

PERLAKUAN DAN PENGUJIAN PASIR SUNGAI ROKAN HULU BAGIAN HILIR UNTUK MEMENUHI STANDAR PASIR CETAK PENGECORAN LOGAM ALUMINIUM

Welli Apri¹, Warman Fatra²

Laboratorium Pengujian Bahan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Bina Widya Km. 12,5 Simpangbaru, Pekanbaru 28293

¹welly.afriyemon@gmail.com, ²warman.fatra@lecturer.unri.ac.id

Abstract

Riau Province has a very large potential of river sand because there are many rivers, one of them is the Rokan Hulu river. The sand utilization at Rokan Hulu river has not been optimized yet because it is only used as a building material. One of the potential uses of sand of Rokan Hulu river is as a sand mold for metal casting. The purpose of this study is to obtain river sand that meets the sand casting standards on aluminum casting, by providing several treatments such as adding clay content and moisture content. The characteristics of river sand is by measuring the sand distribution, clay content, moisture content, permeability and compression testing. The test results show that the GFN value of the sand at the downstream Rokan Hulu river is 65.64, which means it has the potential to be used as a metal casting sand mold. The addition of 672 gr bentonite, 1172 gr, and 1672 gr produced clay content in the sand to be 10%, 15% and 20%, respectively. The addition of water of 100 gr, 600 gr, and 1100 gr produces water content in sand to 2%, 7%, and respectively. Permeability testing of 9 (nine) sand samples yields maximum and minimum values of 0.0792 cm / min and 0.04668 cm / min, respectively.

Keyword: River sand, aluminium casting, clay content, water content, permeability

1. Pendahuluan

Pengecoran logam adalah proses pembuatan benda dengan mencairkan logam dan menuangkan ke dalam rongga cetakan kemudian dibiarkan mendingin dan membeku di dalam cetakan [1]. Terdapat dua jenis cetakan dalam proses pengecoran, yakni cetakan pasir dan cetakan permanen [2].

Sungai Rokan Hulu memiliki potensi pasir yang sangat besar, tetapi pemanfaatannya belum optimal karena lebih banyak digunakan sebagai bahan bangunan saja. Selain sebagai bahan bangunan pemanfaatan pasir sungai Rokan Hulu digunakan sebagai pasir cetak pada pengecoran logam.

Pasir sungai Rokan berpotensi sebagai pasir cetak *sand casting* akan tetapi harus mengalami perlakuan khusus [3]. Pasir cetak yang baik sebagai cetakan pengecoran logam tradisional harus memerlukan sifat-sifat yang memenuhi persyaratan dengan kriteria, memiliki sifat mampu bentuk, permeabilitas yang cocok, distribusi butir yang sesuai dan tahan terhadap temperatur logam yang

dituang [1]. Kriteria pasir cetak pada pengecoran *sand casting* yaitu GFN 40 s.d 220 [4], persentasi kadar lempung 10% s.d. 20% dan persentasi kadar air 2% s.d. 12% [1], permeabilitas 0,493 s.d. 14,802 cm/menit.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan *treatment* terhadap pasir Rokan Hulu bagian hilir agar memenuhi standar pasir cetak dan dapat digunakan pada pengecoran aluminium.

2. Metode

2.1 Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel sungai Rokan Hulu bagian hilir berada di desa Tanjung Belit kecamatan Bangun Purba. Titik pengambilan sampel pasir dilakukan di sungai yang mengalir pada arus yang tenang secara manual, dengan cara mengeruk pasir pada permukaan sungai dan memasukkan ke dalam karung. Titik pengambilan pasir ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi Pengambilan Sampel

2.2 Penghalusan dan Pengujian Distribusi Butir

Pengujian distribusi pasir pengujian mengacu pada Standar AFS 1106-00-S. Pengujian dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau. Penghalusan yang dilakukan pada butiran pasir dengan cara menggiling pasir selama ± 5 menit. Penggilingan dilakukan secara manual menggunakan batu gilingan.

2.3 Pengujian dan Penambahan Kadar Lempung

Pengujian kadar lempung pengujian mengacu pada Standar AFS 2110-00-S. Pengujian dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau. Jenis lempung penambah yang digunakan adalah bentonit. Penambahan bentonit divariasikan sebanyak 672 gr, 1172 gr, dan 1672 gr untuk setiap 10 kg pasir pencampuran menggunakan molen dengan waktu pencampuran selama ± 10 menit.

2.4 Penambahan dan Pengujian Kadar Air

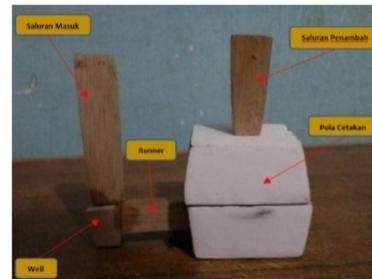
Pengujian kadar air mengacu pada Standar ASTM C 566-97. Pengujian dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau. Air yang ditambahkan sebanyak 100 gr, 600 gr, 1100 gr untuk setiap 10 kg pasir.

2.5 Pengujian Permeabilitas

Pengujian permeabilitas mengacu pada standar ASTM D-2434-68. Pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau.

2.6 Pembuatan Pola dan Cetakan

Pola yang digunakan dalam penelitian ini adalah pola kayu jenis pola belah, dimana memiliki *sprue*, *well*, *runner*, *gate*, pola dan saluran penambah. Pola dimensi cetakan adalah bagian bawah 45×45 mm dan dimensi atas 55×55 mm dengan ketebalannya 25 mm (Gambar 2).



Gambar 2 Pola Cetakan

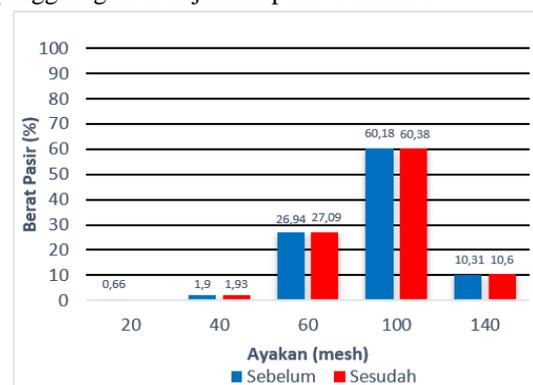
2.7 Proses Peleburan

Peleburan aluminium dengan menggunakan *crucible furnace*. Proses peleburan dilakukan di dalam kowi kemudian aluminium yang telah mencair diukur temperaturnya dengan *thermocouple*. Setelah temperatur telah tercapai aluminium dituang ke dalam cetakan dan didinginkan sampai temperatur ruangan selama 10 menit. Selanjutnya cetakan dibongkar dan produk coran dibersihkan.

3. Hasil

3.1 Data Persentasi Berat tiap Ayakan

Persentase pasir pada tiap ayakan untuk sampel pasir yang belum melalui proses *treatment* (penggilingan) dan yang telah melalui proses penggilingan ditunjukkan pada Gambar 3.

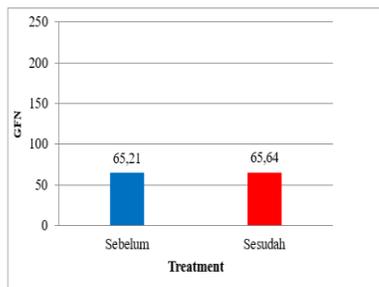


Gambar 3 Persentase Berat Tiap Ayakan

Penghalusan ukuran butir yang dilakukan pada pasir ayakan 20 mesh juga meningkatkan nilai GFN. Hasil dari penggilingan yang dilakukan selama ± 5 menit pada pasir ayakan 20 mesh meningkatkan sedikit ukuran butir pada ayakan 40 mesh, 60 mesh, 100 mesh, 140 mesh.

3.2 Data Nomor Kehalusan Butir (GFN)

Nomor kehalusan butir (GFN) dari pasir sebelum dan setelah proses penggilingan yang dilakukan pada pasir sungai Rokan Hulu ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Nomor Kehalusan Butir (GFN)

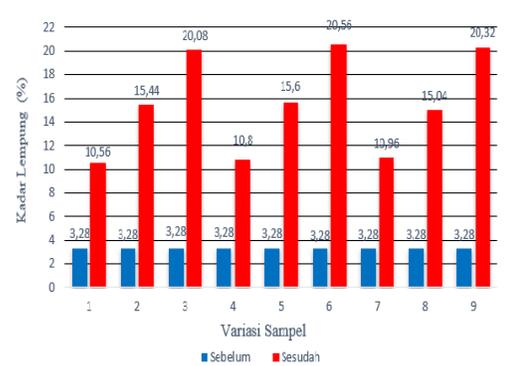
Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai nomor kehalusan butir (GFN) dari pasir sebelum proses penggilingan sudah memenuhi kriteria GFN dari pasir cetak dan hasil dari penggilingan yang dilakukan meningkatkan nilai GFN pada pasir menjadi 65,64 sehingga pasir memasuki kriteria dari pasir cetak yaitu dengan nomor kehalusan butir (GFN) antara 40 s/d 220 [1].

Nilai GFN yang didapat dari sungai Rokan Hulu bagian hilir sudah mencapai kriteria pasir cetak namun tetap dilakukan penggilingan pasir pada ayakan 20 mesh untuk menghindari cacat pada permukaan hasil coran logam. Semakin besar nomor kehalusan butiran pasir (GFN) maka semakin halus butiran pasir, sebaliknya semakin kecil nilai GFN dari suatu pasir cetak maka semakin kasar butiran pasir tersebut [5].

3.3 Kadar Lempung

Variasi penambahan bentonit sebanyak 672 gr, 1172 gr dan 1672 gr ke dalam pasir dilakukan selama ± 5 menit di dalam molen dapat meningkatkan kadar lempung dari pasir sehingga memenuhi kriteria pasir cetak yaitu antara 10 s/d 20 % [1]. Persentasi kadar lempung pasir sebelumnya

3,28 % variasi penambahan 672 gr lempung meningkatkan persentasi kadar lempung menjadi 10%, penambahan 1172 gr lempung meningkatkan persentasi kadar lempung menjadi 15%, penambahan 1672 gr lempung meningkatkan persentasi kadar lempung menjadi 20% ditunjukkan pada Gambar 5.



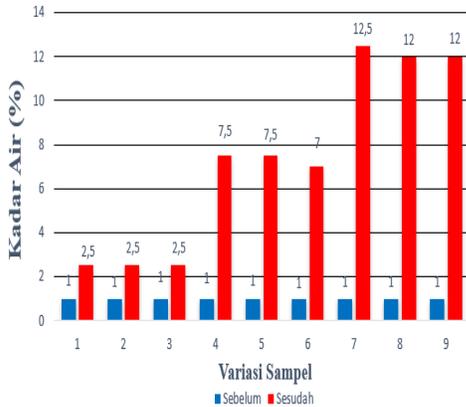
Gambar 5 Persentasi Peningkatan Kadar Lempung

Bentonit merupakan sejenis lempung yang memiliki daya ikat yang tinggi, menjadi liat bila bercampur dengan air sehingga memudahkan dalam proses pembuatan cetakan [6]. Penambahan bentonit yang dilakukan menghasilkan kualitas pasir cetak yang baik dimana memiliki sifat mampu bentuk yang baik, sehingga dapat digunakan sebagai pasir cetak.

Peningkatan kadar lempung yang dilakukan pada pasir menghasilkan nilai kadar lempung yang baik dimana nilai mencapai kriteria yang diinginkan. Kadar lempung rendah mengakibatkan sifat mampu bentuk yang kurang baik dan kadar lempung yang tinggi mengakibatkan susah dalam proses pembongkaran cetakan

3.4 Kadar Air

Variasi penambahan air 100 gr, 600 gr dan 1100 gr ke dalam pasir yang dilakukan selama ± 5 menit di dalam molen dapat meningkatkan kadar air dari pasir sehingga memenuhi kriteria dari pasir cetak yaitu antara 2 s/d 12 % [1]. Persentasi kadar air pasir sebelumnya 1% variasi penambahan 100 gr air meningkatkan persentasi kadar air menjadi 2%, penambahan 600 gr air meningkatkan persentasi kadar air menjadi 7%, penambahan 1100 gr air meningkatkan persentasi kadar air menjadi 12% ditunjukkan pada Gambar 6.



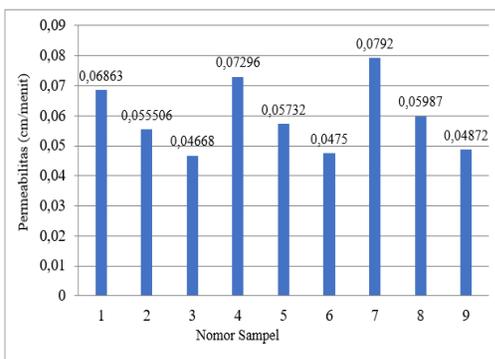
Gambar 6 Persentasi Peningkatan Kadar Air

Penambahan air yang dilakukan menghasilkan kualitas pasir cetak yang baik dimana memiliki sifat mampu bentuk yang baik sehingga memudahkan dalam proses pembuatan cetakan serta digunakan sebagai pasir cetak.

Peningkatan kadar air yang dilakukan pada pasir menghasilkan nilai kadar air yang baik dimana berada pada batas kriteria pasir cetak. Kurangnya kadar air dalam pasir cetak akan mengakibatkan pasir mudah retak dan ketika dalam pembentukan cetakan tidak kuat. Berlebihnya kadar air menyebabkan menurunnya kekuatan dari pasir cetak karena terlalu basah dan sifat mampu liat dari bentonit akan menurun.

3.5 Permeabilitas

Nilai permeabilitas tertinggi diperoleh pada sampel 7 yaitu 0,0792 cm/menit dengan pemberian lempung 672 gr dan nilai permeabilitas terendah pada sampel 3 yaitu 0,04668 cm/menit dengan penambahan lempung 1672 gr dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Data Pengujian Permeabilitas

Hasil pengujian permeabilitas pasir Sungai Rokan Hulu bagian hilir berpengaruh pada nilai kehalusan butir dan variasi penambahan kadar lempung. Nilai permeabilitas dipengaruhi oleh nomor kehalusan butiran pasir (GFN) dimana semakin tinggi GFN dari suatu pasir cetak maka nilai permeabilitas yang dihasilkan semakin kecil dan sebaliknya semakin rendah GFN maka nilai permeabilitas yang dihasilkan semakin besar sehingga hasil coran yang dihasilkan lebih halus pada permukaannya [5] dan nilai permeabilitas juga dipengaruhi oleh kadar lempung dimana semakin tinggi kadar lempung maka nilai permeabilitas akan turun [6].

3.6 Pengamatan Benda Cor

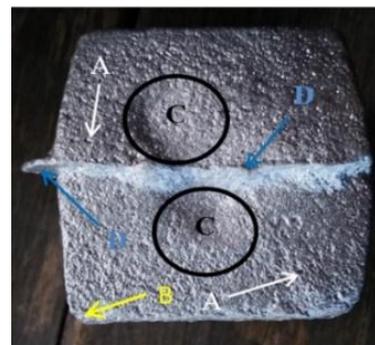
Hasil dari pengecoran yang dilakukan dengan 9 variasi *treatment* yang berbeda pada pasir cetak dapat dilihat pada Gambar 8 dimana diamati cacat yang terdapat pada sisi-sisi coran.



Gambar 8 Hasil Coran

Pengamatan cacat hasil coran pada salah satu sampel dari 9 variasi sampel pasir yang telah di *treatment*:

- Titik pengamatan kedua dilakukan pada permukaan sisi benda cor dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Cacat pada Sisi Pertama Benda Cor

Cacat yang terdapat pada Gambar 9 yaitu cacat lubang yaitu rongga udara (panah putih/A), cacat kekasaran permukaan yaitu cetakan rontok (panah kuning/B), cacat lubang yaitu penyusutan dalam (lingkaran hitam/C) dan cacat ekor tikus (panah biru/D).

Cacat lubang yaitu rongga udara yang terjadi ditunjukkan pada benda cor terdapat lubang-lubang yang berongga muncul pada permukaan (A). Lubang yang terdapat pada hasil coran tidak beraturan, dimana ada lubang yang kecil dan besar (tidak seragam). Cacat kekasaran permukaan yaitu cetakan rontok ditunjukkan pada bagian benda cor terlihat bagian sudut hasil coran yang rontok dan tidak presisi pada bagian sudut benda cor (B). Cacat lubang yaitu penyusutan dalam yang terjadi pada benda cor ditunjukkan pada permukaan benda cor terdapat penyusutan dimana hasil coran berbentuk melengkung kedalam atau cekung (C) dan terdapat aluminium yang berlebih dari permukaan benda cor (D).

b. Titik pengamatan kedua dilakukan pada permukaan sisi benda cor dapat dilihat pada Gambar 10.



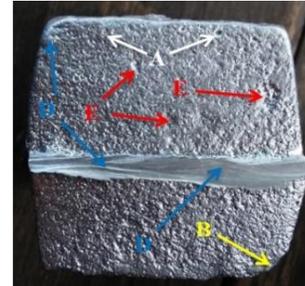
Gambar 10. Cacat pada Sisi Kedua Benda Cor

Cacat yang terdapat pada Gambar 10 yaitu cacat lubang yaitu rongga udara (panah putih/A), cacat lubang yaitu penyusutan dalam (lingkaran hitam/C) dan cacat ekor tikus (panah biru/D).

Cacat lubang yaitu rongga udara yang terjadi ditunjukkan pada benda cor terdapat lubang-lubang yang berongga muncul pada permukaan (A). Lubang yang terdapat pada hasil coran tidak beraturan, dimana ada lubang yang kecil dan besar (tidak seragam). Cacat penyusutan dalam yang terjadi pada benda cor ditunjukkan pada permukaan benda cor terdapat penyusutan dimana hasil permukaan coran melengkung ke dalam atau cekung (C). Cacat ekor tikus ditunjukkan pada benda cor berbentuk ekor

tikus dan terdapat aluminium yang berlebih dari permukaan benda cor (D).

c. Titik pengamatan ketiga dilakukan pada permukaan sisi benda cor dapat dilihat pada Gambar 11.

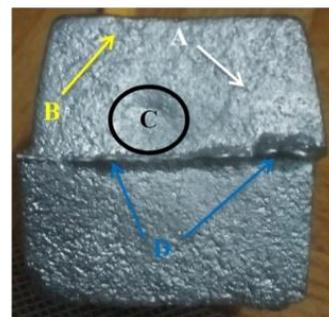


Gambar 11 Cacat pada Sisi ketiga Benda Cor

Cacat yang terdapat pada Gambar 11 yaitu cacat lubang yaitu rongga udara (panah putih/A), cacat kekasaran permukaan yaitu cetakan rontok (panah kuning/B), cacat ekor tikus (panah biru/D) dan cacat kekasaran meluas (panah merah/E).

Cacat lubang yaitu rongga udara yang terjadi ditunjukkan pada benda cor terdapat lubang-lubang yang berongga muncul pada permukaan (A). Lubang yang terdapat pada hasil coran tidak beraturan, dimana ada lubang yang kecil dan besar (tidak seragam). Cacat kekasaran permukaan yaitu cetakan rontok ditunjukkan pada bagian benda cor terlihat bagian sudut hasil coran yang rontok dan tidak presisi pada bagian sudut benda cor (B). Cacat ekor tikus ditunjukkan pada benda cor berbentuk ekor tikus dan terdapat aluminium yang berlebih dari permukaan benda cor (D). Cacat kekasaran meluas ditunjukkan pada permukaan benda cor terdapat permukaan yang kasar (tidak rata) dan lubang yang berlebih pada permukaan benda cor (E).

d. Titik pengamatan keempat dilakukan pada permukaan sisi benda cor dapat dilihat pada Gambar 12.

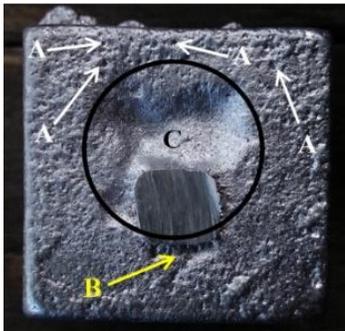


Gambar 12 Cacat pada Sisi keempat Benda Cor

Cacat yang terdapat pada Gambar 12 yaitu cacat lubang yaitu rongga udara (panah putih/A), cacat kekasaran permukaan yaitu cetakan rontok (panah kuning/B), cacat lubang yaitu penyusutan dalam (lingkaran hitam/C) dan cacat ekor tikus (panah biru/D).

Cacat lubang yaitu rongga udara yang terjadi ditunjukkan pada benda cor terdapat lubang-lubang yang berongga muncul pada permukaan (A). Cacat kekasaran permukaan yaitu cetakan rontok ditunjukkan pada bagian benda cor terlihat bagian sudut hasil coran yang rontok dan tidak presisi pada bagian sudut benda cor (B). Penyusutan dalam yang terjadi pada benda cor ditunjukkan pada permukaan benda cor terdapat penyusutan dimana coran melengkung ke dalam atau cekung (C). Cacat ekor tikus ditunjukkan pada benda hasil cor berbentuk ekor tikus dan terdapat aluminium yang berlebih dari permukaan benda cor (D).

- e. Titik pengamatan kelima dilakukan pada sisi atas benda cor dapat dilihat pada Gambar 13.



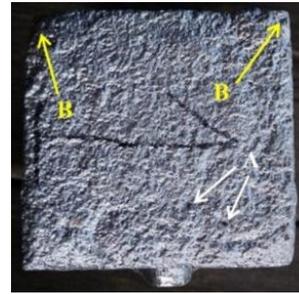
Gambar 13 Cacat pada Sisi Atas Benda Cor

Cacat yang terdapat pada Gambar 13 yaitu cacat lubang yaitu rongga udara (panah putih/A), cacat kekasaran permukaan yaitu cetakan rontok (panah kuning/B) dan cacat lubang yaitu penyusutan dalam (lingkaran hitam/C).

Cacat lubang yaitu rongga udara yang terjadi ditunjukkan pada benda cor terdapat lubang-lubang yang berongga muncul pada permukaan (A). Lubang yang terdapat pada hasil coran tidak beraturan, dimana ada lubang yang kecil dan besar (tidak seragam). Cacat kekasaran permukaan yaitu cetakan rontok ditunjukkan pada bagian benda cor terlihat bagian sudut hasil coran yang rontok dan tidak presisi pada bagian sudut benda cor (B). Penyusutan dalam yang terjadi pada benda cor ditunjukkan pada permukaan benda cor terdapat penyusutan pada

daerah saluran penambah dimana coran melengkung ke dalam atau cekung (C).

- f. Titik pengamatan keenam dilakukan pada sisi bawah benda cor dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14 Cacat pada Sisi Bawah Benda Cor

Cacat yang terdapat pada Gambar 14 yaitu cacat lubang yaitu rongga udara (panah putih/A), cacat kekasaran permukaan yaitu cetakan rontok (panah kuning/B).

Cacat lubang yaitu rongga udara yang terjadi ditunjukkan pada benda cor terdapat lubang-lubang yang berongga muncul pada permukaan (A). Lubang yang terdapat pada hasil coran tidak beraturan, dimana ada lubang yang kecil dan besar (tidak seragam). Cacat kekasaran permukaan yaitu cetakan rontok ditunjukkan pada bagian benda cor terlihat bagian sudut hasil coran yang rontok dan tidak presisi pada bagian sudut benda cor (B).

3.7 Penyebab Cacat Coran.

Cacat yang terdapat pada produk coran yaitu cacat lubang dengan bentuk cacat rongga udara dan penyusutan dalam, cacat ekor tikus, cacat kekasaran permukaan dengan bentuk cetakan rontok dan cacat kekasaran meluas.

Jenis cacat yang disebabkan oleh pasir yaitu cacat rongga udara dan kekasaran meluas disebabkan karena ukuran butiran pasir cetak masih ada yang sedikit kasar dan proses pembekuan menghasilkan permukaan berbentuk lubang-lubang pada sisi produk coran.

Cacat rongga udara dan kekasaran meluas disebabkan oleh lubang angin yang kurang memadai dari pasir cetak menyebabkan udara tidak dapat keluar atau terjebak di dalam cetakan dan laju aliran yang tidak terkontrol ketika penuangan aluminium ke dalam cetakan, dimana laju aliran yang tidak seragam menyebabkan pasir dapat tererosi oleh aluminium cair pada saat penuangan ke dalam

cetakan sehingga ketika aluminium masuk ke dalam cetakan pasir dapat tererosi dan bercampur dengan pasir.

Cacat ekor tikus di sebabkan oleh kurangnya kekuatan tekan dari pasir cetak karena pengaruh dari tegangan permukaan logam cair yang masih panas sehingga cetakan mengalami perubahan bentuk atau mengembang karena tekanan aliran logam cair pada saat aluminium masih panas.

Cacat kekasaran permukaan disebabkan oleh cetakan rontok. Cetakan rontok diakibatkan kurangnya kekuatan tekan dari pasir cetak, dimana kemampuan untuk menahan aliran logam yang cair ketika waktu penuangan pada saat logam cair masih panas yang mengakibatkan cetakan rontok. Cetakan rontok yang terjadi pada hasil coran juga disebabkan oleh pola benda cor yang memiliki lekukan-lekukan runcing, dimana pada saat penuangan logam cair ke dalam cetakan logam cair sukar masuk atau mengisi ke dalam sudut cetakan sehingga hasil benda cor mengalami cacat. Cacat cetakan rontok ini dapat dicegah dengan cara menghindari benda cor yang memiliki sudut-sudut yang penambahan kadar lempung pada pasir cetak untuk meningkatkan kekuatan tekan dan sifat mampu bentuk dari pasir cetak.

3.8 Kesimpulan

Proses *treatment* yang dilakukan pada pasir Sungai Rokan Hulu bagian hilir yaitu penghalusan butiran pasir berupa penggilingan pada pasir selama ± 5 menit menghasilkan nilai GFN sebesar 65,64, variasi penambahan lempung sebanyak 672 gr untuk mencapai persentasi kadar lempung sebesar 10%, penambahan lempung sebanyak 1172 gr mencapai persentasi kadar lempung sebesar 15%, penambahan lempung sebanyak 1672 gr untuk mencapai persentasi kadar lempung sebesar 20%, variasi penambahan air sebanyak 100 gr untuk mencapai persentasi kadar air sebesar 2%, penambahan air sebanyak 600 gr untuk mencapai persentasi kadar air sebesar 7%, penambahan air sebanyak 1100 gr untuk mencapai persentasi kadar air sebesar 12%, nilai pengujian permeabilitas yang didapat pada 9 sampel pasir yang telah di *treatment* menghasilkan nilai permeabilitas tertinggi yaitu 0,0792 cm/menit dan nilai permeabilitas terendah yaitu 0,04668 cm/menit. Proses *treatment* yang dilakukan pada pasir sungai

Rokan Hulu bagian Hilir menghasilkan pasir yang sesuai dengan kriteria pasir cetak dan hasil *treatment* yang paling baik adalah pada sampel 5 dimana berada pada nilai tengah dari kriteria standar pasir yang memiliki kandungan kadar lempung 15% dan kadar air 7 %. Pada benda hasil cor masih terdapat cacat yaitu: cacat rongga udara, cacat penyusutan dalam, cacat ekor tikus dan cacat kekasaran meluas.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada orang tua, keluarga serta keluarga besar Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Riau yang memberi dukungan penuh hingga jurnal penelitian ini bisa diselesaikan.

Daftar Pustaka

- [1] Surdia, T. & Chijiwa. 1996. *Teknik Pengecoran Logam* VI. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [2] Firdaus, 2010. Rancangan Bangun Cetakan Permanen (*Permanent Mold*) Untuk Pembuatan *Pulley Aluminium*. *Jurnal Austenit Vol. 2 No. 2*
- [3] Sihite, P. Masnur, D., dan Badri, M., 2014. Studi Potensi Pasir Sungai di Sungai Rokan Sebagai Pasir Cetak pada Pengecoran Logam, *Jom FTEKNIK Volume 1 No. 2*, Pekanbaru
- [4] American Foundry Society. *Mold & Core Test Handbook* Thir Edition. United States of America. 2001.
- [5] Sutyoko & Efendi, L, M. 2012. Studi Kasus Komposisi Pasir Cetak Greensand Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Cor. *Jurnal Foundry Vol. 2 no. 1*. ISSN :2087-2259
- [6] Astika, I, M, dkk. 2012. Pengaruh Jenis Pasir Cetak dengan Zat Pengikat Bentonit Terhadap Sifat Permeabilitas dan Kekuatan Tekan Basah Cetakan Pasir (Sand Casting)
- [7] Abdullah, A dkk. 2012. Effect of Moisture Content on the Permeability of Tailing Sand Samples Gathered from Ex Tin Mines in Perak State Malaysia. *Advances in Mechanical Engineering*. ISSN:2160-0619.