ISBN : 979-587-395-4

M-8

PENGARUH WAKTU TAHAN *POURING* TERHADAP STRUKTUR MIKRO PLAT TWDI 1 mm

Rianti D. Sulamet-Ariobimo[1,a], Johny W. Soedarsono [2,3,b], Bambang Suharno [2,c]
[1]*Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti*
Kampus A, Jl. Kyai Tapa No. 1, Grogol, Jakarta 1440, Indonesia
[3] *Departemen Metallurgi dan Material, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia*
Kampus UI Depok, Depok 16424, Indonesia
[4] *Politeknik Negeri Jakarta*
Kampus UI Depok, Depok 16424, Indonesia

riantiariobimo@yahoo.com [a], *jwsono@metal.ui.ac.id* [b], *suharno@metal.ui.ac.id* [c]

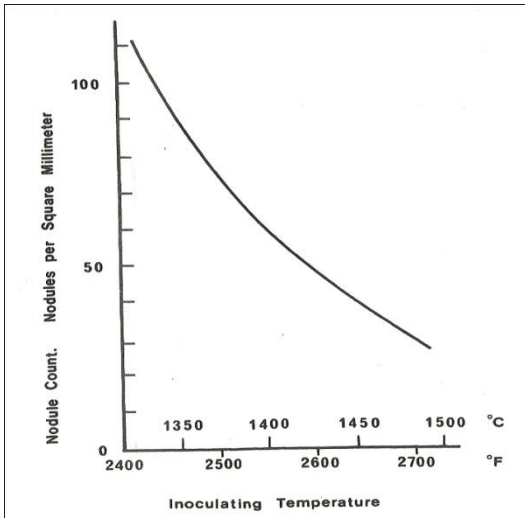
ABSTRACT
Fading in ductile iron production covers the loss of inoculation and nodulation effectiveness. The main factors of fading are process time and temperature including rest time between tapping and pouring. This research conducted to see the effect of time rest between tapping and pouring process to the completion of inoculation and nodulation process. Analysis was done on 1 mm plates of TWDI casting process. The liquid metal came from 1 bath. Variations of casting condition were presented. The Tapping temperature was 1550^{O}C. The pouring temperature varied of the first bath was 1399^{O}C, 1389^{O}C, 1385^{O}C and 1381^{O}C. Rest time was analysis as the temperature differences between tapping temperature and pouring temperature. The completion of inoculation and nodulation process were seen in nodule count and nodularity. The result shows that longer rest time lay between tapping and pouring will cause disturbance to inoculation and nodulation process. Apart from that the level of tapping temperature which is also inoculation temperature should be maintained.

Keywords : *1 mm TWDI plate, nodulation, inoculation, process condition, nodule count, nodularity, tapping, pouring.*

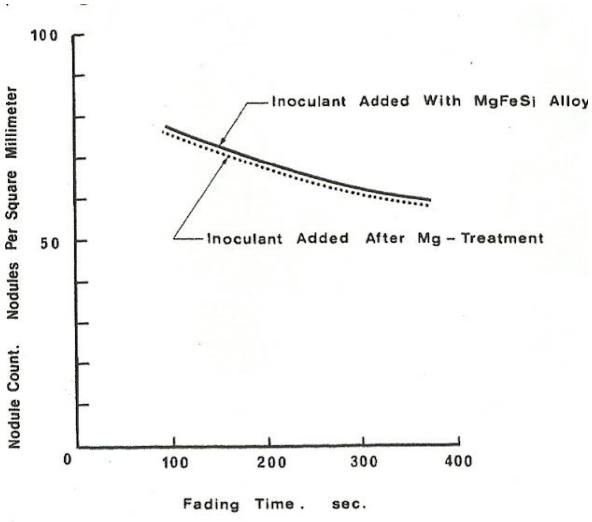
1. PENDAHULUAN
Pada proses pembuatan besi tuang nodular terdapat 2 proses *liquid treatment* yang sangat menentukan kualitas. Proses *liquid treatment* tersebut adalah proses inokulasi dan proses nodulasi.

Secara metalurgis, inokulasi didefinisikan sebagai mempersiapkan logam cair dengan benih-benih atau inti-inti untuk tumbuh fasa padat pada saat proses pembekuan [1]. Pada logam cair dilakukan penambahan material yang akan menghasilkan inti-inti yang heterogenus untuk pertumbuhan grafit nodular. Material yang digunakan adalah material yang mengandung unsur silicon (Si) dan disebut sebagai inokulan. Efektivitas inokulasi akan berkurang dengan semakin tingginya temperatur proses inokulasi seperti terlihat pada Gbr. 1. Ketika inokulan ditambahkan

ISBN : 979-587-395-4



Gbr. 1. Efektivitas Inokulasi



Gbr. 2. Pengaruh Nodulasi

bersama-sama dengan FeSiMg sebagai nodulan, terlihat adanya sedikit kenaikan jumlah nodul seperti terlihat pada Gbr. 2.

Nodulasi adalah proses penambahan unsur cerium (Ce) dan/atau magnesium (Mg) ke dalam logam cair yang bertujuan untuk membuat agar grafit yang terbentuk mempunyai bentuk nodular. Proses nodulasi adalah proses modifikasi struktur solidifikasi sehingga phasa grafit akan berpresipitasi dan tumbuh dalam bentuk *spherical*, [2]. Unsur Mg lebih banyak digunakan sebagai nodulan karena lebih murah dari unsur Ce. Efektivitas nodulasi tergantung pada beberapa hal, yaitu: kadar sulfur dalam logam cair, temperatur *tapping*, waktu penambahan, kebersihan logam cair dari *slag*, desain dan kondisi ladle, kecepatan penuangan logam cair ke dalam ladle, jenis dan ukuran logam penutup, waktu *pouring*, inokulasi dan jenis dan kondisi noduliser [3].

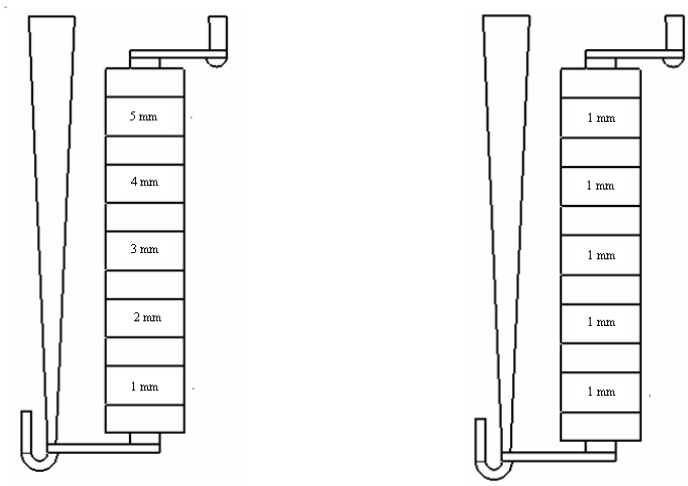
Proses inokulasi dan nodulasi tidak menetap dalam logam cair [2,4,5]. Unsur-unsur tersebut akan meninggalkan logam cair setelah temperatur dan waktu efektifnya terlewati. Kondisi menghilangnya efek inokulasi dikenal dengan istilah *fading* atau *fade* [5]. *Fading* sangat bervariasi dan ditentukan oleh jenis inokulan yang digunakan dan komposisi kimia [5]. Gundlach dalam Huerta dan Popovski menyatakan bahwa *fade* dalam besi tuang nodular diartikan sebagai hilangnya nodularitas terhadap waktu [6]. Konsep *fade* dalam besi tuang nodular mencakup menghilangnya efektivitas nodulan dan inokulan [6]. Hilangnya efektivitas nodulan akan berakibat grafit yang terbentuk adalah grafit *compacted* atau bahkan grafit serpih. Secara umum efek inokulasi akan menghilang sampai setengahnya setelah 5 sampai 7 detik, [7]. Dalam besi tuang nodular, efek *fading* berkurang dengan kehadiran Ce. Pada Gbr. 2 terlihat hubungan antara efek inokulasi dengan jumlah nodul dari beberapa inokulan. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Huerta dan Popovski menemukan bahwa *fading* dalam besi tuang nodular akan terjadi setelah 6 menit pertama [6].

Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh jeda antara *tapping* dengan *pouring* terhadap keberhasilah proses *liquid treatment* dari plat TWDI dengan ketebalan 1 mm. Jeda waktu dilihat sebagai perbedaan antara temperature *tapping* dengan *pouring*. Sementara keberhasilan proses *liquid treatment* dilihat sebagai fungsi dari jumlah nodul dan nodularitas.

ISBN : 979-587-395-4

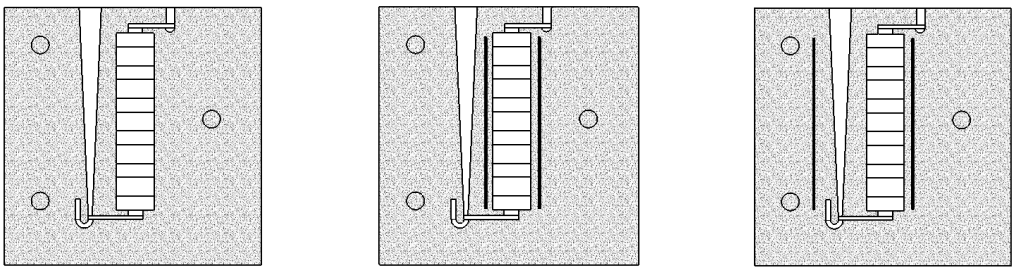
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini membuat plat TWDI dengan menggunakan desain pengecoran vertikal seperti terlihat pada Gbr. 3.a. Dalam 1 kali penuangan dibuat 5 buah plat berukuran 150x75 mm^2 dengan ketebalan adalah 5,4,3,2 dan 1 mm. Kelima plat disusun secara pararel berurutan mulai dari plat paling tipis, 1 mm, terletak paling dekat dengan saluran masuk. Variasi dilakukan pada penggunaan isolator untuk memperlambat proses perpindahan panas yang terjadi. Posisi peletakan isolator seperti terlihat pada Gbr. 4. Selain membuat plat dengan ketebalan yang berbeda, juga dibuat plat dengan semua ketebalan sama seperti terlihat pada Gbr. 3.b.



a. ketebalan plat 5 sampai 1 mm b. ketebalan plat semua 1 mm

Gbr. 3. Design Pengecoran



a. Tanpa Isolator b. Isolator Posisi 1 c. Isolator Posisi 2

Gbr. 4. Peletakan Isolator

Proses *liquid treatment* dilakukan secara bersamaan dengan sistim *sandwich*. Pengecoran dilakukan dalam 1 kali pouring. Temperatur tapping adalah $1550^{O}C$. Sedangkan temperatur penuangan berturut-turut adalah: A adalah $1385^{O}C$, B adalah $1381^{O}C$, C adalah $1389^{O}C$, dan D adalah $1399^{O}C$. Penamaan cetakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 : Penamaan Cetakan

Kode	Kondisi
A	Ketebalan plat 5 sampai 1 mm tanpa isolator
B	Ketebalan plat 5 sampai 1 mm dengan isolator posisi 2
C	Ketebalan plat 5 sampai 1 mm dengan isolator

ISBN : 979-587-395-4

	posisi 1
D	Ketebalan semua plat 1 mm tanpa isolator

Pengujian komposisi kimia menggunakan spektrometri. Logam cair sampel diambil sebelum dilakukan proses *liquid treatment*. Pengamatan struktur mikro dilakukan mengikuti JIS G5502. Etsa dilakukan dengan menggunakan nitral. Indentifikasi struktur mikro dilakukan dengan mengacu pada *ASM*. Analisa kuantitatif terhadap struktur mikro dilakukan secara manual mengikuti JIS G5502 dan dengan menggunakan program *Cyuuzou Kun* yang dimiliki oleh *Iwate University* dan NIS Element Br 3.1 dengan lisensi yang dimiliki oleh Laboratorium Metalurgi Fisik, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti.

Pada penelitian ini analisa hanya dilakukan pada plat dengan ketebalan 1 mm yang terletak paling dekat dengan saluran masuk.

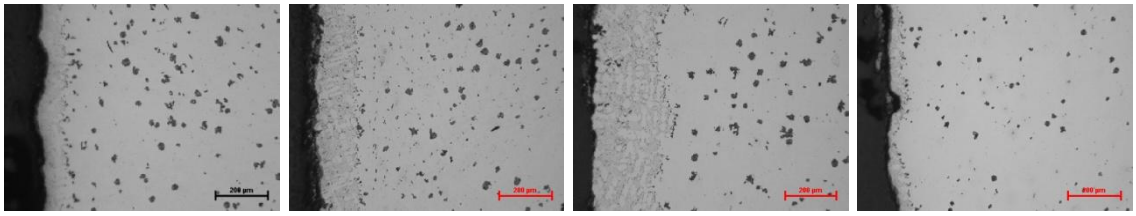
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan spektrometri untuk komposisi kimia logam cair yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

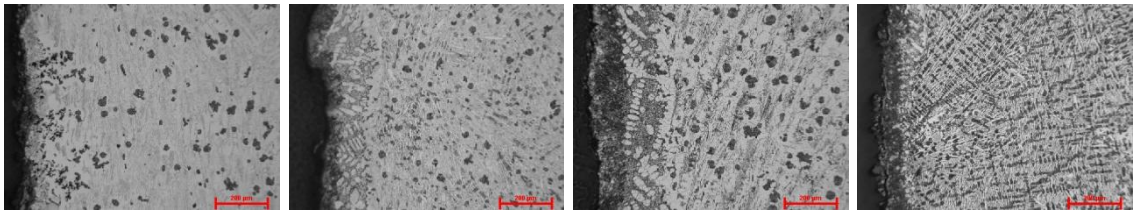
Tabel 2 : Komposisi Kimia – berat, %.

Penuangan	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mg	CE
P6	3,51	2,14	0,34	0,02	0,02	0,12	0,04	0,07	0,02	4,2

a. Kondisi Non Etsa



b. Kondisi Etsa



Cetakan A **Cetakan B** **Cetakan C** **Cetakan D**

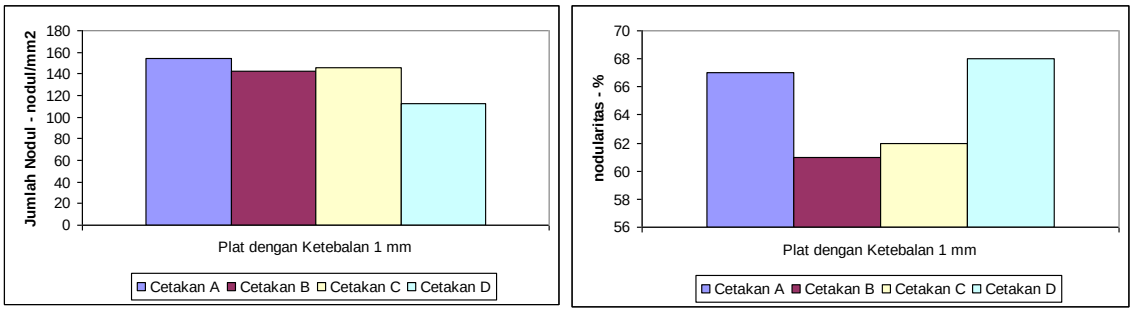
Gbr. 5. Foto Struktur Mikro Plat 1 mm

Hasil analisa komposisi kimia menunjukan bahwa komposisi kimia logam cair yang digunakan tidak memenuhi standar yang digunakan untuk silikon (Si) dan magnesium (Mg). Kadar Si kurang 11% dan kadar Mg kurang 33% dari standar minimal masing-masing. Sedangkan kadar sulfur (S) ada dalam batas maksimal.

Hasil foto struktur mikro non etsa, Gbr. 5.a. menunjukan jumlah nodul yang dihasilkan oleh cetakan A terlihat lebih banyak dari pada cetakan yang lain. Bahkan pada foto struktur mikro Cetakan D terlihat jumlah nodul yan sangat sedikit. Foto struktur mikro non etsa juga menunjukan terbentuknya lapisan kulit untuk Cetakan A, B, dan C. Lapisan kulit tidak terlihat pada foto struktur mikro Cetakan D. Hasil foto struktur mikro etsa , Gbr. 5.b., menunjukan bahwa matriks yang terbentuk adalah

ISBN : 979-587-395-4

karbida. Foto struktur mikro Cetakan D menunjukan struktur yang terbentuk adalah karbida penuh. Nodularitas Cetakan A terlihat paling tinggi jika dibandingkan dengan Cetakan B dan C. Walaupun jumlah nodul cetakan D rendah tetapi nodularitas dari grafit yang terbentuk terlihat tinggi. Jika dibandingkan dengan Cetakan A, nodularitas Cetakan A hampir sama dengan Cetakan D.



a. Jumlah Nodul b. Nodularitas

Gbr. 6. Jumlah Nodul dan Nodularitas

Hasil analisa kualitatif ternyata didukung oleh hasil perhitungan terhadap jumlah nodul Gbr. 6.a. Jumlah nodul tertinggi dimiliki oleh plat 1 mm yang berasal dari Cetakan A. Sedangkan jumlah nodul yang terendah, seperti sudah disampaikan pada analisa kualitatif, adalah Cetakan D. Secara kualitatif terlihat banyak titik-titik hitam pada hasil foto struktur mikro Cetakan B, tetapi perhitungan dibatasi pada diameter minimal ikut terhitung adalah 5 mikron, sehingga jumlah nodul menjadi lebih banyak pada Cetakan C. Pembatassan dilakukan karena untuk bintik hitam dibawah 5 mikron sangat sulit untuk dipastikan bahwa hal tersebut adalah grafit nodular, bukan inklusi. Secara umum jumlah nodul yang dicapai oleh keseluruhan plat dengan ketebalan 1 mm berada jauh dibawah batas minimal, yaitu 1000 nodul/mm^2. Hal ini terjadi karena perbedaan temperatur antara proses *tapping* dengan *pouring* terlihat cukup jauh. Perbedaan temperatur Cetakan A adalah 165^O, Cetakan B adalah 169^O, Cetakan C adalah 161^O, dan Cetakan D adalah 151^O. Jika diasumsikan penurunan temperatur logam cair adalah 20^O/detik, maka jeda waktu antara proses *tapping* dengan *pouring* untuk Cetakan A adalah 8,25 menit, Cetakan B adalah 8,45 menit, Cetakan C adalah 8,05 menit dan Cetakan D adalah 7,55 menit. Semua waktu tunggu melewati waktu efektif inokulasi yaitu 5 sampai 7 menit [7] dengan batas maksimum waktu adalah 6 menit [6]. Selain itu jika dilihat dari temperatur *tapping*, yaitu 1550^{O}C, maka temperatur *tapping* yang digunakan pada penelitian ini terlalu tinggi terutama karena proses *liquid treatment* yang digunakan adalah sistim *sandwich*. *Tapping* umumnya dilakukan pada temperatur 1500^{O}C [3]. Ketika proses *liquid treatment* dilakukan dengan sistem *sandwich* berarti temperatur logam cair yang tinggi akan menjadi temperatur proses inokulasi. Semakin tinggi proses inokulasi maka jumlah nodul yang terjadi pun akan semakin sedikit. Temperatur inokulasi yang dapat menghasilkan jumlah nodul maksimum adalah sekitar (1310 – 1320)^{O}C. Penggunaan isolator terlihat cenderung mengurangi jumlah nodul. Tetapi pengurangan tersebut terlihat tidak signifikan.

Hasil analisa kualitas dari nodularitas juga didukung oleh hasil kuantitas, Gbr. 6.b. Nodularitas tertinggi memang diperoleh Cetakan D, lalu diikuti oleh Cetakan A. Perbedaan nodularitas antara Cetakan D dengan Cetakan A tidak signifikan, hanya 1,5% sehingga dapat dikatakan bahwa nodularitas Cetakan A serupa (similar) dengan

ISBN : 979-587-395-4

Cetakan D. Pada Cetakan D, walaupun jumlah nodulnya paling rendah tetapi terlihat bahwa setiap grafit yang terbentuk mempunyai nilai nodularitas yang tinggi. Ini menunjukan bahwa proses nodulasi tetap berjalan dengan baik walaupun proses inokulasinya gagal. Sedangkan untuk Cetakan B dan C, memang nodularitasnya tidak sebaik Cetakan A dan D tetapi perbedaannya juga tidak terlalu signifikan, yaitu 10% untuk perbedaan antara nodularitas terkecil (Cetakan B) dengan nodularitas terbesar (Cetakan D). Nodularitas yang dicapai pada penelitian ini masih belum memenuhi persyaratan yang ada, yaitu berkisar 80% sampai 90%. Hal ini terjadi sama seperti halnya dengan proses inokulasi, yaitu karena jeda waktu pouring yang terlalu lama dan temperatur *tapping* yang terlalu tinggi. Penggunaan isolator cenderung mengurangi nodularitas. Pengurangan yang terjadi terlihat lebih signifikan jika dibandingkan dengan jumlah nodul. Walaupun demikian dapat dikatakan penggunaan isolator tidak memberikan efek yang signifikan terhadap nodularitas.

Jika analisa dilakukan kepada posisi peletakan isolator, Gbr. 3 dan Gbr. 6, maka terlihat jika isolator diletakan simetris pada posisi samping kiri dan kanan tepat di samping plat, Gbr. 3.b., akan memberikan jumlah nodul dan nodularitas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan posisi peletakkan isolator yang tidak simetris, Gbr. 3.c. Hal ini sebagai akibat dari proses pelepasan dan perpindahan panas yang terjadi.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini jeda waktu antara proses *tapping* dengan *pouring* tidak boleh terlalu lama karena akan menyebabkan terjadinya kegagalan proses inokulasi dan nodulasi. Hasil penelitian juga menunjukan walaupun jumlah nodul yang diperoleh rendah tetapi nodularitas yang diperoleh tetap di atas 50%. Selain itu temperatur *tapping* yang juga menjadi temperatur inokulasi tidak boleh terlalu tinggi karena jumlah nodul yang terbentuk akan semakin berkurang dengan semakin tingginya temperatur proses inokulasi.

Kesimpulan lain yang dapat diambil adalah walaupun tidak signifikan tetapi terlihat penggunaan isolator mengurangi jumlah nodul dan nodularitas. Pengaruh isolator terlihat lebih signifikan pada nodularitas. Selain itu dapat disimpulkan juga posisi peletakan isolator juga memberikan pengaruh kepada jumlah nodul dan nodularitas.

5. DAFTAR ACUAN

[1] QIT Technical Staff, *Ductile Iron Production*, QIT-Fer er Titane Inc., 1992.
[2] T. Skalad, *Developments in Cast Iron Metallurgical Treatments*, Elkem, Norwegia.
[3] S. O. Olsen dan C. Hartung, *Recovery of Magnesium in a Ductile Iron Process*, Elkem, Norwegia.
[4] J. V. Dowson, *Graphite in As-cast Nodular (SG) Iron – Their Causes and Prevention*, BCIRA Report No. 1221, 1976, hal. 153.
[5] A. G. Fuller, *Mechanisms and Effects of Inoculation*, BCIRA Technology, Maret, 1991, hal. 2.
[6] E. Huerta dan V. Popovski, *A Study of Hold Time, Fade Effect and Microstructure in Ductile Iron*, Proceeding of the AFS Cast Iron Inoculation Conference, September, 2005, Illinois, USA.
[7] Y. S. Lerner dan M. V. Riabov, *Iron Inoculation: An Overview of Methods*, Modern Casting, 6(89), July, 1999, hal. 37.