

Peningkatan Sifat Mekanik Material FCD 60 Dengan Menambahkan % Mn dan %Cu

Lukito^{1,2}, Bambang Soegijono², Edy S.Siradj¹, Hendri DS Budiono¹

¹⁾Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Kampus UI, Depok 16424

²⁾Material Sciences FMIPA Universitas Indonesia, Salemba

E-mail :lukie@yexa.eng.ui.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan penelitian perubahan sifat material Besi Tuang Nodular (BTN) 60 dengan cara penambahan Mn = 0.9 % dan Cu = 0,5% berat tanpa laku panas, sehingga memiliki sifat seperti material ADI (*Austemper Ductile Iron*). Hasil penelitian menunjukkan kekuatan tarik rata-rata 898,10 N/mm², elongasi rata-rata 5, 87 %, dan kekerasannya 263 HB. Berdasarkan standar JIS hal ini berarti sifat mekanik dan struktur mikronya mendekati ADI grade rendah. Nilai kekerasan dan elongasinya diatas ADI, sedangkan kekuatan tariknya rata-rata masih dibawah ADI. Dengan kata lain sifat mekanis *Austemper Ductile Iron* hampir tercapai walaupun baru tingkatan terendah.

Abstract

The result of research showed that the nodular ductile iron intends to get core nodular austemper Ductile iron without heat treatment, and without added alloy too. The methode which is done just by increasing element Mn = 0,9 % and Cu = 0,5 %, so have mechanical behaviur's ADI. The result of making nodular ductile iron by increasing element Mn and Cu that strenght tensile average 898, 10 N/mm², elongation 5, 87 % and hardness 263 HB. As follow JIS standar that is showing of mechanics characters which approaches *Austemper Ductile iron* lowest level.

1. Pendahuluan

Dewasa ini perkembangan industri komponen otomotif cenderung meningkat seiring dengan perkembangan industri kendaraan bermotor. Pada saat ini besi tuang nodular (FCD, *Ferrous Cast Ductile*) merupakan pilihan yang tepat dibandingkan dengan baja, khususnya kemampuan serap getaran. Besi Tuang Nodular memiliki keunggulan seperti kekuatan, mampu mesin, ketangguhan, lebih ringan serta biaya produksi yang lebih murah dibandingkan dengan baja konvensional. Besi tuang nodular banyak dipakai sebagai komponen otomotif, mesin pertanian, dan komponen lainnya dimana dituntut memiliki sifat mekanis yang lebih baik. Oleh karena itu penelitian terus dilakukan berkaitan dengan peningkatan sifat mekanis besi tuang nodular ini. Penelitian yang sering dilakukan adalah dengan cara penambahan unsur paduan tertentu pada besi tuang nodular, proses perlakuan panas,

dan bahkan kombinasi dari dua cara tersebut. Besi Tuang Nodular yang dikenai perlakuan panas austemper dikenal sebagai besi ADI (*Austempered Ductile iron*). Unsur paduan utama besi tuang nodular yaitu C, Si, Mn, P, Cu dan S. Sehubungan dengan hal ini maka peneliti mencoba untuk meneliti sebagai langkah awal mendapatkan material ADI dengan cara baru yaitu menaikkan persen Mn dari 0.5% menjadi 0.9% dan Cu dari 0.3 % menjadi 0.5% pada Besi tuang nodular 60 (FCD 60) tanpa ditambah unsur paduan dan tanpa laku panas khususnya austemper. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan sifat mekanis besi tuang nodular menjadi *Austemper Ductile Iron* (ADI) dengan cara menaikkan %Mn dan %Cu menjadi 0.9% dan 0.5 %, tanpa laku panas dan tanpa penambahan unsur paduan tertentu.

2. Prosedur Penelitian

Pengujian komposisi FCD 60 (BTN 60) dilakukan dengan spektrometer maupun X-Ray Fluorecensi

Tabel. 1.
Data Hasil Uji Komposisi BTN 60

Unsur	Ref. Tata Surdia 1991	Standar ASM 1978	Standar PT. Geteka	Standar Toyota Astra Motor	Komposisi Pada Penelitian
C	3-4	3-4	3.5 ± 0.05	3.7 - 3.9	3.5
Si	1-3	1-3	2.5 ± 0.05	2.2- 2.5	2.7
Mn	0.2-1.0	0.2-1	0.5 ± 0.05	0.25- 0.45	0.9
P	0.01-0.03	0.01-0.03	0.02 max	≤0.03	0.02
S	0.01-0.03	0.01-0.03	0.02 max	≤0.015	0.01
Mg	-	-	0.05	0.036-0.06	0.05
Cu	-	-	0.3	≤3	0.50
CE	-	-	4.4 ± 0.1	4.4	4.4 1
Cr	-	-	-	0.05	-

a. Pengujian NDT Metode Radiografi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemungkinan cacat-cacat yang ada dan menentukan kualitas sampel produk besi tuang nodular tersebut. Hasil pengujian menunjukkan sangat baik.

b. Pengujian Kekuatan Tarik

Pengujian kekuatan tarik dilakukan, sesuai dengan standar JIS Z 22001 untuk mengetahui kekuatan tarik, elongasi dari ketiga sampel uji.

c. Pengamatan Patahan

Pengamatan bentuk patahan pada permukaan benda uji yang telah dipotong, kemudian diamati dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscope (SEM)*

d. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui ketahanan material terhadap deformasi plastis. Pengujian kekerasan

makro dengan menggunakan Metode Brinnel, dimana setiap sampel dilakukan pengujian pada tiga titik.

e. Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan cara memfoto permukaan sampel uji dengan Pembesaran 100X, 200 X, dan 500 X

f. Pengujian Dengan X-Ray Diffraction (XRD)

Pengujian dilakukan di Laboratorium XRD Material Science FMIPA UI Salemba. Data pengukuran intensitas vs 2θ hasil pengujian XRD dapat dilihat pada tampilannya.

3. Hasil Dan Pembahasan

- Data Uji Kekerasan Brinnel (BHN)

Tabel 2.
Data Hasil Pengujian Kekerasan

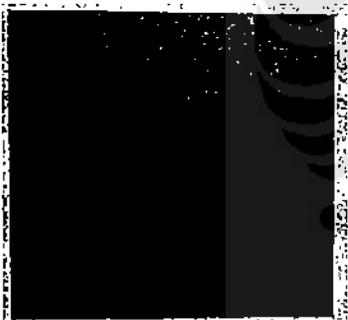
Sampel	No	Kekerasan (BHN)	Kekerasan rata-rata (BHN)
FCD 60, standar PT. Geteka	1	228	228
	2	228	
	3	228	
FCD 60, dengan 0.9 % Mn dan 0.5 % Cu	1	263	263
	2	263	
	3	263	
Austemper Ductile Iron (FCD 60 + Laku Panas)	1	412	412
	2	412	
	3	412	

• Pengamatan Struktur Mikro

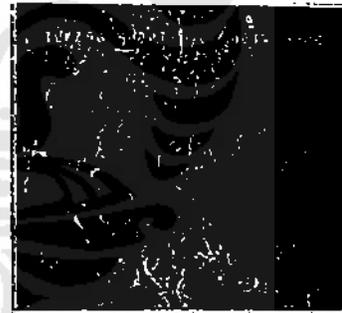
Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan cara memfoto permukaan sampel uji dengan pembesaran 100 X. Adapun hasilnya dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.

• Pengamatan Patahan Uji Tarik Dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Pengujian dilakukan di Laboratorium SEM Material Science MIPA UI Salemba. Bentuk Patahan dapat dilihat pada foto Gambar .



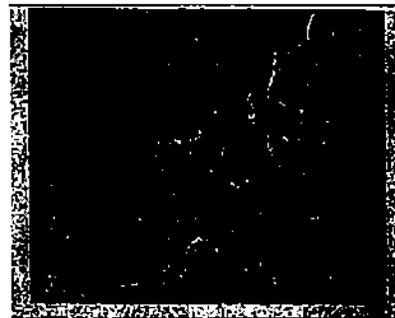
(a)



(a)



(b)



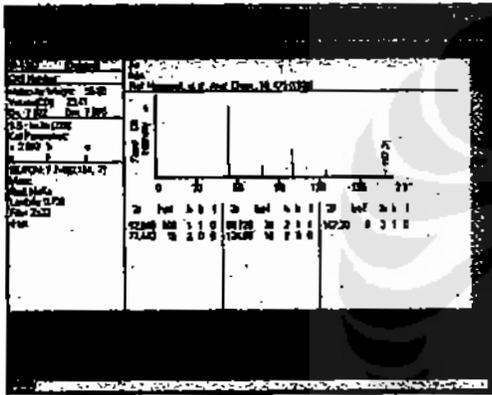
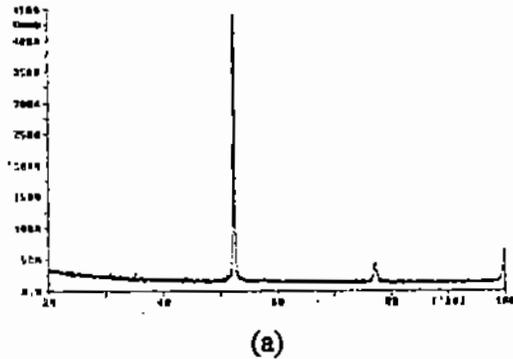
(b)

Gambar 1 Foto Struktur Mikro (a) as-cast BTN 60 Standar, M 500 x, Etsa Nital 3 %
(b) as-cast BTN 60 0.9 % Mn dan 0.5 % Cu, M 500 x, Etsa Nital 3 %

Gambar 2. Foto SEM Permukaan Patahan BTN 60 dengan 0.9 % Mn dan 0.5 % Cu.
(a) M100 X ; (b) M200 X

- X-Ray Diffraction (XRD)

Data tersebut harus dikonversikan dalam log-book atau PCPDFWIN supaya dapat dianalisa.



Gambar 3. (a) Hasil Uji dengan XRD ;
(b) Tampilan PCPDFWIN

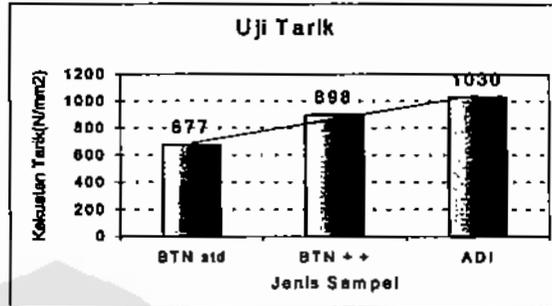
- Komposisi Kimia

Berdasarkan aktual uji komposisi kimia yang tertera pada Tabel 1, dibandingkan dengan literatur standar BTN 60 baik standar perusahaan maupun ASM, menunjukkan bahwa sampel uji yang dibuat tersebut adalah BTN 60. Kehomogenan (kestabilan) masing-masing unsur dapat dikatakan bahwa hasil tuang sampel sangat homogen, dan data dari hasil uji NDT radiografi) tidak kelihatan adanya cacat, sehingga dapat dikatakan kualitas sampel BTN ini sangat baik.

- Sifat Mekanik

- Kekuatan Tarik

Untuk memudahkan penamaan, BTN 60 dengan 0.9% Mn dan 0.5 %Cu dikodekan **BTN 60⁺**.



Gambar 4. Hasil Uji Tarik Standar JIS Z22001

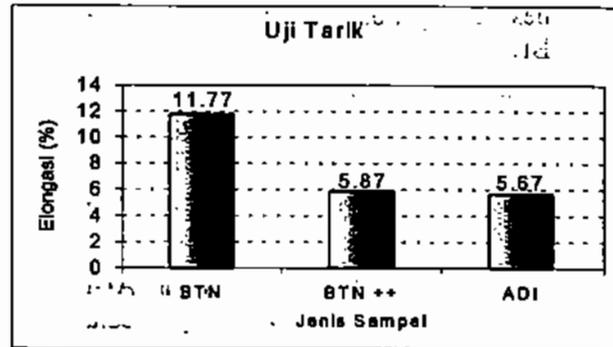
Dari diagram diatas terlihat BTN 60 + kekuatan tarik rata-ratanya 898 N/mm², berarti naik 32.6 % dari BTN 60 standar yang kekuatannya 677 N/mm², hal ini disebabkan prosentase perlit pada BTN 60 + lebih banyak (sebesar 95%) sedangkan BTN 60 prosentase perlitnya sebesar 48.1 %. Hal ini berarti peningkatan kekuatan tarik (32.6%) sebanding dengan peningkatan prosentase perlit (49.4%). Tingkat nodularitasnya BTN 60 + sebesar 90%, sedangkan nodularitas BTN 60 sebesar 85%, ini berarti kurang ada (pengaruhnya kecil) antara tingkat nodularitas terhadap hasil uji tarik. Secara teori hal diatas karena Mn mendorong terbentuknya perlit dan memberi pengaruh sebagai penstabil perlit (walaupun pengaruh Mn lebih kecil dari Cu), sedangkan Cu sebagai penstabil perlit sehingga dapat menaikkan kekuatannya dan kekerasannya tanpa banyak menurunkan regangannya. Selain itu penulis melihat adanya perlit pada BTN 60⁺ lebih halus dan tersebar merata dibandingkan perlit BTN standar, kita ketahui perlit yang halus lebih baik dan kuat dibandingkan perlit yang kasar. Jika dilihat dari struktur mikronya, meningkatnya mampu tarik sebanding dengan meningkatnya

prosentase perlit. Sedangkan kekuatan tarik ADI 1030 N/mm² berarti naik 52,1 % dari BTN 60 standar. Atau 14,6 % dari BTN 60 + (BTN 60 dengan 0,9 % Mn dan 0,5 % Cu). dimana matrik ferit-perlit pada kondisi *as-cast* menjadi bainit pada produk austemper, karbida-karbida serta karbon bebas yang sebelumnya larut pada austenit, karena adanya pendinginan cepat menyebabkan karbida serta karbon tersebut tidak dapat bertransformasi membentuk matrik perlit-ferit tetapi cenderung membentuk jarum-jarum bainit yang didalamnya mengandung karbida dan karbon.

▪ Elongasi

Dari diagram terlihat bahwa elongasi tertinggi pada BTN 60 standar sebesar 11,77%, kemudian BTN 60+ sebesar 5,87% (menurun drastis 50 %) dan terendah elongasinya ADI 5,67 % (menurun 52% dari BTN 60 standar). Elongasi sebesar itu masih cukup *ductile* dibandingkan besi tuang kelabu, (tetapi getas jika dibandingkan baja lunak) sesuai dengan bentuk patahan (ada serat-seratnya) uji tarik hasil SEM seperti yang terlihat pada gambar diatas. Hal ini karena prosentase ferit (warna terang) BTN 60 standar lebih besar (51,9%) bila dibandingkan prosentase ferit pada BTN 60 + (5,5%) maupun ADI, padahal fasa ferit berpengaruh besar terhadap elongasinya. Kalau dilihat mikro strukturnya pengurangan prosentase ferit (89,4%) sebanding dengan menurunnya elongasi (50%). Elongasi FCD 60 + lebih besar daripada ADI hal ini dikarenakan adanya Cu (0,5 %) yang bertindak sebagai pembentuk dan penstabil perlit, mencegah terbentuknya partikel-partikel karbida yang keras sehingga elongasinya lebih baik. Kehadiran Si mempromosikan ferit, hal ini di tutupi Cu sebagai promosi perlit maka fasa perlit meningkat sehingga kekuatan mekanis naik. Hal ini dapat dilihat dari struktur mikro fasa adanya perlit (warna gelap) yang merata dan lebih halus. Namun dengan Mn 0,9% memungkinkan munculnya karbida (menyebabkan mikrosegregasi) sehingga terjadi pemisahan karbida pada batas butiran akhirnya

menurunkan keuletanya, seperti yang terlihat pada gambar.



Gambar 5. Elongasi Hasil Uji Tarik

• Kekerasan

Pada diagram terlihat bahwa kekerasan BTN 60+ naik 15,4 % jika dibandingkan dengan BTN 60 standar. Kekerasan tertinggi pada ADI sebesar 412 HB, mengalami kenaikan 80,7 % dari BTN 60. Kenaikan kekerasan disebabkan bertambahnya fasa perlit dan berkurangnya fasa ferit jika dibandingkan dengan BTN 60 standar. Dari penelitian yang dilakukan oleh peneliti lain untuk meningkatkan kekerasan dari 223 HBN menjadi 268 HBN dilakukan dengan cara Quenching Temperering. Dengan demikian BTN 60+ dapat menggantikan proses perlakuan panas Quenching-Temper tersebut. Penelitian lainnya untuk meningkatkan kekerasan 225 HBN menjadi 265 HBN dengan proses austemper pada temperatur 400 °C. Dengan demikian BTN 60+ dapat menggantikan proses Austemper tersebut.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini, maka dapat disimpulkan:

1. Besi Tuang Nodular 60 dengan 0,85% Mn dan 0,5 % Cu, memiliki nilai elongasi lebih tinggi (sebesar 5,87 %) dibandingkan besi tuang nodular ADI grade rendah (4 %), maupun ADI yang dilakukan oleh peneliti lainnya 5,67 %^{6,9)}. Walaupun elongasinya dibawah besi tuang nodular 60 standar *as cast* (11,77 %).

2. Besi Tuang Nodular 60 dengan 0.85% Mn dan 0.5 % Cu, memiliki kekerasan lebih tinggi (263 BHN) dibandingkan besi tuang nodular 60 as cast (228 BHN).
 3. Besi Tuang Nodular 60 dengan 0.85% Mn dan 0.5 % Cu, memiliki kekuatan tarik lebih tinggi (898.10 N/mm²) dibandingkan besi tuang nodular as cast (676.87 N/mm²).
 4. Untuk mendapatkan karakteristik ADI (*Austemper Ductile Iron*) dengan cara ini, secara ekonomi dapat menghemat biaya, proses dan menghemat waktu..
4. Avner.1974. Introduction to Physical Metallurgy. Singapore:McGraw Hill Book co
 5. Karsay.1985. Ductile Iron Production Practices. Illinois.AFS Inc
 6. ————— 1983. A Design Engineer's Digest of Ductile Iron. Quebec: QIT-Fer et Titane Inc
 7. ————— . ASM Handbook Vol 1
 8. Blacmore.1984. The Effect of Metallurgical Process Variables on the Properties of Austemper Ductile Iron
 9. Hughes,ICH.1985. Ductile iron. Great Britain:BCIRA International Centre for Metal Technology.

Daftar Pustaka

1. Laub,J.R.1994. Cat Austemper Ductile Iron. Advanced Cast Product Inc.Mead Ville,Pa
2. Spengler AF.1985. The Ductile Iron Proses. Chicago:Miller and Company
3. Smallman,RE.1991. Metalurgi Fisik Modern. Jakarta.PT Gramedia Pustaka Utama
10. Cullity,B.D.1978. Elements of X-ray Diffraction.2nd edition. Addison-Wesley Series in Metallurgy and Materials.
11. Dieter.1988. Mechanical Mettallurgy. London:Mc graw Hill Book Co