

# Pengaruh Aluminising Terhadap Kekerasan Mikro Permukaan Besi Tuang Nodular

Dody Prayitno

Jurusan Teknik Mesin - Universitas Trisakti  
Jl Kyai Tapa no 1, Grogol, Jakarta Barat, 11440  
Handphone : 0819814887  
Email : doditnm@yahoo.com (12pt bold)

## Abstrak

*Aluminising merupakan proses pelapisan aluminium pada permukaan, biasanya, logam baja. Salah satu caranya adalah perendaman baja di dalam cairan aluminium. Pada penelitian ini proses aluminising diaplikasikan pada besi tuang nodular. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh perendaman didalam aluminium terhadap kekerasan mikro permukaan besi tuang nodular. Metodologi penelitian diawali dengan memesis hingga mengampas permukaan sampel besi tuang nodular. Selanjutnya aluminium dicairkan di dalam dapur pemanas (700 oC). Sampel besi tuang nodular kemudian di rendam didalam cairan aluminium dengan variasi waktu rendaman 1, 5, 15 dan 30 menit. Akhirnya sampel besi tuang nodular diuji keras. Penelitian ini menyimpulkan bahwa perendaman didalam cairan aluminium (aluminising) dapat meningkatkan kekerasan mikro permukaan besi tuang. Selain itu disimpulkan pula bahwa kekerasan mikro meningkat dengan bertambahnya waktu rendaman. Kekerasan mikro besi tuang nodular yang tidak mengalami aluminising adalah 191.46 HV dan kekerasan besi tuang nodular yang direndam selama 30 menit adalah 300.91 HV. Peningkatan kekerasan tersebut disebabkan lapisan intermetalik pada permukaan sampel besi tuang.*

*Kata Kunci: Aluminising, intermetalik, besi tuang nodular, kekerasan mikro*

## Pendahuluan

Pada beberapa tahun belakangan ini, pemakaian ferro-aluminium mulai melebar. Aluminium dengan sifat konduktivitas panas tinggi dan rendah massa jenis, ketika digunakan untuk melapis ferro akan menyebabkan meningkatnya ketahanan creep, kekerasan dan ketahanan aus baja. Proses pelapisan aluminium dengan ketebalan tertentu keatas baja dikenal sebagai aluminising [1,2]

Aluminising dapat dilakukan dengan beberapa metode diantaranya adalah *vacuum aluminizing*, *cladding* atau *hot dip*. Metode *vacuum aluminizing* diterapkan dengan menguapkan aluminium dan kemudian mengkondensasinya diatas artikel. Pelapisan ini menghasilkan ketebalan hingga sepuluh micron. Metode *cladding* diterapkan dengan mencair (rolling) secara bersamaan antar lambaran baja dengan lambaran aluminium. Metode *hot dip* dilakukan dengan merendam artikel (baja) kedalam cairan aluminium. Metode *hot dip* relatif mudah, cepat dan suhu kerjanya relatif rendah. [3]

Aplikasi besi tuang nodular sebagai peralatan mesin pertanian, seperti *pullly* mulai mendapatkan perhatian. Besi tuang nodular memiliki kekuatan tarik yang

melebihi besi tuang kelabu. Kekerasan pun lebih tinggi dibandingkan besi tuang kelabu. Namun untuk meningkatkan ketahanan ausnya, kekerasan permukaan besi tuang nodular masih perlu ditingkatkan.

Melihat keuntungan proses *hot dip* (aluminising) dan adanya keinginan untuk meningkatkan kekerasan permukaan besi tuang nodular, maka dilakukannya sebuah penelitian.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perendaman didalam aluminium terhadap kekerasan mikro permukaan besi tuang nodular Ruang lingkup penelitian. Metode aluminising yang diaplikasikan adalah *hot dip*. Material adalah besi tuang nodular (tabel 1) dan aluminium tipe 7050 dengan komposisi kimia tertera pada tabel 2. Suhu aluminium cair adalah konstan (700 °C). Waktu rendaman bervariasi yaitu 1 menit, 5 menit, 15 menit dan 30 menit.

Tabel 1. Komposisi besi tuang nodular .

| C (%) | Si (%) | Mn (%) | Mg (%) | Ni (%) |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| 3,5   | 2,37   | 0,28   | 0,025  | 0,076  |

| Cu (%) | P (%) | S (%) | Cr (%) | Zn (%) | Al (%) |
|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 0,076  | 0,089 | 0,004 | 0,015  | 0,0046 | 0,005  |

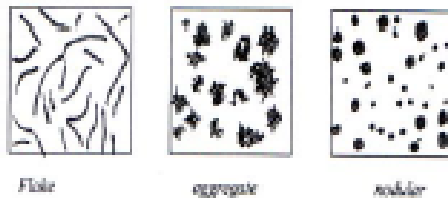
Tabel 2. Komposisi kimia 7050 [4]

| Zn (%)    | Cu (%)    | Mg (%)    | Si (%)   | Mn (%)   | Fe (%)   | Al (%)        |
|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|---------------|
| 5.7 - 6.7 | 2.0 - 2.6 | 1.9 - 2.6 | 0.12 max | 0.10 max | 0.15 max | 87.73 - 90.03 |

### Studi pustaka

#### Besi tuang nodular

Besi tuang nodular adalah besi tuang dengan bentuk grafit bulat (nodular) seperti yang diperlihatkan gambar 1c. Sifat mekanik besi tuang salah satunya ditentukan oleh bentuk grafit. Dengan bentuk grafitnya yang bulat (nodular), kekuatan tarik dan ketahanan besi tuang nodular adalah lebih tinggi dibandingkan dengan besi tuang kelabu dengan grafitis *flake* (gambar 1a)



Gambar 1. Beberapa morfologi graphite besi tuang.

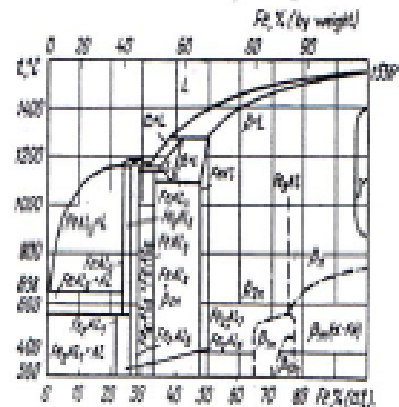
#### Intermetalik Fe-Al

Pada beberapa tahun belakangan ini, pemakaian ferro-aluminium mulai melebar. Aluminium dengan sifat konduktivitas panas tinggi dan rendah massa jenis, ketika digunakan untuk melapisi ferro akan menyebabkan meningkatnya ketahanan creep, kekerasan dan ketahanan aus baja. Proses pelapisan aluminium dengan ketebalan tertentu keatas baja dikenal sebagai aluminizing.

Aluminizing dapat dilakukan dengan beberapa metode diantaranya adalah *vacuum aluminizing*, *cladding* atau *hot dip*. Metode *vacuum aluminizing* diterapkan dengan menguapkan aluminium dan kemudian mengondensasinya diatas artikel. Pelapisan ini menghasilkan ketebalan hingga sepuluh micron. Metode *cladding* diterapkan dengan mencanai (*rolling*) secara bersamaan antar lembaran baja dengan lembaran aluminium. Metode *hot dip* dilakukan dengan merendam artikel (baja) kedalam cairan aluminium. Metode *hot dip* relatif mudah, cepat dan suhu kerjanya relatif rendah.

Adanya proses perendaman baja didalam cairan aluminium akan menyebabkan terbentuknya lapisan intermetalik pada permukaan baja. Fasa dari intermetalik tersebut sangat tergantung dari komposisi

Fe-Al itu sendiri seperti yang diperlihatkan pada diagram fasa Fe-Al (gambar 2)



Gambar 2. Diagram fasa Fe-Al [3]

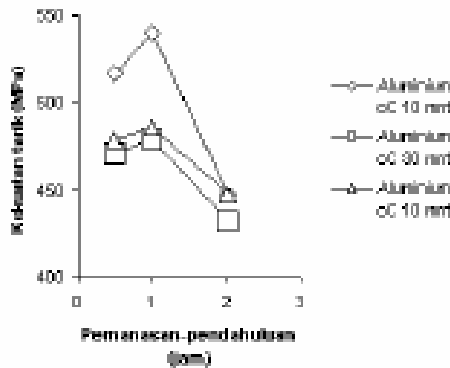
Sifat logam intermetalik (Fe-Al) sangat berbeda dengan sifat Fe atau Al itu sendiri. Kekerasan mikro fasa intermetalik sangat tergantung suhu. Peningkatan suhu akan menyebabkan kekerasan mikro menurun tajam [5].

Suharno yang melakukan penelitian efek suhu perendaman aluminium terhadap kekerasan lapisan intermetalik pada baja yang komposisi kimianya tertera tabel 3 menyimpulkan bahwa peningkatan suhu cairan aluminium akan menurunkan kekerasan mikro lapisan intermetalik. Kekerasan mikro lapisan intermetalik adalah 345,96 kg/mm<sup>2</sup>, 292,94 kg/mm<sup>2</sup> dan 299,86 kg/mm<sup>2</sup> masing-masing pada suhu cairan aluminium 650 °C, 700 °C dan 720 °C. Waktu rendaman adalah konstan 30 menit. Suharno juga menyimpulkan bahwa peningkatan kadar silikon pada cairan aluminium akan meningkatkan kekerasan mikro lapisan intermetalik. [6]

Tabel 3. Komposisi baja [6]

| C (%)     | Si (%)  | Mn (%)  | Cr (%)  | Mo (%) | V (%)   |
|-----------|---------|---------|---------|--------|---------|
| 0.32-0.42 | 0.8-1.2 | 0.5 max | 4.5-5.5 | 1-1.5  | 0.5-1.2 |

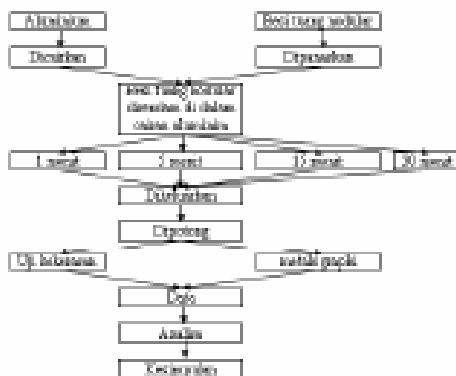
Efek pemanasan pendahuluan pada baja karbon sebelum dilakukan perendaman di dalam cairan aluminium terhadap kekuatan tarik baja karbon diteliti oleh Dody [2]. Penambahan waktu pemanasan pendahuluan dari 0.5 jam sampai dengan 1 jam akan meningkatkan kekuatan tarik sehingga mencapai titik optimum. Penambahan waktu pemanasan pendahuluan berikutnya dari 1 jam sampai dengan 2 jam akan menurunkan kekuatan mekanik. Peningkatan suhu pemanasan pendahuluan juga menurunkan kekuatan tarik (gambar 3).



Gambar 3 Efek pemanasan pendahutuan terhadap ketahanan tarik baja karbon. [2]

**Metodologi penelitian**

Metodologi penelitian diawali dengan memasin hingga mengampas permukaan sampel besi tuang nodular dengan ampas no 800. Selanjutnya aluminium dicairkan di dalam dapur pemanas (700 °C). Sampel besi tuang nodular kemudian di rendam didalam cairan aluminium dengan variasi waktu rendaman 1 menit, 5 menit, 15 menit dan 30 menit (gambar 4). Suhu cairan tetap dipertahankan 700 °C. Selanjutnya sampel dikeluarkan dan didinginkan. Kemudian sampel besi tuang nodular dipotong untuk metalographi dan draji keras mikro. Pengujian kekerasan mikro dilakukan dibarah 1 mikrometer dibawah permukaan atas sampel.

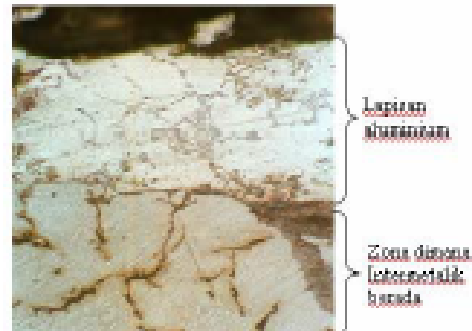


Gambar 4. Diagram alir penelitian

**Hasil dan pembahasan**

Proses aluminizing dengan metode hot dip menghasilkan lapisan aluminium yang melekat pada permukaan sampel besi tuang nodular (Gambar 5). Dibawah lapisan aluminium tersebut terdapat lapisan yang diyakini adalah intermetalik. Dibawah lapisan

intermetalik adalah logam dasar (*base metal*) yang dalam hal ini adalah besi tuang nodular.



Gambar 5. Lapisan aluminium dan intermetalik

Berdasarkan pengamatan diketahui bahwa lapisan aluminium ini mudah terkelupas (gambar 6). Hal serupa juga dijumpai pada penelitian Suharno [6] dan Ryabov [3].



Gambar 6. Lapisan aluminium yang mudah terkelupas.

Pengujian kekerasan mikro dilakukan pada daerah 1 micro dibawah lapisan aluminium dengan alasan bahwa lokasi tersebut memiliki fase intermetalik. Berdasarkan penelitian Suharno [6] ketebalan lapisan intermetalik pada suhu cairan 700 °C dan waktu rendaman 30 menit adalah 5 micron. Penelitian lain menyatakan tebal lapisan intermetalik maksimum adalah 240 micron.

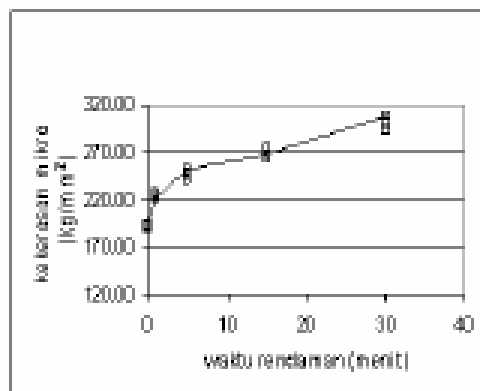
Tabel 4 Nilai kekerasan mikro rata-rata dari 5 pengujian

| Waktu rendaman (menit) | Nilai kekerasan (VHN) |
|------------------------|-----------------------|
| 0                      | 191.46                |
| 1                      | 224.29                |
| 5                      | 247.60                |
| 15                     | 267.54                |
| 30                     | 300.91                |

Hasil pengukuran uji kekerasan mikro dengan metode Vickers diperlihatkan pada tabel 4. Kekerasan besi tuang nodular awal (awal sampel) adalah 191.46

VHN. Perendaman pada aluminium cair selama 1 menit meningkatkan menjadi 224,29 VHN atau naik sekitar 17 %. Peningkatan nilai kekerasan akan semakin terasa apabila waktu rendaman bertambah. Bila waktu rendaman 5 menit dan 15 menit maka nilai kekerasan mikronya masing – masing adalah 247,60 VHN dan 267,54 VHN. Kekerasan mikro menjadi 300,91 VHN atau naik sebesar 37 % terjadi bila besi tuang nodular di rendam di dalam aluminium cair selama 30 menit. Perubahan nilai kekerasan mikro sebagai efek dari waktu rendaman dapat dilihat pada gambar 7

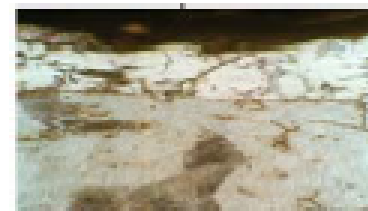
Hasil kekerasan mikro penelitian ini berkisar antara 224,29 VHN s/d 300,91 VHN. Nilai tersebut berdasarkan penelitian terdahulu [3] dimiliki oleh intermetalik FeAl. Namun apabila nilai kekerasan yang tercapai adalah 345 VHN fase intermetalik yang terjadi adalah Fe<sub>3</sub>Al berdasarkan penelitian Suharno [6] dan Langvard [7]



Gambar 7. Kekerasan mikro

Gambar mikrostruktur lapisan aluminium diperlihatkan pada gambar 9 menggunakan mikroskop dengan pembesaran 200 X.

Dari gambar 9 terlihat bahwa lapisan aluminium yang berwujud rapuh tersebut akan semakin menebal dengan bertambahnya waktu rendaman. Penelitian ini memperlihatkan adanya korelasi antara Penebalan lapisan aluminium dengan meningkatnya kekerasan mikro. Korelasi tersebut menunjukkan bahwa atom – atom aluminium yang berdifusi membentuk lapisan intermetalik semakin banyak. Oleh karena itu penelitian ini mendukung pendapat bahwa peningkatan waktu rendaman akan meningkatkan laju difusi atom aluminium yang berdifusi ke dalam *base metal* (besi tuang nodular). Peningkatan ketebalan lapisan intermetalik sebagai hasil difusi tersebut diperlihatkan oleh Suharno (gambar 9) [6]. Implikasi dari peningkatan difusi adalah peningkatan nilai kekerasan mikro lapisan intermetalik tersebut.



(a) waktu rendam 1 menit

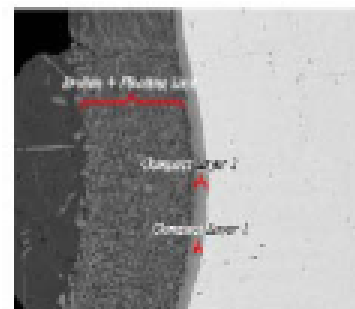


(b) waktu rendam 5 menit



(c) waktu rendam 30 menit

Gambar 9. Lapisan aluminium sesuai waktu rendamnya



Gambar 9. lapisan intermetalik (compact layer 1 dan 2) pada suhu cairan aluminium 700 °C. Menggunakan SEM [6]

#### Kesimpulan.

Kekerasan mikro besi tuang nodular yang tidak mengalami proses hot dip adalah 191,46 VHN. Proses hot dip yang diterapkan pada besi tuang nodular menyebabkan peningkatan kekerasan mikro bergantung pada waktu rendamannya. Peningkatan waktu rendaman didalam cairan aluminium dari 1

menit sampai dengan 30 menit akan meningkatkan kekerasan mikro dari 224.29 VHN menjadi 300.91 VHN. Peningkatan tersebut disebabkan hadirnya lapisan intermetalik.

#### Penghargaan

Dicapkan banyak terima kasih kepada Rektor Universitas Triasakti yang telah memberikan dukungan dan penelitian.

#### Daftar Pustaka

- [1] Dody papayitno dan Norozmimi A.R. (2006), *Efek Suhu Rendaman pada Metode Aluminising Terhadap Kekuatan Baja Karbon Rendah*, Jurnal Teknik Mesin, Volume 6 No 3,
- [2] Dody papayitno dan Norozmimi A.R. (2007), *Efek Pemasasan pendalman Pada Metode Aluminising Terhadap Kekuatan Baja Karbon Rendah*, Jurnal POROS , Volume 10 No 2
- [3] Ryabov VR (1985), *Aluminizing of Steel*, Oxonian Press PVT, New Delhi
- [4] Boyer Howard E and Gall Timothy L (editors), (1977), *Metals Handbook Desk Edition*, American Society For Metals
- [5] Vestbruk D Kh (1962), *Mechanical Properties of Metallic Joints*, Metallurgizdat
- [6] Suharno Bambang, Rima D, Bustamul Arifin dan Sri Harjanto (2007), *Morfologi dan Karakteristik Intermetalik Akibat Die Soldering pada Pemnakan Baja Cetakan (Dies) Dalam Proses Pengcoran Tekan Paduan Aluminium Silikon*, Jurnal Teknik Mesin, Vol 9 No 2
- [7] Langurd Y. (1990), *Silicon in Commercial Aluminium Alloys-What Becomes of it During DC-Casting*, Key Engineering Materials Vol 44 & 45.