

PENINGKATAN SIFAT MEKANIS SEKRAP ALUMINIUM DENGAN *DEGASSING*

Aris Budiyo

e-mail: aries_budiy@yahoo.com, Jurusan Teknik Mesin, FT, Universitas Negeri Semarang

Widi Widayat

e-mail: widiwdyt@yahoo.com, Jurusan Teknik Mesin, FT, Universitas Negeri Semarang

Rusiyanto

e-mail: me_rusiyanto@yahoo.com, Jurusan Teknik Mesin, FT, Universitas Negeri Semarang

ABSTRAK

Tujuan yang ingin dicapai dalam adalah menganalisis sifat mekanis bahan terhadap perlakuan aluminium paduan dari bahan daur ulang (*recyclable materials*) melalui pengambilan gas hidrogen (*degassing aluminum alloys*) dengan *rotary degasser* dan *degasser* gas Argon pada cairan logam kemudian membandingkannya dengan sebelum perlakuan. Bahan yang digunakan adalah aluminium sekrap. Aluminium sekrap dilebur pada dapur krusibel kemudian dicetak pada cetakan logam. Perlakuan menggunakan 4 variasi waktu pengadukan yaitu 2; 2,5; 3 dan 3,5 menit. Hasil perlakuan dengan *rotary degasser* menunjukkan bahwa pengadukan selama 2 menit kekuatan tariknya 151,3 M.Pa; sedangkan untuk 2,5 menit sebesar 159,4 M.Pa; pengadukan 3 menit adalah 153,2 M.Pa dan untuk 3,5 menit adalah 153,1 M.Pa. Kekuatan tarik tanpa perlakuan sebesar 149,0 M.Pa. Hasil perlakuan dengan *degassing* gas Argon selama 2 menit adalah 150,9 M.Pa; pengadukan 2,5 menit pengadukan 157,7 M.Pa; pengadukan 3 menit sebesar 156,4 M.Pa. dan pengadukan 3,5 menit mempunyai kekuatan tarik 146,4 M.Pa. Kesimpulannya adalah peningkatan kekuatan tarik tertinggi pada perlakuan pengadukan dengan *rotary degasser* selama 2,5 menit yaitu sebesar 159,4 M.Pa demikian juga untuk pengadukan dengan *degassing* gas Argon selama 2,5 menit yaitu sebesar 157,7 M.Pa .

Kata kunci: sifat mekanis, kekuatan tarik, *rotary degasser*, *degassing* gas Argon

PENDAHULUAN

Ketika aluminium dituang ada beberapa potensi sebagai sumber cacat yang dapat menurunkan kualitas hasil tuangan. Permasalahan pokok seluruh paduan aluminium adalah (1) Cacat penyusutan (*shrinkage defects*): Al paduan menyusut anatar 3,5 – 6,0 % saat pembekuan (tergantung pada jenis paduan); (2) Porositas Gas (*gas porosity*): Cairan aluminium mudah mengambil gas hidrogen yang dikeluarkan saat pembekuan memberikan rongga sebagai porositas; (3) Inklusi oksida (*oxide inclusions*): Permukaan cairan logam yang bersinggungan langsung dengan udara sangat cepat terjadi oksidasi yang memungkinkan masuk ke dalam tuangan.

Karena aluminium tuang sangat berpotensi terjadi permasalahan tersebut diatas, dan umumnya pada selurung pengecoran, tentulah akan berakibat pada perubahan sifat mekanik (*mechanical properties*). Pengecoran aluminium untuk komponen otomotif di industri kecil seperti di Pasuruan, Sukabumi , Tegal, Ceper Klaten, Yogyakarta dan beberapa tempat lainnya, umumnya tidak menggunakan material aluminium murni (*aluminum ingot*) tetapi memakai material bekas/rongsokan (*sekrap*) dan komponen yang rusak (*reject materials*) dari pengecoran sebelumnya, yang dalam hal ini dikenal dengan proses tuang ulang (*remelting*).

Disadari bahwa komponen otomotif dari bahan aluminium diperlukan persyaratan mekanik tertentu dan ada yang mengalami beban berulang dan kadang-kadang beban kejut maka komponen tersebut harus mendapatkan jaminan terhadap kerusakan akibat retak-lelah,

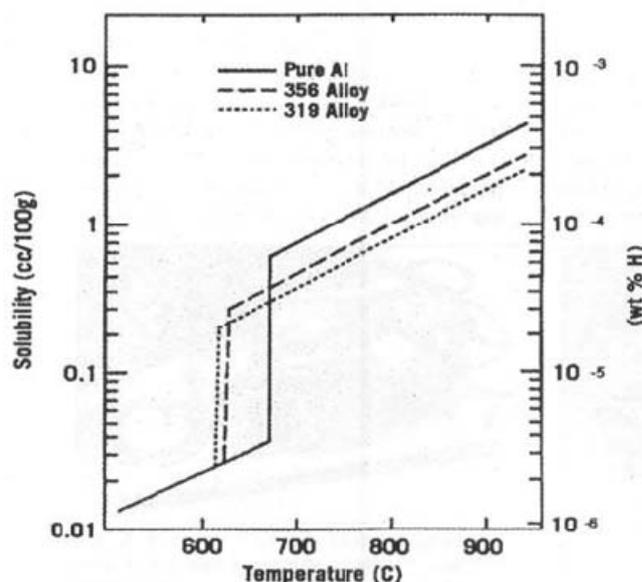
aman dalam penggunaan atau bahkan mempunyai usia pakai (*life time*) yang lebih lama. Sehingga karakteristik material aluminium dari bahan bekas (*reject*) sangat penting untuk diketahui dan ditingkatkan.

Sekrap aluminium adalah aluminium yang telah mengalami penuangan dan sudah dipadukan dengan berbagai macam unsur. Unsur-unsur paduan itu adalah tembaga, silisium, magnesium, mangan, nikel dan sebagainya. Paduan aluminium antara lain paduan aluminium-tembaga, aluminium-tembaga-silisium, paduan aluminium-silisium, aluminium-silisium-magnesium, paduan aluminium-magnesium, paduan aluminium tahan panas.

Peleburan aluminium tuang dapat dilakukan pada tanur krus besi cor, tanur krus dan tanur nyala api. Logam yang dimasukkan pada dapur terdiri dari sekrap (*remelt*) dan aluminium ingot. Sekrap dari bermacam-macam logam tidak dapat dicampurkan bersama ingot dan tuang ulang apabila standar ditentukan. Praktek peleburan yang baik mengharuskan dapur dan logam yang dimasukkan dalam keadaan bersih (Heini dkk, 1981).

Untuk menghemat waktu peleburan dan mengurangi kehilangan karena oksidasi lebih baik memotong logam menjadi potongan kecil yang kemudian dipanaskan mula. Kalau bahan sudah mulai mencair, *fluks* harus ditaburkan untuk mengurangi oksidasi dan absorpsi gas (*fluxing*) dan dilakukan penganbilan gas yang berada dalam larutan logam (*degassing*). Selama pencairan, permukaan harus ditutup fluks dan cairan diaduk pada jangka waktu tertentu untuk mencegah segregasi. (Surdia dan Chijiwa, 1991). Adapun untuk *remelting*, material hasil peleburan di atas dilebur kembali.

Hasil pengecoran terdapat kekosongan, inklusi, dan ketidaksempurnaan yang mempengaruhi kemampuan mekanis. Cacat hasil pengecoran terdiri dari (a) salah bentuk cetakan, yaitu cacat yang disebabkan oleh salah dalam membuat model cetakan, (b) cacat inklusi pasir, yaitu cacat yang disebabkan pasir dari cetakan masuk ke dalam cairan logam dan (c) cacat gas yaitu paduan aluminium akan menyerap gas hidrogen. Peningkatan temperatur sebuah efek yang besar pada kelarutan maksimum dari hidrogen pada aluminium, sebagaimana ditunjukkan pada gambar.1. Pada titik lebur tiba-tiba terjadi kenaikan kelarutan hidrogen pada aluminium sampai dicapainya temperatur penuangan. Akibat pendinginan dan pembekuan, gas akan terjebak dalam aluminium yang menyebabkan *pinholes* dan porositas gas secara mikroskopis (Beeley, 1982) serta (d) cacat penyusutan, yaitu cacat yang



Gambar.1 Pengaruh temperatur pada kelarutan hidrogen dalam aluminium

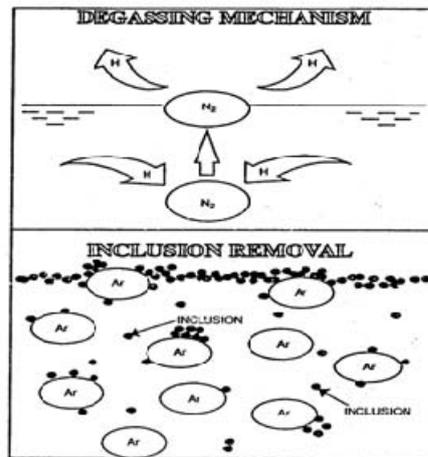
disebabkan kontraksi volume didalam larutan dan pada saat pembekuan.

Sebelum paduan aluminium dituang, cairan logam harus diadakan perlakuan yang bertujuan untuk:

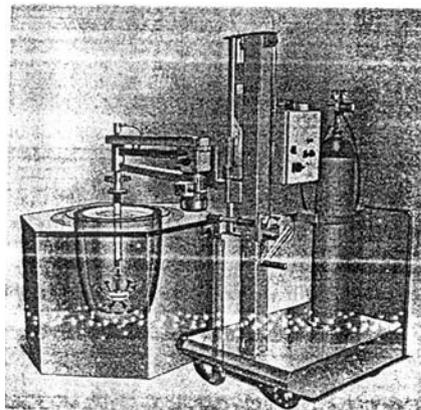
1. *Degas*, cairan aluminium terdiri dari gas hidrogen yang tidak diperlukan yang akan menyebabkan cacat porositas bila tidak dihilangkan.
2. *Grain refine*, sifat mekanis coran dapat ditingkatkan dengan mengontrol ukuran butir saat logam membeku.
3. *Modify*, mikrostruktur dan sifat dari paduan dapat ditingkatkan dengan penambahan unsur untuk memodifikasi elemen (Foseco, 2002).

Konsentrasi maksimum kelarutan *hydrogen* dalam paduan aluminium dapat mencapai lebih tinggi dari 0,6 ml $H_2/100$ g. Dengan pengecoran yang berhati-hati dapat dikurangi tetapi kadang-kadang sulit dilakukan bahkan hanya mencapai 0.2-0,3 ml $H_2/100$ g Aluminium. Proses degassing dengan *bubbling dry*, adalah memasukkan gas larutan logam dapat mereduksi hydrogen hingga pada level 0,1 ml $H_2/100$ g. Cairan dan larutan padat hydrogen berbeda pada tiap paduan yang berbeda dan hydrogen yang mencapai level 0,12 ml $H_2/100$ g akan membuat tuangan bebas dari porositas.

Dalam beberapa tahun, penggunaan gas klorin dikembangkan dengan memasukkan heksakloroetan ke dalam bentuk tablet *degaser*, sebagai standar metoda perlakuan. The Foseco MDU (*Mobile Degassing Unit*) digunakan untuk memasukkan gas ke dalam cairan



Gambar 2. Mekanisme pengeluaran inklusi



Gambar 3. The Foseco Mobile Degassing Unit.

Tabel 1. Penambahan Ti (sebagai TiB 5:1) untuk perbaikan butir dari paduan AL-Si (Foseco: 2002)

Kandungan Si dalam paduan (%)	Penambahan Ti (%)
0,05-0,03	4-7
0,03-0,02	8-10
0,02-0,01	11-13

logam melalui sebuah rotor spinning grafit. Rotor dirancang menghasilkan gelembung yang melewatkan gas ke dalam cairan logam, sehingga gas hydrogen dikeluarkan ke udara bebas setelah gelembung-gelembung melewati permukaan. Gelembung yang ditimbulkan juga mengumpulkan inklusi dan membawanya ke atas permukaan.

Perbaikan bentuk butir akan meningkatkan ketahanan retak panas (*hot tear*), mereduksi pengaruh jelek dari gas porositas dan meredistribusi pengkerutan porositas dalam paduan aluminium. Ukuran butir pada paduan tuang tergantung pada jumlah presen nuklei dalam larutan logam pada saat mulai membeku dan perbandingan pendinginan. Pendinginan cepat umumnya membuat ukuran butir menjadi kecil. Penambahan unsur yang pasti pada cairan paduan aluminium dapat meningkatkan nuklei untuk pertumbuhan butir. Titanium yang dipadukan dengan boron memiliki kemampuan nukleasi dan paling banyak digunakan dalam perbaikan butir. Titanium ditambahkan pada perbandingan 0,002-0,15% master paduan dapat digunakan, tetapi memberikan efek 40 menit. Penambahan unsur boron bersama-sama titanium menghasilkan butir lebih baik dan mengurangi kehilangan butir. Titanium dan boron dapat ditambahkan ke dalam master paduan sebagai flux.

Besarnya unsur silikon dalam paduan memberikan pengaruh kemampuan perbaikan butir pada Ti dan B. Paduan tuang dengan silikon lebih tinggi memerlukan tambahan lebih banyak dari perbaikan butir. Tipikal tingkat penambahan dapat ditunjukkan pada tabel 1.

Komposisi paduan dan pemilihan proses pengecoran memberikan pengaruh pada mikrostruktur dari paduan aluminium tuang. Mikrostruktur dapat juga dirubah dengan penambahan unsur pada paduan aluminium-silikon yang dapat meningkatkan mampu tuang, sifat mekanik dan mampu dikerjakan dengan mesin. Pengecoran dengan cetakan pasir dan cetak tekan gravitasi (cetakan permanen) terjadi pendinginan yang relatif lambat, yang hasilnya terjadi pengasaran pada eutektit laminer yang menyebabkan penurunan kekuatan dari tuangan. Mengubah komposisi kimia untuk mengubah mikrostruktur dinamakan 'modifikasi'. Modifikasi dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu: (1) modifikasi sodium, (2) metode garam, (3) metode sodium logam, strontium modifikasi, (4) modifikasi permanen.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang akan diteliti adalah aluminium bekas dari pelek bekas terpilih. Alat penelitian yang digunakan adalah Dapur peleburan non ferro, rotary degassing, *Termocouple*, *Spectrometer*, Mikroskop Optik, *Scanning Electron Microscope* (SEM), Mesin Uji kekerasan, Mesin Uji Impak, Mesin Uji Tarik Universal "Servo Pulser".

Prosedur penelitian

Penelitian dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Proses pengecoran pada material tanpa perlakuan dan dengan perlakuan, untuk membuat spesimen pengujian dengan metoda *Y block casting* yaitu spesimen diambil dari hasil pengecoran bagian bawah (Griswold dan Stephens, 1987).

2. Proses *machining* untuk pembuatan spesimen sesuai dengan standar pengujian (ASTM. E8 untuk uji tarik, ASTM E 23 untuk uji impak).
3. Pengujian spesimen, meliputi pengujian struktur mikro, kekerasan, kekuatan tarik.
4. Analisis data, dilaksanakan setelah diperoleh data pengujian untuk membuat kesimpulan pada tiap-tiap treatment. memberikan rekomendasi metode yang digunakan untuk *recovery* dan peningkatan sifat material melalui pendekatan kritis, konseptual dan pakar (*expert*)

HASIL DAN PEMBAHASAN

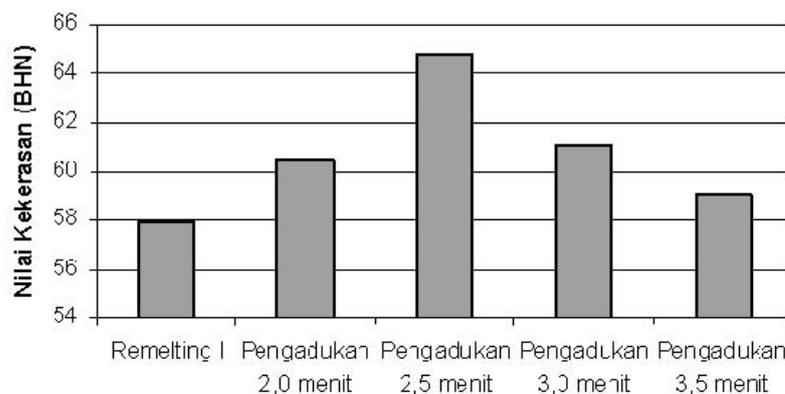
Perlakuan dengan *Rotary Degasser*

a. Uji Kekerasan

Setelah dilakukan perlakuan, hasil rata-rata kekerasan dengan skala *Brinell* ditunjukkan pada tabel 2 dan Gambar 4. Pengujian kekerasan yang dilakukan pada spesimen *remelting* dari sekrap aluminium sebesar 57,92 BHN. Nilai kekerasan *Brinell* spesimen yang diberi perlakuan *rotary degasser* selama 2 menit adalah sebesar 64,52 BHN atau mengalami peningkatan sebesar 11,39% terhadap *remelting* I. Nilai kekerasan *Brinell* spesimen yang diberi perlakuan *rotary degasser* selama 2,5 menit terjadi peningkatan sebesar 17,17% dari *remelting* I yaitu menjadi 67,87 BHN dan nilai kekerasan ini berarti juga mengalami peningkatan terhadap spesimen yang diberi perlakuan *rotary degasser* selama 3 menit sebesar 12,40%. Pada spesimen yang diberi perlakuan *rotary degasser* selama 3,5 menit nilai kekerasannya menjadi 64,57 BHN dan ini berarti bahwa pada spesimen ini terjadi penurunan sebesar 11,48% terhadap *remelting* I. Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi yaitu sebesar 67,87 BHN terjadi pada kelompok spesimen yang diberi perlakuan pengadukan *rotary degasser* selama 2,5 menit.

Tabel 2. Nilai kekerasan sekrap aluminium dengan pengadukan *rotary degasser*

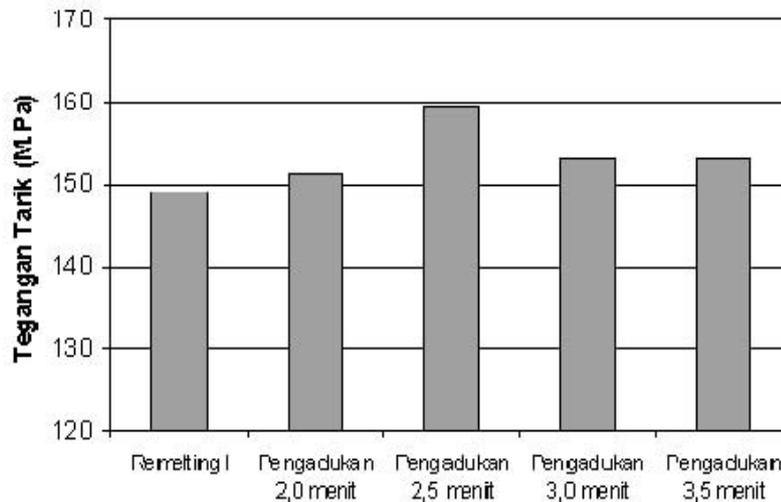
Perlakuan	BHN
<i>Remelting</i>	57,92
Pengadukan <i>rotary degasser</i> selama 2,0 menit	64,52
Pengadukan <i>rotary degasser</i> selama 2,5 menit	67,87
Pengadukan <i>rotary degasser</i> selama 3,0 menit	65,10
Pengadukan <i>rotary degasser</i> selama 3,5 menit	64,57



Gambar 4. Grafik nilai kekerasan dengan perlakuan *rotary degasser*

Tabel 3. Data hasil pengujian tarik perlakuan *rotary degasser*

Perlakuan	Tegangan Tarik (MPa)	Tegangan luluh (MPa)	Perpanjangan (%)	Reduksi penampang (%)
<i>Remelting</i>	149,0	117,9	3,70	5,50
Pengadukan 2,0 menit	151,3	120,2	6,75	5,75
Pengadukan 2,5 menit	159,4	129,4	6,43	5,35
Pengadukan 3,0 menit	153,2	129,3	6,25	5,18
Pengadukan 3,5 menit	153,1	128,1	6,00	4,79

Gambar 5. Grafik tegangan tarik dengan perlakuan *rotary degasser*

b. Uji Kekuatan Tarik

Pengujian tarik pada kelompok *remelting* (tanpa perlakuan) dan kelompok yang diberi perlakuan *rotary degasser* yang berupa tegangan tarik, tegangan luluh, perpanjangan dan reduksi penampang dapat dilihat pada tabel 3.

Hasil dari eksperimen tersebut kemudian dimasukkan ke dalam diagram batang pada gambar 5. Nilai tegangan tarik pada *remelting I* sebesar 149,0 M.Pa. Nilai tegangan tarik pada spesimen yang diberi perlakuan pengadukan dengan *rotary degasser* selama 2 menit adalah 151,3 M.Pa dan nilai tegangan tarik pada kelompok spesimen ini terjadi peningkatan terhadap *remelting I* sebesar 1,54%. Kelompok spesimen yang diberi perlakuan pengadukan dengan *rotary degasser* selama 2,5 menit mempunyai nilai tegangan tarik sebesar 159,4 M.Pa, dan pada kelompok spesimen ini tegangan tariknya lebih meningkat 5,9% dari *remelting I* maupun kelompok perlakuan pengadukan dengan *rotary degasser* selama 3 menit, yaitu sebesar 2,8% terhadap *remelting I* dan 2,7% terhadap kelompok perlakuan pengadukan dengan *rotary degasser* selama 3,5 menit.

Kekuatan tarik tertinggi pada pengujian eksperimen ini terjadi pada kelompok perlakuan pengadukan dengan *rotary degasser* selama 2,5 menit yaitu sebesar 159,4 M.Pa .

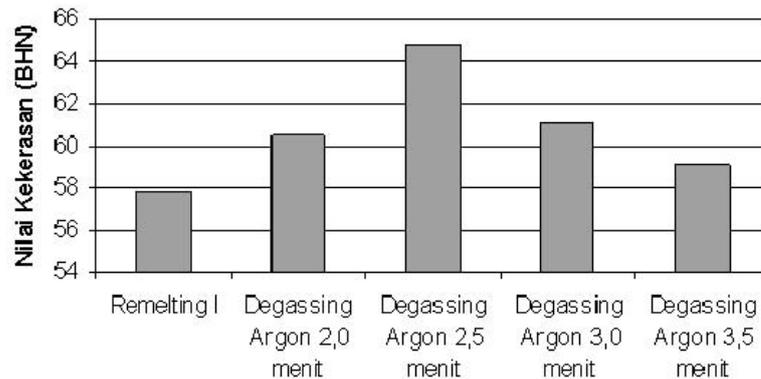
Degassing dengan gas Argon

a. Uji Kekerasan

Setelah dilakukan perlakuan hasil rata-rata kekerasan dengan skala *Brinell* ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai kekerasan sekrap aluminium dengan *degassing* gas argon

Perlakuan	BHN
<i>Remelting</i> I	57,92
Degassing Argon selama 2,0 menit	60,55
Degassing Argon selama 2,5 menit	64,81
Degassing Argon selama 3,0 menit	61,10
Degassing Argon selama 3,5 menit	59,12

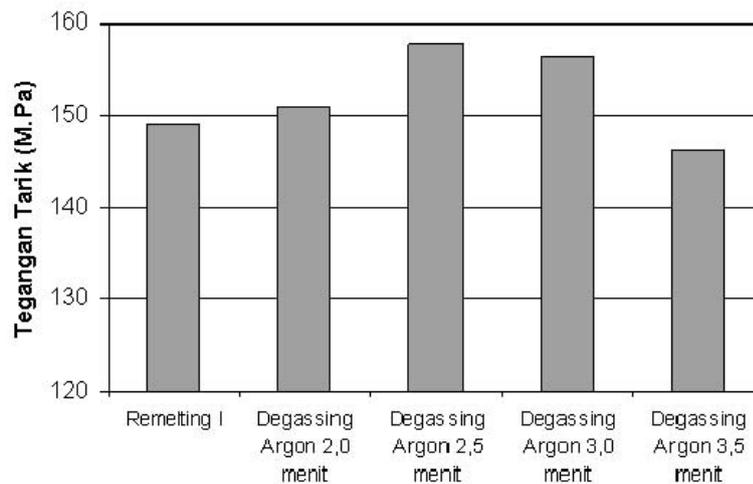
Gambar 6. Grafik nilai kekerasan dengan perlakuan *degassing* gas argonTabel 5. Data hasil pengujian tarik perlakuan *degassing* gas Argon

Perlakuan	Tegangan tarik (MPa)	Tegangan luluh (MPa)	Perpanjangan (%)	Reduksi penampang (%)
<i>Remelting</i> I	149,0	117,9	3,70	5,50
Degassing Argon 2,0 menit	150,9	130,8	4,20	6,27
Degassing Argon 2,5 menit	157,7	139,1	4,85	6,52
Degassing Argon 3,0 menit	156,4	121,8	4,00	6,40
Degassing Argon 3,5 menit	146,4	118,3	4,03	5,98

Hasil Pengujian kekerasan yang dilakukan pada spesimen *remelting* I dari sekrap aluminium sebesar 57,92 BHN. Nilai kekerasan *Brinell* spesimen yang diberi perlakuan *degassing* gas Argon selama 2 menit adalah sebesar 60,55 BHN atau mengalami peningkatan sebesar 4,54% terhadap *remelting* I. Nilai kekerasan *Brinell* spesimen yang diberi perlakuan *degassing* gas Argon selama 2,5 menit terjadi peningkatan sebesar 11,89% dari *remelting* I yaitu menjadi 64,81 BHN dan nilai kekerasan ini berarti juga mengalami peningkatan terhadap spesimen yang diberi perlakuan *degassing* gas Argon selama 3 menit sebesar 5,49%. Pada spesimen yang diberi perlakuan *degassing* gas Argon selama 3,5 menit nilai kekerasannya menjadi 59,12 BHN dan ini berarti bahwa pada spesimen ini terjadi penurunan sebesar 2,07% terhadap *remelting* I. Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi yaitu sebesar 64,81 BHN terjadi pada kelompok spesimen yang diberi perlakuan pengadukan *degassing* gas Argon selama 2,5 menit.

b. Uji Kekuatan Tarik

Pengujian tarik pada kelompok *remelting* I dan kelompok yang diberi perlakuan *degassing* gas Argon yang berupa tegangan tarik, tegangan luluh, perpanjangan dan reduksi penampang dapat dilihat pada tabel 5.



Gambar 7. Grafik tegangan tarik dengan perlakuan *degassing* gas Argon

Gambar 7 menunjukkan nilai tegangan tarik pada *remelting* I sebesar 149,0 M.Pa. Nilai tegangan tarik pada spesimen yang diberi perlakuan pengadukan dengan *degassing* gas Argon selama 2 menit adalah 150,9 M.Pa dan nilai tegangan tarik pada kelompok spesimen ini terjadi peningkatan terhadap *remelting* I sebesar 1,27%. Kelompok spesimen yang diberi perlakuan pengadukan dengan *degassing* gas Argon selama 2,5 menit mempunyai nilai tegangan tarik sebesar 157,7 M.Pa, dan pada kelompok spesimen ini tegangan tariknya lebih meningkat 5,84% dari *remelting* I maupun kelompok perlakuan pengadukan dengan *degassing* gas Argon selama 3 menit, yaitu sebesar 4,95% terhadap *remelting* I dan penurunan 1,75% terhadap kelompok perlakuan pengadukan dengan *degassing* gas Argon selama 3,5 menit.

Kekuatan tarik tertinggi pada pengujian eksperimen ini terjadi pada kelompok perlakuan pengadukan dengan *degassing* gas Argon selama 2,5 menit yaitu sebesar 157,7 M.Pa .

SIMPULAN

Simpulan dari penelitian ini adalah:

1. Perlakuan logam cair (*solution treatment*) dengan cara *degassing* menggunakan alat *rotary degasser* yang memberikan peningkatan kekuatan tarik terbesar adalah pengadukan selama 2,5 menit yaitu sebesar 159,4 M.Pa.
2. Perlakuan logam cair (*solution treatment*) dengan cara *degassing* menggunakan gas Argon yang dapat meningkatkan kekuatan tarik tertinggi adalah pengadukan dengan gas Argon selama 2,5 menit yaitu 157,7 M.Pa.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, 1991, *Standard Test Method for Measurement of Fatigue Crack Growth Rate*, Annual Book of ASTM Standard, Parts 10, Philadelphia
- Avyle, J.A.V.D., Brooks, J.A. dan Powell, A.C., 1998, *Reducing Defects in Remelting Processes for High-Performance*, JOM, March 1998, pp 22-49
- Beelley, P.R. 1982, *Foundry Technology*, Butterworths Scientific, London
- Gaspari, J., 1999, *Making the Most of Aluminum Scrap*, Mechanical Engineering, New York, Nov. 1999
- Griswold, Jr F.D, Stepens, R.I, 1987, *Comparasion of Fatigue Properties of Nodular Cast*

- Iron Production and Y-block Casting*, Int J Fatigue, January 1987, pp 3-10
- Heini, Richard W, Loper Jr, Carel R.Rosenthal dan Philip C, 1981, *Principles of Metal Casting*, Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd, New Delhi
- Jujur, I Nyoman , 2003, *Pengaruh Proses Degassing pada Kekuatan Mekanis Produk Cor*, Proseding Seminar Nasional “Peran Riset dan Teknologi Bidang Teknik Mesin dalam Mendukung Pembangunan Nasional”, Universitas Brawijaya, Malang
- Kobayashi T, Ito T, Yao Q, Fatahalla N, Fatifue ,1999, *Fatigue Properties and Microstructure of Al-Si-Cu System Casting Alloys*, Materials Science Technology, Vol. 15, September, pp. 1037
- Neff, David V.,2002, *Understanding Aluminum Degassing*, Modern Casting, May 2002, p. 24-26
- Surdia, Tata dan Chijjiwa Kenji, 1991, *Teknik Pengecoran Logam*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Surdia, Tata dan Shinroku, 1992, *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.