

**PEMBUATAN PROTOTIP *CYLINDER HEAD ENGINE*
MENGUNAKAN PENGECORAN *LOST FOAM* MEMANFAATKAN
POTENSI SUMBER DAYA MINERAL DI WILAYAH
KALIMANTAN BARAT**



Masy'ari¹, Edi Karyadi¹, Sunarso¹

¹*Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Pontianak*

Email korespondensi: masyari_ari@yahoo.com

Abstrak

Kalimantan Barat mempunyai cadangan bauksit terbesar di Indonesia dengan nilai investasi kurang lebih mencapai IDR 57 Triliun (Kementerian Lingkunga Hidup, 2012). Untuk bahan tambang lainnya seperti kaolin dan pasir kuarsa diperkirakan mencapai 180 dan 66,25 juta ton (Zulfikar dkk, 2007). Kaolin dan pasir kuarsa merupakan bahan dasar dalam proses pengecoran *lost foam*, yaitu suatu metode pengecoran menggunakan pola *polystyrene foam (styrofoam)*. Tujuan penelitian ini adalah membuat suatu prototip *aluminum cylinder head engine* menggunakan pengecoran *lost foam* memanfaatkan potensi sumber daya mineral di wilayah Kalimantan Barat. Tahun pertama penelitian difokuskan untuk mendesain dan membuat alat untuk pembentukan pola dari bahan *styrofoam*. Tahun kedua, difokuskan pada pengecoran *lost foam* dalam bentuk prototip *aluminum cylinder head engine*. Proses pengecoran diawali dengan melakukan simulasi untuk menentukan posisi sistem saluran menggunakan aplikasi *Click2Cast*. Proses pengecoran dilakukan pada temperatur 700 °C menggunakan pola pendekatan dan pola *head cylinder* dengan *coating* dan tanpa *coating*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat beberapa alternatif untuk menempatkan sistem saluran. Komposisi perbandingan kaolin lokal dengan *Colloidal Silica (O₂Si)* untuk pelapisan pola yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1:0,5. Pasir lokal yang digunakan dapat dimanfaatkan untuk proses pengecoran *lost foam* dan dapat digunakan untuk beberapa kali proses pengecoran tanpa bahan pengikat.

Kata Kunci : *lost foam, aluminium, styrofoam, coating, cylinder head engine*

PENDAHULUAN

Industri pengecoran logam adalah salah satu usaha yang mempunyai peranan strategis pada struktur perekonomian nasional, terutama dalam menunjang industri penghasil komponen, industri pengerjaan logam dan industri-industri lainnya. Produk cor logam yang termasuk mengalami peningkatan permintaan untuk diproduksi adalah terbesar dari jenis komponen otomotif yang salah satunya terbuat dari bahan logam *non ferro* seperti aluminium.

Berdasarkan Badan Pusat Statistik nilai impor nonmigas Indonesia selama Januari-Oktober 2012 sebesar US \$124.389,8 juta. Impor dari Cina menduduki peringkat tertinggi yaitu sebesar US \$23.916,6 juta (19,23%), diikuti oleh Jepang sebesar US \$19.334,2 juta (15,54%), sedangkan kawasan ASEAN mencapai 21,35% (Berita Resmi Statistik, 2012). Akibatnya berdampak kurang

baik terhadap industri-industri otomotif dalam negeri khususnya untuk industri pengecoran lokal.

Oleh karena itu, kini sudah saatnya kita mengembangkan teknologi untuk kemandirian bangsa agar bangsa kita tidak hanya menjadi penonton dalam kemajuan teknologi, tetapi juga sebagai pencipta dan penguasa teknologi. Untuk itu, dibutuhkan peran serta pemerintah maupun institusi-institusi pendidikan (perguruan tinggi) khususnya dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK). Dengan demikian hasil-hasil riset dari perguruan tinggi maupun lembaga riset pemerintah diharapkan dapat di aplikasikan untuk pengembangan industri pengecoran lokal yang berbasis teknologi, sehingga mampu bersaing dengan produk-produk dari luar.

Provinsi Kalimantan Barat merupakan provinsi yang sebarannya potensi bahan tambangnya terdapat di 5 kabupaten, yaitu

Sanggau, Sambas, Sintang, Bengkayang, Singkawang dan Kapuas Hulu, antara lain emas, kaolin, pasir kuarsa, bauksit, batubara, namun eksploitasinya belum secara maksimal dilaksanakan. Kalimantan Barat juga merupakan wilayah Kalimantan yang mempunyai cadangan bauksit terbesar di Indonesia. (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012). Sementara itu, untuk sumber bahan tambang lainnya seperti kaolin, wilayah Kalimantan Barat diperkirakan mencapai 180 juta ton (Zulfikar dkk, 2007). Khusus untuk pasir kuarsa, Kalimantan Barat juga merupakan wilayah yang mempunyai potensi penambangan pasir kuarsa yang diperkirakan mencapai 66,25 juta ton (Zulfikar dkk, 2007). Dengan terbitnya Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 7 tahun 2012 tentang Peningkatan Nilai Tambah Mineral melalui Kegiatan Pengolahan dan Permurnian Mineral, maka diharapkan Kalimantan Barat menjadi pusat pengembangan industri pengolahan logam di Indonesia, khususnya industri pengolahan aluminium.

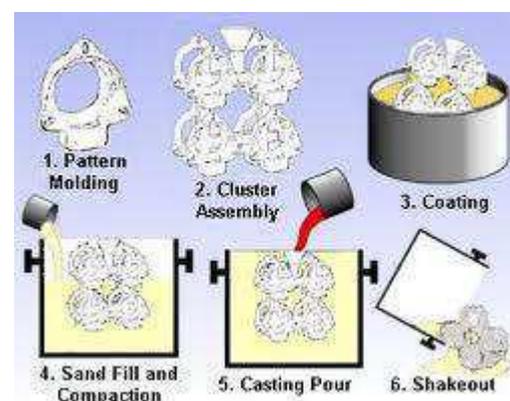
Sesuai dengan kondisi sumber daya dan geografis provinsi Kalimantan Barat, tema pengembangan Koridor Ekonomi Kalimantan dalam Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI) adalah sebagai pusat produksi dan pengolahan hasil tambang dan lumbung energi nasional. Salah satu hasil tambang wilayah Kalimantan Barat yang diperkirakan terbesar di Indonesia adalah tambang bauksit. Namun dengan terbitnya regulasi pemerintah tentang peningkatan nilai tambah mineral melalui kegiatan pengolahan dan permurnian mineral, maka daerah yang telah memiliki izin usaha pertambangan, seperti tambang bauksit tidak dapat lagi mengeksport bahan tambang dalam bentuk bahan mentah tetapi sudah harus dalam bentuk aluminium. Untuk itu, kami sebagai lembaga pendidikan yang berada di wilayah Kalimantan Barat diharapkan dapat memberikan kontribusi, khususnya dalam mengantisipasi akan dioperasionalkannya dua buah pabrik pengolahan biji bauksit menjadi aluminium, yaitu pabrik Chemical Grade Alumina (CGA) di Tayan dan pabrik Smelter Grade Alumina (SGA) di Mempawah.

Berdasarkan hal tersebut di atas perlu dilakukan penelitian tentang pengolahan

aluminium melalui metode pengecoran *lost foam* dengan memanfaatkan potensi sumber daya mineral di wilayah Kalimantan Barat, seperti pasir lokal sebagai media untuk pasir cetak dan kaolin yang akan digunakan sebagai *coating* pada pola *styrofoam*. Potensi sumber daya mineral di wilayah Kalimantan Barat cukup menarik untuk diteliti, khususnya potensi pasir dan kaolin yang cukup melimpah, sehingga ke depan diharapkan akan tumbuh industri-industri kecil di wilayah Kalimantan Barat yang dapat memanfaatkan potensi tersebut melalui teknologi pengecoran *lost foam*.

Penelitian ini secara umum bertujuan untuk membuat suatu prototip *aluminum cylinder head engine* menggunakan pengecoran *lost foam* dengan memanfaatkan potensi sumber daya mineral di wilayah Kalimantan Barat. Salah satu tahapan yang harus dipersiapkan dalam pengecoran *lost foam* adalah pembuatan pola dari bahan *styrofoam*. Adapun manfaat dari hasil penelitian ini adalah memanfaatkan potensi sumber daya mineral di wilayah Kalimantan Barat khususnya potensi pasir dan kaolin yang cukup melimpah, sehingga ke depan diharapkan akan tumbuh industri-industri kecil di wilayah Kalimantan Barat yang dapat memanfaatkan potensi tersebut melalui teknologi pengecoran *lost foam*.

Pengecoran *lost foam (evaporative casting)* adalah salah satu metode logam dengan menggunakan pola *polystyrene foam*. Proses pengecoran *lost foam* dilakukan dalam beberapa tahap, seperti yang terlihat pada Gambar 1 (Sutyoko, 2011).



Gambar 1: Tahap proses pengecoran *lost foam* (www.sfsa.org)

Coating merupakan suatu kesatuan dalam pengecoran logam karena menghasilkan permukaan yang halus tanpa pengeleman dan pembakaran pasir. *Coating* memiliki peran penting dalam beberapa hal. *Coating* menjamin kekerasan dan kekakuan pola serta mengontrol pelepasan gas atau cairan dari dekomposisi *polystyrene foam*. *Coating* menentukan waktu pembongkaran benda cor dan laju hilangnya panas logam. Seiring peningkatan teknologi pengecoran, permintaan kualitas *coating* ditingkatkan dengan menggunakan jenis bahan refraktori baru, suspensi dan binder yang mampu meningkatkan proses manufaktur.

Pasir cetak dapat digunakan secara terus menerus selama masih mampu menahan temperatur cairan ketika dituangkan. Pasir silika, pasir zirkon, pasir *olivine* dan kromate dapat digunakan sebagai pasir cetak pada pengecoran *lost foam*. Penggunaan pasir yang mahal seperti pasir zirkon dan kromite dapat dilakukan untuk mendapatkan tingkat reklamasi pasir yang tinggi. Kekuatan cetakan pasir ditentukan oleh resistansi gesek antar butir pasir. Kekuatan cetakan pasir akan lebih tinggi jika menggunakan pasir dengan bentuk angular walaupun jika menggunakan bentuk *rounded*/bulat akan memberikan densitas yang lebih tinggi. Perubahan bentuk pasir dari angular ke *rounded* akan menaikkan densitasnya sekitar 8-10%. Densitas pasir cetak dapat ditingkatkan dengan digetarkan. Pasir *leighton buzzard* dapat dinaikkan densitasnya sebesar 12,5% dengan digetarkan.

Massa jenis dan ukuran butiran *polystyrene foam* memegang peranan penting dalam pengecoran *lost foam*. Massa jenis yang rendah diperlukan untuk meminimalisir jumlah gas yang terbentuk pada saat pola menguap. Gas akan keluar ke atmosfer melalui *coating*/pelapis dan celah-celah pasir. Jika pembentukan gas lebih cepat daripada keluarnya gas tersebut ke atmosfer maka akan terbentuk cacat dalam benda cor.

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium dan Bengkel Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Pontianak. Dalam penelitian ini material dasar untuk pola adalah memanfaatkan *stryfoam-stryfoam* bekas.

a. Simulasi Proses Pengecoran

Pada tahap ini, gambar *cylinder head* yang telah digambar ulang menggunakan Autodesk Inventor dan Auto CAD disimulasikan menggunakan aplikasi *Click2Cast*. Aplikasi ini merupakan salah satu aplikasi untuk simulasi proses pengecoran logam. Simulasi ini dilakukan sebelum proses pengecoran dilakukan. Proses simulasi pada dasarnya untuk melihat pengaruh posisi saluran masuk (*ingate*). Adapun tahapan untuk simulasi menggunakan aplikasi *Click2Cast* adalah sebagai berikut :

- Mengimport data geometrik pola dari aplikasi AutoCad dalam bentuk file STL.
- Menentukan ukuran *mesh*.
- Menginput data untuk simulasi, seperti yang terlihat pada data di bawah ini.

Jenis Material : AISi7Mg

Temperatur Penuangan : 700
(⁰C)

Jenis Mold : *Sand casting*

Temperatur Mold (⁰C) : 30

Gravity Direction : *Gravity Casting*

Waktu Pengisian (s) : 20

- Melakukan analisis *Filling* dan *Solidification*

b. Tahapan Pengecoran

- Mempersiapkan Pola *Cylinder Head*
Pembuatan pola dilakukan dalam dua bentuk, yaitu pola *cylinder head* yang telah di persiapkan pada tahun pertama kemudian dirangkai dengan menambahkan beberapa variasi saluran masuk dan yang kedua adalah pola pendekatan yang berbentuk sirip-sirip sesuai dengan bentuk dari *cylinder head*. Pola pendekatan ini digunakan untuk memperoleh optimasi posisi saluran masuk, sebelum diaplikasikan pada pola *cylinder head* yang sebenarnya.

- Pelapisan/*Coating*
Pada tahap ini pola yang telah dibentuk dilapisi dengan kaolin dengan beberapa variasi ketebalan. Proses pelapisan dilakukan dengan membuat komposisi campuran antara kaolin dengan bahan pengikat *colloidal silica*. Kedua bahan ini dicampur dengan perbandingan berat 1:0,5 (Gambar 2). Proses pelapisan dilakukan dengan satu kali, dua kali dan tiga kali pencelupan. Setelah itu, dikeringkan pada

temperatur kamar, seperti yang tampak pada Gambar 3.



Gambar 2: Material *coating* hasil pencampuran antara *colloidal silica* dengan kaolin



Gambar 3: Proses pengeringan hasil *coating*

c. Proses Pengecoran

Tahap akhir dari proses pengecoran adalah penuangan logam cair yang telah dilebur ke dalam pola yang telah ditanam di dalam pasir. Proses pengecoran dilakukan di Lab. Pemesinan Politeknik Negeri Pontianak.

- Tahap pertama yang dilakukan adalah memotong aluminium *scrap* menjadi beberapa bagian tujuannya agar mudah dimasukkan ke dalam cawan tuang. Kemudian bahan baku tersebut ditimbang sesuai dengan kebutuhan dari tiap-tiap pola untuk dilebur pada temperatur 700 °C
- Mempersiapkan pasir lokal sebagai cetakan untuk pola dari *stryofoam*.
- Melakukan proses peleburan pada temperatur 700 °C.
- Tahap terakhir dari proses pengecoran adalah penuangan logam cair ke dalam cetakan pasir yang telah disiapkan, seperti yang terlihat pada Gambar 4 berikut ini.

d. Pengujian Hasil Coran

- Proses pengujian dilakukan untuk melihat pengaruh hasil coran terhadap permukaan hasil coran dan cacat hasil pengecoran.



Gambar 4: Proses penuangan logam cair ke dalam cetakan

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil

Berikut ini hasil capaian penelitian yang telah dilakukan.

- Tersedianya sumber bahan mineral yang akan digunakan dalam proses pengecoran, seperti pasir kuarsa dan kaolin lokal serta peralatan-peralatan pendukung untuk proses pengecoran.
- Pola *stryofoam* hasil pembentukan menggunakan mesin CNC, seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5: Pola hasil pembentukan menggunakan mesin CNC

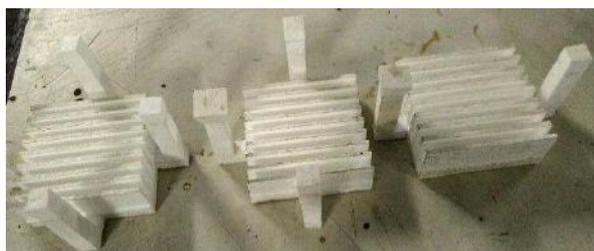
- Gambar produk dalam bentuk *engineering drawing* menggunakan aplikasi AutoCAD,

namun masih dalam bentuk pendekatan dari bentuk yang sebenarnya.

- Rancangan optimasi saluran masuk (*in gate*) dan saluran penambah (*riser*) hasil simulasi menggunakan aplikasi *Click2Cast*
- Proses dan hasil pembuatan pola pendekatan menggunakan mesin CNC dan kawat pemanas, seperti yang tampak pada gambar di bawah ini.

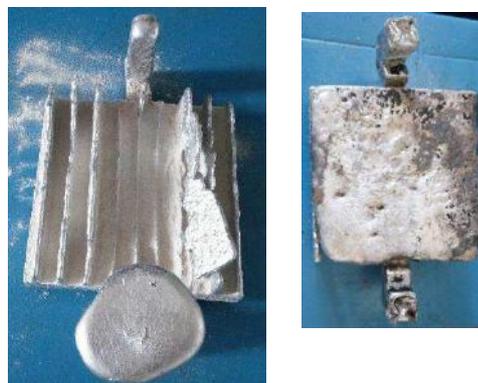


Gambar 6: Proses pembuatan pola pendekatan menggunakan mesin CNC

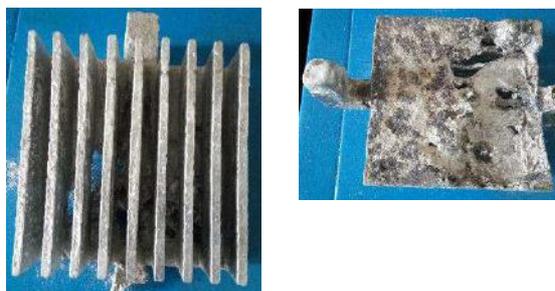


Gambar 7: Beberapa bentuk pola pendekatan dengan variasi saluran masuk

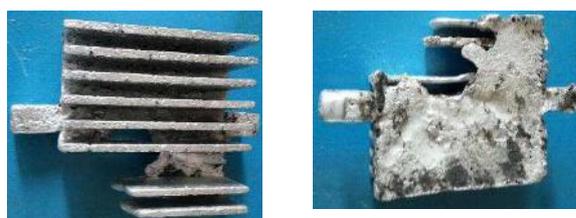
- Hasil coran menggunakan bahan mineral lokal yaitu pasir dan kaolin dengan pola pendekatan, yaitu sebagai berikut :
 1. Posisi *in gate* searah sirip tanpa *coating* dengan 1 buah *riser* (Gambar 8)
 2. Posisi pola sirip terletak di bawah dengan *in gate* searah sirip tanpa *coating* dan 1 buah *riser* (Gambar 9)
 3. Posisi pola sirip terletak di bawah, *in gate* searah sirip dengan satu kali *coating* dan 1 buah *riser* (Gambar 10)
 4. Posisi pola sirip terletak di bawah, *in gate* searah sirip dengan dua kali *coating* dan 1 buah *riser* (Gambar 11)
 5. Posisi pola sirip terletak di bawah, *in gate* searah sirip dengan 3 kali *coating* dan 1 buah *riser* (Gambar 12)



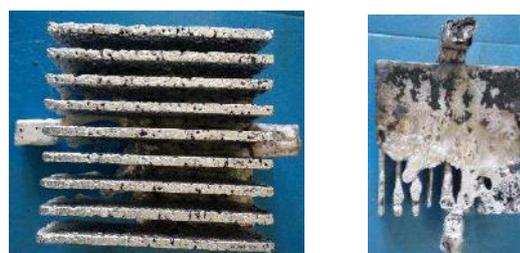
Gambar 8: Hasil coran dengan posisi *in gate* di bawah dan 1 buah *riser*



Gambar 9: Hasil coran dengan posisi pola sirip terletak di bawah dengan *in gate* searah sirip dan 1 buah *riser*



Gambar 10: Hasil coran dengan posisi pola sirip terletak di bawah, satu kali *coating* dengan *in gate* searah sirip dan 1 buah *riser*



Gambar 11: Hasil coran dengan posisi pola sirip terletak di bawah, 2 kali *coating* dengan *in gate* searah sirip dan 1 buah *riser*



Gambar 12: Hasil coran dengan posisi pola sirip terletak di bawah, 3 kali *coating* dengan *in gate* searah sirip dan 1 buah *riser*

- Hasil coran menggunakan bahan mineral lokal yaitu pasir dan kaolin dengan pola *cylinder head*, yaitu sebagai berikut :
 1. Pola 1 sirip terletak di bawah dengan 2 kali *coating* posisi *in gate* ditengan dan dua buah *riser* (Gambar 13)



Gambar 13: Hasil coran pola 1 sirip terletak di bawah dengan 2 kali *coating* dengan *in gate* di tengah dan dua buah *riser*

- Pola 2 sirip terletak di bawah dengan 2 kali *coating* posisi *in gate* di tengah dan dua buah *riser* (Gambar 14)



Gambar 14: Hasil coran pola 2 sirip terletak di bawah, 2 kali *coating* dengan *in gate* di tengah dan dua buah *riser*

b. Pembahasan

- Dari hasil pengecoran dengan posisi *in gate* di bawah terlihat bahwa hasil coran tidak terbentuk dengan sempurna terutama pada bagian sirip, seperti yang terlihat pada Gambar 8. Hal ini kemungkinan disebabkan

pada saat pengisian pola bagian bawah sudah terbakar sehingga terjadi cacat coran akibat runtuhnya pasir cetak ketika logam cair mengisi pola. Namun pada sisi bagian bawah dapat terisi penuh.

- Untuk posisi pola sirip terletak di bawah baik untuk tanpa *coating* maupun dengan *coating* dengan posisi *in gate* di atas, pola sirip hampir dapat terisi penuh. Terutama untuk tanpa *coating* dan 2 kali *coating*. Namun dengan posisi pola sirip terletak di bawah, pada sisi permukaan masih terjadi cacat. Hal ini diduga karena tebal pola yang terlalu tipis, sehingga terjadi cacat coran akibat runtuhnya pasir cetak ketika logam cair mengisi pola.
- Sedangkan untuk pola 1 dan 2 hasil coran menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan pola-pola pendekatan, seperti yang terlihat pada Gambar 13 dan 14. Dimana pada bagian sirip maupun pada bagian dasar pola dapat terisi penuh dan tidak terjadi cacat coran. Hal ini dikarenakan pada dasar pola dibuat lebih tebal, sehingga pada saat logam cair mengisi pola tidak terjadi runtuhnya pasir cetak.
- Adanya material pelapis kaolin yang digunakan pada pola juga menunjukkan kekakuan pada pola, terutama untuk bagian-bagian sirip. Hal ini dapat dilihat pada kondisi 2 kali *coating*, dimana hasil coran dapat mengisi dengan sempurna pada bagian-bagian sirip, sehingga fungsi pelapis untuk menahan pasir agar tidak segera runtuh ketika logam cair mengisi pola dapat terpenuhi.
- Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa pasir lokal yang digunakan sebagai pasir cetak dalam penelitian ini dapat digunakan untuk beberapa kali proses pengecoran tanpa menggunakan bahan pengikat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

- a. Sistem saluran masuk yang paling efektif untuk bentuk pola bersirip terletak di bagian tengah pola dengan posisi pola terbalik ditambah dengan dua buah *riser*.

- b. Ketebalan pola untuk proses *lost foam casting* sangat berpengaruh, terutama untuk bagian-bagian-bagian dasar pola.
- c. Kekaksaran pasir lokal dalam hal ini jenis pasir kuarsa berpengaruh terhadap hasil coran dan pasir lokal ini dapat digunakan untuk beberapa kali proses pengecoran tanpa bahan pengikat.
- d. Komposisi perbandingan berat antara material koalin lokal dengan *Colloidal Silica* (O_2Si) yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1:0,5. Hal ini dapat dilihat dari kemampuan menempelnya cairan pelapis terhadap pola.
- e. Bahan pelapisan dengan material kaolin lokal dan bahan pengikat *Colloidal Silica* (O_2Si) berpengaruh terhadap kekakuan pola terutama untuk bagian sirip dari pola, sehingga dapat menahan pasir cetak agar tidak segera runtuh ketika logam cair mengisi pola.

Masih diperlukan beberapa variasi alternatif rancangan sistem saluran untuk mendapatkan hasil akhir dimana proses cacat penyusutan (*shrinkage*) tidak terjadi pada hasil coran. Selain itu, dalam perancangan pola perlu diperhatikan bagian-bagian yang tipis, agar pada saat pengisian logam cair ke dalam pola pasir cetak tidak mudah runtuh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih peneliti sampaikan kepada Kemenristekdikti yang telah mendanai penelitian ini atas bantuan dana melalui Penelitian Hibah Bersaing, hingga selesainya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1998, *Industries of The Future Approach Advancing State-of The-Art in Lost Foam Casting Process*, Department of Energy Washington, D.C, USA.
- Afriyanto. 2010. Pasar Komponen Otomotif Tumbuh 15%. *Harian Bisnis Indonesia*.
- Butler, R. D., Pope, R. J., 1964, *Some factors involved in full mold cast-ing with unbonded sand molds*, *British Foundrymann*, Vol. 57, pp. 178–191.
- Brown, J. R., 1992, *The lost foam casting process*, *Metallurgy Material* , Vol. 8, pp. 550–555.
- Berita Resmi Statistik. 2012. Badan Pusat Statistik Januari-Oktober. No. 77/12/Th. XV, 3.

Hunter, J. H., 1998, *Survey indicates bull market for lost foam foundries*, *Modern Casting*, pp. 50–52.

Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. Koridor Ekonomi Kalimantan : Pusat Produksi dan Pengolahan Hasil Tambang dan Lumbung Energi Nasional. Tersedia di <http://kalimantan.menlh.go.id>.

Kim, K., and Lee, K., 2005, Effect of Process Parameters on Porosity in Aluminum Lost Foam Process, *Journal Material Scripta Technology*, Vol. 21 No.5, pp. 681-685.

Kardo Rajagukguk, Suyitno dan Sutyoko, 2015, Pengaruh Ketebalan Lapisan Pola Pada Metode Lost Foam Casting Terhadap Akurasi Ukuran Besi Cor Nodular FCD 450, *Prosiding SNST ke-6*, Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang.

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.

L.H. Ashar, H. Purwanto, S.M.B. Respati, 2011, Analisis Pengaruh Model Sistem Saluran dengan Pola *Styrofoam* terhadap Sifat Fisis dan Kekerasan Produk Puli pada Proses Pengecoran Aluminium Daur Ulang, *Momentum*, Vol. 8, No. 1, hal. 48-55.

Matson, D. M., Venkatesh, R. And Biederman, S., 2007, *Expanded Polystyrene Lost Foam Casting Modelling Bead Steaming Operation*, *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, Vol. 129, pp. 429-434.

Restu Yanuar Salam dan Abdullah Shahab, 2015, Studi Eksperimental Pengaruh Model Sistem Saluran dan Variasi Temperatur Tuang terhadap Presentase Porositas, Kekerasan dan Harga *Impact* pada Pengecoran Adc 12 dengan Metode *Lost Foam Casting*, *JURNAL TEKNIK ITS* Vol. 4, No. 1, (2015) ISSN: 2337-3539.

Sikora, E.J., 1978, *Evaporative casting using expandable polystyrene patterns and unbonded sand casting techniques*, *American*

- Foundryman Society Transaction, Vol. 88, pp. 65–68.
- Shahmiri, M., and Kharrazi, Y. H. K., 2007, *The effects of gating system on the soundness of lost foam casting (LFC) process of Al-Si alloy (A.413.0)*, Transactions B: Applications, Vol. 2-2, pp. 157-166.
- Sutiyoko. 2011. Metode Pengecoran *Lost Foam* Menjawab Tantangan Dunia Industri Pengecoran Logam. Jurnal Foundry Politeknik Manufaktur Ceper Vol. 1 No 1.
- Wijoyo, Achmad Nurhidayat dan Osep Teja Sulammunajat, 2012, Studi Eksperimental Pengaruh Model Sistem Saluran dan Variasi Temperatur Tuang terhadap Prosentase Porositas, Kekerasan dan Harga Impact pada Pengecoran Adc 12 dengan Metode *Lost Foam Casting*, Prosiding SNST ke-3,
- Zulfikar, Sodik Kaelani, Djadja Turdjaja. 2007. Eksplorasi umum Endapan *Ballclay* Di Kabupaten Bengkayang, Provinsi Kalimantan Barat. Proceeding Pemaparan Hasil Kegiatan Lapangan dan dan Non Lapangan Pusat Sumber Daya Geologi.