

## Pengaruh Proses *Degassing* pada Peleburan Aluminium dengan Tungku Peleburannya

Lutiyatmi<sup>1\*</sup> dan Tri Daryanto<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Pengecoran Logam, Politeknik Manufaktur Ceper

\*Email: [yatmiluti@gmail.com](mailto:yatmiluti@gmail.com)

doi: <https://doi.org/10.31603/ae.v1i03.2360>

Dipublikasikan oleh Laboratorium Teknik Otomotif Universitas Muhammadiyah Magelang dan Association of Indonesian Vocational Educators (AIVE)

### Abstrak

#### Article Info

Submitted:

14/11/2018

Revised:

08/12/2018

Accepted:

09/12/2018

Porositas gas adalah salah satu masalah yang paling serius dalam pengecoran logam aluminium. Ada beberapa metode *degassing* yang telah dipelajari dalam proses pengecoran. Selama peleburan aluminium, senyawa intermetalik (IMC) dapat dibentuk pada antarmuka antara aluminium cair dan baja padat dari lapisan tungku krusibel. Dalam penelitian ini, efek penambahan *degassing* dari formasi IMC dipelajari dan diteliti. Spesimen uji berbentuk silinder direndam dalam bak aluminium cair. Perendaman spesimen uji berada di kisaran waktu antara 10 sampai 15 menit. Dua penggunaan *degassing* yaitu *degassing* garam dapur grasak dan *degassing* Natrium Clorida (NaCl) dilakukan untuk menyelidiki efek pada pembentukan IMC. IMC itu diperiksa di bawah mikroskop elektron serta kekerasan IMC dengan mikrovickers hardness. Karena tingginya kandungan hidrogen, spesimen uji yang direndam dalam aluminium cair tanpa degasser memiliki lapisan IMC yang lebih tebal daripada yang lain. Proses *degassing* NaCl lebih efektif daripada *degassing* garam Grasak untuk mengurangi pertumbuhan IMC. Selanjutnya, fase yang muncul pada daerah IMC yaitu senyawa FeAl dan FeAl<sub>3</sub> terbentuk pada spesimen dengan proses tanpa *degassing* dan menggunakan *degassing* NaCl.

**Key words:** *Degassing*; Tungku krusibel; Senyawa Intermetalik; Aluminium

### 1. Pendahuluan

Aluminium terdapat di bumi kira-kira 8,07% hingga 8,23%. Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi, penghantar listrik dan kekuatan mekanik yang baik. Sifat-sifat yang menguntungkan lainnya adalah ketahanan aus yang baik dan koefisien pemuaian rendah. Aluminium mempunyai peranan penting pada industri manufaktur maupun industri otomotif. Material ini digunakan di berbagai bidang misalnya untuk peralatan

rumah tangga, material pesawat terbang, mobil, kapal laut dan konstruksi lainnya [1].

Pengecoran adalah salah satu cara dalam pengolahan aluminium dan paduannya. Pengecoran dipengaruhi oleh jenis bahan, peralatan dan metode yang digunakan dan ini berpengaruh pada mutu hasil cor dan biaya. Peralatan utama yang digunakan dalam proses peleburan adalah tungku (*furnance*). Tungku ini berfungsi sebagai tempat untuk proses pencairan logam yang menggunakan bahan bakar tertentu,

misalnya listrik, arang, batu bara sesuai jenis tungku yang digunakan. Tungku krusibel adalah tungku peleburan yang biasa digunakan dalam peleburan aluminium. Jenis bahan untuk pembuatan tungku krusibel adalah dari bahan logam antara lain : baja maupun besi cor, sedangkan bahan bakarnya menggunakan arang kayu.

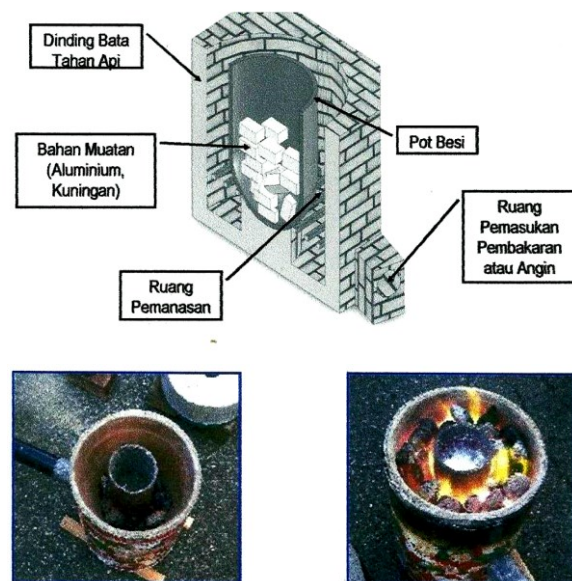
Proses peleburan aluminium pada tungku krusibel dengan cara pemanasan awal tungku dengan bahan bakar (arang kayu) sampai bagian dalam tungku panas dan tampak kemerahan. Bahan aluminium dimasukkan ke tungku krusibel sebagai umpan, selanjutnya secara bertahap ditambahkan aluminium yang lain dan tidak boleh dipadatkan, karena dapat mengakibatkan pecahnya tungku. Temperatur peleburan aluminium adalah 650 °C sampai 850 °C [2].

Gas hidrogen akan larut dalam aluminium cair dan membuat cairan aluminium tersebut menjadi berubah atau kotor. Kelarutan gas hidrogen berubah-ubah sesuai dengan perubahan temperatur. Aluminium cair dengan kandungan gas hidrogen tinggi dapat menyebabkan porositas (hasil coran berlubang-lubang halus). Semakin tinggi kandungan hidrogen akan menyebabkan porositas yang semakin besar. Hidrogen yang tidak larut pada aluminium cair, jika membeku dan keluar dari logam cair membentuk porositas. Langkah awal dalam menghindari larutnya hidrogen dalam cairan adalah menjaga agar air ( $H_2O$ ) tidak turut dalam peleburan, yang disebut dengan proses *degassing*. *Degassing* adalah proses yang dilakukan untuk mengeluarkan gas hidrogen dari cairan aluminium. Jenis proses *degassing* bermacam-macam antara lain menggunakan gas mulia, tablet, carbon dan garam [3].

Aluminium cair dan dinding tungku krusibel yang terbuat dari material logam lain pada proses peleburan bereaksi membentuk lapisan intermetalik atau *intermetallic material compound* (IMC). IMC adalah lapisan yang merupakan reaksi dua material yang berbeda antara material logam dan aluminium secara kimiawi. Diagram fase Fe-Al menunjukkan beberapa jenis senyawa

intermetalik yang terkandung di dalamnya. Senyawa tersebut antara lain :  $Fe_3Al$ ,  $FeAl$ ,  $FeAl_2$ ,  $Fe_2Al_5$  dan  $FeAl_3$ . Senyawa  $FeAl_2$ ,  $Fe_2Al_5$  dan  $FeAl_3$  memiliki komposisi aluminium tinggi, dan bersifat rapuh. Senyawa  $FeAl$  dan  $Fe_3Al$  mempunyai kandungan komposisi aluminium rendah yang terbentuk dari baja yang bereaksi dilapisi aluminium pada suhu 1323°K selama 900 detik [4].

Tungku krusibel untuk peleburan aluminium dapat digunakan dalam jangka waktu 100 sampai 110 kali proses peleburan (Gambar 1). Pemakaian tungku krusibel setelah jangka waktu tersebut sering terjadi pengikisan dinding tungku dan terjadi kebocoran. IMC yang terjadi pada dinding krusibel merupakan salah satu penyebab terjadinya kerusakan pada tungku krusibel yang digunakan. Senyawa yang terjadi pada daerah antara muka antara aluminium cair dan tungku krusibel lama kelamaan dapat mengikis dinding atau lapisan tungku krusibel tersebut. Ini menunjukkan bahwa reaksi intermetalik antara aluminium cair dan dinding tungku krusibel yang terbuat dari material logam perlu diketahui dengan meneliti bagian IMC yang terbentuk pada dinding tungku krusibel tersebut.



Gambar 1. Konstruksi tanur krusibel sederhana

Beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah adanya *holding time* (waktu penahanan) dan penggunaan jenis *degassing* yang berbeda.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini akan membahas tentang pengaruh jenis *degassing* terhadap pembentukan IMC pada dinding krusibel. Tungku krusibel adalah alat peleburan yang cukup mahal, maka tungku krusibel ini dimodelkan dengan material logam (baja dan bahan besi cor) yang dicelupkan ke dalam aluminium cair dengan waktu tertentu dan penambahan jenis *degassing* tertentu.

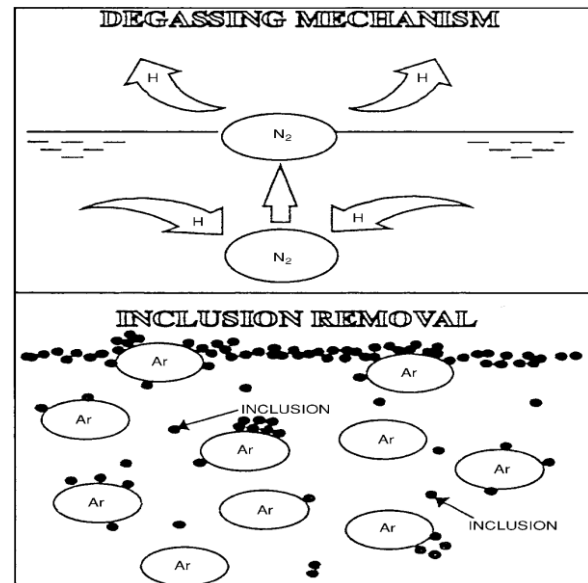
### 1.1. Degassing

*Degassing* adalah proses pengikatan senyawa hidrogen yang terjadi pada proses peleburan logam aluminium. Hidrogen adalah senyawa terpenting yang mempengaruhi terjadinya cacat porositas pada produk coran. Titik lebur aluminium adalah 660 °C. Bila suhu cairan Al dibawahnya akan terjadi pembekuan yang cepat sehingga hasil coran tidak akan sempurna. Bila suhu cairan logam diatas 660 °C maka akan terjadi penambahan senyawa hidrogen yang besar. Hasil produk akan terjadi cacat porositas, baik cacat porositas gas maupun cacat porositas *shrinkage*.

Kondisi pada saat temperatur tinggi gas hidrogen akan cenderung berdifusi kedalam logam cair. Gas-gas hidrogen ini harus dikeluarkan dari Aluminium cair karena akan menyebabkan terjadinya cacat pada benda cor. Proses pengeluaran gas ini disebut proses *degasser*. Umumnya *degasser* yang digunakan adalah dalam bentuk tablet atau gas (gas argon dan gas nitrogen).

Mekanisme pengeluaran gas pada logam aluminium cair adalah sebagai berikut: gas yang dimasukkan ke dalam aluminium cair akan menghasilkan gas dalam bentuk gelembung yang hampir hampa udara (< 1 atm). Gas hidrogen yang terlarut dalam Aluminium tidak dapat keluar karena tekanan di dalam Aluminium cair < 1 atm sedangkan tekanan diluar sebesar 1 atm. Akibatnya gelembung udara yang dihasilkan tablet masuk ke dalam gas hidrogen dan gelembung udara tersebut terbawa keatas bersamaan dengan kotoran lain yang terlarut didalam Aluminium cair. Gas-gas atau

gelembung udara tersebut sebagian akan menjadi *dross* dan akan dibuang melalui proses pembuangan *dross*. Mekanisme *degassing* ditunjukkan pada Gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Mekanisme proses *degassing* [1]

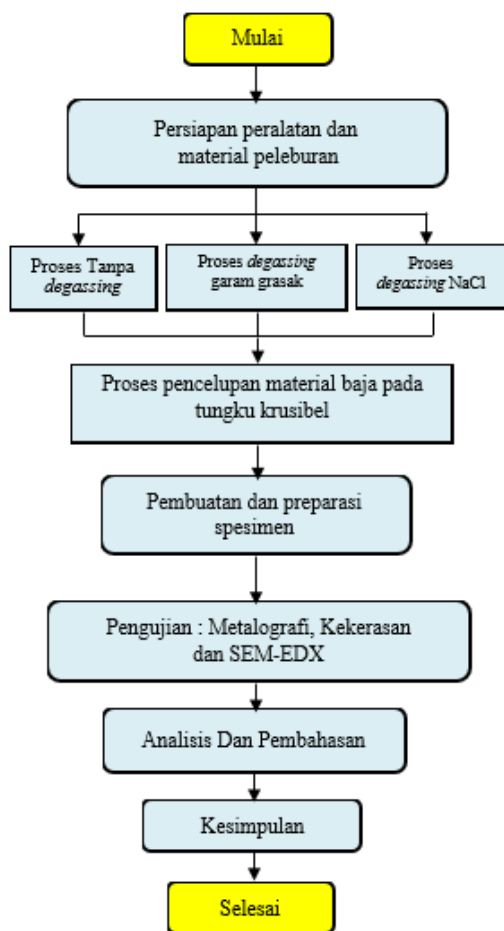
### 1.2. Intermetallic Material Compound (IMC)

Proses peleburan adalah terjadi reaksi antara tungku krusibel yang digunakan dengan plat aluminium yang dilebur. Reaksi ini akan terbentuk senyawa dari gabungan dua logam tersebut. Reaksi antara dua material tersebut terjadi akan terbentuk suatu senyawa yang disebut dengan senyawa IMC.

Senyawa intermetalik ini merupakan struktur kompleks di mana atom terlarut hadir di antara atom pelarut dalam proporsi tertentu. Beberapa senyawa intermetalik memiliki kelarutan padat dan jenis obligasi atomnya adalah dari logam ke ion. Sifat dari senyawa intermetalik adalah kuat, keras, dan rapuh. Senyawa ini pada temperatur tinggi mempunyai titik lebur, kekuatan yang tinggi, resistensi oksidasi yang baik dan kepadatan relatif rendah.

IMC adalah senyawa logam yang terbentuk pada antarmuka antara logam yang berbeda dan biasanya memiliki sifat yang berbeda secara signifikan. IMC ini merupakan paduan logam besi dan aluminium berbentuk padat dan terdiri dari beberapa senyawa intermetalik antara lain Fe<sub>3</sub>Al, FeAl, FeAl<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>Al<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>Al<sub>5</sub> dan FeAl<sub>3</sub> [5].

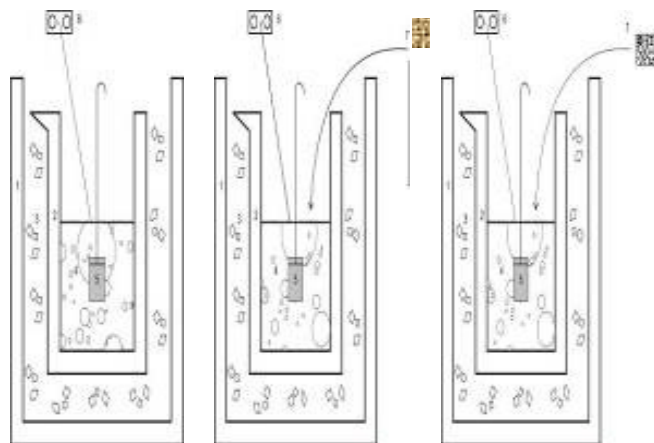
Pembentukan senyawa pada daerah IMC ini juga dipengaruhi oleh *degassing* yang digunakan. Penelitian ini menggunakan *degassing* garam yaitu garam kasar dan garam berbentuk bahan kimia yaitu NaCl dengan pertimbangan bahwa garam mudah bereaksi dengan cairan logam, murah dan sering digunakan di industri pengecoran logam aluminium di Cepher, Klaten. Garam NaCl sebagai pembanding dari garam kasar yang digunakan sebagai *degassing* tersebut.



Gambar 3. Tahapan proses penelitian

## 2. Metode

Gambar 3 menjelaskan tahapan kegiatan yang dilakukan selama penelitian ini. Kegiatan penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang dapat menentukan senyawa yang terkandung dari jenis bahan tungku kusibel yang digunakan dalam proses peleburan aluminium. Sementara itu, Gambar 4 menjelaskan tentang metode proses pelaksanaan penelitian pada peleburan aluminium dengan *degassing* yang berbeda antara proses tanpa *degassing*, *degassing* garam kasar dan *degassing* NaCl.



Gambar 4. Tahapan proses peleburan baja dengan 3 variasi (TD; DGG dan DNaCl)

## 3. Hasil dan Pembahasan

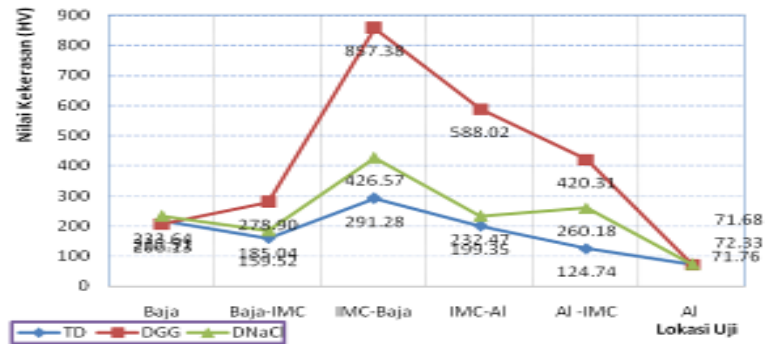
Material yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : aluminium bekas yang sering dilebur di industri Cepher dan bahan baja. Pengujian yang dilakukan adalah dari sampel 3 variasi proses yaitu :

- Peleburan tanpa proses *degassing*

- Peleburan dengan *degassing* garam kasar
- Peleburan dengan proses *degassing* NaCl

### 3.1. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat uji type mikrovickers hardness, dengan hasil pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil uji kekerasan baja pada 3 variasi proses degassing

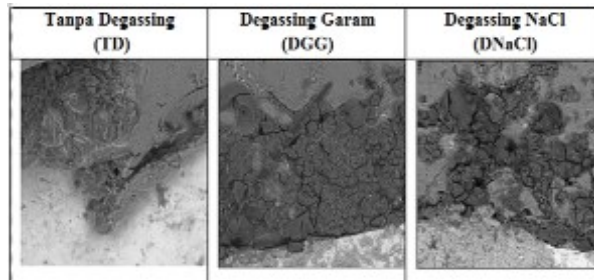
Berdasarkan gambar 5, pengujian kekerasan pada material baja dengan 3 variasi sampel uji ; Tanpa degasing (TD); degasing garam grasak (DGG) dan menggunakan degasiing NaCl. Lokasi pengujian ditentukan 5 lokasi uji, antara lain bagian baja, baja dekat IMC (*intermetallic*) bagian IMC, bagian aluminium dekat IMC dan bagian aluminium.

Hasil pengujian kekerasan dianalisa bahwa nilai kekerasan tertinggi dari 5 lokasi uji terdapat pada semua daerah Intermetaliknya (IMC-Baja), sedangkan proses degassing yang paling tinggi hasil pengujian kekerasannya adalah

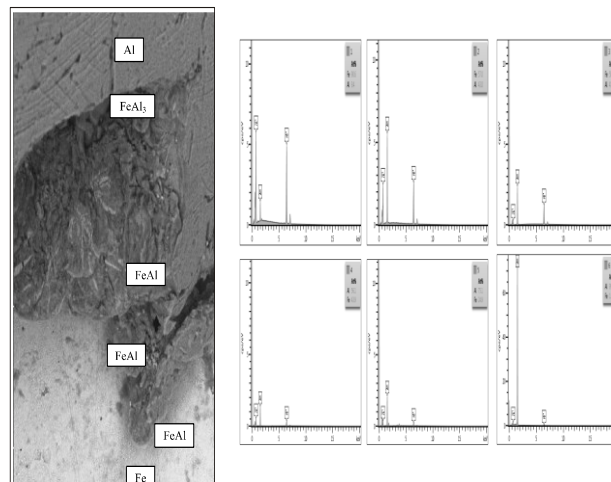
menggunakan Degassing Garam Grasak (DGG) dengan nilai kekerasan sebesar 857,38 HV.

### 3.2. Pengujian SEM dan EDX

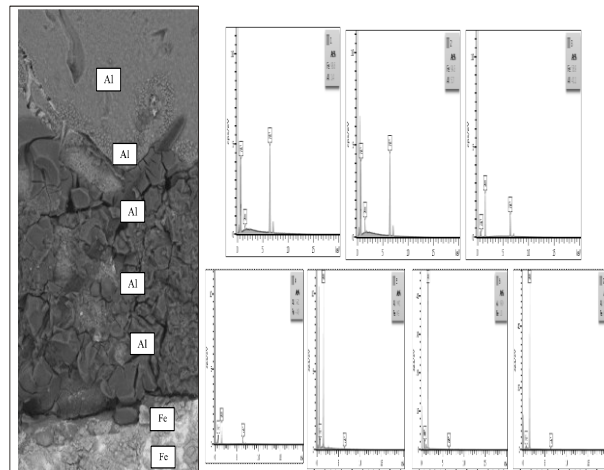
Hasil morfologi senyawa yang terjadi pada daerah *interface* pada setiap proses peleburan dan lama waktu pencelupan baja pada aluminium cair dijelaskan pada Gambar 6. Pada daerah antar muka ini, dapat diketahui jenis-jenis IMC yang terjadi. Senyawa IMC yang dihasilkan mengacu pada hasil uji EDX yang disajikan dalam Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9, secara berurutan.



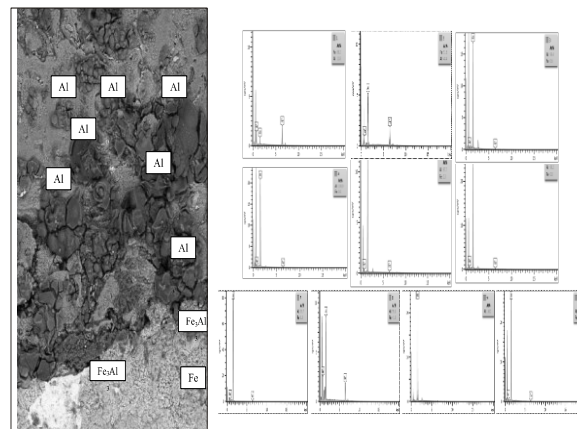
Gambar 6. Hasil pengujian SEM pada baja dengan 3 variasi proses



Gambar 7. Hasil pengujian EDX pada baja tanpa degassing (senyawa yang terjadi pada daerah intermetalik terdapat pada Tabel 1 antara lain, FeAl, FeAl, FeAl, FeAl<sub>3</sub> dan Al)



**Gambar 8.** Hasil pengujian EDX pada baja dengan *degassing* garam grasak (senyawa yang terjadi pada daerah intermetalik terdapat pada [Tabel 1](#) antara lain : Fe, Fe, Al, Al, Al, Al, Al dan Al)



**Gambar 9.** Hasil pengujian EDX pada baja dengan *degassing* NaCl (senyawa yang terjadi pada daerah intermetalik terdapat pada [Tabel 1](#), antara lain: Fe, FeAl, Al, Al, Al, Al, Al, Al, FeAl dan Al)

Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa lama proses difusi berpengaruh terhadap banyaknya fase intermetalik yang terbentuk. Semakin lama waktu difusi maka fase intermetalik yang terbentuk akan semakin banyak [6]. Senyawa intermetalik pada lapisan antarmuka yang terjadi ada 6 jenis yaitu FeAl, Fe<sub>3</sub>Al, Fe<sub>2</sub>Al<sub>3</sub>, FeAl<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>Al<sub>5</sub> dan FeAl<sub>3</sub> menurut penelitian. Namun senyawa yang muncul pada penelitian ini adalah senyawa FeAl dan FeAl<sub>3</sub> saja.

[Tabel 1](#) menunjukkan bahwa pada ketiga proses peleburan baja pada waktu pencelupan 10-15 menit (data dari penelitian sebelumnya), senyawa yang terjadi pada fase intermetalik antara lain : FeAl dan FeAl<sub>3</sub>. Senyawa yang muncul pada proses peleburan tanpa *degassing* adalah muncul senyawa FeAl<sub>3</sub>; peleburan

*degassing* garam grasak dominan Fe dan Al dan peleburan *degassing* NaCl muncul senyawa FeAl. FeAl merupakan senyawa dengan kandungan Fe tinggi sehingga mempunyai kekerasan tinggi, namun berpengaruh pada tungku krusibel yang digunakan akan terkikis lebih lama. Senyawa FeAl<sub>3</sub> mempunyai sifat agak lunak sehingga senyawa tersebut jika dihubungkan dengan tungku krusibel yang digunakan akan lebih lama cepat terkikis. Dalam penelitian ini kelebihan adalah proses *degassing* menggunakan NaCl dengan menghasilkan senyawa FeAl lebih baik daripada menggunakan *degassing* garam grasak yang menghasilkan senyawa FeAl<sub>3</sub> yang cukup rapuh. Kelemahannya bahan NaCl harganya cukup mahal jika dibandingkan dengan harga garam grasak.

**Tabel 1.** Hasil uji EDX daerah interface Fe-Al pada material Baja dengan 3 variasi proses peleburan

Spot no.	Tanpa degassing			Degassing DGG			Degassing NaCl		
	Fe (%At)	Al (%At)	Fase	Fe (%At)	Al (%At)	Fase	Fe (%At)	Al (%At)	Fase
1	90,6	9,4	Fe	98,6	1,4	Fe	88,2	11,8	Fe
2	57	43	FeAl	94,3	5,7	Fe	51,6	48,4	FeAl
3	58,9	41,1	FeAl	2,7	97,3	Al	0,6	99,4	Al
4	43,9	56,1	FeAl	0,6	99,4	Al	0	100	Al
5	24,9	75,1	FeAl <sub>3</sub>	0,9	99,1	Al	2,3	97,7	Al
6	1	99	Al	1	99	Al	08	99,2	Al
7				0,2	99,8	Al	0,3	99,7	Al
8.							41	59	FeAl
9.							0	100	Al
10.							0	100	Al

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah dari proses peleburan dengan 3 variasi degassing yang berbeda didapatkan nilai kekerasan yang berbeda, dimana nilai kekerasan tertinggi pada proses degassing garam grasak, degassing NaCl dan terendah pada proses tanpa degassing. Hal ini dipengaruhi oleh adanya senyawa yang muncul pada daerah fase intermetaliknya, senyawa FeAl dan FeAl<sub>3</sub> yang muncul pada proses ini. Senyawa dengan kandungan Fe tinggi mempunyai sifat tahan aus dan cukup kuat, sedangkan kadungan Al tinggi material bersifat rapuh atau getas.

#### Ucapan Terima Kasih

Artikel ini merupakan pengembangan dari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Kami mengucapkan banyak terima kasih kepada DRPM - Kemenristekdikti yang telah membantu pembiayaan dalam penelitian ini dan Politeknik Manufaktur Ceper Klaten sebagai instansi tempat peneliti bekerja.

#### Referensi

- [1] Brown, J.R., "The Foseco Non-Ferrous Foundryman's Handbook". (Eleventh edition), Oxford. London, 1994.
- [2] Arifin, Bustanul, "Pengecoran Logam Non Ferro". Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 1998.
- [3] ASM Handbook, Volume 8, "Atlas of Microstructures of Industrial alloys". The Volume was prepared under the direction of the ASM Handbook Committee, 1972.
- [4] Kuruveri, UB. Huilgol. Prashanth and Joseph Jithin, "Aluminising of Mild Steel Plates. ISRN Metallurgy" 2013.
- [5] Shahverdi, H.R.; Ghomashchi, M.R.; Shabestari, S.; Hejazi, J, "Microstructural analysis of interfacial reaction between molten aluminum and solid iron". Journal of Materials Processing Technology, 124, 345-35, 2002.
- [6] Shigeaki Kobayashi; Takao Yakou; Materials Science and Engineering A, , 338, 44-53. "Control of intermetallic compound layers at interface between steel and aluminum by diffusion-treatment", 2002.