

**PENGARUH KADAR KARBON DALAM BAJA PADA PROSES
PELAPISAN ALUMINIUM CELUP PANAS**

Mohammad Badaruddin^{1a}, Alfurkhan^{2b}

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik-Universitas Lampung

²⁾Jalan Prof. S. Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung 35145

^{a)}rudin_ntust@yahoo.com, ^{b)}alfurkhan@gmail.com

Abstract

Carbon steel is widely used as a component of engineering work in high temperature conditions. During the application decreases of oxidation resistance drastically. A steel coating is very needed to increase an oxidation resistance. One technique is inexpensive and used to be coating for large components are hot dip coating.

This experiment aimed to determine the effect of carbon content in steel AISI 1020, AISI 1045 and AISI 1090 against hot dip aluminium coating on hot dip aluminium coating process and to study the influence of immersion time in the tub aluminium molten steel on the growth of intermetallic layer. Immersion times used were 4, 9, and 16 seconds with a temperature of 700 °C. Volume composition used for each solution is 100 ml flux with three variations, namely Y1 flux (1.5 g KF, NaF 1.5 g, 8.5 g Borax , and 2.5 g of acetic acid), Y2 (2.0 KF g, 2.0 g NaF, 9.5 g Borax, and 3.0 acetic acid) and Y3 (2.5 g of KF, 2.5 g NaF, 10 g Borax, 3.5 g acetic acid). Then do the impact test , SEM , OM and XRD.

For the most thick aluminium layer was AISI 1020 steel with immersion time of 4 seconds is 0.118 mm and Fe - Al intermetallic layer ($FeAl_3+Fe_2Al_5$) is the thickest on AISI 1045 steel with immersion time of 9 seconds. Energy values were greatest impact on AISI 1020 steel is 187.2 J, means less carbon content of the energy generated greater impact.

Keywords : Hot Dip Aluminium, CarbonSteel, Impact Energy, Fe-Al ($FeAl_3+Fe_2Al_5$), Flux Variations.

PENDAHULUAN

Baja karbon saat ini banyak dimanfaatkan sebagai komponen keteknikan dibandingkan dengan besi atau jenis logam lainnya. Hal ini diakibatkan karena baja karbon lebih mampu tahan terhadap korosi. Namun untuk penggunaan jangka panjang, perlu dilakukan pelapisan permukaan pada baja karbon guna mengurangi dan menghindari korosi Proses pelapisan dapat dilakukan dengan cara celup panas (*hot dipping*). Pada proses pencelupan tersebut, parameter (temperatur dan waktu) yang akan digunakan harus dipertimbangkan guna memperoleh tebal permukaan hasil pencelupan yang maksimal.

Pada proses pelapisan celup panas (*hot-dipping*), peningkatan temperatur logam cair akan meningkatkan laju difusi atom-atom

logam besi dan aluminium sehingga ketebalan lapisan akan meningkat seiring peningkatan temperatur logam cair. Untuk mendapatkan parameter proses celup panas dan komposisi larutan fluksing pada proses pembuatan baja karbon dengan aluminium celup panas dan ketahanan perlindungan baja dengan lapisan aluminium untuk mendapatkan ketebalan lapisan yang terbaik dengan beberapa variasi.

Pengaruh fluks pada permukaan baja AISI 1020, AISI 1045 dan AISI 1090 yang dilapisi Al celup panas dipelajari melalui pencelupan pada temperatur 700°C selama 4, 9 dan 16 detik. Data hasil celup panas dianalisis untuk mengetahui komposisi fluks dalam baja. Baja lapis Al yang diobservasi melalui mikroskop optik, scanning electron microscopy (SEM), *impact* dan XRD analisis untuk menjelaskan hasil yang terjadi.

PROSEDUR PENELITIAN

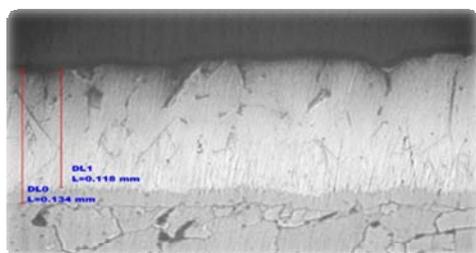
Baja AISI 1020, AISI 1045 dan AISI 1090 dipotong dengan ukuran 10 mm × 10 mm × 10 mm dan 55 mm x 10 mm x 10 mm untuk dibuat spesimen. Spesimen dilobangi dengan Ø 1 mm untuk menggantungnya pada saat proses pelapisan. Pelapisan baja dilakukan dengan mencelupkan ke dalam bak Al-cair pada 700 °C selama 4, 9 dan 16 detik.

Spesimen dimasukkan ke dalam larutan Hcl yang diletakkan di dalam ultrasonic cleaner pada 40 °C selama 5 menit. Sebelum di celup panas spesimen di letakkan di dalam hot plate pada 55 °C selama 20 detik. Proses celup panas dilakukan pada 700 °C dengan waktu 4, 9 dan 16 detik. Mikrostruktur dan komposisi fluks semua sampel dianalisis menggunakan scanning electron microscopy (SEM), impact dan Optical microscope (OM). Fasa-fasa yang terbentuk dianalisis dengan X-ray diffraction (XRD).

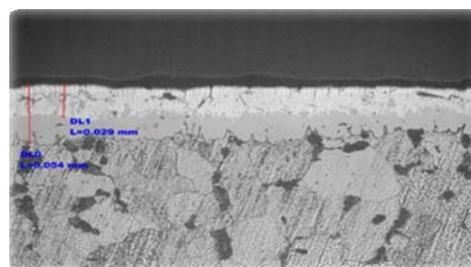
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Baja Lapis Al-celup Panas

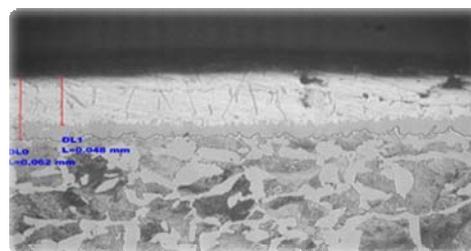
Hasil penampang permukaan Al ditunjukkan pada gambar 1, 2 dan 3 dan dapat dilihat permukaan spesimen baja AISI 1020, AISI 1045 dan AISI 1090 yang telah di celup panas Al pada temperatur 700 °C dengan waktu 4, 9 dan 16 detik menunjukkan perbedaan antara ketebalan Al pada permukaan baja, lapisan Al dan Fe-Al yang terbentuk adalah aluminium dengan atom Fe yang terlarut dalam lapisan Al bagian luar.



(a)

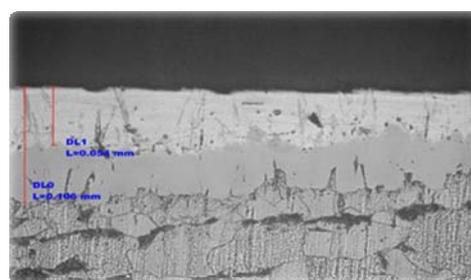
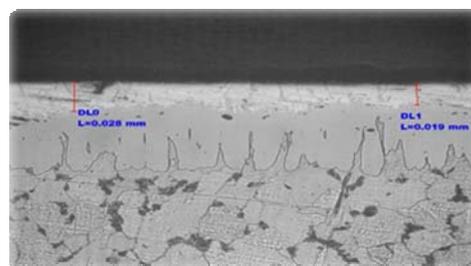


(a)

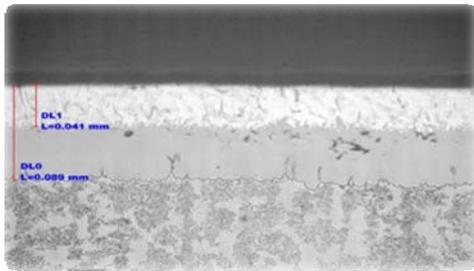


(b)

Gambar 1. Penampang permukaan baja lapis aluminium dengan larutan fluks Y1, a) Baja AISI 1020, b) Baja AISI 1045 dan c) Baja AISI 1090 dengan waktu celup 4 detik.

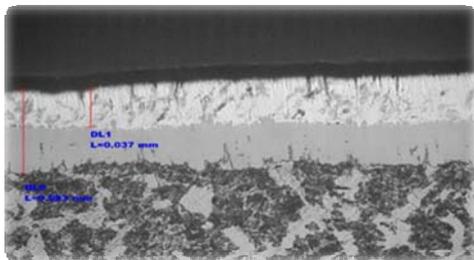
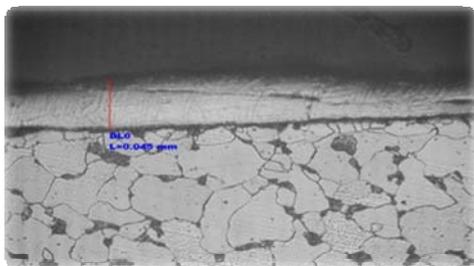


(a)

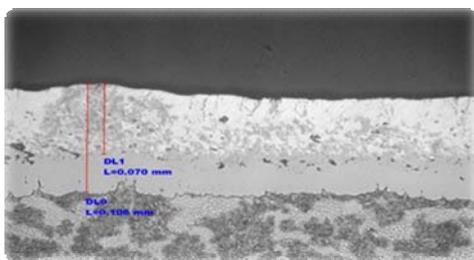


(b)

Gambar 2. Penampang permukaan baja lapis aluminium dengan larutan fluks Y2, a) Baja AISI 1020, b) Baja AISI 1045 dan c) Baja AISI 1090 dengan waktu celup 9 detik.



(a)



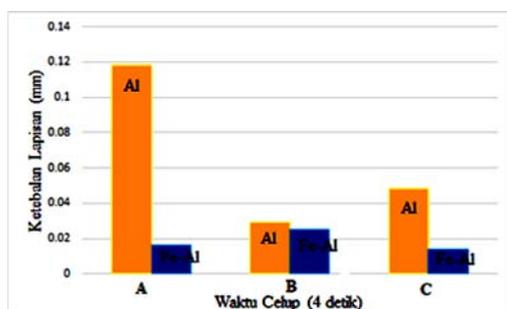
(b)

Gambar 3. Penampang permukaan baja lapis aluminium dengan larutan fluks Y3, a) Baja AISI 1020, b) Baja AISI 1045 dan c) Baja AISI 1090 dengan waktu celup 16 detik.

Setelah dilakukan pengujian OM dengan variasi larutan fluks (Y1), (Y2) dan (Y3) pada temperatur celup panas 700 °C maka diperoleh hasil seperti pada gambar 4.3, 4.4 dan 4.5 di atas. Tampak dari hasil pengujian bahwa dengan menggunakan larutan fluks (Y1) laju difusi Al yang paling tebal terjadi pada baja AISI 1020, dengan menggunakan larutan fluks (Y2) lapisan intermetalik Fe-Al ($\text{FeAl}_3 + \text{Fe}_2\text{Al}_5$) yang paling tebal adalah pada baja AISI 1045. Namun dengan menggunakan larutan fluks (Y3) pada baja AISI 1020 tidak terbentuk lapisan intermetalik Fe-Al ($\text{FeAl}_3 + \text{Fe}_2\text{Al}_5$) karena difusi kedalam atom aluminium dan difusi keluar atom Fe dari substrat baja tidak terjadi, sehingga interdifusi tidak terjadi dan akhirnya lapisan intermetalik tidak terbentuk. Hal ini karena lapisan fluks pada permukaan baja rusak atau tidak berfungsi sebagai lapisan pelindung terhadap oksidasi ketika spesimen baja dicelupkan kedalam bak Al cair. Lapisan hitam pada gambar (4.5 a) adalah oksida besi yang terbentuk pada saat proses pelapisan.

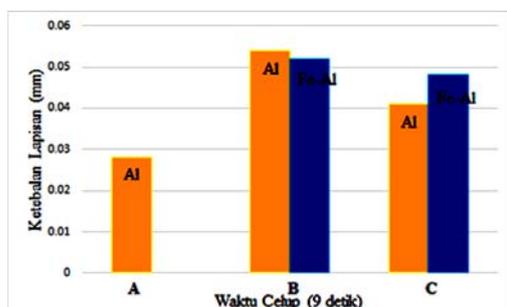
Tabel 1. Hasil pengukuran ketebalan lapisan intermetalik Fe-Al dan Al setelah proses celup panas dengan variasi waktu pencelupan.

Jenis Baja	Waktu Celup (s)	Ketebalan Lapisan Al (mm)	Ketebalan Lapisan Intermetalik Fe-Al (mm)
AISI 1020	4	0.118	0.016
	9	0.028	-
	16	0.045	-
AISI 1045	4	0.029	0.025
	9	0.054	0.052
	16	0.037	0.046
AISI 1090	4	0.048	0.014
	9	0.041	0.048
	16	0.070	0.036



Gambar 4. Grafik yang menunjukkan proses celup panas terhadap ketebalan lapisan Al dan intermetalik Fe-Al ($\text{FeAl}_3 + \text{Fe}_2\text{Al}_5$) pada baja karbon (A) AISI 1020, (B) AISI 1045 dan (C) AISI 1090 pada temperatur 700°C dengan waktu celup 4 detik.

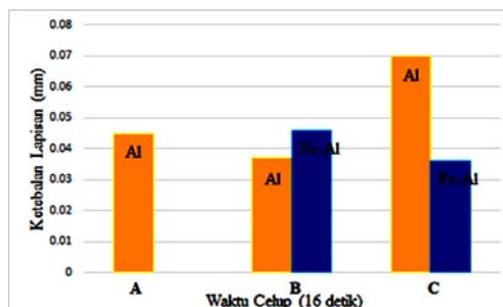
Setelah dilakukan pelapisan Al pada baja AISI 1020 dengan mencelupkan kedalam bak Al cair selama 4 detik, ketebalan lapisan Al adalah 0,118 mm dan lapisan intermetalik Fe-Al ($\text{FeAl}_3 + \text{Fe}_2\text{Al}_5$) adalah 0,016 mm. Pada baja AISI 1045 ketebalan lapisan Al turun menjadi 0,029 mm dan lapisan intermetalik Fe-Al ($\text{FeAl}_3 + \text{Fe}_2\text{Al}_5$) adalah 0,025 mm. Selanjutnya, pada baja AISI 1090 ketebalan lapisan Al adalah 0,048 mm dan lapisan intermetalik Fe-Al ($\text{FeAl}_3 + \text{Fe}_2\text{Al}_5$) semakin turun menjadi 0,014.



Gambar 5. Grafik yang menunjukkan proses celup panas terhadap ketebalan lapisan Al dan intermetalik Fe-Al ($\text{FeAl}_3 + \text{Fe}_2\text{Al}_5$) pada baja karbon (A) AISI 1020, (B) AISI 1045 dan (C) AISI 1090 pada temperatur 700°C dengan waktu celup 9 detik.

Selanjutnya pelapisan Al pada baja AISI 1020 dengan mencelupkan kedalam bak Al cair selama 9 detik ketebalan lapisan Al adalah 0,028 mm dan lapisan intermetalik Fe-Al ($\text{FeAl}_3 + \text{Fe}_2\text{Al}_5$) dinyatakan tidak terbaca

(*error*). Pada baja AISI 1045 ketebalan Al semakin naik menjadi 0,054 mm dan lapisan intermetalik Fe-Al ($\text{FeAl}_3 + \text{Fe}_2\text{Al}_5$) menjadi 0,052 mm. Begitu pula baja AISI 1090 ketebalan lapisan Al turun menjadi 0,041 mm dan lapisan intermetalik Fe-Al ($\text{FeAl}_3 + \text{Fe}_2\text{Al}_5$) menjadi 0,048 mm.



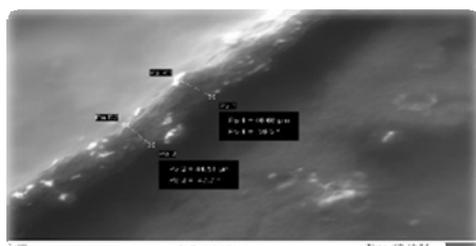
Gambar 6. Grafik yang menunjukkan proses celup panas terhadap ketebalan lapisan Al dan intermetalik Fe-Al ($\text{FeAl}_3 + \text{Fe}_2\text{Al}_5$) pada baja karbon (A) AISI 1020, (B) AISI 1045 dan (C) AISI 1090 pada temperatur 700°C dengan waktu celup 16 detik.

Selanjutnya dengan mencelupkan kedalam bak Al cair selama 16 detik, ketebalan lapisan Al baja AISI 1020 adalah 0,045 mm dan ketebalan lapisan intermetalik Fe-Al ($\text{FeAl}_3 + \text{Fe}_2\text{Al}_5$) dinyatakan tidak terbaca (*error*). Untuk baja AISI 1045 ketebalan lapisan Al turun menjadi 0,037 mm dan lapisan intermetalik Fe-Al ($\text{FeAl}_3 + \text{Fe}_2\text{Al}_5$) naik menjadi 0,046 mm. Begitu pula pada baja AISI 1090 ketebalan lapisan Al adalah 0,07 mm dan lapisan intermetalik Fe-Al ($\text{FeAl}_3 + \text{Fe}_2\text{Al}_5$) adalah 0,036 mm.

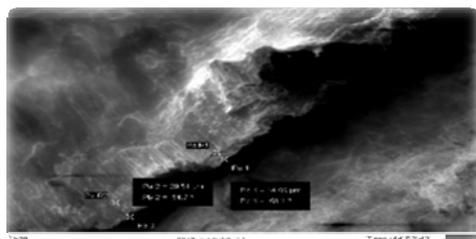
Pada baja AISI 1020 dan AISI 1090 dengan waktu celup 4 detik dengan menggunakan larutan fluks (Y1) pada gambar (4.3 a dan c) lapisan intermetalik Fe-Al yang terbentuk lebih tipis, karena laju difusi kedalam atom Al dan keluar atom Fe dari substrat baja lebih sedikit, sehingga interdifusi yang terjadi untuk membentuk lapisan intermetalik lebih tipis, disebabkan lapisan fluks pada permukaan baja berfungsi lebih sedikit sebagai lapisan pelindung terhadap oksidasi pada saat proses celup panas kedalam bak Al cair.

2. Foto baja carbon celup panas Al yang dilakukan dengan pengujian SEM.

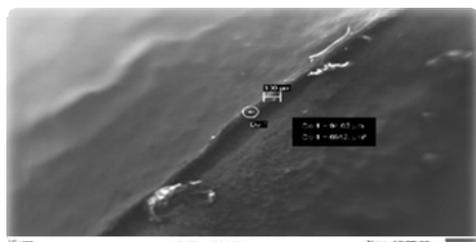
Pengamatan foto mikro penampang permukaan spesimen baja carbon AISI 1020, AISI 1045 dan AISI 1090 yang dilapisi Al celup panas pada temperatur 700 °C dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



(a)



(b)



Gambar 7. Patahan lapisan aluminium dengan larutan fluks Y1, a) Baja AISI 1020, b) Baja AISI 1045 dan c) Baja AISI 1090.

Dari gambar 7. terlihat bahwa patahan yang terjadi pada baja AISI 1020 dan baja AISI 1090 adalah patahan granular / kristalin yang diakibatkan oleh mekanisme pembelahan (*cleavage*) pada butir-butir dari bahan (logam) yang rapuh (*brittle*) sehingga patahan yang terbentuk cukup baik. Namun pada baja AISI 1045 bentuk patahan yang terjadi adalah patahan berserat yang diakibatkan oleh

mekanisme pergeseran bidang-bidang kristal di dalam bahan (logam) yang ulet (*Ductile*) sehingga patahan yang terbentuk kurang baik.

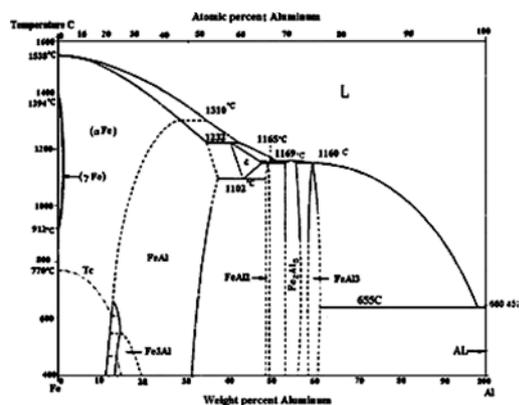
Tabel 4.2. Energi *impact* baja karbon celup panas pada temperatur 700 °C.

Jenis Baja	Energi <i>Impact</i> (J)
AISI 1020	187,2
AISI 1045	30
AISI 1090	26

Nilai energi *impact* terbesar diperoleh pada baja AISI 1020 yaitu sebesar 187,2 J, untuk nilai energi *impact* terkecil diperoleh pada baja AISI 1090 yaitu sebesar 26 J dan pada baja AISI 1045 diperoleh nilai energi *impact* sebesar 30 J.

3. Pertumbuhan Fasa Intermetalik Fe-Al

Pada baja carbon aluminium celup panas terdapat bentuk lapisan aluminium dan substrat baja dipengaruhi oleh larutan komposisi Al cair bahkan struktur mikro dari substrat baja. Laju pertumbuhan lapisan intermetalik menurun seiring dengan meningkatnya karbon di dalam substrat baja bahkan dihambat oleh atom-atom silikon, untuk hasil lebih jelas dapat dilihat pada diagram fasa binari dibawah ini.

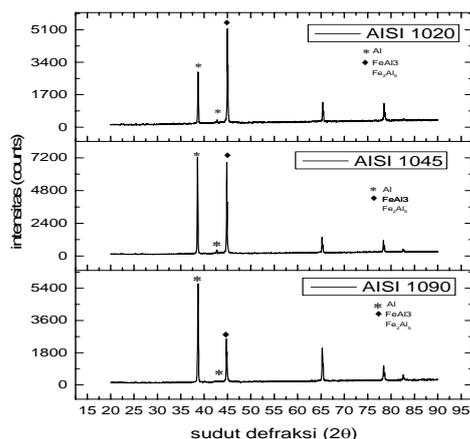


Gambar 8. Diagram fasa binary Fe-Al

Dapat dilihat dengan jelas menurut

diagram fasa paduan besi pada kisaran temperatur 700-800 °C menghasilkan fasa intermetalik Fe-Al yaitu FeAl₃ dan Fe₂Al₅. Dalam proses perlakuan difusi spesimen yang dicelupkan kedalam Al cair, lapisan Fe₂Al₅ yang terbentuk diatas permukaan substrat baja dan lapisan hanya mengandung fasa tunggal Fe₂Al₅ pada temperatur lebih rendah 1273 K, pada umumnya Fe₂Al₅ terbentuk bila temperatur difusi lebih rendah mungkin ini juga terjadi bila temperatur pencelupan setinggi 1173 K. Peningkatan temperatur 1273 K Fe₂Al₅ tumbuh diatas permukaan substrat baja,

4. Foto XRD (X-Ray Diffraction) baja karbon AISI 1020, AISI 1045 dan AISI 1090 yang dilapisi aluminium celup panas pada temperatur 700 °C dengan waktu 4 detik.



Gambar 9. Pola difraksi X-RD analisis pada spesimen baja AISI 1020, AISI 1045 dan AISI 1090 yang dilapisi Al pada temperatur 700 °C selama 4, 9 dan 16 detik.

Proses pelapisan Al cair berdifusi kedalam dan Fe berdifusi keluar, dapat dilihat lapisan Al dan intermetalik Fe-Al yang terbentuk adalah aluminium dengan banyaknya atom Fe yang terlarut dalam lapisan Al bagian luar. Kandungan atom Al menurun seiring dengan ketebalan lapisan intermetalik Fe-Al, lapisan bagian terdalam yang berada pada permukaan baja adalah lapisan FeAl₃ dan Fe₂Al₅ terjadi peningkatan lapisan ketebalan hasil proses celup panas seiring dengan

peningkatan suhu Al sebagai pelapis substrat. Salah satu yang timbul adalah cacat retak tembus sampai ke substrat baja dan bila baja tersebut diaplikasikan pada temperatur tinggi maka performansi lapisan akan berkurang karena terbentuknya oksida besi pada lapisan intermetalik Fe-Al.

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah :

1. Variasi waktu dan komposisi larutan fluks mempengaruhi ketebalan lapisan Al, untuk lapisan Al yang paling tebal adalah pada baja AISI 1020 dengan waktu celup 4 detik yaitu 0.118 mm dan lapisan intermetalik Fe-Al (FeAl₃ + Fe₂Al₅) yang paling tebal adalah pada baja AISI 1045 dengan waktu celup 9 detik. Untuk waktu pencelupan 9 dan 16 detik pada baja AISI 1020 tidak terbentuk lapisan intermetalik Fe-Al (FeAl₃ + Fe₂Al₅) karena difusi kedalam atom aluminium dan difusi keluar atom Fe dari substrat baja tidak terjadi, sehingga interdifusi tidak terjadi dan akhirnya lapisan intermetalik tidak terbentuk. Hal ini karena lapisan fluks pada permukaan baja rusak atau tidak berfungsi sebagai lapisan pelindung terhadap oksidasi ketika spesimen baja dicelupkan kedalam bak Al cair.
2. Nilai energi *impact* yang paling besar adalah pada baja AISI 1020 yaitu 187,2 J, artinya semakin sedikit kadar karbon maka nilai *impact* yang dihasilkan semakin besar. Pada baja AISI 1090 dengan kadar karbon yang lebih banyak energi *impact* yang dihasilkan semakin kecil yaitu 26 J.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Gierek, L. Bajka, Alumunering en Alternativ metod fill forzinkning Korrosionsinstitutet. Stockhlom, 1976 Bulletin nr 77, s. 3-19.
- [2] A.S. Witkin, Metaliczeskije pokrytja listowoj I poloswoj stali izd. Miettallurgija Moskwa 1971 (In Russian).
- [3] Awan, G. H., Ahmed, F., Ali, L., Shuja, M. S., Hasan, F. 2008. *Effect of Coating-thickness on the Formability of Hot Dip*

- Aluminized Steel*. University of Lahore. Pakistan.
- [4] Chai, CS. & Eagar, T.W. (1983) Prediction of weld-metal composition during flux-shielded welding, *Journal of Materials for Energy Systems*. American Society for Metals, VOL. 5, No. 3, Desember, p.160-164.
- [5] Esme, U. (2009) Application of Taguchi Method for the Optimization of Resistance Spot Welding Process, *The Arabian Journal for Science and Engineering*, Vol. 34, No. 2B, p.519 – 528
- [6] Glasbrenner H, Knoys J. Investigation on hot-dip alumunised and subsequent HIP'ped steel sheets. *Fusion Engineering and Design*, 2001, 58-59: 725-729.
- [7] Indiarso, Dwi. 2009. *Pengaruh Waktu Tahan Proses Waktu Hot Dipping Baja Karbon Rendah Terhadap Ketebalan Lapisan, Kekuatan Tarik Dan Harga Impak Dengan Bahan Pelapis Aluminium*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- [8] Suharno, Bambang., Dimiyati, Rima., Arifin, Bustanul., dan Hajanto, Sri. 2007. *Morfologi dan Karakteristik Lapisan Intermetalik Akibat Die Soldering Pada Permukaan Baja Cetakan (Dies) Dalam Proses Pengecoran Tekan Paduan Aluminium Silikon*. Universitas Indonesia. Depok.
- [9] Tobler R.L. Et al., "E 23 - 02, Charpy Impact Test Near Absolute Zero", *Journal Of Testing and Evaluation*, Vol 19, 1 1992.