasi matriks keseluruhan ke austenit.
2. memenuhi austenit dengan karbon.

Pendinginan cepat (quenching) ke temperatur austemper 350, 375 dan 400^o C dengan waktu tahan

selama 90 menit, diharapkan tercegahnya pembentukan perlit.

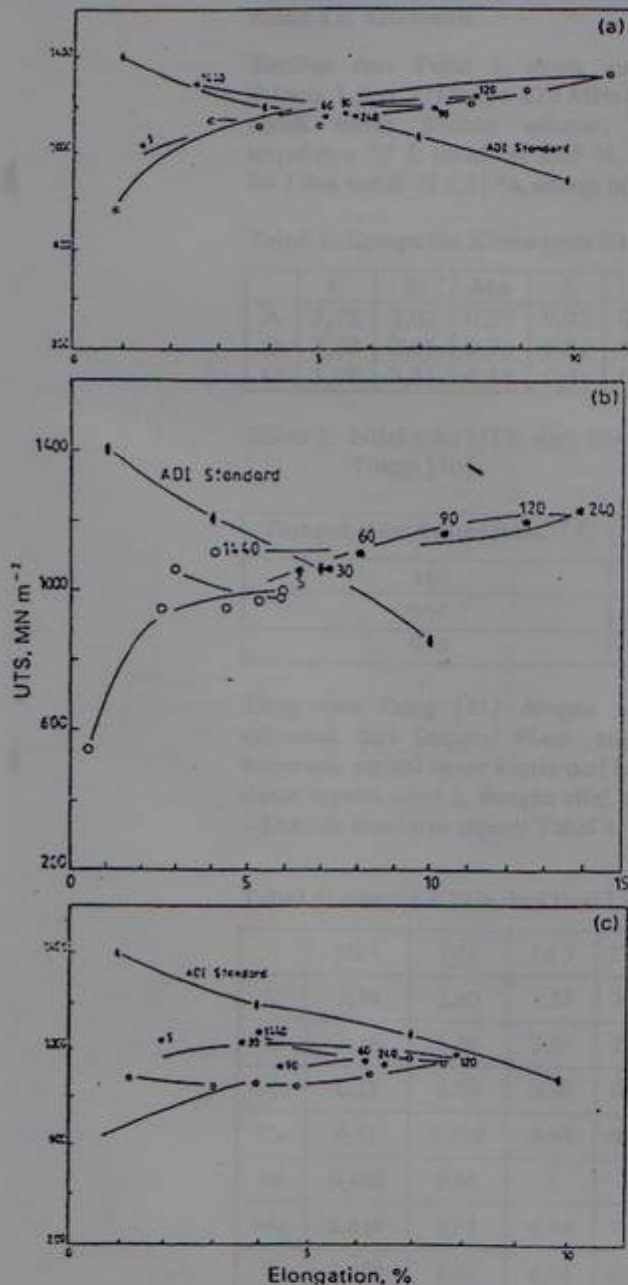
Penelitian terdahulu tidak melakukan preheating terhadap sampel, sehingga diputuskan untuk melakukan preheating tersebut.

Dengan variasi temperatur austemper yang tetap akan menunjukkan perubahan sifat mekanis yang diharapkan.

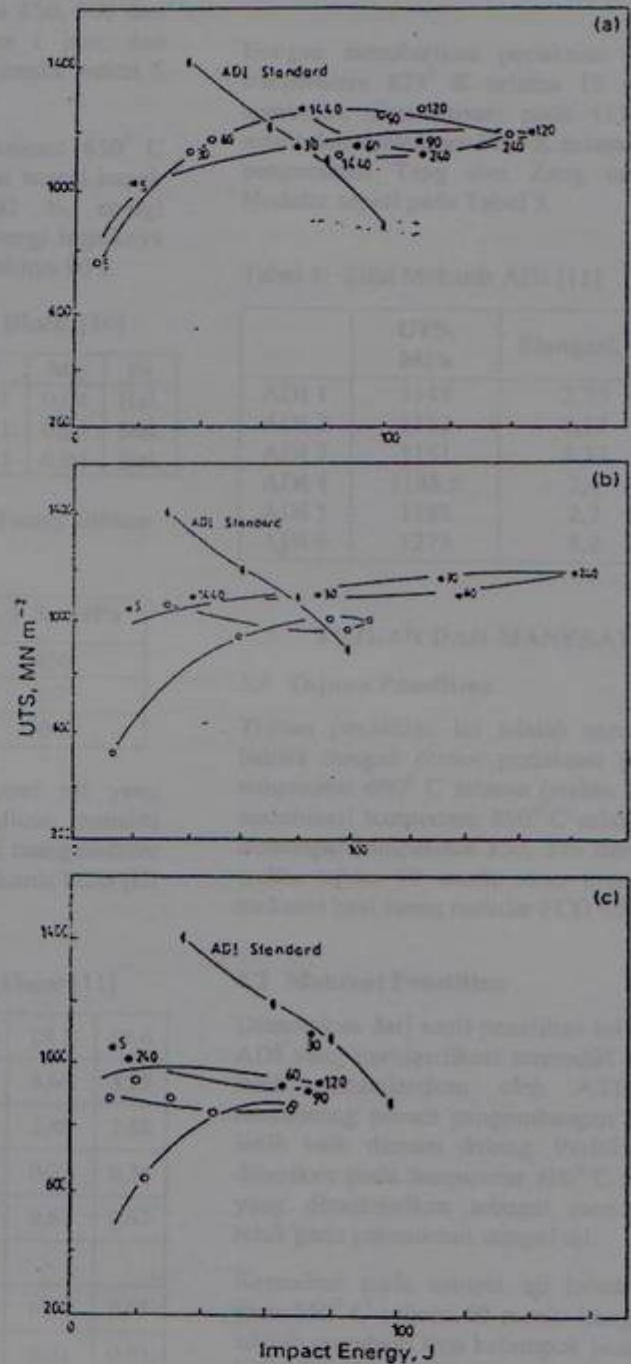
2. TINJAUAN PUSTAKA

Dengan sampel yang dibuat dari coran berbentuk Keel Block besi tuang ulet Mn - Mo - Cu, Ali dan Elliot [9] melakukan austenisasi pada dua macam temperatur yaitu 850 dan 920^o C serta pada

Gambar 1 memperlihatkan hubungan antara Kekuatan Tarik (Ultimate Tensile Strength - UTS) dan Elongasi. Untuk austenisasi 870^o C dengan waktu tahan 60 menit dan austemper 350^o C, UTSnya 1150 MN/m² dengan elongasi 5,25 %, sedangkan pada austemper 350^o C, UTSnya 1100 MN/m² dengan elongasi 8,25 % dan pada austemper 400^o C, UTSnya 925 MN/m² dengan elongasi 6,25 %. Ini berarti bahwa naiknya temperatur austemper tidak langsung diikuti oleh kenaikan UTS dan elongasi.



Gambar 1: UTS Vs Elongasi [9]



Gambar 2: UTS Vs Energi Impak [9]

Dari Gambar 2, yaitu hubungan antara UTS dan energi impact, untuk austenisasi 870° C dengan waktu tahan 60 menit dan austemper 350° C, maka pada UTS 1150 MN/m², energi impactnya adalah 90 J.

Sedangkan pada austemper 375° C, untuk UTS 1100 MN/m² energi impactnya 140 J dan pada austemper 400° C, dengan UTS 925 MN/m² energi impactnya 65J. Terlihat bahwa turunnya UTS tidak diikuti secara mutlak dengan turunnya energi impact.

Mallia [10], dengan komposisi seperti Tabel 1, dengan coran berbentuk Keel Block telah membuat sampel dan meneliti pada austenisasi 850, 900 dan 950° C untuk waktu tahan selama 1 jam, dan austempemnya pada 360° C selama jangka waktu 5 menit s.d. 420 menit.

Terlihat dari Tabel 2, untuk austenisasi 850° C selama 1 jam, UTS-nya 826 MPa dan energi impact untuk unsur Silikon sebesar 2,02 %, energi impactnya 72 J, untuk Si 2,65 %, energi impactnya 70 J dan untuk Si 3,31 %, energi impactnya 90 J.

Tabel 1: Komposisi Kimia pada Keel Block [10]

	C	Si	Mn	S	P	Mg	Fe
A	3,28	2,02	0,29	0,01	0,01	0,04	Bal.
B	3,20	2,65	0,33	0,01	0,01	0,04	Bal.
C	3,19	3,31	0,34	0,01	0,01	0,04	Bal.

Tabel 2: Nilai-nilai UTS dari Besi Tuang Silikon Tinggi [10]

Temperatur Austenisasi, °C	UTS, MPa
850	826
900	1075
950	1040

Teng dan Zang [11] dengan sampel uji yang dibentuk dari Stepped Plate yang dicor, meneliti beberapa variasi unsur kimia dari besi tuang nodular dasar seperti tabel 3, dengan sifat mekanis FCD (DI - Ductile Iron) nya seperti Tabel 4.

Tabel 3: Analisa Kimia dari Besi Liat Dasar [11]

	DI 1	DI 2	DI 3	DI 4	DI 5	DI 6
C	3,56	3,60	3,57	3,51	3,60	3,55
Si	2,35	2,26	2,51	2,30	2,40	2,68
Mn	0,23	0,24	0,20	0,23	0,23	0,34
Cu	0,51	0,480	0,64	0,62	0,62	0,62
Ni	0,480	0,46	-	-	-	-
Mg	0,040	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
P	0,020	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03
S	0,007	0,007	0,012	0,008	0,02	0,02

Tabel 4: Sifat Mekanis Besi Tuang [11]

	UTS, MPa	Elongasi, %	Energi Impact, J
DI 1	836	7,9	29,3
DI 2	890	6,55	24,3
DI 3	733	7,3	31
DI 4	750	6,48	31
DI 5	778	8	35,7
DI 6	697	NA	45

Dengan memberikan perlakuan panas awal pada temperature 823° K selama 15 menit, sampel uji kemudian diaustenisasi pada 1173° K selama 90 menit dan austemper 573° K selama 180 menit. Hasil pengamatan Teng dan Zang untuk Besi Tuang Nodular seperti pada Tabel 5.

Tabel 5: Sifat Mekanis ADI [11]

	UTS, MPa	Elongasi, %	Energi Impact, J
ADI 1	1148	2,75	95
ADI 2	1152	2,13	137
ADI 3	1151	3,33	11,6
ADI 4	1188,5	2,4	102
ADI 5	1158	2,7	97
ADI 6	1273	8,0	90,8

3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuktikan bahwa dengan proses perlakuan panas preheating temperatur 600° C selama (waktu tahan) 60 menit, austenisasi temperatur 850° C selama 60 menit dan austemper temperatur 350, 375 dan 400° C dengan waktu tahan 90 menit akan mempengaruhi sifat mekanis besi tuang nodular FCD 45.

3.2 Manfaat Penelitian

Diharapkan dari hasil penelitian ini didapat material ADI yang berklasifikasi tersendiri selain ADI yang telah distandardkan oleh ASTM dan dapat mendorong proses pengembangan mutu ADI yang lebih baik dimasa datang. Perlakuan panas awal diberikan pada temperatur 600° C selama 60 menit yang dimaksudkan sebagai mencegah terjadinya retak pada permukaan sampel uji.

Kemudian pada sampel uji tersebut diaustenisasi pada 850° C selama 60 menit. Langkah selanjutnya adalah membagi tiga kelompok besar sample untuk kemudian diaustemper pada masing-masing temperatur 350, 375 dan 400° C selama 90 menit.

selama 90 menit, pembentukan perlit

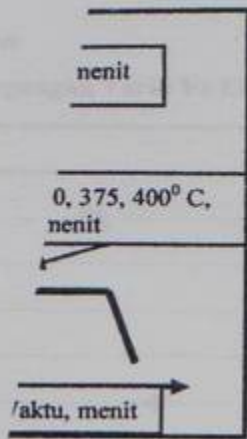
Penelitian terhadap melaku

De-

29,3
24,3
1

Energi Impak, J

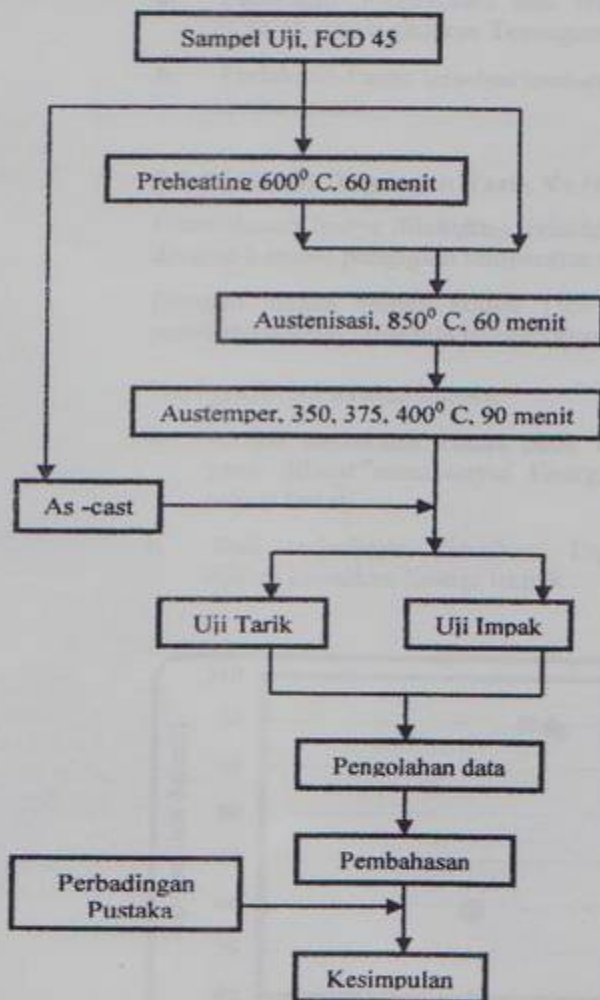
Penelitian terhadap melaku



Gambar 3: Skematis Proses Austemper untuk Sampel Penelitian

4. METODE PENELITIAN

4.1 Proses Perlakuan Panas



Gambar 4: Diagram Alir Pengujian dan Pengolahan Sampel Uji

Sejumlah besar sample uji (ada sejumlah sample sebagai pembading yang tidak mendapat perlakuan

4.2 Proses Pengujian

Untuk menghindari kesalahan dalam pengujian maka terak dan kotoran yang melekat pada sampel setelah perlakuan panas akan dibersihkan.

Standard yang dipakai untuk sampel uji tarik adalah ASTM A 730-84 dan untuk sampel uji impak adalah ASTM A 327-91.

Pada pengujian tarik, selain data kekuatan tarik (UTS) juga akan didapat data elongasi. Pada pengujian impak, besarnya energi yang dikeluarkan untuk mematahkan sampel uji akan didapat dengan variasi temperatur sampel uji pada temperatur kamas, es dan dibawah nol derajat Celsius.

4.3 Pengolahan Data Pengujian

Data-data yang didapat dari hasil pengujian diatas akan diolah yaitu dikelompokkan dalam kelas austenisasi dan austemper, dan akan dibuatkan tabel untuk itu. Kemudian dibuatkan grafik sebagai gambaran data agar mudah untuk dibahas. Sebagai pembading, sejumlah sample tidak akan diperlakukan panas dan dianggap sebagai as-cast.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil

Kodifikasi atas material yang dibuat adalah sebagai berikut: A/850/350

dimana:

A : adalah material ADI

850 : adalah temperatur austenisasi (C)

350 : adalah temperatur austemper (C)

Sedangkan "As-cast" adalah material yang tidak mengalami austenisasi dan austemper.

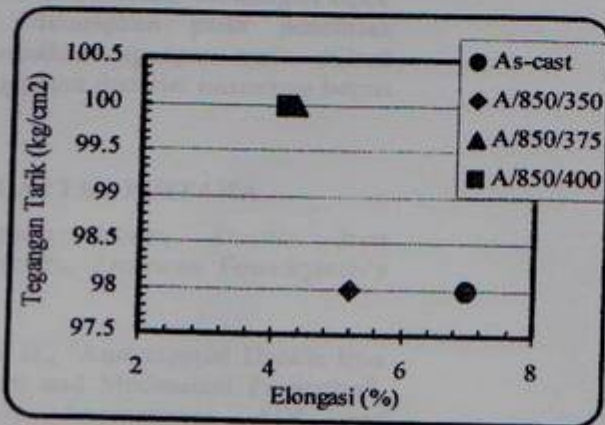
Hasil pengujian nilai rata-rata ditabelkan pada Tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6: Data Hasil Pengujian

Kode	Tegangan Tarik (kg/cm ²)	Elongasi (%)	Impak (J)		
			T room	T ice	T dry ice
As-cast	59	7	4	4.2	3
A/850/350	98	5.2	5.6	5.2	3
A/850/375	100	4.3	5.5	4.7	3.7
A/850/400	100	4.2	5	5.2	3.3

5.2 Pembahasan

5.2.1 Grafik Tegangan Tarik Vs Elongasi



Grafik 1: Tegangan Tarik Vs Elongasi

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa:

- Perlakuan Austenisasi dan Austemper pada FCD 45 meningkatkan Tegangan Tarik ADI.
- Perlakuan Panas tersebut menurunkan Elongasi secara drastis.

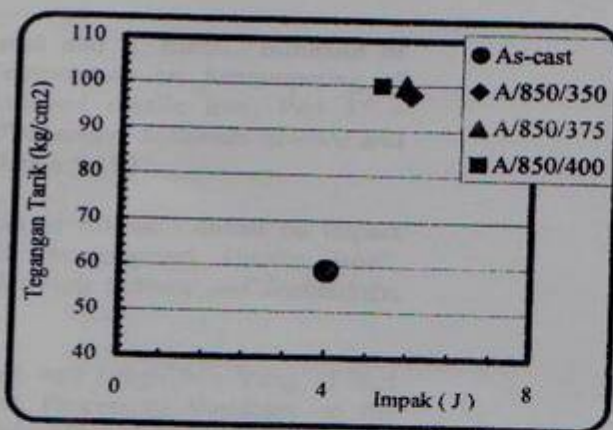
5.2.2 Grafik Tegangan Tarik Vs Impak

Pembahasan hanya dilakukan terhadap Energi Impak dengan kondisi pengujian temperatur ruang (T_{room}).

Dengan alasan bahwa kondisi Tice dan Tdry ice pembahasannya samasaja dengan kondisi Troom.

Dari grafik ini terlihat bahwa:

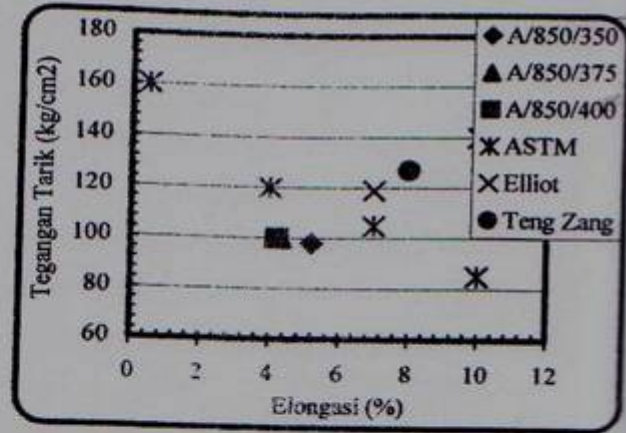
- Akibat perlakuan Panas pada FCD 45, ADI yang dibuat mempunyai Energi Impak yang cukup besar.
- Jadi terjadinya kenaikan Tegangan Tarik diikuti kenaikan Energi Impak.



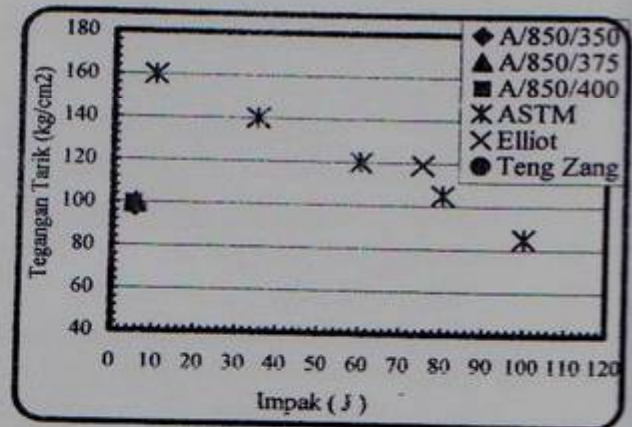
Grafik 2: Tegangan Tarik Vs Energi Impak

5.2.3 Perbandingan Kepustakaan

Hasil dari penelitian ini bila dibandingkan dengan standard yang dikeluarkan oleh ASTM 897M: 1990 dan hasil penelitian seperti dari pembahasan kepustakaan adalah seperti gambar berikut:



Grafik 3: Posisi Hasil Penelitian dibanding dengan Kepustakaan untuk Tegangan Tarik Vs Elongasi



Grafik 4: Posisi Hasil Penelitian dibanding dengan Kepustakaan untuk Tegangan Tarik Vs Impak

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Beberapa hal yang perlu disimpulkan disini adalah:

- Perlakuan Panas Austenisasi dan Austemper pada FCD 45 telah meningkatkan Tegangan Tarik dan Impak dan ini sesuai dengan ASTM.
- Penurunan Elongasi yang sangat besar telah menjadikan hasil penelitian ini menjadi batu loncatan untuk penelitian selanjutnya.

6.2 Saran

Melihat hasil pembahasan dari penelitian ini maka perlu untuk meneruskan penelitian ini dengan aspek yang lain. Dan diharapkan pada penelitian mendatang itu kenaikan tegangan tarik diikuti elongasi dan ketangguhan material menerima beban uji Impak

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Karsay, Stephen Istvan, *Ductile Iron Production Practices*, American Foundrymen's Society, 1979.
- [2.] Rundman, Karl B., "Austempered Ductile Iron – Microstructure and Mechanical Properties", Casting 1997, *International ADI and Simulation Conference*, Otaniemi, Finland, 1997.
- [3.] Karsay, Stephen Istvan, "Ductile Iron – The State of Art. QIT" – *Fer et Titane Inc*, Canada, 1980.
- [4.] Karsay, Stephen Istvan, *Ductile Iron II – Engineering, Design, Properties, Applications, Quebec Iron and Titanium Corporation*, Canada, 1971.
- [5.] Rollason, E.C., *Metalurgy for Engineers*, Edward Arnold (Publishers), 4th edition, 1975.
- [6.], Japanese Industries Standard, 1990.
- [7.] Vlack, Lawrence Van., *Ilmu dan Teknologi Bahan*, terjemahan oleh Ir. Sriati Djaprie, M. E, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1983.
- [8.] Kovacs, Bela V., D. Sc. "Alloying Elements and Heat Treatment of AD", *2nd International ADI Seminar, June 1994*, Otaniemi, Finland, 1994.
- [9.] Ali, AS. Hamid and R. Elliot, "Influence of Austening Temperature on Austempering of Mn-Mo-Cu alloyed ductile iron, Part 1" – *Mechanical Properties, Materials Science and Technology*, January 1997.
- [10.] Mallia, "Effect of Silicon Content on Impact Properties of Austempered Ductile Iron", *Journal of Materials Science and Technology*, May 1999.
- [11.] Teng-Shih Shih and Zang-Chou Yang, "Effect of Nickel and Processing Variables on the Mechanical Properties of Austempered Ductile Irons", *International Journal Cast Metals Re.*, 2000.