

PENGARUH KETEBALAN LAPISAN POLA PADA METODE *LOST FOAM CASTING* TERHADAP AKURASI UKURAN BESI COR NODULAR FCD 450

Kardo Rajagukguk*, Suyitno, Sutiyoko

Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika No.2 Yogyakarta 55281

*e-mail: kardorajagukguk@gmail.com

Abstrak

Lost foam casting merupakan salah satu metode pengecoran yang menggunakan bahan *expanded polystyrene (EPS)* sebagai bahan untuk pembuatan pola dan ditanam dalam pasir silika. Ketika logam cair dimasukkan ke dalam cetakan, *EPS* akan mencair dan menguap sehingga tempat itu akan diisi oleh cairan logam. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh tebal lapisan pada pola *expanded polystyrene* terhadap akurasi ukuran besi cor nodular FCD 450 dengan menggunakan metode *lost foam casting*. Pola *EPS* yang digunakan memiliki ketebalan 3-24 mm. Material pelapis yang digunakan adalah material rekraktori Zircon (ZrO_2) dan bahan pengikat Colloidal Silica (O_2Si). Ketebalan material pelapis yang diterapkan pada pola *EPS* yakni 0-1300 mikron. Pola *EPS* ditanam dalam pasir silika kemudian dipadatkan dengan cara digetarkan. Paduan logam FCD 450 dilebur dalam *crucible furnace* dan dituang ke dalam cetakan pada suhu sekitar 1350 °C-1450 °C. Rata-rata akurasi ukuran untuk masing tebal lapisan pola 0 (tanpa pelapisan), 200, 500 dan 1300 mikron berturut-turut adalah -0,05, 0,04, -0,07, dan -0,13. Tebal lapisan 200 mikron memberikan nilai akurasi ukuran terbaik dari ketiga variasi ketebalan lapisan pola. Tebal lapisan 0 (tanpa pelapisan), 500 dan 1300 mikron akan mengakibatkan penurunan akurasi ukuran. Pola yang tidak dilapisi akan memberikan dampak yang buruk terhadap hasil coran.

Kata kunci: akurasi ukuran, besi cor nodular FCD 450, *expanded polystyrene (EPS)*, *lost foam casting*

1. PENDAHULUAN

Pengecoran *lost foam* merupakan salah satu jenis pengecoran yang menggunakan bahan *expanded polystyrene (EPS)* sebagai bahan untuk membuat pola dan ditanam dalam pasir silika menjadi cetakan. Ketika logam cair dimasukkan ke dalam cetakan, *expanded polystyrene* akan mencair dan menguap sehingga tempat itu akan diisi oleh cairan logam (Askeland, 2001). Metode ini ditemukan dan dipatenkan oleh Shroyer pada tahun 1958 (Shroyer, 1958). Pada tahun 1964, konsep penggunaan cetakan pasir kering tanpa pengikat telah dikembangkan dan dipatenkan oleh Smith (Smith, 1964).

Lost foam casting (LFC) merupakan salah satu metode pengecoran dengan biaya yang efektif dan proses pengecoran yang ramah lingkungan. Pengecoran *lost foam* memiliki banyak keuntungan. Salah satu keuntungan dari *lost foam casting* adalah fleksibilitas dalam mendesign pola pengecoran. Pengecoran *lost foam* dapat memproduksi benda yang kompleks/bentuknya rumit, tidak ada pembagian cetakan, tidak memakai inti, mengurangi tenaga kerja dalam pengecorannya (Monroe, 1992). Cetakan dari pola berbahan *polystyrene foam* mudah dibuat dan murah (Barone, 2005).

Pencemaran lingkungan karena emisi bahan-bahan pengikat dan pembuangan pasir dapat dikurangi karena tidak menggunakan bahan pengikat dan pasir dapat langsung digunakan kembali (Kumar dkk, 2007). Penggunaan cetakan *foam* meningkatkan keakuratan dimensi dan memberikan peningkatan kualitas coran dibandingkan dengan cetakan konvensional (Monroe, 1992). Sudut-sudut kemiringan draf dapat dikurangi atau dieliminasi (Barone, 2005). Metode pengecoran ini juga memiliki kekurangan dimana tingkat porositasnya lebih tinggi karena pengaruh *polystyrene foam* yang terbakar (Sutiyoko, 2011).

Lost foam casting secara luas digunakan untuk coran paduan aluminium untuk menghasilkan komponen yang mempunyai bentuk yang kompleks (Guler dkk, 2014). Harga produksi yang lebih rendah juga merupakan salah satu faktor penting dari metode pengecoran, karena pola pengecoran dibuat dari *expanded polystyrene foam (EPS)* dan peralatan untuk

pengecoran tergolong sederhana dan tidak mahal, sehingga metode ini dapat digunakan untuk skala pengecoran kecil.

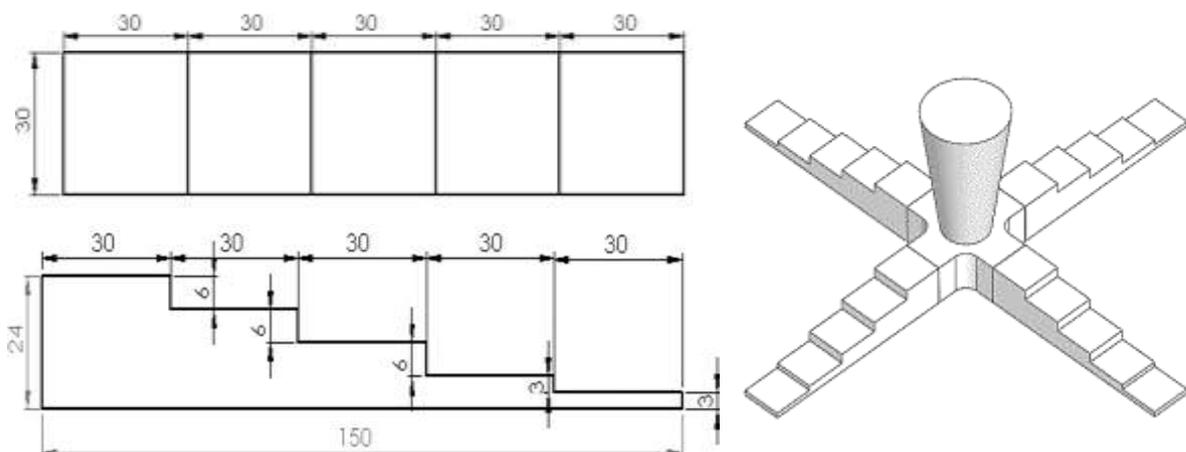
Penelitian tentang pengecoran *lost foam casting* telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti sehingga penerapan metode pengecoran ini mengalami banyak peningkatan khususnya pada negara-negara maju. Penggunaan cetakan *foam* meningkatkan keakuratan dimensi dan memberikan peningkatan kualitas coran yang lebih baik dibandingkan dengan cetakan konvensional (Monroe, 1992). Pelapisan pola mengurangi permeabilitas gas, meningkatkan porositas, dan kekasaran permukaan akan terjadi jika tanpa pelapisan, serta dengan melakukan pemvakuman pada saat pengecoran akan meningkatkan pemindahan gas dan memiliki efek yang jelas pada penurunan porositas (Guler dkk, 2014). Pacyniak (2008) melakukan simulasi pengujian dan menjelaskan efek lapisan permeabilitas refraktori terhadap laju pengisian cetakan, tekanan dalam, celah gas dan ukuran gap yang terbentuk. Hal ini juga memungkinkan untuk memilih permeabilitas lapisan refraktori terbaik, yaitu lapisan yang akan mampu menjamin paduan cairan logam mengisi dengan tepat pada rongga cetakan. Hasil penelitian Karimian (2012) menunjukkan bahwa meningkatkan viskositas dan waktu pencelupan, akan meningkatkan ketebalan lapisan pada pola EPS dan menghasilkan pengaruh yang signifikan terhadap keutuhan hasil coran dan struktur mikro. Lapisan yang tipis akan menghasilkan pori-pori yang lebih banyak, dimana hal ini akan mempermudah gas keluar selama proses pengecoran dan mengakibatkan pengisian cetakan yang lebih baik dan porositas yang lebih sedikit.

Pengecoran dengan metode *lost foam casting* perlu dilakukan pelapisan dengan material refraktori yang dikembangkan sebagai lapisan pada permukaan pola untuk memberikan dukungan terhadap berat pasir sebelum logam cair membeku. Pelapisan dengan refraktori harus tahan terhadap suhu tinggi logam cair. Salah satu faktor penting untuk memproduksi hasil coran berkualitas tinggi dengan metode *lost foam casting* adalah pelapisan pola *expanded polystyrene* dengan material refraktori. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh ketebalan lapisan pola EPS pada metode *lost foam casting* terhadap akurasi ukuran besi cor nodular FCD 450.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Persiapan Pola *Lost Foam Casting*

Material pola yang digunakan dalam percobaan ini adalah *Expanded polystyrene (EPS)*. *EPS foam* yang akan digunakan pada pengecoran *lost foam casting* ini adalah *expanded polystyrene* balok dengan densitas tinggi (*high density*) 17 kg/m^3 (Pacyniak, 2007). Pola dengan lima tingkatan ketebalan yang berbeda seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1 telah didesain dan dipersiapkan untuk percobaan pengecoran *lost foam casting* dengan menggunakan *hot wire cutter* dengan akurasi $\pm 0.5 \text{ mm}$.



Gambar 1. Model pola EPS dan *assembly cluster* untuk pengecoran *lost foam casting*

Pola EPS seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. didesain dengan memiliki ketebalan 3-24 mm. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan *feeding* pada saat penuangan cairan logam kedalam cetakan. Saluran turun sekaligus saluran masuk telah dibentuk dengan menggunakan material EPS

yang sama dengan ukuran diameter atas 55 mm dan diameter bawah 35 mm. Saluran penambah dibuat dengan ukuran 25 x 30 x 24 mm ditambahkan pada pola EPS. Saluran turun, penambah dan pola akan diassembly menggunakan lem *styrofoam* sehingga menjadi *cluster* yang akan digunakan dalam percobaan *lost foam casting*.

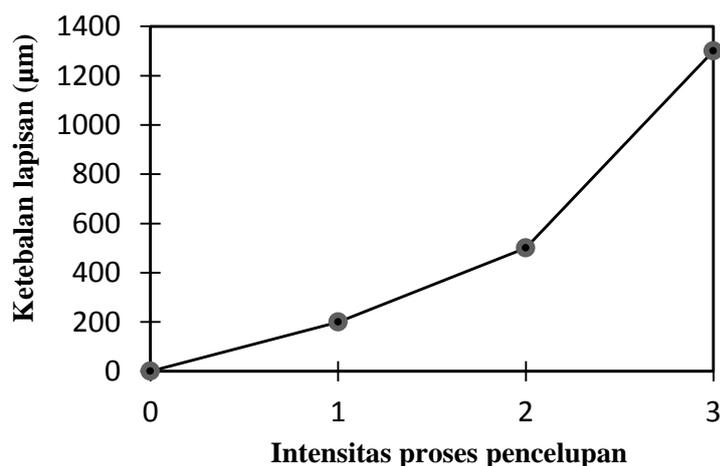
2.2 Persiapan Material Pelapis Pola Lost Foam Casting

Material *coating* yang diuji coba dalam penelitian ini adalah material refraktori Zircon Oksida (ZrO_2), dan bahan pengikat Colloidal Silica (O_2Si). Kedua bahan ini dicampur dengan perbandingan komposisi 1:0,35. Temperatur pelapis yang digunakan adalah 25°C. Metode *coating* yang akan dilakukan yaitu dengan cara dicelupkan dan ketebalan lapisannya akan dibedakan pada setiap sampel. Setelah pola dilapis, selanjutnya dikeringkan selama 1,5 jam dengan temperatur 29-30 °C. Dalam upaya mempelajari pengaruh ketebalan lapisan pola EPS terhadap akurasi ukuran besi cor nodular FCD 450 dengan menggunakan metode *lost foam casting*, maka ketebalan lapisan disetiap pola EPS telah dilakukan.



Gambar 2. Proses pengeringan (a) dan variasi ketebalan lapisan pola EPS (b)

Ukuran ketebalan lapisan pada pencelupan satu sampai tiga kali pencelupan berturut-turut adalah 200, 500, dan 1300 mikron. Ketebalan lapisan material refraktori pada pola dapat dilihat pada Gambar 2b.



Gambar 3. Hubungan intensitas pencelupan dengan ketebalan lapisan pola LFC

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara intensitas pencelupan terhadap ketebalan lapisan pola EPS. Ketebalan lapisan diukur menggunakan *elcometer wet film comb* 112AL dan jangka sorong. Ukuran ketebalan lapisan meningkat secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh faktor tepung Zircon (ZrO_2) yang cepat menyerap air dan langsung cepat mengering. Sehingga pada pencelupan ketiga, ketebalan lapisan pola akan meningkat secara drastis.

2.3 Proses Persiapan Pengecoran *Lost Foam Casting*

Proses selanjutnya adalah memasukkan *cluster* LFC kedalam flask yang sudah didesain seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4a. Pasir silika kering dengan ukuran *Grain Fineness Number (GFN)* 50-60 telah digunakan dalam percobaan *lost foam casting* ini. Pola ditempatkan berada ditengah-tengah cetakan dan selanjutnya dilakukan penggetaran dengan mesin penggetar yang memiliki amplitudo 3 mm. Penggetaran dilakukan selama 3 menit dengan frekuensi 23 Hz seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4b.



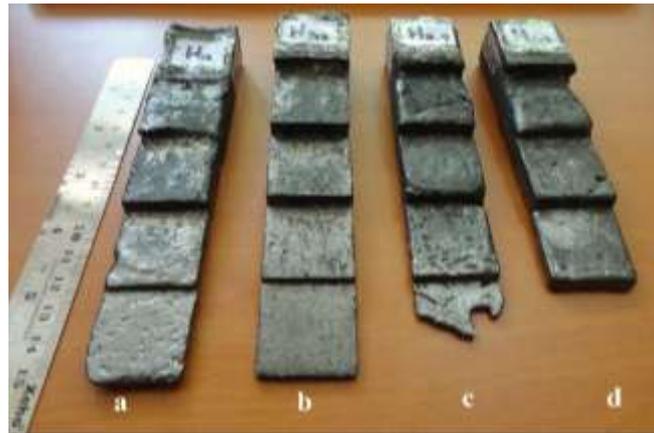
Gambar 4. Penempatan pola pada cetakan (a) dan proses penggetaran cetakan (b)

Paduan cairan logam besi cor nodular (*ductile iron*) FCD 450 telah dilebur menggunakan *crucible furnace* pada suhu 1500 °C, dan dituang kedalam cetakan LFC pada temperatur 1350-1400 °C. Hasil pengukuran CE (*Carbon Equivalen*) meter menunjukkan nilai Karbon sebesar 3.86% dan Silikon sebesar 1,86%. Nilai pengukuran ini sudah sesuai dengan target komposisi yang direncanakan yakni Karbon 3,85-4% dan dan Silikon 1,85-2%. Komposisi ini termasuk dalam besi cor nodular FCD 450 yang banyak diproduksi di industri-industri pengecoran. Rata-rata kecepatan penuangan untuk masing-masing sampel adalah 13 sekon. Setiap hasil pengecoran didinginkan pada temperatur ruangan dan dipisahkan dari cetakan kemudian dipotong sesuai dengan masing-masing variabel ketebalan lapisan pola yang sudah ditentukan sebelumnya.

Selanjutnya dilakukan pengukuran akurasi ukuran terhadap masing-masing variasi tebal lapisan material refraktori. Akurasi ukuran pada pengecoran adalah selisih ukuran bentuk pola yang direncanakan dibandingkan dengan ukuran benda hasil pengecoran. Pengukuran akurasi ukuran dilakukan dengan menghitung selisih volume hasil coran besi cor nodular dengan volume pola EPS. Pengukuran dilakukan dengan mengukur volume EPS dan benda hasil coran menggunakan prinsip Archimedes. Selisih ukuran bernilai positif jika hasil ukuran benda cor lebih besar daripada ukuran pola dan bernilai negatif jika ukuran benda cor lebih kecil daripada ukuran pola.

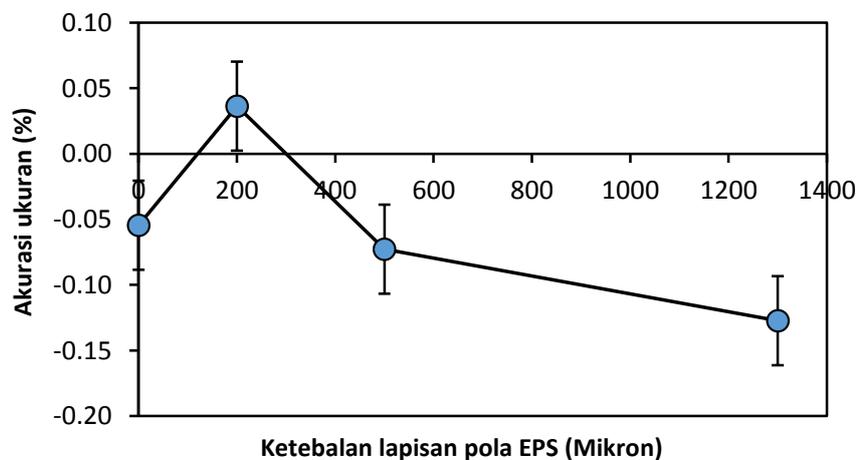
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelapisan pada pola EPS merupakan parameter yang signifikan dalam memproduksi hasil pengecoran yang berkualitas dengan metode *lost foam casting* dimana hal ini akan mempertahankan bentuk pola ketika cairan logam menguraikan pola yang terbuat dari *expanded polystyrene*. Perbandingan produk hasil coran dengan variasi ketebalan lapisan dapat dilihat pada Gambar 5. Hasil percobaan *lost foam casting* menunjukkan bahwa akurasi ukuran benda besi cor nodular FCD 450 pada variasi tebal lapisan 200 mikron memberikan nilai positif. Hal ini berarti benda hasil cor mengalami pembesaran ukuran dibandingkan dengan ukuran polanya (Gambar 5b). Pada variasi tebal lapisan 0 (tanpa pelapisan) 500 mikron, dan 1300 mikron memberikan akurasi ukuran bernilai negatif yaitu benda hasil cor mengalami penyusutan/pengecilan ukuran dibandingkan dengan ukuran polanya (Gambar 5a, 5c, dan 5d). Pola EPS yang tidak dilapisi akan mengakibatkan pada saluran masuk akan terjadi cacat coran yang disebabkan runtuhnya pasir cetak ketika logam cair mulai mengisi pola. Hal ini dapat dilihat pada sampel coran yang tidak dilapisi (Gambar 5a). Selain itu cacat coran yang melekung merupakan salah satu akibat dari pola yang tidak dilapisi. Salah satu kegunaan dari material pelapis yaitu untuk mempertahankan kekakuan pola dan menahan pasir agar tidak segera runtuh ketika logam cair mengisi pola.



Gambar 5. Hasil coran besi cor nodular FCD 450 dengan variasi ketebalan lapisan pola EPS (a) 0 (tanpa pelapisan), (b) 200 mikron (c) 500 mikron dan (d) 1300 mikron

Lapisan dengan ketebalan 200 mikron memiliki akurasi ukuran yang paling baik dibandingkan dengan tebal lapisan lainnya. Tebal lapisan 200 mikron memberikan ukuran benda hasil coran mendekati ukuran pola EPS yang direncanakan sebelumnya. Pada saat terjadinya penguraian *polystyrene*, ketebalan lapisan 200 mikron akan memberikan dukungan terhadap gas-gas hasil dari pembakaran EPS dapat cepat keluar melalui celah material pelapis. Lapisan yang tipis akan membantu dalam pengisian cetakan yakni mengontrol seberapa cepat gas yang dihasilkan dan keluar melalui celah-celah pasir cetak. Hasil ini juga dapat dilihat pada penelitian Karimian (2012).



Gambar 6. Hubungan tebal lapisan pola EPS terhadap akurasi ukuran

Sebaliknya lapisan dengan ketebalan 500 dan 1300 mikron akan mengakibatkan terjadinya cacat coran. Cairan logam tidak dapat mengisi sampai tebal pola 3 mm. Hal ini diakibatkan oleh gas-gas yang terbentuk akibat dekomposisi *polystyrene* terjebak dalam pola. Lapisan yang terlalu tebal akan mengakibatkan gas-gas tidak dapat keluar secara cepat dari *cavity* (ruang kosong berbentuk pola benda cor). Pengontrolan tebal lapisan pola sangat penting untuk dapat menghasilkan produk coran yang memiliki akurasi ukuran yang baik. Ketebalan lapisan pola EPS sangat bergantung terhadap tebal produk cor yang diinginkan. Rekayasa lapisan dilakukan untuk memperoleh berbagai sifat penting untuk proses pengecoran seperti isolasi termal, ketahanan abrasi, penyerapan cairan, dan jalan keluar untuk gas ketika logam cair membakar pola *polystyrene*.

Gambar 6. memberikan rata-rata akurasi ukuran untuk masing tebal lapisan pola berturut-turut adalah -0,05, 0,04, -0,07, dan -0,13. Semakin tebal lapisan pola maka akurasi ukuran semakin menurun. Hal ini diakibatkan oleh gas-gas yang terjebak sebagai akibat dari dekomposisi

polytyrene sulit keluar dari dalam pola. Hal ini yang juga mengakibatkan logam tidak dapat mengisi penuh sampai ke ujung pola EPS.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan maka dapat disimpulkan bahwa pelapisan dengan material refraktori Zircon (ZrO_2) dan bahan pengikat Colloidal Silica (O_2Si) berpengaruh terhadap akurasi ukuran. Rata-rata akurasi ukuran untuk masing tebal lapisan pola 0 (tanpa pelapisan), 200, 500 dan 1300 mikron berturut-turut adalah -0,05, 0,04, -0,07, dan -0,13. Tebal lapisan 200 mikron memberikan nilai akurasi ukuran terbaik dari ketiga variasi ketebalan lapisan pola. Pelapisan pada pola EPS akan mempertahankan kekakuan pola dan menahan pasir cetak agar tidak segera runtuh ketika logam cair mengisi pola. Lapisan yang tipis akan membantu dalam pengisian cetakan yakni mengontrol seberapa cepat gas yang dihasilkan dan keluar melalui celah-celah pasir cetak. Gas-gas yang terbentuk akibat dari dekomposisi *polystyrene*, agar tidak terjebak dan membentuk gap didalam cetakan pola maka permeabilitas dari material pelapis haruslah cukup baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Askeland, D.R., 2001, *Encyclopedia of Materials*, Science and Technology, Elsevier Science Ltd.
- Barone, M. R., Caulk, D. A., 2005, *A Foam Ablation Model for Lost Foam Casting of Aluminum*, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 48, pp. 4132–4149
- Guler Kerem. A.,Kisasoz, A, and Karaaslan Ahmet., 2014, *Effects of Pattern Coating and Vacuum Assistance on Porosity of Aluminium Lost Foam Castings*, Russian Journal of Non-Ferrous Metals, Vol. 55, No. 5, pp. 424–428.
- Karimian, M., A.Ourdjini, M.H Idris, and Hassan J., 2012, *Effect Of Pattern Coating Thickness On Characteristics Of Lost Foam Al-Si-Cu Alloy Casting*, Trans. Nonferrous Met. Soc., Vol. 22 pp. 2092-2097.
- Kumar, S., Kumar, P., Shan, H. S., 2007, *Effect of Evaporative Pattern Casting Process Parameters on The Surface Roughness of Al-7% Si Alloy Castings*, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 182, pp. 615–623.
- Monroe, R.M., 1992, *Expandable Patterns Casting*, American Foundryman's Society Inc., pp.96-97
- Pacyniak, T., 2008, *The Effect of Refractory Coating Permeability on The Lost Foam Process*, Archives of Foundry Engineering, Vol. 8, pp. 199-204.
- Shroyer, H. F., 1958, *Cavity Less Casting Mold And Method of Making Same*, American Foundryman Society Transaction US Patent No. 2. 2830343.
- Smith, T. R., 1964, *Method of Casting*, US Patent No.3. 157924.
- Sutiyo, 2011, *Metode Pengecoran Lost Foam Menjawab Tantangan Dunia Industri Pengecoran Logam*, Jurnal Foundry Politeknik Manufaktur Ceper, Vol.1, pp. 21-29.