



TUGAS AKHIR - TM 091486

**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH
PENAMBAHAN BUBUK KAYU MERANTI
TERHADAP KARAKTERISTIK PASIR CETAK
DAN CACAT POROSITAS HASIL PENGECORAN
ALUMINIUM 6061**

**ACHMAD RIFQI ROSYADI
NRP 2110 100 101**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. H. C. Kis Agustin, DEA**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2014**



FINAL PROJECT - TM 091486

**EXPERIMENTAL STUDY: THE EFFECT OF
MERANTI WOOD POWDER ADDITION ON THE
CHARACTERISTICS OF MOLDING SAND AND
POROSITY DEFECT OF ALUMINIUM 6061
CASTING PRODUCT**

**ACHMAD RIFQI ROSYADI
NRP 2110 100 101**

**Supervisor
Dr. Ir. H. C. Kis Agustin, DEA**

**MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2014**

**STUDI EKSPERIMEN PENGARUH PENAMBAHAN
BUBUK KAYU MERANTI TERHADAP KARAKTERISTIK
PASIR CETAK DAN CACAT POROSITAS HASIL
PENGECORAN ALUMINIUM 6061**

Nama Mahasiswa : Achmad Rifqi Rosyadi
NRP : 2110100101
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. H. C. Kis Agustin, DEA

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan teknologi, kebutuhan akan peralatan yang terbuat dari aluminium meningkat. Salah satu metode pengecoran yang banyak digunakan adalah dengan menggunakan cetakan pasir atau sand casting. Penelitian untuk meningkatkan kualitas produk cor metode cetakan pasir masih terus dikembangkan. Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas pasir cetak adalah dengan penambahan bahan aditif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan bubuk kayu meranti pada pasir cetak terhadap karakteristik pasir cetak dan cacat porositas hasil pengecoran aluminium.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 9 variasi komposisi pasir cetak dengan bahan utama pasir silika, bentonite, dan air. Komposisi bentonite dan air pada pasir cetak dijaga konstan sebesar 8% dan 4%. Bubuk kayu meranti digunakan sebagai pengganti pasir silika. Variasi penambahan bubuk kayu sebesar 0% hingga 8% dengan interval 1% tiap komposisi. Kemudian dilakukan pembuatan spesimen standar dengan diameter 50mm dan tinggi 50mm menggunakan cetakan standar dan alat pemadat pasir standar yang selanjutnya digunakan untuk pengujian permeabilitas dan kekuatan tekan pasir cetak. Pembuatan cetakan pasir dilakukan pada komposisi pasir cetak tanpa penambah, penambahan 1% bubuk kayu, dan 8% bubuk kayu. Pola benda yang digunakan berbentuk balok berdimensi panjang 50mm, lebar 50mm, dan tinggi 12mm.

Setelah cetakan kering dilakukan pengecoran. Selama proses pembongkaran cetakan dilakukan pengamatan permukaan pasir cetak dan permukaan hasil cor. Kemudian hasil cor diuji porositas.

Hasil yang didapatkan adalah nilai permeabilitas paling tinggi yaitu dengan penambahan 1% bubuk kayu meranti sebesar $176\text{cm}^3/\text{menit}$ sedangkan permeabilitas terendah pada penambahan 8% bubuk kayu. Penambahan bubuk kayu meranti tidak lebih dari 2% akan meningkatkan permeabilitas pasir cetak. Nilai kekuatan tekan terendah terjadi pada penambahan 8% bubuk kayu dengan nilai kekuatan tekan $130\text{KN}/\text{m}^2$ sedangkan yang tertinggi pada komposisi pasir cetak tanpa penambah dengan nilai kekuatan tekan $366,67\text{KN}/\text{m}^2$. Setiap penambahan bubuk kayu meranti sebanyak 1% akan menurunkan kekuatan tekannya lebih dari 10%. Penambahan bubuk kayu meranti lebih dari 2% akan menurunkan sifat permeabilitas dan kekuatan tekannya. Berdasarkan uji porositas didapatkan bahwa persentase porositas terendah terjadi pada benda cor dengan cetakan tanpa penambah. Sedangkan persentase tertinggi terjadi pada benda cor dengan cetakan dengan penambah 8% bubuk kayu.

Kata kunci: Bubuk kayu meranti, Permeabilitas, Kekuatan tekan, Porositas

**EXPERIMENTAL STUDY THE EFFECT OF MERANTI
WOOD POWDER ADDITION ON THE
CHARACTERISTICS OF MOLDING SAND AND
POROSITY DEFFECT OF ALUMINIUM 6061 CASTING
PRODUCT**

Name : Achmad Rifqi Rosyadi
NRP : 2110100101
Department : Mechanical Engineering FTI-ITS
Supervisor : Dr. Ir. H. C. Kis Agustin, DEA

ABSTRACT

Following with the development of technology, the need of equipment made from aluminium is increase. One of the most widely use method of casting is sand casting. Research to improve sand casting product quality is still developed. One way to improve the quality of sand mold is by addition of additives. The aim of this research is to know the effect of adding meranti wood powder to the characteristics of molding sand and the porosity defects of aluminium casting product.

This research is using 9 variations of molding sand composition with the main material are silica sand, bentonite, and water. The composition of bentonite and water in the molding sand was kept constant at 8% and 4%. Meranti wood powder is used as a substitute for silica sand. Molding sand compositions are varied by addition of wood powder at 0% to 8%. Molding sand characteristics such as permeability and compressive strength are determined by using standard specimen. Standard specimen made by using standard tube. The compositions of molding sand that use to be sand mold are molding sand without additive, addition 1% and 8% of meranti wood powder. The pattern of casting product is a cuboid that have 50mm of length, 50mm of width, and 12mm of high. Aluminium casting is done after the sand mold was dried. Mold sand surface and casting

product surface are observed after the casting process. Then the porosity defects of casting product are measured.

The result of this research, molding sand with 1% addition of meranti wood powder have the highest permeability number ($176\text{cm}^3/\text{minute}$) while the lowest permeability number ($57,67\text{cm}^3/\text{minute}$) was the molding sand with 8% addition of meranti wood powder. The addition of meranti wood powder less than 2% will increasing the permeability number of molding sand. Molding sand with 8% addition of wood powder have the lowest compressive strength ($130\text{KN}/\text{m}^2$) while the highest compressive strength ($366,67\text{KN}/\text{m}^2$) was the molding sand without addition. The addition of meranti wood powder will decrease compressive strength of molding sand. Every 1% additional of wood powder will decrease compressive strength more than 10%. The addition of meranti wood powder more than 2% will decrease the permeability and compressive strength. Based on the porosity test showed that the lowest percentage of porosity occurs in the casting mold without addition. While the highest percentage of porosity was the casting product from sand mold with 8% addition of wood powder.

Keyword: Meranti wood powder, Permeability, Compressive strength, Porosity

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH
PENAMBAHAN BUBUK KAYU MERANTI
TERHADAP KARAKTERISTIK PASIR CETAK
DAN CACAT POROSITAS HASIL PENGECORAN
ALUMINIUM 6061**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Bidang Studi Metalurgi
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ACHMAD RIFQI ROSYADI

NRP. 2110 100 101

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Dr. Ir. H.C. Kis Agustin, DEA (Pembimbing)
(NIP. 196308151989032001)
2. Dr. Ir. Socharto, DEA (Penguji 1)
(NIP. 194809111981031001)
3. Ir. Hari Subiyanto, MSc. (Penguji 2)
(NIP. 196006231988031002)
4. Ika Dewi Wijayanti, ST, MSc. (Penguji 3)
(NIP. 2100201301001)

SURABAYA

Juli, 2014

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT. Karena atas ramat dan hidayahnya-Nya, tugas akhir yang berjudul **“Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Bubuk Kayu Meranti Terhadap Karakteristik Pasir Cetak dan Cacat Porositas Hasil Pengecoran Aluminium 6061”** ini dapat disusun dan diselesaikan dengan lancar.

Banyak pihak yang telah membantu sampai selesainya Tugas Akhir ini, oleh karena itu pada kesempatan ini kami sampaikan terima kasih kepada :

1. Ayah dan Ibu yang saya cintai, terima kasih atas segala pengorbanan dan dukungannya.
2. Dr. Ir. Soeharto, DEA dan Dr. Ir. H.C. Kis Agustin selaku dosen pembimbing Tugas Akhir Teknik Mesin FTI - ITS. yang telah banyak memberikan bimbingan dan nasehat kepada penulis.
3. Bapak Hari Subiyanto, Bapak Indra Sidharta, dan Ibu Ika Dewi selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan guna menyempurnakan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Sudyono selaku dosen wali yang telah memberikan petunjuk selama saya kuliah.
5. Adik-adikku yang saya cintai Izza, Wafi dan Kaysa.
6. Sahabat terbaik saya, Arfi, Puput, dan Supri. Terima kasih atas persahabatan kalian selama ini.
7. Teman-teman mbolang, Kakek Danny, Gallih, Tante Eka, dan Om Anas, Setelah yudisium ayo mbolang lagi.
8. Teman-teman seperjuangan tugas akhir pengecoran Arfi, Mas Munir, Mas Dio, Mas Anjar dan Mas Rohman. Alhamdulillah kita lulus semua.
9. Teman-Teman Laboratorium Metalurgi: Esthi, Puput, Zahra, Dono, Fira, Hindun, Mas Rio, Mas Babik, dan Mas Bilal.
10. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2010 M-53, banyak hal yang telah kita lewati bersama.

11. Pak Gatot dan Pak Nandang yang telah memberikan banyak ilmu yang sederhana tapi sangat bermanfaat.
12. Karyawan laboratorium metalurgi, Pak Mantri, Pak Budi, dan Mas Agus terima kasih atas bantuannya selama saya kuliah di teknik mesin.
13. Mas dan Mbak BEM ITS Transformation, Mas Novan, Mbak Ria, Mas Wahyu, Mas Iftah, Mas Imron, dan Mas Dito.
14. Teman-teman staff BEM ITS Transformation, Putra, Kety, Romi, Dessy, Adi, Chacul, Zulvah, Iqbal, dan teman-teman yang lain.
15. Teman-teman BEM ITS Mahakarya, Mas Ari, Mas Widy, Mbak Ken, dan Fahmi beserta adik-adik staff.
16. Serta semua pihak yang telah membantu terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini, kami mengucapkan banyak terima kasih.

Kekurangan atau ketidaksempurnaan tentu masih ada, namun bukan sesuatu yang disengaja, hal tersebut semata - mata karena kekhilafan dan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhir kata semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa, khususnya mahasiswa Program studi Teknik Mesin FTI-ITS.

Surabaya, Juli 2014

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| HALALAM JUDUL | |
| HALAMAN PENGESAHAN | i |
| ABSTRAK | ii |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.4 Batasan Masalah | 2 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 3 |
| BAB 2 DASAR TEORI | 5 |
| 2.1 Pasir Cetak | 6 |
| 2.1.1 Macam-macam Pasir Cetak | 6 |
| 2.1.2 Susunan Pasir Cetak | 8 |
| 2.1.3 Permeabilitas | 9 |
| 2.1.4 Kekuatan Tekan | 10 |
| 2.1.5 Pengujian Pasir Cetak | 11 |
| 2.1.3.1 Uji Permeabilitas | 11 |
| 2.1.3.2 Pengujian Kekuatan Tekan | 12 |
| 2.2 Pola Cetakan | 12 |
| 2.3 Sistem Saluran (<i>Gating System</i>) | 14 |
| 2.4 Sistem Saluran Menurut Standar AFS | 16 |
| 2.5 Cacat Porositas | 19 |
| 2.6 Aluminium | 21 |
| 2.7 Bubuk kayu | 23 |
| 2.8 Penelitian Terdahulu | 24 |
| BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN | 29 |
| 3.1 Diagram Alir Penelitian | 29 |
| 3.2 Peralatan | 30 |
| 3.3 Bahan | 31 |
| 3.4 Langkah Penelitian | 31 |

| | |
|--|------------|
| BAB 4 PELAKSANAAN PENELITIAN | 45 |
| 4.1 Pembuatan Pola dan Saluran Turun | 45 |
| 4.2 Pembuatan Spesimen Uji Pasir Cetak | 45 |
| 4.3 Pengujian Permeabilitas | 47 |
| 4.4 Pengujian Kekuatan Tekan | 52 |
| 4.5 Pembuatan Cetakan Pasir | 52 |
| 4.6 Peleburan Aluminium | 55 |
| 4.7 Penuangan Aluminium Cair | 56 |
| 4.8 Pembongkaran Cetakan | 58 |
| 4.9 Pengukuran Porositas | 58 |
| BAB 5 DATA HASIL PENELITIAN | 61 |
| 5.1 Data Hasil Pengukuran Permeabilitas Pasir Cetak | 61 |
| 5.2 Data Hasil Pengukuran Kekuatan Tekan Pasir Cetak | 62 |
| 5.3 Kondisi Cetakan Pasir | 63 |
| 5.4 Permukaan Spesimen Hasil Cor | 64 |
| 5.5 Data Hasil Pengujian Porositas | 65 |
| 5.6 Perbandingan porositas dan permeabilitas | 66 |
| BAB 6 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN | 67 |
| 6.1 Permeabilitas Pasir Cetak | 67 |
| 6.2 Kekuatan Tekan Pasir Cetak | 69 |
| 6.3 Kondisi Cetakan Pasir | 71 |
| 6.4 Permukaan Benda Cor | 75 |
| 6.5 Cacat Porositas | 76 |
| BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN | 79 |
| 7.1 Kesimpulan | 79 |
| 7.2 Saran | 80 |
| DAFTAR PUSTAKA | xvi |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Temperatur penuangan untuk berbagai jenis logam..... | 6 |
| Tabel 2.2 Daftar Seri Paduan Aluminium..... | 22 |
| Tabel 2.3 Sifat mekanik aluminium pada temperatur tuang yang Berbeda..... | 27 |
| Tabel 2.4 Sifat mekanik aluminium pada permeabilitas pasir cetak yang berbeda..... | 28 |
| Tabel 3.1 Data pengujian permeabilitas pasir cetak..... | 38 |
| Tabel 3.2 Data pengujian kekuatan tekan pasir cetak..... | 39 |
| Tabel 3.3 Data gambar permukaan pasir cetak yang terpengaruh panas logam cair..... | 42 |
| Tabel 3.4 Data pengujian cacat porositas hasil cor aluminium 6061..... | 43 |
| Tabel 5.1 Tabel hasil pengukuran permeabilitas dengan masa pengeringan 2 minggu..... | 61 |
| Tabel 5.2 Tabel hasil pengukuran kekuatan tekan dengan masa pengeringan 2 minggu..... | 62 |
| Tabel 5.3 Data Pengaruh Logam Cair Terhadap Pasir Cetak..... | 63 |
| Tabel 5.4 Pengaruh Komposisi Pasir Cetak Terhadap Permukaan Spesimen Hasil Cor..... | 64 |
| Tabel 5.5 Data hasil pengukuran porositas hasil cor aluminium 6061..... | 65 |

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 2.1 | Macam-macam bentuk butir pasir cetak | 8 |
| Gambar 2.2 | (a) Pematat pasir standar (b) Alat uji permeabilitas | 12 |
| Gambar 2.3 | Mesin uji tekan pasir cetak | 12 |
| Gambar 2.4 | Pola tunggal | 13 |
| Gambar 2.5 | Pola belahan | 14 |
| Gambar 2.6 | Bagian-bagian sistem saluran | 15 |
| Gambar 2.7 | <i>Sprue area</i> | 17 |
| Gambar 2.8 | <i>Sprue base area</i> | 18 |
| Gambar 2.9 | <i>Gate</i> dan <i>runner area</i> | 19 |
| Gambar 2.10 | (a) porositas gas (b) porositas shrinkage | 20 |
| Gambar 2.11 | Grafik hubungan penambahan zat aditif terhadap kekutan tekan pasir cetak | 25 |
| Gambar 2.12 | Efek penambahan zat aditif terhadap permeabilitas pasir cetak | 26 |
| Gambar 2.13 | Grafik hubungan penambahan zat aditif terhadap mampu ambruk pasir cetak | 26 |
| Gambar 3.1 | Diagram Alir Penelitian | 30 |
| Gambar 3.2 | Dimensi spesimen cor aluminium 6061 | 32 |
| Gambar 3.3 | Saluran turun sistem <i>bottom gating</i> | 33 |
| Gambar 3.4 | Dimensi <i>sprue</i> | 34 |
| Gambar 3.5 | Dimensi <i>sprue base</i> | 35 |
| Gambar 3.6 | Dimensi <i>runner area</i> | 36 |
| Gambar 3.7 | Dimensi <i>ingate</i> | 36 |
| Gambar 3.8 | Dimensi cetakan | 40 |
| Gambar 3.9 | Tungku peleburan | 41 |
| Gambar 3.10 | Proses penuangan Aluminium cair | 41 |
| Gambar 4.1 | pola yang terbuat dari kayu | 45 |
| Gambar 4.2 | <i>Precision specimen tube</i> | 46 |
| Gambar 4.3 | (a) Balok besi dimasukkan ke dalam ceatakn atau <i>tube</i> (b) Proses pengisian pasir pada cetakan standar (c) Penumbukan pasir cetak secara manual | |

| | | |
|-------------|---|----|
| | (d) Proses pengeluaran spesimen uji pasir..... | 47 |
| Gambar 4.4 | (a) Lubang keluaran udara mesin <i>permeability meter</i> (b) Posisi penutup saat proses kalibrasi mesin <i>permeability meter</i> | 48 |
| Gambar 4.5 | Spesimen pasir yang dipasang pada tabung uji..... | 49 |
| Gambar 4.6 | Bagian-bagian mesin uji permeabilitas..... | 50 |
| Gambar 4.7 | (a) Tuas uji pada posisi <i>check</i> (b) Tuas uji pada posisi <i>test</i> | 50 |
| Gambar 4.8 | (a) Jarum penunjuk saat tuas uji posisi <i>check</i> (b) Jarum penunjuk saat tuas uji posisi <i>test</i> | 51 |
| Gambar 4.9 | Skala pada mesin <i>permeability meter</i> | 51 |
| Gambar 4.10 | (a) Uji kekuatan tekan pasir cetak (b) Penunjuk nilai kekuatan tekan..... | 52 |
| Gambar 4.11 | Susunan pola pada bagian kup..... | 53 |
| Gambar 4.12 | Proses pelepasan pola (a) <i>sprue</i> (b) balok dan <i>ingate</i> (c) <i>sprue base</i> dan <i>runner</i> | 54 |
| Gambar 4.13 | rongga (a) <i>sprue</i> (b) balok dan <i>ingate</i> (c) <i>sprue base</i> dan <i>runner</i> | 54 |
| Gambar 4.14 | Proses pengeringan cetakan pasir..... | 54 |
| Gambar 4.15 | <i>Pouring basin</i> yang telah dibuat pada kup..... | 55 |
| Gambar 4.16 | (a) Tungku peleburan (b) Proses pembersihan pengotor (c) Pengukuran temperatur aluminium cair..... | 55 |
| Gambar 4.17 | Proses pemberian <i>seal</i> | 56 |
| Gambar 4.18 | Proses penuangan aluminium cair..... | 57 |
| Gambar 4.19 | Pengamatan daerah HAZ..... | 57 |
| Gambar 4.20 | (a) Pembongkaran cetakan menggunakan palu (b) Spesimen uji porositas hasil cor aluminium..... | 58 |
| Gambar 4.21 | (a) Pengukuran massa spesimen dengan timbangan digital (b) <i>Beaker glass</i> | 59 |
| Gambar 6.1 | Grafik pengaruh penambahan bubuk kayu terhadap permeabilitas pasir cetak..... | 57 |

| | |
|--|----|
| Gambar 6.2 Grafik pengaruh penambahan bubuk kayu terhadap kekuatan tekan pasir cetak..... | 68 |
| Gambar 6.3 Hasil pengamatan (a) tampak atas kup (b) tampak atas drag (c)penampang A-A..... | 70 |

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan teknologi, kebutuhan akan peralatan yang terbuat dari aluminium meningkat. Proses produksi aluminium yang banyak digunakan adalah dengan pengecoran. Kualitas produk cor sangat dipengaruhi oleh metode pengecoran yang dipilih. Salah satu metode pengecoran yang banyak digunakan adalah dengan menggunakan cetakan pasir atau *sand casting*. Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi kualitas cetakan pasir, salah satunya adalah komposisi cetakan pasir. Komposisi utama cetakan pasir terdiri dari pasir cetak, bahan pengikat, dan air. Selain itu penambahan bahan aditif juga akan mempengaruhi kualitas dari cetakan pasir. Terdapat berbagai macam bahan aditif antara lain air kaca (*water glass*), gula tetes (*molasses*), tepung-tepungan, abu terbang (*fly ash*) dan grafit. Jenis bahan aditif yang berbeda akan menghasilkan kualitas cetakan pasir yang berbeda pula.

Bubuk kayu merupakan salah satu limbah dari proses pemotongan kayu. Secara ekonomis pemanfaatan bubuk kayu sering dijumpai sebagai media tanam jamur. Pemakaian bubuk kayu sebagai bahan aditif atau penambah dalam proses pengecoran metode cetakan pasir sangat mungkin untuk dilakukan. Penelitian sebelumnya tentang penambahan bahan aditif abu terbang, tepung kulit kacang dan bubuk tamarin pada pasir cetak meningkatkan kekuatan tekan namun menurunkan permeabilitas^[6].

Salah satu sifat yang paling penting dari cetakan pasir adalah permeabilitas. Permeabilitas merupakan kemampuan cetakan pasir untuk dilalui udara. Permeabilitas cetakan pasir yang baik akan mengurangi kemungkinan terjadinya cacat porositas. Dari sekian banyak cacat yang sering timbul pada produk hasil cor, porositas merupakan salah satu contoh cacat yang paling sering ditemukan. Cacat pada produk cor seperti

porositas harus dihindari dan diminimalisir karena dengan adanya cacat pada produk cor akan mengakibatkan menurunnya sifat mekanik. Penyebab dari munculnya cacat ini adalah kemampuan alir gas yang dimiliki cetakan pasir kurang baik, sehingga banyak gas yang masih terperangkap dalam produk cor. Berdasarkan hal tersebut peneliti ingin mengetahui pengaruh komposisi pasir cetak dengan penambahan bahan aditif bubuk kayu terhadap hasil cor aluminium.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penambahan bubuk kayu meranti terhadap karakteristik pasir cetak dan cacat porositas hasil pengecoran aluminium 6061.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh penambahan bubuk kayu meranti terhadap permeabilitas pasir cetak,
2. Mengetahui pengaruh penambahan bubuk kayu meranti terhadap kekuatan tekan pasir cetak,
3. Mengetahui pengaruh penambahan bubuk kayu meranti terhadap cacat porositas hasil cor aluminium 6061.

1.4 Batasan Masalah

Beberapa batasan dan asumsi yang diajukan pada penelitian ini guna menyederhanakan permasalahan dan lebih memfokuskan arah penelitian adalah sebagai berikut:

1. Cetakan pasir memiliki komposisi dan permeabilitas yang seragam (homogen).
2. Sistem saluran yang digunakan menggunakan standar AFS dan dianggap sudah ideal.
3. Aliran logam cair dalam cetakan pasir adalah aliran laminar.
4. Gaya gesek selama logam cair mengalir melalui saluran dan rongga cetakan dianggap konstan.

5. Temperatur tuang aluminium 6061 yang digunakan di dalam eksperimen dianggap sama dan konstan.
6. Aliran logam cair melalui saluran dan rongga cetakan mengalir hanya dengan gaya gravitasi.
7. Temperatur ruang dianggap konstan .
8. Selama peleburan logam tidak dilakukan mekanisme *degassing*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan teknologi dan industri pengecoran khususnya dengan metode cetakan pasir (*sand casting*) sehingga didapatkan hasil coran yang lebih baik.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 Pasir Cetak

Pengecoran menggunakan cetakan pasir paling banyak digunakan. Hal ini disebabkan karena cetakan pasir relatif mudah dibuat, biaya yang relatif murah, dan dapat digunakan untuk membuat cetakan dengan ukuran besar. Pasir cetak memiliki peranan penting dalam menentukan kualitas hasil coran. Syarat-syarat pasir cetak sebagai berikut^[1]:

1. Sifat mampu bentuk. Pasir cetak yang mudah dibentuk akan memudahkan dalam pembuatan cetakan pasir.
2. Permeabilitas yang cocok. Permeabilitas merupakan kemampuan pasir cetak untuk mengalirkan udara pada saat proses pengecoran. Permeabilitas yang kurang baik akan menyebabkan cacat gelembung gas atau porositas.
3. Distribusi besar butir yang cocok. Sifat ini mempengaruhi kekasaran dari permukaan coran. Cetakan pasir dengan butiran yang halus akan menghasilkan hasil coran yang halus namun butiran yang terlalu halus akan mencegah udara keluar sehingga menyebabkan cacat gelembung gas.
4. Tahan terhadap temperatur logam yang dituang. Temperatur penuangan logam bermacam-macam tergantung jenis logam. Pasir cetak harus tahan terhadap temperatur penuangan logam.

Tabel 2.1 Temperatur penguangan untuk berbagai jenis logam^[22]

| Elements | Melting Point Celcius | Melting Point Fahrenheit |
|---------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Aluminium | 659 | 1218 |
| Cast iron | 1250 | 2300 |
| Chromium | 1615 | 3034 |
| Copper | 1083 | 1981 |
| Gold | 1063 | 1946 |
| Iron | 1530 | 2786 |
| Magnesium | 670 | 1240 |
| Nickel | 1452 | 2646 |
| Silicon | 1420 | 2588 |
| High Carbon Steel | 1363 | 2550 |
| Medium Carbon Steel | 1353 | 2500 |
| Low Carbon Steel | 1464 | 2700 |
| Stainless Steel | 1363 | 1550 |
| Titanium | 1795 | 3263 |
| Tungsten | 3000 | 5432 |

5. Mudah dalam pembongkaran.
6. Mampu dipakai lagi dan murah.

2.1.1 Macam-macam Pasir Cetak

Pasir cetak yang paling lazim dipakai adalah pasir gunung, pasir pantai, pasir sungai dan pasir silika yang disediakan alam. Beberapa jenis pasir dengan kandungan lempung 10-20% dapat dipakai langsung dengan menambahkan air namun jika kandungan lempung kurang dari jumlah tersebut pasir harus ditambah bahan pengikat lain^[1].

Terdapat beberapa macam pasir yang dapat digunakan sebagai bahan cetakan, diantaranya adalah^[2]:

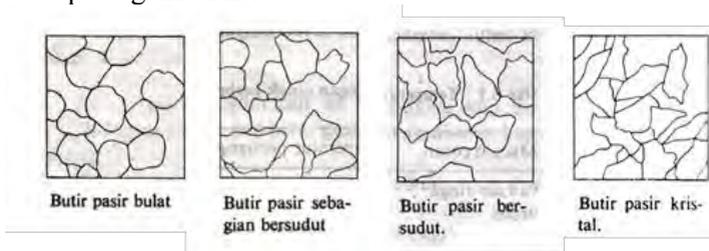
1. Pasir Kuarsa, paling banyak digunakan dalam industri pengecoran logam. Sebelum digunakan, pasir kuarsa harus dicuci dan diklasifikasikan ke dalam bentuk dan ukuran butiran. Adapaun sifat-sifat fisik pasir kuarsa adalah sebagai berikut: Berat jenisnya 2,7 g/cm³, temperatur lelehnya 1720°C dan titik sinternya 1500°C, warnanya putih hingga abu-abu kekuningan, mengalami pemuaihan sebesar 1,5%-2% pada temperatur 573°C.

2. Pasir Zircon, merupakan bahan mineral alam dengan kandungan ZrO_2 minimal 65% dan SiO_2 sebanyak 33%, pemuaiannya kecil dan tahan suhu tinggi. Banyak terdapat di Benua Australia. Adapun sifat-sifat fisik dari pasir zircon adalah: Berat jenisnya $4,6 - 4,8 \text{ g/cm}^3$, temperatur lelehnya $2200-2400^\circ\text{C}$ dan titik sinternya lebih dari 1500°C , serta memiliki warna putih kelabu kemerah-merahan.
3. Pasir Chromit, merupakan pasir buatan, karena pasir ini berasal dari batuan chrom yang diproses melalui pemecahan dan pemisahan dari bahan-bahan lain. Komposisi pasir chromit adalah $50\% Cr_2O_3 + 27\% Fe_2O_3 + 10\% Al_2O_2 + 10\% MgO + 3\%$ batuan lain. Sifat-sifat fisik pasir chromit adalah: Berat jenisnya $4,4 - 4,8 \text{ g/cm}^3$, temperatur lelehnya 1900°C , serta memiliki warna hitam mengkilat atau metalik.
4. Pasir Olivine termasuk pasir buatan yang berasal dari batuan alam Magnesium besi silikat yang diolah. Komposisi pasir olivin adalah $93\% MgO.SiO_2 + 6\% FeO.SiO_2 + 1\%$ batuan lain. Sifat-sifat fisik pasir olivin adalah: Berat jenisnya $3,3 - 4,2 \text{ g/cm}^2$, temperatur lelehnya $1750 - 1780^\circ\text{C}$, warna hijau kekuningan, coklat, merah hati dan mengkilat seperti kaca.
5. Pasir silika dengan unsur utama 90-98% SiO_2 dan campuran 1-2% alumina, 1-1,5% FeO , 1% CaO dan MgO ^[12]. Pasir silika memiliki sifat ketahanan terhadap temperatur tinggi terbaik sehingga sangat cocok digunakan sebagai cetakan pasir. Selain itu memiliki harga yang relatif murah dan memiliki ukuran yang bermacam-macam sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Kekurangan dari pasir silika yaitu memiliki koefisien muai yang tinggi dan cenderung menempel pada logam cair.

2.1.2 Susunan Pasir Cetak

Salah satu hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan cetakan pasir adalah susunan pasir cetak. Susunan pasir cetak akan mempengaruhi sifat pasir cetak dan kualitas dari hasil pengecoran. Susunan dari pasir cetak terdiri atas^[1]:

1. Butiran pasir cetak, bentuk butiran pasir dapat digolongkan menjadi butiran pasir bulat, sebagian bersudut, bersudut, dan kristal. Bentuk pasir dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Macam-macam bentuk butir pasir cetak^[1]

2. Pengikat, selain menggunakan lempung sebagai bahan pengikat, terdapat beberapa macam bahan pengikat lain diantaranya adalah:
 - a. Bentonite,
 - b. Semen,
 - c. Air kaca (*waterglass*), dan
 - d. Resin furan atau fenol.
3. Tambahan Khusus, tambahan khusus ditambahkan untuk memperbaiki sifat pasir cetak seperti memperhalus permukaan, mempermudah pembongkaran, pemakaian ulang dan sebagai pengikat. Terdapat berbagai jenis bahan tambahan seperti tepung tapioka, *flyash*, grafit, tetes tebu, dan bubuk kayu.

2.1.3 Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan pasir cetak untuk mengalirkan gas. Permeabilitas adalah sifat yang paling penting terhadap kualitas hasil coran. Pasir cetak yang telah dipadatkan harus dapat mengalirkan uap dan gas-gas yang dilepaskan oleh logam panas pada waktu dilakukan penuangan ke dalam cetakan. Apabila cetakan tidak bisa mengalirkan gas dan udara dengan baik maka akan terjadi cacat berupa rongga udara pada hasil coran.

Nilai permeabilitas pasir cetak kering yang baik untuk pengecoran aluminium antara $100 - 150\text{cm}^3/\text{menit}$ ^[14]. Permeabilitas kecil akan menyebabkan permukaan hasil coran halus namun terdapat cacat berupa gelembung gas atau porositas sedangkan permeabilitas yang besar akan mengurangi cacat gelembung gas namun permukaan hasil coran menjadi kasar. Permeabilitas ini tergantung pada beberapa faktor antara lain:

1. Bentuk butiran pasir

Terdapat 3 bentuk butiran pasir antara lain:

- a. Butir pasir bulat. Pasir berbentuk bulat memiliki sifat mengalirkan udara yang baik karena terdapat sela-sela antara butir pasir yang cukup besar
- b. Butir pasir bersudut. Pasir bersudut memiliki sifat yang kurang baik karena bentuk ini akan menyebabkan butir pasir berhimpitan dan udara sulit keluar.
- c. Butir pasir kristal. Pasir berbentuk kristal memiliki sifat yang buruk karena bentuknya yang tidak beraturan maka sela-sela antar butir menjadi sangat kecil.

2. Kehalusan

Kehalusan atau distribusi besar pasir sangat mempengaruhi permeabilitas. Semakin halus pasir cetak menyebabkan jarak antar sela-sela butir pasir semakin kecil sehingga akan menurunkan permeabilitas. Distribusi besar pasir dinyatakan dalam GFN (*Grain Fineness*

Number). Semakin tinggi nilai GFN maka butiran pasir akan semakin halus.

3. Kadar air
Kandungan air dari pasir cetak akan mempengaruhi permeabilitas. Semakin tinggi kadar air maka permeabilitasnya akan semakin rendah karena sela-sela antar butir pasir terisi oleh air.
4. Jumlah bahan pengikat
Jumlah bahan pengikat yang semakin banyak akan menurunkan permeabilitas karena akan mempersempit ikatan antara butir pasir. Hal ini menyebabkan gas akan semakin susah mengalir.

2.1.4 Kekuatan Tekan

Kekuatan tekan adalah kemampuan pasir cetak untuk menahan tegangan kompresi. Sifat ini berkaitan dengan kemampuan pasir cetak untuk mempertahankan bentuknya. Kekuatan pasir cetak yang rendah akan menyebabkan cetakan mudah pecah sedangkan kekuatan yang berlebihan akan menyebabkan penyusutan coran dan menyebabkan retak serta pembongkarannya yang sulit^[1]. Besar kekuatan tekan tergantung beberapa faktor antara lain:

1. Bentuk butiran pasir
Dari ketiga bentuk butiran pasir, pasir berbentuk bulat akan memberikan kekuatan tekan yang terbaik dan membutuhkan jumlah pengikat yang lebih sedikit jika dibandingkan pasir berbentuk sudut dan kristal.
2. Kehalusan
Semakin halus pasir cetak akan meningkatkan kekuatan tekannya. Butiran pasir yang semakin halus akan meningkatkan kepadatan pasir cetak sehingga jarak antar butir pasir akan semakin kecil. Jarak butir yang semakin kecil akan meningkatkan ikatan antar butir pasir sehingga meningkatkan kekuatan tekannya.

3. Kadar air
Untuk mendapatkan kekuatan tekan yang optimum diperlukan kadar air yang sesuai. Kadar air yang terlalu banyak atau terlalu sedikit akan menurunkan kekuatan tekannya. Hal ini berkaitan dengan banyaknya bahan pengikat yang bereaksi dengan air. Jika kandungan air terlalu sedikit menyebabkan pengikat tidak dapat memberikan kekuatan yang optimum begitu pula jika kandungan airnya terlalu banyak.
4. Jumlah bahan pengikat
Jumlah bahan pengikat yang semakin banyak akan meningkatkan kekuatan tekan karena akan meningkatkan daya ikat antar butir pasir.

2.1.5 Pengujian Pasir Cetak

Uji kualitas terhadap pasir cetak perlu dilakukan secara berkala dan rutin untuk mengetahui dan menjaga kualitas bahan pasir dan bahan tambah lainnya. Terdapat beberapa macam cara pengujian pasir cetak yang sering dilakukan antara lain: uji kadar air, uji kadar lempung, uji permeabilitas, uji kekerasan, uji kekuatan (tekan, *shear*/potong, tarik, bengkok), dan uji distribusi besar butir^[1].

2.1.5.1 Uji Permeabilitas

Kondisi ruang antara butir-butir pasir penting untuk cetakan agar gas-gas dalam cetakan dan gas yang keluar dari logam cair dapat melepaskan diri selama penuangan. Uji ini menggunakan sampel yang masih berada di dalam silinder/tabung benda uji. Pematatan pasir dengan alat pemadat pasir standar seperti gambar 2.2(a) sedang untuk menguji permeabilitas dengan alat seperti gambar 2.2(b).



(a)



(b)

Gambar 2.2 (a) Pematad pasir standar (b) Alat uji permeabilitas

2.1.5.2 Pengujian Kekuatan Tekan

Pegujian kekuatan tekan dilakukan dengan membuat spesimen standar dengan diameter 50mm dan panjang 50mm. Pembuatan spesimen dilakukan dalam wadah standar dan dipadatkan dengan alat pematad standar seperti pada gambar 2.2(a). Tegangan kompresi diberikan oleh mesin penguji kekuatan pasir seperti pada gambar 2.3 hingga spesimen patah. Kekuatan tekan dapat dilihat pada skala mesin uji tekan pasir cetak.



Gambar 2.3 Mesin uji tekan pasir cetak

2.2 Pola Cetakan

Hal pertama yang harus dilakukan pada pembuatan pola adalah mengubah gambaran perencanaan menjadi gambar untuk pengecoran. Dalam hal ini dipertimbangkan bagaimana membuat coran yang baik, bagaimana menurunkan biaya pembuatan cetakan, bagaimana membuat pola yang mudah, dan bagaimana

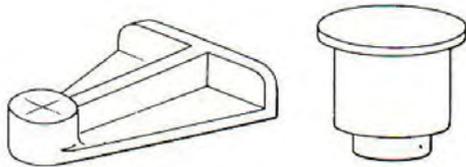
cara mempermudah pembongkaran cetakan, kemudian menetapkan arah *cup* dan *drag*, posisi permukaan pisah, bagian yang dibuat oleh cetakan utama dan bagian yang dibuat oleh inti. Selanjutnya menetapkan tambahan penyusutan, tambahan untuk penyelesaian dengan mesin, dan kemiringan pola.

Pola mempunyai berbagai macam bentuk seperti diuraikan dibawah ini. Pada pemilihan macam pola harus diperhatikan produktivitas, kualitas coran dan harga pola.

1. Pola Pejal

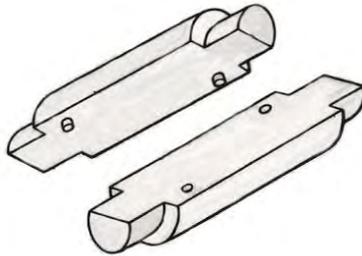
Pola pejal adalah pola yang biasa dipakai yang bentuknya hampir serupa dengan bentuk coran. Pola ini dibagi menjadi beberapa macam antara lain :

- a) Pola tunggal biasanya dibentuk serupa dengan corannya dan bentuk lebih sederhana, kadang-kadang dibuat juga menjadi satu dengan telapak inti. Contoh pola tunggal dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Pola tunggal^[1]

- b) Pola belahan ini dibelah ditengah untuk memudahkan pembuatan cetakan. Biasanya pola ini dipakai bila bentuknya ada berupa silinder. Contoh pola belah dapat dilihat pada gambar 2.5



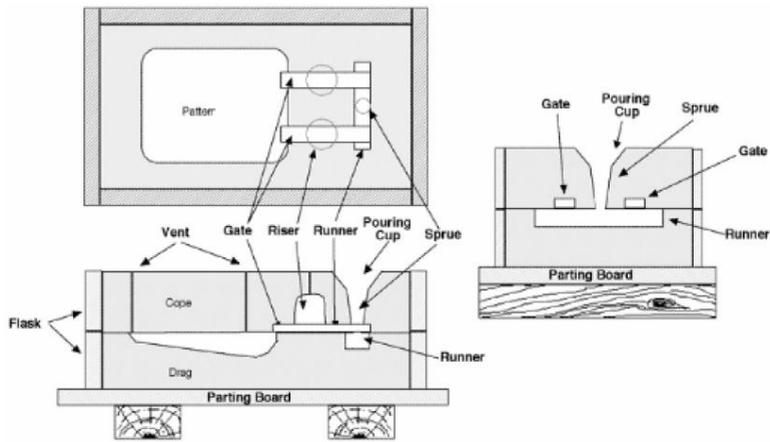
Gambar 2.5 Pola belahan^[1]

- c) Pola belahan banyak dimana dalam hal ini pola dibagi menjadi tiga belah atau lebih untuk memudahkan penarikan dari cetakan dan untuk penyederhanaan pemasangan inti
2. Pola Pelat Pasangan
 3. Pola Pelat Kup dan Drag
 4. Pola Cetakan Sapuan
 5. Pola Kerangka

2.3 Sistem Saluran (*Gating System*)

Secara garis besar sistem saluran didefinisikan sebagai jalan masuk atau saluran bagi logam cair yang dituangkan dari ladle menuju ke dalam rongga cetakan. Sistem saluran dari proses pengecoran mempunyai bagian-bagian seperti berikut:

1. Cawan tuang (*pouring basin*).
2. Saluran turun (*sprue*).
3. Saluran Turun Dasar (*sprue base*)
4. Pengalir (*runner*).
5. Pengalir tambahan (*runner extension*)
6. Saluran masuk (*ingate*)
7. Pengisi (*Riser*)
8. Lubang udara (*Vent*)



Gambar 2.6 Bagian-bagian sistem saluran^[1]

Pada umumnya sistem saluran dirancang untuk mengisi cetakan secepat mungkin dan tidak menimbulkan terbentuknya turbulensi. Sistem saluran seperti gambar 2.6 mempunyai fungsi utama yang dijelaskan seperti di bawah ini:

1. Mengurangi turbulensi pada aliran logam cair ketika melalui sistem saluran dan menuju ke rongga cetakan.
2. Menghilangkan udara dan gas yang terjebak di dalam logam.
3. Mengurangi kecepatan dari aliran logam ketika melalui sistem saluran dan masuk ke rongga cetakan.
4. Mengikuti cetakan agar diisi secara cukup cepat untuk mencegah pembekuan terlalu dini dan menghasilkan cacat coran.
5. Berperan dalam membentuk gradien temperatur yang tepat untuk menghasilkan pembekuan langsung di dalam pengecoran.

2.4 Sistem Saluran Menurut Standar AFS

Berdasarkan *American Foundrymen's Society* (AFS) sistem saluran yang optimal dapat dibuat berdasarkan ketentuan sebagai berikut^[3]:

1. Sistem saluran menggunakan sistem tanpa tekanan dimana perbandingan antara luasan saluran turun : pengalir : saluran masuk adalah 1 : 4 : 4
2. Saluran turun yang digunakan adalah saluran turun yang meruncing dengan bagian bawah saluran turun mengecil merupakan luasan penyempitan.
3. Menggunakan cawan tuang.
4. *Sprue Base* digunakan untuk menyerap energi kinetik yang jatuh dari saluran turun.
5. Pengalir diletakkan di *drag* dan saluran masuk di *cup*.
6. Perpanjangan pengalir digunakan untuk menjebak slag atau pengotor dari logam cair.

Perhitungan sistem saluran dibutuhkan beberapa data awal yang akan digunakan untuk menentukan dimensi sistem saluran. Secara matematis perhitungan sistem saluran antara lain:

1. Menghitung volume pola (V).
2. Menghitung berat benda coran (w) dengan menggunakan rumus:

$$w = \rho \cdot V \dots\dots\dots(\text{pers. 2.1})$$

Dengan massa jenis aluminium 6061, $\rho = 2,7 \text{ gr/cm}^3$

3. Menghitung waktu tuang (t) untuk coran dapat dihitung dengan menggunakan rumusan berikut:

$$t = K_1 \sqrt{w} \dots\dots\dots(\text{pers. 2.2})$$

Dimana :

K = Konstanta

t = Waktu tuang (detik)

w = Berat benda coran (gr)

Nilai konstanta K bervariasi dari 0,9 hingga 2,6

4. Menentukan *Choke Area* (A_B) dapat dihitung berdasarkan rumusan:

$$A_B = \frac{w}{\rho \cdot t \cdot c \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}} \dots (\text{pers. 2.3})$$

Dimana:

A_B = Luasan penyempitan *Choke Area* (mm^2)

w = Berat coran (gr)

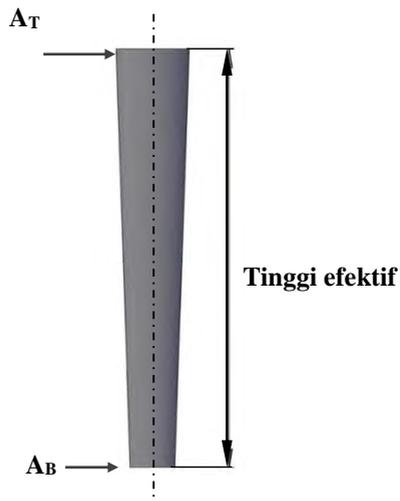
ρ = Densitas logam cair (gr / cm^3)

t = Waktu penuangan (detik)

H = Ketinggian efektif saluran turun (cm)

g = Percepatan gravitasi (981 cm/det^2)

c = Faktor efisiensi dari saluran turun (0,88)



Gambar 2.7 Sprue area

5. Menentukan *Area of the Top of Sprue* (A_T) dapat dihitung dengan rumusan:

$$A_T = A_B \sqrt{\frac{H}{b}} \dots\dots\dots(\text{pers. 2.4})$$

Dimana :

A_B = *Choke Area* (mm^2)

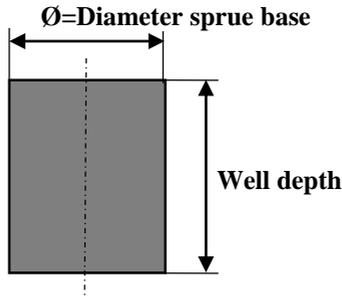
b = Kedalaman logam pada cawan tuang (mm)

6. Menghitung Saluran Turun Dasar (*Sprue Base*)

Perumusan *sprue base* sebagai berikut:

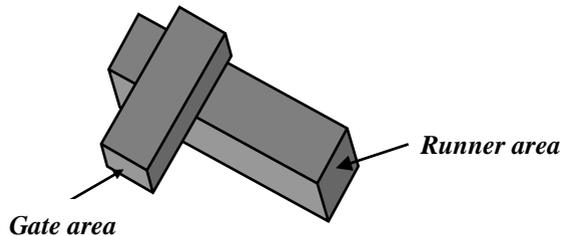
Sprue base = 5 x A_B (*Choke Area*)

Well depth = 2 x kedalaman runner



Gambar 2.8 *Sprue base area*

7. Menentukan Luasan Pengalir (*Runner Area*) dan luasan saluran masuk (*Gate Area*) dengan menggunakan rekomendasi AFS horizontal maka untuk menentukan luasan pengalir menggunakan perbandingan antara *choke area* : *runner area* : *gate area* = 1 : 4 : 4. Maka *runner area* sama dengan empat kali *choke area* dan *gate area* sama dengan empat kali *choke area*.



Gambar 2.9 Gate dan runner area

2.5 Cacat Porositas

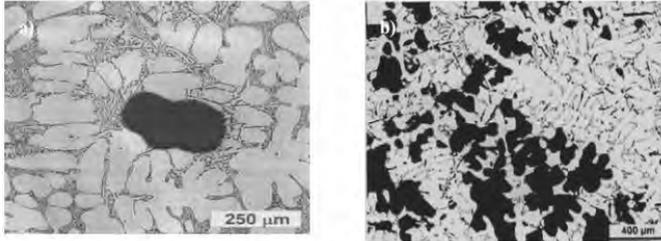
Cacat porositas adalah cacat yang disebabkan gas yang terlarut dalam logam cair dan terjebak pada saat proses solidifikasi logam. Menurut Campbell^[15] ukuran porositas dikelompokkan atas 3 bagian yaitu:

- 1) Presipitasi pori yang memiliki ukuran 0,05-0,5mm,
- 2) Gelembung udara berukuran 0,5-5mm, dan
- 3) Rongga gas (blow hole) berukuran 10-100mm.

Porositas coran logam yang terdapat diatas permukaan (*surface*) disebut porositas terbuka atau dibawah permukaan disebut porositas tertutup (*subsurface*). Cacat porositas berimplikasi menurunkan kualitas coran logam seperti, sifat mekanik, sifat kimia, sifat thermal dan elektrik, sifat fisik, dan sifat mampu bentuk.

Menurut AFS^[3] terdapat dua jenis porositas yaitu porositas gas dan porositas shrinkage. Secara fisik porositas gas dan shrinkage dapat dibedakan, porositas gas disebabkan oleh terperangkapnya gas dan tampak sebagai lubang-lubang bulat dari pengujian metalografi seperti pada gambar 2.13(a). Sedangkan porositas shrinkage terjadi karena pengisian yang tidak mencukupi selama solidifikasi dan bentuknya lebih tidak beraturan dan lebih panjang dibanding porositas gas. Menurut Campbell^[15] porositas dalam paduan aluminium merupakan

gabungan adanya gas hidrogen yang terlarut dalam aluminium cair dan terperangkap selama proses solidifikasi.



Gambar 2.10 a) porositas gas, b) porositas shrinkage^[18]

Menurut Colas^[16] unsur-unsur beryllium, tembaga, timah, dan silikon dalam aluminium menurunkan gas hidrogen. Akan tetapi peneliti lain menghasilkan kondisi yang berbeda yaitu penambahan tembaga dan silikon meningkatkan jumlah porositas dalam pengecoran paduan aluminium seperti yang dinyatakan oleh Suzuki^[17] dalam kondisi cair, aluminium dan paduannya sangat mudah menyerap hidrogen karena temperatur kelarutan yang tinggi, dan berafinitas dengan oksigen.

Secara prinsip hidrogen berasal dari kelembaban atmosfer (H_2O gas) yang bereaksi dengan aluminium cair membentuk gas hidrogen diatomik (H_2) selanjutnya H_2 tersebut terurai menjadi monoatom H larut ke dalam aluminium cair. Dalam proses solidifikasi, monoatomik H yang terlarut akan saling bereaksi menjadi atom H_2 selanjutnya atom tersebut saling bergabung menjadi pori (lubang) atau bersenyawa dengan unsur lain membentuk senyawa hidrida dengan aluminium^[18].

Menurut Tata Surdia^[1] reaksi antara aluminium dengan gas terjadi pada saat proses peleburan logam dan saat proses penuangan. Reaksi aluminium dengan gas selama proses peleburan dapat dikurangi dengan mekanisme *degassing*. Proses ini dilakukan dengan cara memasukkan gas *inert* seperti nitrogen atau argon ke dalam logam cair melalui *nozzle*. Gas hidrogen akan berdifusi menjadi gelembung-gelembung^[23]. Gelembung udara

akan masuk kedalam logam cair dan menyerap hidrogen. Hidrogen dalam logam cair akan berkurang secara perlahan-lahan. Gas inert yang dimasukkan kedalam logam cair melalui *nozzle* dan rotor yang berputar membantu partikel oksida menuju permukaan.

Reaksi antara aluminium cair dengan gas pada rongga cetakan pada saat proses penuangan dapat dikurangi dengan cara:

1. Sistem saluran sesuai standar sehingga didapatkan aliran yang laminar. Aliran logam cair yang turbulen akan menyebabkan gas terperangkap dalam logam cair.
2. Permeabilitas cetakan yang baik sehingga dapat mengalirkan udara dari rongga cetakan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Bayu^[19] dimana komposisi pasir cetak yang memiliki nilai permeabilitas paling tinggi akan menghasilkan persentase cacat porositas paling rendah.
3. Ventilasi udara yang cukup.
4. Menambahkan *open riser*.
5. Cetakan yang kering, kandungan air dalam cetakan dapat menyebabkan reaksi antara logam cair dan air sehingga terbentuk gas hidrogen. Hal ini dapat dilihat dari reaksi kimia antara aluminium cair dengan air.



6. Bahan tambahan pasir cetak yang dapat mudah terbakar seperti bubuk kayu dan tepung kanji tidak boleh ditambahkan dalam jumlah banyak karena akan memproduksi gas baru pada saat reaksi pembakaran.
7. Selain itu, udara dalam rongga cetak juga dapat keluar melalui celah antara kup dan drag yang biasa disebut daerah *parting line*.

2.6 Aluminium

Aluminium merupakan logam *non ferrous* yang memiliki sifat ringan dan tahan karat. Kekuatan tarik aluminium murni

adalah 90 MPa, sedangkan aluminium paduan memiliki kekuatan tensil berkisar 200-600 MPa. Aluminium memiliki berat sekitar satu pertiga baja, mudah ditekuk, diperlakukan dengan mesin, dicor, ditarik (*drawing*), dan diekstrusi.

Paduan aluminium diklasifikasikan dengan pemberian kode atau nomor seri. Kode tersebut dimaksudkan untuk menunjukkan jenis dan komposisi utama pada aluminium paduan. Unsur utama yang biasa digunakan sebagai tambahan pada aluminium paduan antara lain Cu, Si, Mg, Zn, Tin (Sn), dan unsur lain seperti Mn, Ti, Ni dan Fe. Berdasarkan standar AA (*Aluminium Association*) komposisi utamanya penomoran pada kode aluminium ditulis dengan kode empat angka, (xxxx).

Tabel 2.2 Daftar Seri Paduan Aluminium ^[11]

| Seri | Unsur Paduan Utama |
|------|------------------------------|
| 1xxx | ≥ 99.000% Aluminium |
| 2xxx | Tembaga / <i>Copper</i> (Cu) |
| 3xxx | Mangan (Mn) |
| 4xxx | Silikon (Si) |
| 5xxx | Magnesium (Mg) |
| 6xxx | Magnesium dan Silikon |
| 7xxx | Seng (Zn) |
| 8xxx | Unsur lain |

(*American Society for Metal*)

Paduan aluminium seri 6061 adalah paduan antara aluminium dengan magnesium dan silikon. Paduan ini adalah salah satu material yang banyak penerapannya pada industri maju karena memiliki keunggulan pada sifat kemampuan pemesinan yang baik, penyelesaian permukaan sempurna, kekuatan yang tinggi dan ringan serta tahan terhadap korosi^[13]. Aluminium seri ini mempunyai massa jenis sebesar 2,7 g/cc dan titik lebur 652° C. Penggunaan aluminium seri ini sangat luas

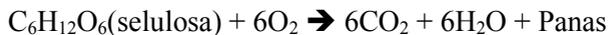
diantaranya adalah sebagai komponen pembuatan pesawat terbang, kamera, komponen elektronik, *hardware*, piston hidrolik dan katup^[14].

2.7 Bubuk kayu

Kayu berasal dari berbagai jenis pohon yang memiliki sifat yang berbeda-beda. Dari sekian banyak sifat-sifat kayu yang berbeda satu sama lain, ada beberapa sifat yang umum terdapat pada semua jenis kayu yaitu :

1. Kayu terdiri dari senyawa kimia berupa selulosa dan hemi selulosa (karbohidrat) serta lignin (non karbohidrat).
2. Kayu bersifat anisotropik, yaitu memperlihatkan sifat yang berlainan jika diuji menurut tiga arah utamanya (longitudinal, radial dan tangensial).
3. Kayu merupakan bahan yang bersifat higroskopis, yaitu dapat menyerap atau melepaskan kadar air (kelembaban) sebagai akibat perubahan kelembaban dan suhu udara disekelilingnya.

Kayu merupakan material yang mudah terbakar. Pada temperatur 260 hingga 315°C akan mengalami reaksi pirolisis. Pirolisis adalah dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen, di mana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas. Pirolisis merupakan reaksi eksotermik atau menghasilkan panas. Salah satu contoh reaksi yang terjadi pada saat kayu terbakar adalah sebagai berikut:



Salah satu senyawa kimia yang terdapat dalam kayu adalah selulosa. Pada saat terjadinya pembakaran, selulosa akan beraksi dengan oksigen. Reaksi tersebut akan menghasilkan gas karbon dioksida, uap air, dan panas^[21].

Salah satu produk limbah dari pengolahan kayu adalah bubuk kayu. Bubuk kayu berbentuk butiran-butiran kayu yang halus. Proses pengolahan kayu menghasilkan bubuk kayu yang cukup banyak. Pemanfaatan limbah bubuk kayu paling banyak digunakan sebagai media tanam jamur. Dalam bidang teknik bubuk kayu juga banyak digunakan antara lain sebagai campuran beton untuk meningkatkan kekuatan tekannya^[10]. Selain itu bubuk kayu juga ditambahkan sebagai bahan pembuat komposit yang dikenal sebagai *Wood Plastic Composite* (WPC) karena bubuk kayu merupakan salah satu serat alami (*cellulose fibers*).

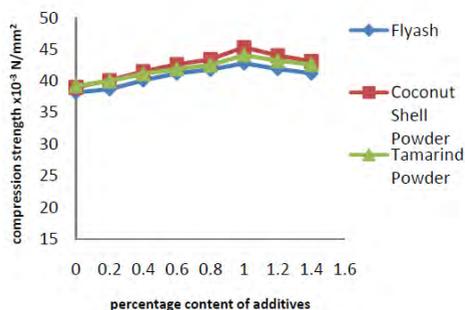
Bubuk kayu juga dapat dimanfaatkan dalam bidang pengecoran logam yaitu sebagai bahan tambahan dalam pembuatan pasir cetak. Berdasarkan buku *The Complete Handbook of Sand Casting*^[4], tidak semua bubuk kayu bisa digunakan. Bubuk kayu yang dapat digunakan pada pasir cetak harus memiliki kandungan getah yang rendah. Penambahan bubuk kayu pada pasir cetak dapat digunakan sampai kadar 1,5%. Penambahan bubuk kayu dapat mengurangi ketahanan panas dan kekuatan tekan cetakan kering namun dapat meningkatkan kekuatan kompresi, kekerasan cetakan, kandungan air, dan massa jenis cetakan basah (*green sand*). Sedangkan menurut buku *Principle of Foundry Technology*^[12], penambahan bubuk kayu akan meningkatkan mampu ambruk (*collapsibility*) dan mencegah timbulnya cacat dan terak.

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini mengacu pada beberapa penelitian sebelumnya baik mengenai pasir cetak, maupun aluminium hasil pengecoran. Pada subbab ini akan ditampilkan beberapa hasil penelitian-penelitian terdahulu yang dijadikan dasar pertimbangan dalam melakukan penelitian tugas akhir ini.

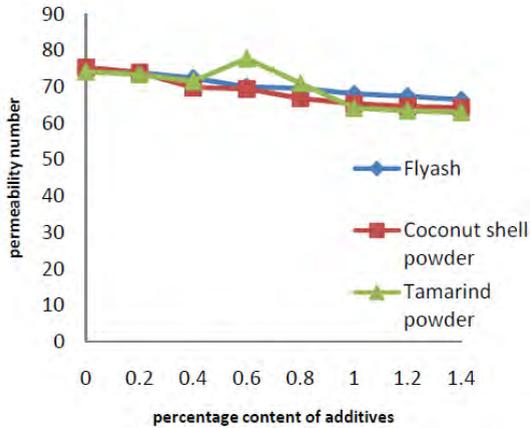
1. **Tataram. K. Chavan**, *Effect of Variation of Different Additives on Green sand Mold Properties for Olivine sand*, 2013^[6]

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *fly ash*, *coconut shell powder* dan *tamarind powder* pada pasir cetak dengan komposisi utama pasir olivine. Dari hasil pengujian didapatkan hasil bahwa penambahan zat aditif *fly ash* sebesar 1% dapat meningkatkan kekuatan tekan pasir cetak. Hasil yang sama juga terlihat pada penambahan 1% *coconut shell powder* dan 1% *tamarind powder* dimana pasir cetak akan mencapai kekuatan tekan maksimum seperti pada gambar 2.11.



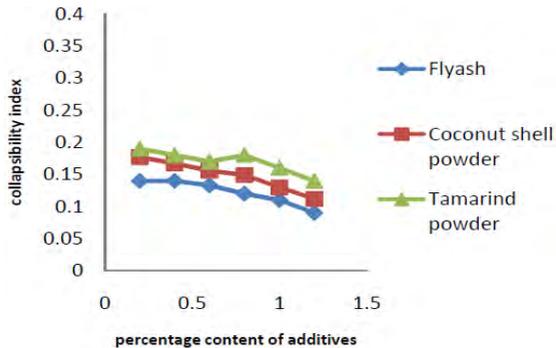
Gambar 2.11 Grafik hubungan penambahan zat aditif terhadap kekuatan tekan pasir cetak^[6]

Hasil dari pengujian permeabilitas menunjukkan bahwa permeabilitas maksimum didapatkan dengan penambahan zat aditif 0,8% - 1 % . Dari gambar 2.12 dapat dilihat bahwa dengan jumlah persentase penambahan zat aditif kedalam pasir cetak dapat meningkatkan permeabilitas hingga batas tertentu.



Gambar 2.12 Efek penambahan zat aditif terhadap permeabilitas pasir cetak^[6]

Pada pengujian mampu ambruk didapatkan hasil bahwa meningkatnya persentase penambahan zat aditif akan menurunkan mampu ambruk pasir cetak seperti terlihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Grafik hubungan penambahan zat aditif terhadap mampu ambruk pasir cetak^[6]

2. **Mahipal Singh**, *Effect of Pouring Temperature and Permeability of Sand on Mechanical Properties of Aluminium Alloy Cast*, 2013^[7]

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh temperatur tuang dan permeabilitas pasir cetak terhadap sifat mekanik paduan aluminium. Temperatur tuang divariasikan menjadi 700°C, 800°C, dan 900°C. Sedangkan permeabilitas pasir cetak divariasikan menjadi 30 Darcy dan 60 Darcy. Pengujian sifat mekanik yang dilakukan adalah pengujian tarik (*tensile test*) dan *impact test*. Penelitian tersebut didapatkan data perbedaan sifat mekanik aluminium pada temperatur tuang yang berbeda seperti pada tabel 3.

Tabel 2.3 Sifat mekanik aluminium pada temperatur tuang yang berbeda^[7]

| Pouring Temperature (°C) | Permeability of moulding sand (Darcy) | Tensile strength (Mpa) | Impact strength $\frac{N}{mm^2} \times 10^{-2}$ |
|--------------------------|---------------------------------------|------------------------|---|
| 700 | 30 | 64,8 | 6 |
| | 60 | 68,8 | 4 |
| 800 | 30 | 90,3 | 5 |
| | 60 | 97,7 | 3,6 |
| 900 | 30 | 101,2 | 3,2 |
| | 60 | 105 | 2,4 |

Berdasarkan tabel 3 dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur tuang akan meningkatkan kekuatan tarik namun menurunkan *impact strength*. Sedangkan pengaruh permeabilitas dapat dilihat pada tabel 4. Nilai permeabilitas yang semakin tinggi akan

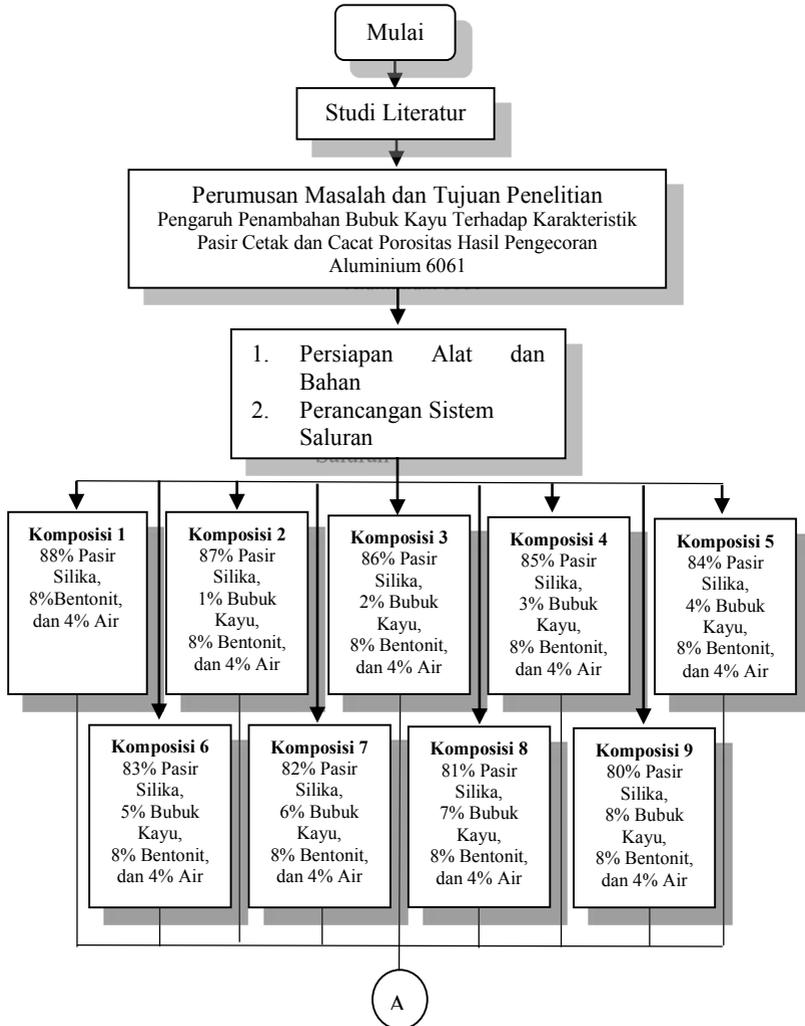
meningkatkan kekuatan tarik (*tensile strength*) namun menurunkan *impact strength*.

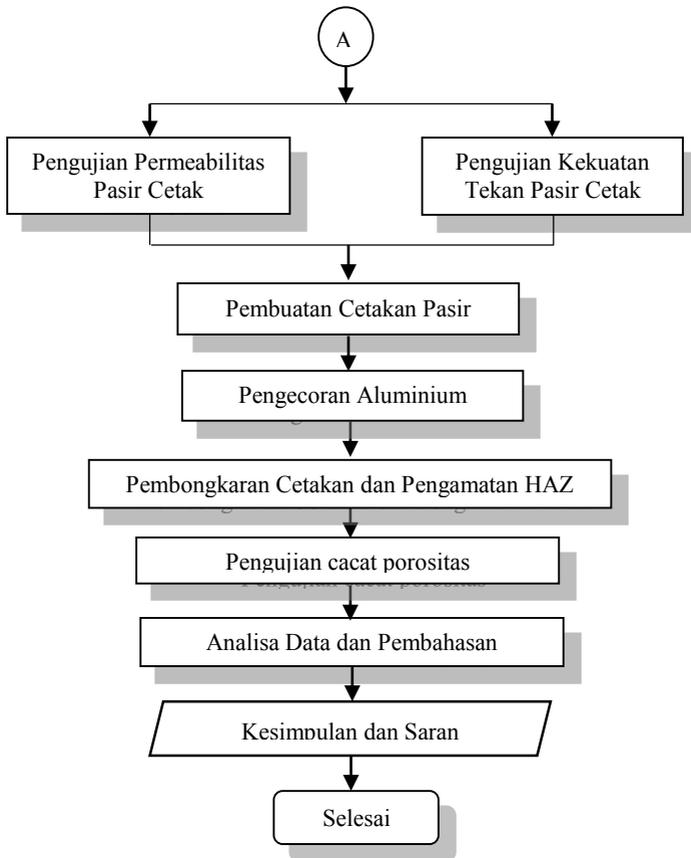
Tabel 2.4 Sifat mekanik aluminium pada permeabilitas pasir cetak yang berbeda^[7]

| Permeability of moulding sand (Darcy) | Pouring Temperature (°C) | Tensile strength (Mpa) | Impact strength $\frac{N}{mm^2} \times 10^{-2}$ |
|---------------------------------------|--------------------------|------------------------|---|
| 30 | 700 | 64,8 | 6 |
| | 800 | 90,3 | 5 |
| | 900 | 101,2 | 3,2 |
| 60 | 700 | 68,8 | 4 |
| | 800 | 97,7 | 3,6 |
| | 900 | 105 | 2,4 |

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian pengaruh penambahan bubuk kayu pada pasir cetak terhadap cacat porositas dan kekuatan tarik hasil cor aluminium antara lain:

1. Tungku peleburan,
2. Alat uji permeabilitas pasir cetak,
3. Alat uji kekuatan pasir cetak,
4. Cetakan standar,

5. Neraca ohaus,
6. Timbangan digital,
7. Gelas ukur,
8. Kamera digital,
9. Jangka sorong,
10. Mesin grinder,
11. Mesin bubut,
12. Penumbuk kayu,
13. Rangka cetakan,
14. *Stopwatch*,
15. Papan cetakan, dan
16. Spatula.

3.3 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Aluminium 6061,
2. Bentonite,
3. Pasir silika, dan
4. Bubuk kayu meranti.

3.4 Langkah Penelitian

Langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Meliputi pengumpulan berbagai literatur atau buku-buku referensi yang berkaitan dengan proses pengecoran logam. Literatur yang dipelajari berupa tugas akhir yang pernah ada, *journal*, informasi dari internet, maupun buku-buku teks.

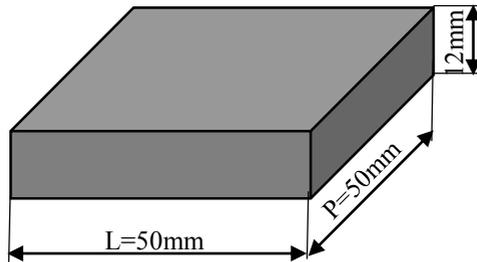
2. Perumusan Masalah

Setelah melakukan pengamatan ditetapkan satu kasus untuk dirumuskan menjadi suatu permasalahan yang akan diteliti. Masalah tersebut adalah bagaimana pengaruh penambahan bubuk kayu meranti pada pasir

cetak terhadap cacat porositas dan kekuatan tarik hasil cor aluminium 6061.

3. Perancangan Pola

Pola yang digunakan dalam proses pengecoran aluminium berbentuk balok dengan dimensi seperti pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Dimensi spesimen cor aluminium 6061

4. Perancangan Sistem Saluran

Perancangan saluran turun (*gating system*) adalah hal terpenting dalam proses pengecoran karena akan menentukan kualitas benda hasil coran. Sistem saluran yang digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan standar *American Foundrymen's Society* (AFS). Proses pengecoran menggunakan aluminium 6061 dengan berat jenis $2,35 \text{ gr/cm}^3$. Perhitungan sistem saluran adalah sebagai berikut:

- a. Perhitungan sistem saluran dibutuhkan data awal berupa volume benda dan berat benda cor yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1.

Volume benda cor

$$(V) = P \times L \times T = 5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 1,2\text{cm} = 30\text{cm}^3$$

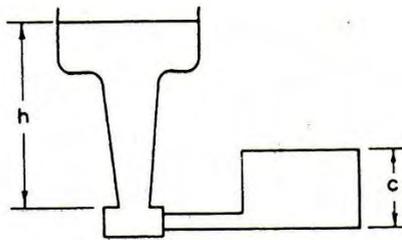
Berat benda

$$(W) = \rho \times V = 2,35\text{gr/cm}^3 \times 30\text{cm}^3 = 70,5\text{gr}$$

- b. Setelah berat benda cor dihitung, kemudian dilakukan perhitungan berat total yaitu berat benda ditambah dengan berat sistem saluran. Berat sistem saluran diasumsikan sebesar 300gr sehingga didapatkan berat total 370,5gr atau 0,817lb.
- c. Waktu tuang yang dibutuhkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2. Nilai konstanta (K) yang digunakan adalah 2,6

$$t = K\sqrt{W} = 2,6\sqrt{0,817} = 2,35 \text{ detik} \approx 2,4 \text{ detik}$$

- d. Penelitian ini menggunakan saluran turun dengan sistem *bottom gating* seperti pada gambar 3.3. Tinggi sprue (h) sebesar 10cm sedangkan ketebalan benda cor (C) sebesar 2cm.



Gambar 3.3 Saluran turun sistem Bottom gating

Tinggi saluran turun efektif (H) pada sistem *bottom gating* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$H = h - \frac{C}{2} = 10\text{cm} - \frac{1\text{cm}}{2} = 9,5\text{cm}$$

- e. Perhitungan *Choke Area* (A_B) dan *top spure area* (A_T) dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.3 dan 2.4.

Choke Area (A_B)

$$A_B = \frac{W}{\rho \cdot t \cdot c \sqrt{2 \cdot g \cdot H}}$$

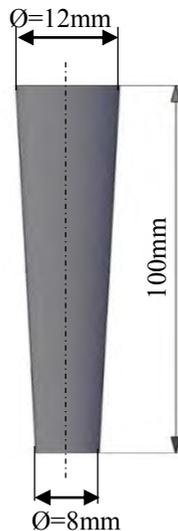
$$= \frac{370,5gr}{2,35 \frac{gr}{cm^3} \times 2,4detik \times 0,88 \sqrt{2 \times 981 \frac{cm}{detik} \times 9,5cm}}$$

$$= 0,55cm^2$$

top spure area (A_T)

$$A_T = A_B \sqrt{\frac{h}{b}} = 0,55cm^2 \sqrt{\frac{10cm}{2cm}} = 1,23cm^2$$

Hasil perhitungan didapatkan *spurie* dengan dimensi seperti pada gambar 3.4.



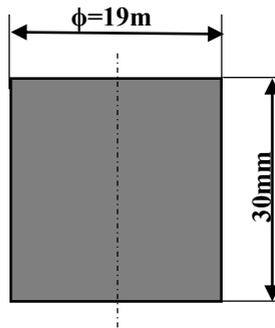
Gambar 3.4 Dimensi spurie

- f. Perhitungan saluran turun dasar (*spruebase*) sebagai berikut :

$$\text{Spruebase area} = 5 \times A_B = 5 \times 0,55\text{cm}^2 = 2,75\text{cm}^2$$

$$\text{Kedalaman Well} = 2 \times \text{kedalaman runner} = 2 \times 1,5\text{cm} = 3\text{cm}$$

Berdasarkan perhitungan diatas akan didapatkan *spruebase* dengan dimensi seperti pada gambar 3.7

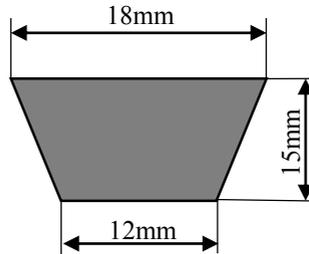


Gambar 3.7 Dimensi *spruebase*

- g. Perhitungan luas *runner* dan *ingate* berdasarkan standar AFS menggunakan perbandingan luasan

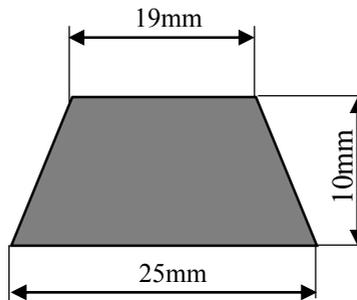
$$A_{\text{spure}} : A_{\text{runner}} : A_{\text{ingate}} = 1 : 4 : 4$$

Berdasarkan perbandingan di atas, dengan luas *sprue* (*choke area*) sebesar $0,55\text{cm}^2$ maka luas daerah pengalir (*runner*) adalah $4 \times 0,55 = 2,2\text{cm}^2$. Pengalir yang digunakan adalah jenis berbentuk persegi *tapper* (trapesium) dengan dimensi seperti pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Dimensi runner area

- h. Sistem saluran ini digunakan satu buah saluran masuk (*ingate*) sehingga luas saluran masuk (*ingate*) sama dengan luas pengalir ($2,28\text{cm}^2$). Dimensi saluran masuk seperti pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Dimensi ingate

5. Pembuatan Pasir Cetak

Proses pembuatan pasir cetak dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Bahan baku utama pasir silika diayak dengan ukuran mesh 28 sedangkan bubuk kayu meranti diayak dengan ukuran mesh 48.
- b. Pasir silika dan bubuk kayu meranti dicampur dalam wadah kemudian diaduk hingga campuran homogen.

- c. Bentonite ditambahkan dalam campuran pasir dan bubuk kayu kemudian diaduk hingga homogen.
 - d. Air ditambahkan sedikit demi sedikit ke dalam campuran ketiga bahan baku tersebut hingga merata.
 - e. Setelah air tercampur dan adonan pasir cetak dapat melekat dengan baik maka pasir cetak siap untuk digunakan.
6. Pengujian Permeabilitas Pasir Cetak

Pengujian permeabilitas digunakan untuk mengetahui kemampuan pasir cetak untuk mengalirkan udara. Pengujian dilakukan dengan membuat spesimen standar dengan diameter 50mm dan panjang 50mm yang kemudian dipadatkan dalam silinder pemadat pasir standar. Pemadatan dilakukan sebanyak 3 kali.

Spesimen dipasang pada alat uji permeabilitas dan dilakukan dengan mencari perbedaan tekanan. Nilai permeabilitas dapat langsung dibaca pada skala penunjuk nilai permeabilitas. Pengujian permeabilitas dilakukan pada sembilan variasi pasir cetak dengan jumlah sampel sebanyak tiga buah sehingga akan didapatkan data sebagai pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data pengujian permeabilitas pasir cetak

| No | Kode | Komposisi | Nilai Permeabilitas | Rata-rata |
|----|------|---|---------------------|-----------|
| | | | $cm^3/menit$ | |
| 1 | K1.1 | 88% pasir silika, 8% bentonite, dan 4% air | | |
| 2 | K1.2 | | | |
| 3 | K1.3 | | | |
| 4 | K2.1 | 87% pasir silika, 1% bubuk kayu, 8% bentonite, dan 4% air | | |
| 5 | K2.2 | | | |
| 6 | K2.3 | | | |
| 7 | K3.1 | 86% pasir silika, 2% bubuk kayu, 8% bentonite, dan 4% air | | |
| 8 | K3.2 | | | |
| 9 | K3.3 | | | |
| 10 | K4.1 | 85% pasir silika, 3% bubuk kayu, 8% bentonite, dan 4% air | | |
| 11 | K4.2 | | | |
| 12 | K4.3 | | | |
| 13 | K5.1 | 84% pasir silika, 4% bubuk kayu, 8% bentonite, dan 4% air | | |
| 14 | K5.2 | | | |
| 15 | K5.3 | | | |
| 16 | K6.1 | 83% pasir silika, 5% bubuk kayu, 8% bentonite, dan 4% air | | |
| 17 | K6.2 | | | |
| 18 | K6.3 | | | |
| 19 | K7.1 | 82% pasir silika, 6% bubuk kayu, 8% bentonite, dan 4% air | | |
| 20 | K7.2 | | | |
| 21 | K7.3 | | | |
| 22 | K8.1 | 81% pasir silika, 7% bubuk kayu, 8% bentonite, dan 4% air | | |
| 23 | K8.2 | | | |
| 24 | K8.3 | | | |
| 25 | K9.1 | 80% pasir silika, 8% bubuk kayu, 8% bentonite, dan 4% air | | |
| 26 | K9.2 | | | |
| 27 | K9.3 | | | |

7. Pengujian Kekuatan Pasir Cetak

Pengujian kekuatan pasir cetak dilakukan dengan membuat spesimen standar dengan diameter 50mm dan panjang 50mm kemudian dipadatkan dalam silinder pemadat pasir standar. Pemadatan dilakukan sebanyak 3 kali. Kekuatan tekan dapat dilihat langsung pada skala mesin uji tekan pasir cetak. Pengujian kekuatan pasir cetak dilakukan pada sembilan variasi pasir cetak dengan

jumlah sampel sebanyak tiga buah sehingga akan didapatkan data seperti pada tabel 3.2.

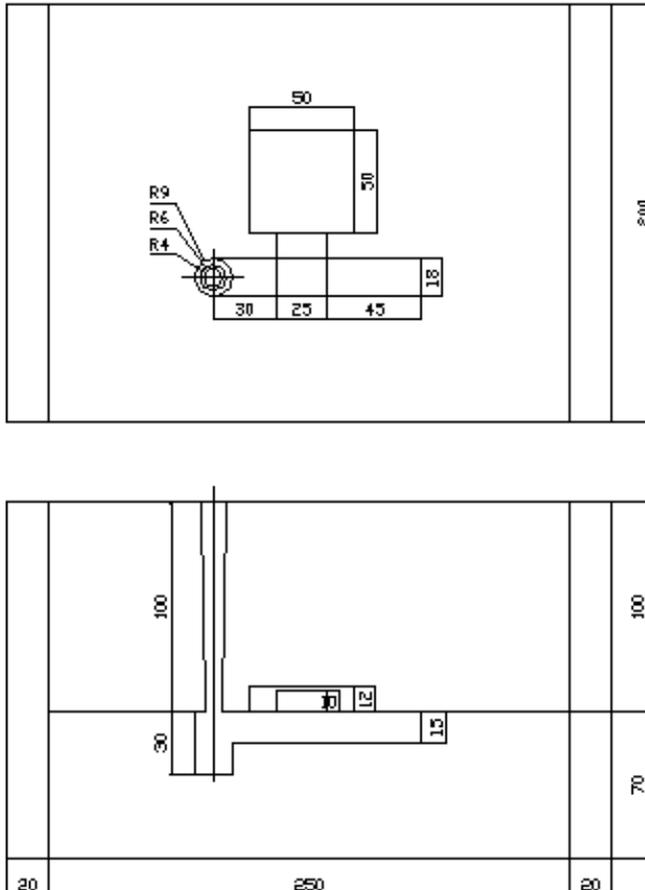
Tabel 3.2 Data pengujian kekuatan tekan pasir cetak

| No | Kode | Komposisi | Kekuatan Tekan | Rata-rata |
|----|------|---|----------------|-----------|
| | | | KN/m^2 | |
| 1 | K1.1 | 88% pasir silika, 8% bentonite, dan 4% air | | |
| 2 | K1.2 | | | |
| 3 | K1.3 | | | |
| 4 | K2.1 | 87% pasir silika, 1% bubuk kayu, 8% bentonite, dan 4% air | | |
| 5 | K2.2 | | | |
| 6 | K2.3 | | | |
| 7 | K3.1 | 86% pasir silika, 2% bubuk kayu, 8% bentonite, dan 4% air | | |
| 8 | K3.2 | | | |
| 9 | K3.3 | | | |
| 10 | K4.1 | 85% pasir silika, 3% bubuk kayu, 8% bentonite, dan 4% air | | |
| 11 | K4.2 | | | |
| 12 | K4.3 | | | |
| 13 | K5.1 | 84% pasir silika, 4% bubuk kayu, 8% bentonite, dan 4% air | | |
| 14 | K5.2 | | | |
| 15 | K5.3 | | | |
| 16 | K6.1 | 83% pasir silika, 5% bubuk kayu, 8% bentonite, dan 4% air | | |
| 17 | K6.2 | | | |
| 18 | K6.3 | | | |
| 19 | K7.1 | 82% pasir silika, 6% bubuk kayu, 8% bentonite, dan 4% air | | |
| 20 | K7.2 | | | |
| 21 | K7.3 | | | |
| 22 | K8.1 | 81% pasir silika, 7% bubuk kayu, 8% bentonite, dan 4% air | | |
| 23 | K8.2 | | | |
| 24 | K8.3 | | | |
| 25 | K9.1 | 80% pasir silika, 8% bubuk kayu, 8% bentonite, dan 4% air | | |
| 26 | K9.2 | | | |
| 27 | K9.3 | | | |

8. Pembuatan Cetakan

Cetakan pasir terdiri dari 2 bagian yaitu kup dan drag. Pembuatan cetakan pasir dilakukan secara manual dengan menggunakan penumbuk tangan. Cetakan pasir

memiliki panjang 250mm dan lebar 200mm sedangkan untuk tinggi kup dan drag masing-masing 100mm dan 70mm seperti pada gambar 3.8. Komposisi pasir cetak yang digunakan untuk membuat cetakan pasir adalah pasir cetak tanpa penambah, dengan penambah 1% bubuk kayu, dan 8% bubuk kayu.



Gambar 3.8 Dimensi cetakan

9. Proses Pengecoran

Langkah-langkah dari pengecoran diantaranya adalah:

a. Proses Peleburan Aluminium

Peleburan aluminium dilakukan di dalam tungku yang dipanaskan hingga temperatur 750°C seperti pada gambar 3.9. Waktu yang diperlukan hingga aluminium mencair seluruhnya sekitar 60 menit.



Gambar 3.9 tungku peleburan

b. Penuangan Logam Cair

Apabila logam sudah mencair seluruhnya, maka dilakukan penuangan logam cair aluminium ke dalam cetakan seperti pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Proses penuangan Aluminium cair

10. Pembongkaran Cetakan dan Pengamatan HAZ

Setelah logam cair membeku dan cukup dingin, dilakukan pembongkaran logam coran dengan hati-hati. Pada proses pembongkaran dilakukan pengamatan permukaan pasir yang kontak dengan logam cair atau daerah yang terpengaruh panas dari logam cair. Pengamatan ini lakukan pengambilan data gambar permukaan pasir cetak yang kemudian dimasukkan ke dalam tabel 3.3.

Tabel 3.3 Data gambar permukaan pasir cetak yang terpengaruh panas logam cair

| No | Komposisi | Permukaan Cetakan | |
|----|---|-------------------|------|
| | | Kup | Drag |
| 1 | 88% pasir silika, 8% bentonite, dan 4% air | | |
| 2 | 87% pasir silika, 1% bubuk kayu, 8% bentonite, dan 4% air | | |
| 3 | 80% pasir silika, 8% bubuk kayu, 8% bentonite, dan 4% air | | |

11. Analisa Cacat Porositas

Cacat porositas dapat dihitung secara kuantitatif dengan menggunakan pengujian massa jenis. Pengujian ini menggunakan prinsip hukum Archimedes dengan membandingkan massa spesimen dengan volume spesimen di dalam air. Persentase cacat porositas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\%P = \frac{\rho_0 - \rho_a}{\rho_0} \times 100\% (\%)$$

Dimana:

%P = persentase porositas produk cor

ρ_0 = massa jenis yang didapatkan dari katalog
(Massa jenis aluminium 6061 (gram/cm³) = 2,7 gram/cm³)

ρ_a = massa jenis yang dihitung dengan membagi massa spesimen dengan volumenya

Pengujian cacat porositas dilakukan pada hasil coran ketiga variasi pasir cetak sehingga akan didapatkan data seperti pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Data pengujian cacat porositas hasil cor aluminium 6061

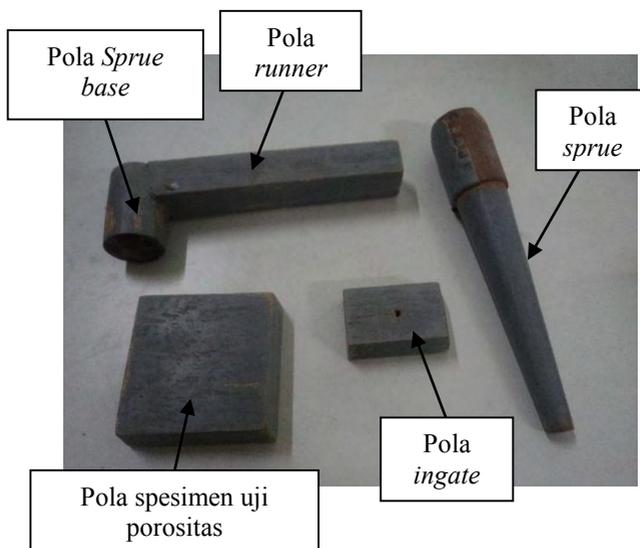
| NO | SPESIMEN | MASSA | VOLUME | MASSA JENIS | MASSA JENIS | PERSENTASE |
|----|--------------------------------|--------|--------|---------------------|-----------------------|------------------|
| | | (gram) | (cc) | HITUNG (gram/cc) | TEORITIS (gram/cc) | POROSITAS (%) |
| 1 | Spesimen A (tanpa penambah) | | | | | |
| 2 | Spesimen B (1% bubuk kayu) | | | | | |
| 3 | Spesimen C (8% bubuk kayu) | | | | | |

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4 PELAKSANAAN PENELITIAN

4.1 Pembuatan Pola dan Saluran Turun

Pola yang digunakan berbentuk balok dengan dimensi panjang 50mm, lebar 50mm, dan tinggi 10mm. Sedangkan dimensi saluran turun yang digunakan sesuai dengan perhitungan yang dilakukan pada subbab 3.4. Pola dibuat dengan menggunakan bahan dasar kayu yang dipotong menggunakan gergaji dan mesin bubut. Setelah proses pembentukan, pola dan saluran turun dilapisi dengan dempul dan diampas agar didapatkan permukaan yang halus seperti pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 pola yang terbuat dari kayu

4.2 Pembuatan Spesimen Uji Pasir Cetak

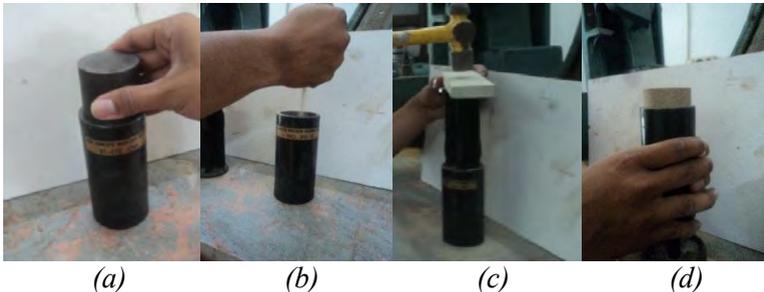
Pembuatan spesimen uji pasir cetak ini berdasarkan standar *American Foundrymen's Society* (AFS) dengan menggunakan cetakan standar seperti pada gambar 4.2. Terdapat 9

variasi komposisi pasir cetak yang diuji pada penelitian ini yaitu komposisi pasir cetak dengan kadar bentonite dan air yang diatur konstan yaitu 8% dan 4% sedangkan kadar pasir silika berubah dan digantikan bubuk kayu dengan komposisi 0% sampai 8%.



Gambar 4.2 Precision specimen tube

Pembuatan spesimen uji dilakukan secara manual dengan memasukkan balok besi sebagai landasan ke dalam cetakan (tube) seperti pada gambar 4.3(a) kemudian pasir cetak dimasukkan ke dalam cetakan standar hingga penuh seperti pada gambar 4.3(b). Setelah itu dilakukan proses penumbukan hingga didapatkan ketinggian spesimen 50mm kemudian spesimen uji pasir cetak dikeluarkan dengan cara didorong seperti pada gambar 4.3(d). Pembuatan spesimen uji dilakukan untuk tiap-tiap variasi komposisi pasir cetak dengan replika sebanyak 3 yang kemudian dikeringkan selama seminggu sebelum dilakukan pengujian permeabilitas dan kekuatan tekan.

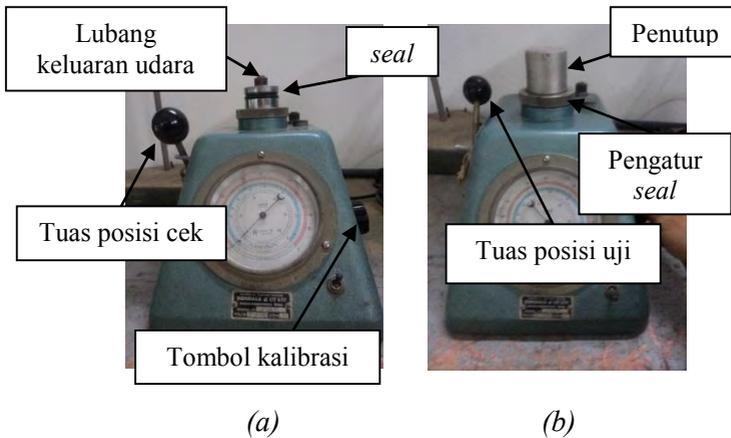


Gambar 4.3 (a) Balok besi dimasukkan ke dalam ceatakan atau tube (b) Proses pengisian pasir pada cetakan standar (c) Penumbukan pasir cetak secara manual (d) Proses pengeluaran spesimen uji pasir

4.3 Pengujian Permeabilitas

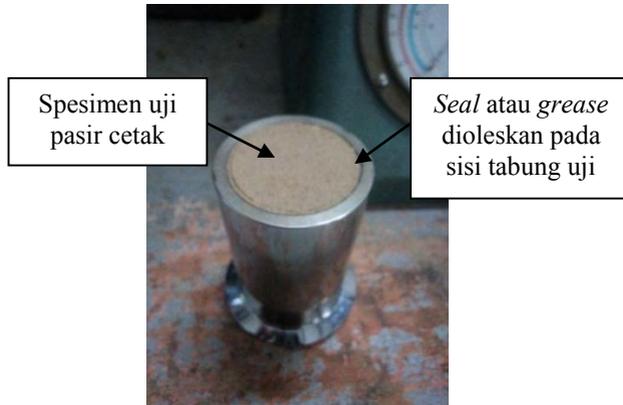
Sebelum dilakukan proses pengujian permeabilitas, perlu dilakukan proses kalibrasi alat uji permeabilitas. Proses kalibrasi ini dilakukan agar didapatkan data pengujian yang valid. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam proses kalibrasi adalah sebagai berikut:

1. Lubang keluaran udara ditutup dengan penutup seperti pada gambar 4.4(b)



Gambar 4.4 (a) Lubang keluaran udara mesin permeability meter
 (b) Posisi penutup saat proses kalibrasi mesin permeability meter

2. Pengatur *seal* diputar hingga karet *seal* mengembang dan tidak ada udara yang keluar dari penutup.
3. Tuas uji diubah pada posisi uji.
4. Jarum penunjuk skala harus berada pada posisi nol. Jika jarum penunjuk tidak menunjukkan posisi nol maka harus dikalibrasi dengan memutar tombol kalibrasi yang ada di sebelah kanan mesin. Proses kalibrasi berhasil jika jarum penunjuk tetap menunjuk nol dan proses pengujian pasir siap dilakukan.

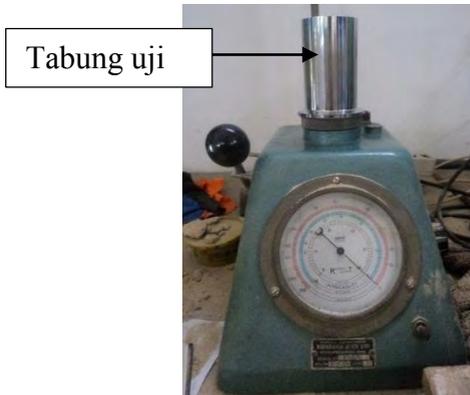


Gambar 4.5 Spesimen pasir yang dipasang pada tabung uji

Setelah proses kalibrasi berhasil dapat dilakukan pengujian permeabilitas dengan memasukkan spesimen pasir yang telah dikeringkan ke dalam tabung uji seperti pada gambar 4.5. Hal yang perlu diperhatikan dalam proses pemasangan spesimen pasir pada tabung uji adalah perlu adanya *seal* dengan menggunakan *grease* atau stemped pada sisi tabung agar tidak ada udara yang keluar melewati sisi tabung.

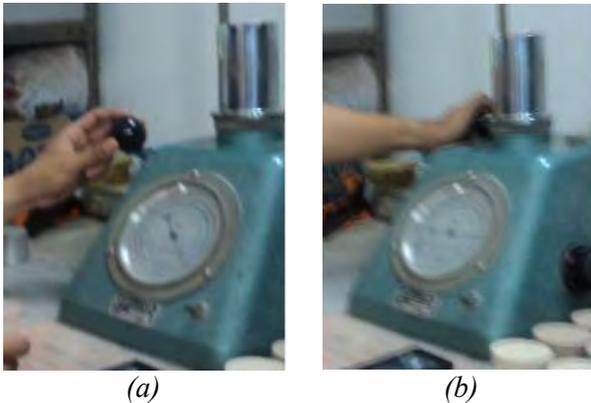
Langkah-langkah pengujian permeabilitas selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Tabung uji yang berisi spesimen pasir dipasangkan pada mesin *permeability meter* kemudian pengatur *seal* diputar hingga karet *seal* mengembang dan tidak ada udara yang keluar dari penutup seperti pada gambar 4.6.



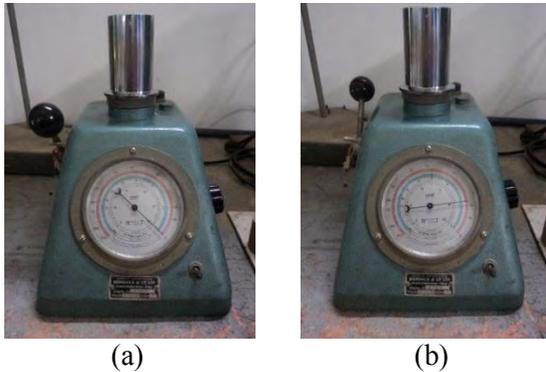
Gambar 4.6 Bagian-bagian mesin uji permeabilitas

2. Tuas uji yang mula-mula berada pada posisi *check* diubah menjadi posisi *test* seperti pada gambar 4.7



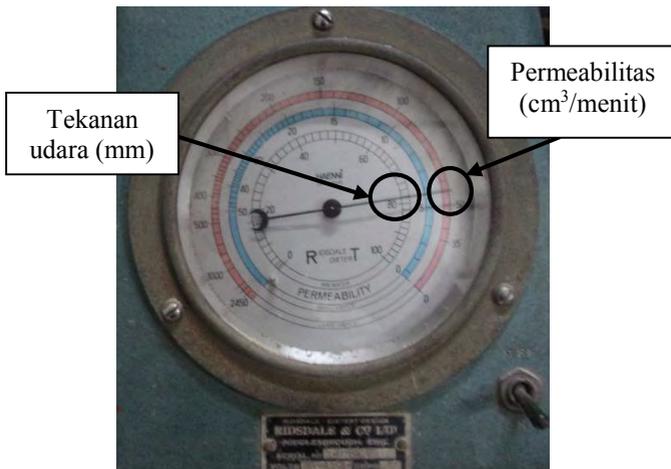
Gambar 4.7 (a) Tuas uji pada posisi *check* (b) Tuas uji pada posisi *test*

3. Perubahan jarum penunjuk saat tuas uji diubah pada posisi *test* diamati untuk melihat nilai permeabilitas pasir cetak.



Gambar 4.8 (a) Jarum penunjuk saat tuas uji posisi check
(b) Jarum penunjuk saat tuas uji posisi test

4. Permeabilitas pasir cetak (cm^3/menit) dapat dilihat pada skala paling luar sedangkan tekanan udara (mm) dapat dilihat pada skala paling dalam seperti pada gambar 4.9. Pembacaan data dilakukan pada saat jarum penunjuk berhenti dan menunjukkan angka tertentu.



Gambar 4.9 Skala pada mesin permeability meter

4.4 Pengujian Kekuatan Tekan

Pengujian kekuatan tekan dilakukan dengan memasang spesimen uji pasir pada mesin uji kekuatan tekan universal seperti pada gambar 4.10(a). Mesin uji tekan universal memiliki 4 buah skala antara lain yaitu kekuatan tekan kering, kekuatan geser kering, kekuatan tekan basah, dan kekuatan geser basah. Penelitian ini menggunakan cetakan pasir kering sehingga skala yang dibaca pada mesin uji tekan adalah skala kekuatan tekan kering. Mesin uji tekan ini dapat mengukur kekuatan tekan pasir cetak kering hingga 650KN/m^2 .



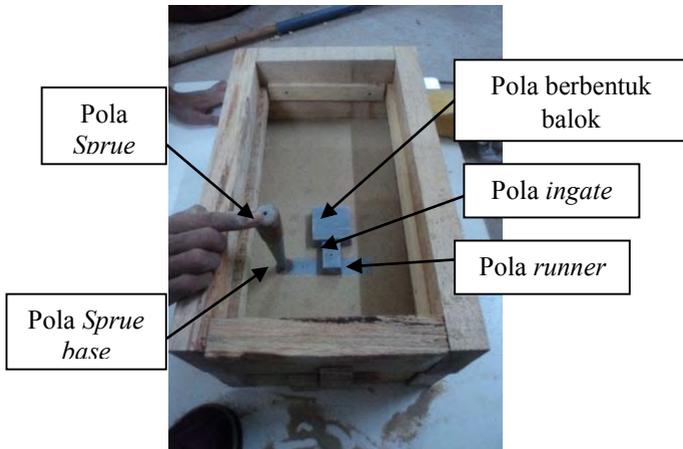
Gambar 4.10 (a) Uji kekuatan tekan pasir cetak (b) Penunjuk nilai kekuatan tekan

4.5 Pembuatan Cetakan Pasir

Pembuatan cetakan pasir dilakukan pada 3 buah variasi komposisi pasir cetak yaitu pasir cetak tanpa bubuk kayu, 1% bubuk kayu, dan 8% bubuk kayu dengan replika sebanyak 2 buah. Langkah pembuatan cetakan pasir adalah sebagai berikut:

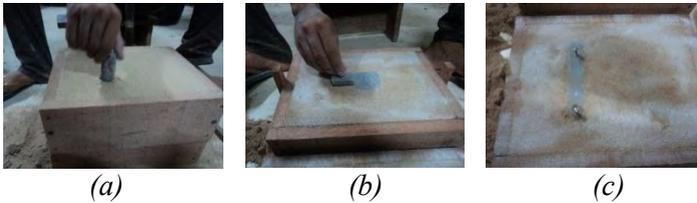
1. Rangka cetak bagian drag diletakkan terbalik pada alas datar.
2. Pola *Sprue base* dan *runner* disusun dengan posisi terbalik pada rangka cetak.
3. Pasir cetak dimasukkan ke dalam rangka cetak kemudian dipadatkan dengan menggunakan penumbuk kayu hingga cetakan bagian drag penuh.

4. Cetakan bagian drag yang telah penuh kemudian diratakan dan dibalik.
5. Kup dipasangkan dengan bagian drag kemudian pola balok (spesimen uji porositas), *ingate*, dan sprue disusun sehingga membentuk seperti pada gambar 4.11.



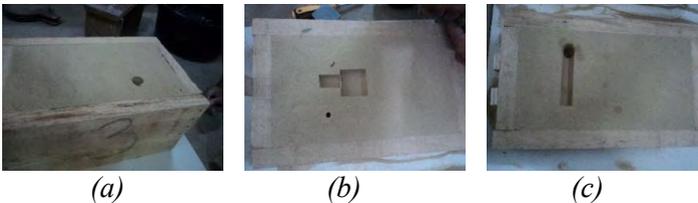
Gambar 4.11 Susunan pola pada bagian kup

6. Cetakan bagian kup diisi dengan pasir cetak dan ditumbuk hingga penuh kemudian diratakan pada bagian atasnya.
7. Setelah rata, pola *sprue* diambil secara perlahan agar tidak merusak sekelilingnya.
8. Cetakan bagian drag dan kup dipisahkan, kemudian kup diletakkan terbalik pada papan datar untuk proses pelepasan pola dan sistem saluran dengan menggunakan *screw* seperti pada gambar 4.12.



(a) (b) (c)
 Gambar 4.12 Proses pelepasan pola (a) sprue (b) balok dan ingate (c) sprue base dan runner

9. Setelah proses pelepasan akan didapatkan cetakan seperti pada gambar 4.13



(a) (b) (c)
 Gambar 4.13 rongga (a) sprue (b) balok dan ingate (c) sprue base dan runner

10. Cetakan pasir kemudian disusun dan dikeringkan selama 2 minggu sebelum dilakukan proses pengecoran.



Gambar 4.14 Proses pengeringan cetakan pasir

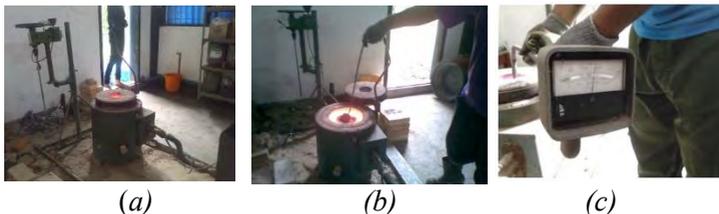
11. Setelah kering pada kup dibuat *pouring basin*, dengan cara mengeruk pasir hingga terbentuk *pouring basin* yang ideal seperti pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 *Pouring basin* yang telah dibuat pada kup

4.6 Peleburan Aluminium

Proses peleburan aluminium dilakukan pada tungku dengan menggunakan LGP sebagai bahan bakarnya. Peleburan aluminium dilakukan hingga temperatur 750°C dengan waktu kurang lebih 30 menit. Proses pengukuran temperatur logam cair dilakukan dengan menggunakan *thermocouple* seperti pada gambar 4.16(c). Aluminium dipotong kecil-kecil agar proses peleburan lebih cepat dan menghemat bahan bakar. Selama proses peleburan, kerak atau pengotor yang berada dipermukaan aluminium cair dibuang seperti pada gambar 4.16(b) agar hasil cor aluminium bebas dari pengotor.



Gambar 4.16 (a) Tungku peleburan (b) Proses pembersihan pengotor (c) Pengukuran temperatur aluminium cair

4.7 Penuangan Aluminium Cair

Sebelum proses penuangan logam, kup dan drag yang telah kering digabungkan dengan pemberian *seal* berupa cairan bentonite disekeliling pola dan saluran turun seperti pada gambar 4.17. Hal ini dilakukan untuk mencegah udara atau gas keluar melalui bagian *parting line* serta mencegah kebocoran logam cair yang dapat membakar rangka cetak.



Gambar 4.17 Proses pemberian seal

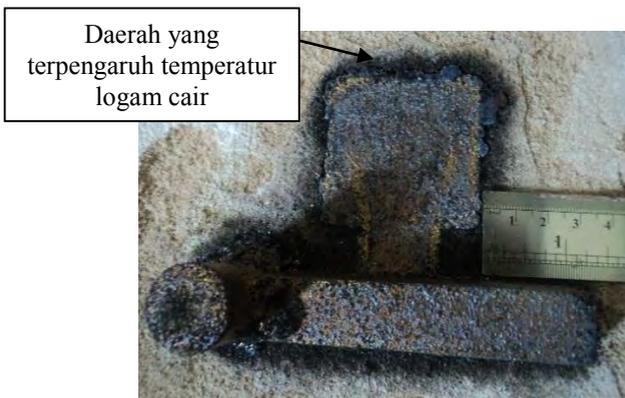
Proses penuangan aluminium mula-mula dilakukan dengan mengangkat ladle dari tungku menggunakan penjepit. Proses pengangkatan dilakukan secara manual atau tanpa menggunakan mesin seperti pada gambar 4.18. Karena proses yang dilakukan oleh manusia maka perlu diperhatikan peralatan keselamatan kerja seperti helm, sarung tangan, dan sepatu. Proses penuangan dilakukan pada bagian *pouring basin* dan waktu yang digunakan untuk proses penuangan diukur dengan menggunakan *stopwatch*.



Gambar 4.18 Proses penuangan aluminium cair

4.8 Pembongkaran Cetakan

Setelah proses pengecoran, logam cair ditunggu selama beberapa jam untuk proses pendinginan dan solidifikasi logam cair. Kemudian bagian kup diangkat dan dipisahkan dari drag. Bagian kup dibalik dan diletakkan pada papan datar kemudian dilakukan pengamatan *heat affected zone* (HAZ) atau daerah cetakan yang terpengaruhi oleh temperatur logam cair seperti pada gambar 4.19. Pengamatan dan pengukuran daerah HAZ dilakukan untuk semua cetakan.



Gambar 4.19 Pengamatan daerah HAZ

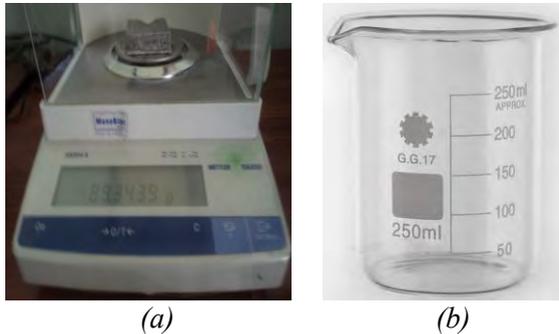
Pembongkaran cetakan dilakukan dengan menggunakan palu untuk mengeluarkan hasil cor dari cetakan pasir seperti pada gambar 4.20(a). Selanjutnya dilakukan proses pembersihan hasil cor dari pasir yang menempel. Kemudian dilakukan pemotongan saluran turun untuk mendapatkan spesimen uji porositas hasil cor aluminium seperti pada gambar 4.20(b)



Gambar 4.20 (a) Pembongkaran cetakan menggunakan palu
(b) Spesimen uji porositas hasil cor aluminium

4.9 Pengukuran Porositas

Persentase porositas diukur dengan menghitung perbandingan volume porositas terhadap volume total spesimen. Data yang dibutuhkan untuk mengukur persentase porositas adalah massa spesimen dan volume total spesimen. Massa spesimen diukur dengan menggunakan timbangan digital dengan tingkat ketelitian 1/100 gram sedangkan pengukuran volume total spesimen dilakukan dengan menggunakan *beaker glass* dan gelas ukur dengan ketelitian 0,2 ml tertentu seperti pada gambar 4.21.



(a) Pengukuran massa spesimen dengan timbangan digital (b) Beaker glass

Prosentase porositas masing-masing spesimen hasil cor dapat diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$\%P = \frac{\rho_0 - \rho_a}{\rho_0} \times 100\% (\%)$$

Dimana:

- $\%P$ = persentase porositas produk cor
- ρ_0 = massa jenis yang didapatkan dari katalog
(Massa jenis aluminium 6061 (gram/cm^3) = 2,7 gram/cm^3)
- ρ_a = massa jenis yang dihitung dengan membagi massa spesimen dengan volumenya

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 5 DATA HASIL PENELITIAN

5.1 Data Hasil Pengukuran Permeabilitas Pasir Cetak

Data hasil pengukuran permeabilitas dengan menggunakan mesin *permeability meter* untuk masing-masing komposisi pasir cetak dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Tabel hasil pengukuran permeabilitas dengan masa pengeringan 2 minggu

| No | Komposisi | | | Permeabilitas <i>cm³/menit</i> | Permeabilitas rata-rata | |
|----|-----------|-----------|----------------------------|--|----------------------------|--------|
| | Air | Bentonite | Pasir Silika Bubuk Kayu | | | |
| 1 | 4% | 8% | 88% | 140 | 139.33 | |
| 2 | | | | 138 | | |
| 3 | | | | 140 | | |
| 4 | | | 87% | 1% | 180 | 176.00 |
| 5 | | | | | 178 | |
| 6 | | | | | 170 | |
| 7 | | | 86% | 2% | 146 | 148.67 |
| 8 | | | | | 150 | |
| 9 | | | | | 150 | |
| 10 | | | 85% | 3% | 128 | 126.67 |
| 11 | | | | | 122 | |
| 12 | | | | | 130 | |
| 13 | | | 84% | 4% | 115 | 119.00 |
| 14 | | | | | 120 | |
| 15 | | | | | 122 | |
| 16 | | | 83% | 5% | 96 | 94.00 |
| 17 | | | | | 96 | |
| 18 | | | | | 90 | |
| 19 | | | 82% | 6% | 90 | 88.33 |
| 20 | | | | | 85 | |
| 21 | | | | | 90 | |
| 22 | | | 81% | 7% | 65 | 63.33 |
| 23 | | | | | 60 | |
| 24 | | | | | 65 | |
| 25 | | | 80% | 8% | 56 | 57.67 |
| 26 | | | | | 61 | |
| 27 | | | | | 56 | |

5.2 Data Hasil Pengukuran Kekuatan Tekan Pasir Cetak

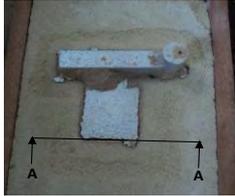
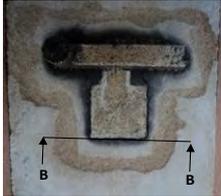
Data hasil pengukuran kekuatan pasir cetak dengan menggunakan mesin uji kekuatan universal (*universal strength machine*) untuk masing-masing komposisi pasir cetak dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Tabel hasil pengukuran kekuatan tekan dengan masa pengeringan 2 minggu

| No | Komposisi | | | Kekuatan Tekan KN/m^2 | Kekuatan tekan rata-rata | | | |
|----|-----------|-----------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------|--------|-----|
| | Air | Bentonite | Pasir Silika Bubuk Kayu | | | | | |
| 1 | 4% | 8% | 88% | 0% | 370 | 366.67 | | |
| 2 | | | | | 370 | | | |
| 3 | | | | | 360 | | | |
| 4 | | | 87% | 1% | 330 | 340 | 331.67 | |
| 5 | | | | | | | | 340 |
| 6 | | | | | | | | 325 |
| 7 | | | 86% | 2% | 310 | 310 | 313.33 | |
| 8 | | | | | | | | 310 |
| 9 | | | | | | | | 320 |
| 10 | | | 85% | 3% | 280 | 290 | 280.00 | |
| 11 | | | | | | | | 290 |
| 12 | | | | | | | | 270 |
| 13 | | | 84% | 4% | 240 | 235 | 241.67 | |
| 14 | | | | | | | | 235 |
| 15 | | | | | | | | 250 |
| 16 | | | 83% | 5% | 230 | 230 | 236.67 | |
| 17 | | | | | | | | 230 |
| 18 | | | | | | | | 250 |
| 19 | | | 82% | 6% | 175 | 160 | 170.00 | |
| 20 | | | | | | | | 160 |
| 21 | | | | | | | | 175 |
| 22 | | | 81% | 7% | 150 | 140 | 148.33 | |
| 23 | | | | | | | | 140 |
| 24 | | | | | | | | 155 |
| 25 | | | 80% | 8% | 130 | 140 | 130.00 | |
| 26 | | | | | | | | 140 |
| 27 | | | | | | | | 120 |

5.3 Kondisi Cetakan Pasir

Tabel 5.3 Data Pengaruh Logam Cair Terhadap Pasir Cetak

| NO | KOMPOSISI | TAMPAK ATAS KUP | TAMPAK ATAS DRAG | TAMPAK PENAMPANG | KETERANGAN |
|----|----------------|---|---|--|--|
| 1 | Tanpa Penambah |  |  |  | Daerah cetakan yang terpengaruh panas logam cair ditunjukkan dengan warna pasir yang berbeda. Daerah pasir yang terpengaruh panas berukuran rata-rata 5mm |
| 2 | 1% Bubuk Kayu |  |  |  | Daerah runner memiliki luasan yang terbakar lebih besar dibandingkan ingate dan benda kerja. Pada penampang, bagian terbakar mencapai 8mm dari luar benda coran |
| 3 | 8% Bubuk kayu |  |  |  | Daerah terbakar tambak merata pada bagian runner, ingate, dan benda kerja. Pada penampang, bagian terbakar mencapai 13mm. Benda cor berwarna gelap akibat terbakarnya bubuk kayu |

5.4 Permukaan Spesimen Hasil Cor

Tabel 5.4 Pengaruh Komposisi Pasir Cetak Terhadap Permukaan Spesimen Hasil Cor

| NO | KOMPOSISI | SISI | | | | |
|----|----------------|---|---|--|---|---|
| | | ATAS | KANAN | KIRI | DEPAN | BELAKANG |
| 1 | Tanpa Penambah |  |  |  |  |  |
| 2 | 1% Penambah |  |  |  |  |  |
| 3 | 8% penambah |  |  |  |  |  |

5.5 Data Hasil Pengukuran Porositas

Hasil pengukuran porositas dengan membandingkan massa jenis spesimen dan massa jenis aluminium 6061 yang berasal dari katalog didapatkan data seperti pada tabel 5.5.

Tabel 5.5 Data hasil pengukuran porositas hasil cor aluminium 6061

| NO | SPESIMEN | MASSA | VOLUME | MASSA JENIS HITUNG | MASSA JENIS TEORITIS | PERSENTASE POROSITAS |
|----|--------------------------------|--------|--------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | (gram) | (ml) | (gram/ml) | (gram/ml) | (%) |
| 1 | Spesimen A (tanpa penambah) | 86.08 | 32.2 | 2.673 | 2.7 | 0.989 |
| 2 | Spesimen B (1% bubuk kayu) | 86.42 | 32.4 | 2.667 | 2.7 | 1.212 |
| 3 | Spesimen C (8% bubuk kayu) | 89.34 | 34.4 | 2.597 | 2.7 | 3.811 |

5.6 Perbandingan Permeabilitas dan Porositas

Hasil pengukuran permeabilitas pasir cetak dan persentase porositas hasil coran aluminium 6061 ditampilkan pada tabel 5.6 untuk mengetahui pengaruh permeabilitas terhadap persentase cacat porositas.

Tabel 5.6 Data hasil pengukuran permeabilitas dan persentase cacat porositas

| NO | KOMPOSISI PASIR CETAK | PERMEABILITAS | PERSENTASE POROSITAS |
|----|---|----------------|----------------------|
| | | $cm^3 / menit$ | (%) |
| 1 | 88% pasir silika, 8% bentonite, dan 4% air | 139.33 | 0.989 |
| 2 | 87% pasir silika, 1% bubuk kayu 8% bentonite, dan 4% air | 176 | 1.212 |
| 3 | 80% pasir silika, 8% bubuk kayu 8% bentonite, dan 4% air | 57.67 | 3.811 |

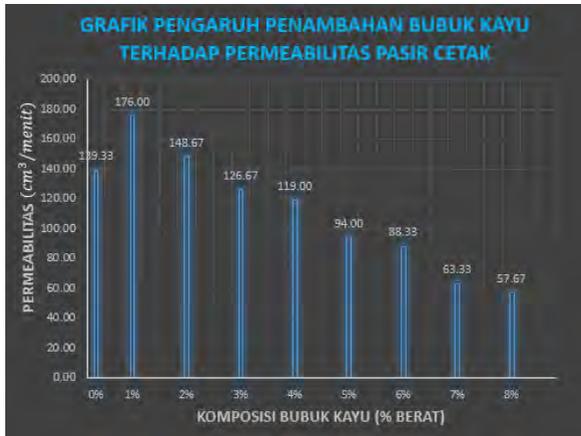
BAB 6

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

6.1 Permeabilitas Pasir Cetak

Permeabilitas merupakan kemampuan pasir cetak untuk mengalirkan gas melalui celah-celah antar butir pasir cetak. Sifat permeabilitas berkaitan erat dengan cacat porositas. Pasir cetak dengan nilai permeabilitas yang baik diharapkan mampu mengalirkan gas-gas yang timbul ketika logam cair mengalir dari sistem saluran menuju rongga cetakan. Permeabilitas pasir cetak yang buruk menyebabkan gas terperangkap sehingga terjadi cacat berupa rongga-rongga udara atau porositas pada hasil coran^[1].

Pengukuran permeabilitas pasir cetak dengan menggunakan mesin *permeability meter* untuk komposisi pasir cetak tanpa penambah hingga penambahan 8% bubuk kayu dengan interval penambahan 1% didapatkan hasil seperti pada tabel 5.1. Pengukuran permeabilitas dilakukan pada 9 variasi komposisi pasir cetak dengan jumlah replika spesimen sebanyak tiga buah selanjutnya diambil nilai permeabilitas rata-rata. Berdasarkan tabel 5.1 untuk komposisi pasir cetak yang sama, ketiga replikanya memiliki nilai permeabilitas yang hampir sama atau dengan perbedaan nilai permeabilitas tidak lebih dari 10cm³/menit. Nilai permeabilitas rata-rata kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 6.1.



Gambar 6.1 Grafik pengaruh penambahan bubuk kayu terhadap permeabilitas pasir cetak

Berdasarkan grafik pada gambar 6.1 nilai permeabilitas meningkat dari 139,33cm³/menit menjadi 176 cm³/menit dengan penambahan bubuk kayu sebanyak 1%. Nilai permeabilitas tersebut meningkat lebih dari 36cm³/menit atau sebesar 26,3%. Nilai permeabilitas mengalami penurunan pada saat penambahan 2% bubuk kayu yaitu sebesar 148,57cm³/menit. Penurunan permeabilitas tersebut sebesar 27,33 poin atau 15,58% jika dibandingkan dengan permeabilitas penambahan 1% bubuk kayu. Namun permeabilitas pasir cetak dengan 2% bubuk kayu lebih tinggi 9,24 poin atau 6,63% jika dibandingkan pasir cetak tanpa penambah. Penambahan bubuk kayu lebih dari 2% menyebabkan nilai permeabilitas yang lebih rendah dibandingkan dengan permeabilitas pasir cetak tanpa penambah.

Berdasarkan grafik pada gambar 6.1 terjadi fenomena anomali pada interval penambahan 3-4%, 5-6%, dan 7-8% yang memiliki nilai permeabilitas yang tidak jauh berbeda. Sebagai contoh pada penambahan 3 dan 4% nilai permeabilitas rata-ratanya adalah 126,27cm³/menit dan 119cm³/menit. Nilai permeabilitas rata-rata tersebut hanya memiliki perbedaan kurang dari 7 poin. Namun permeabilitas turun secara signifikan sebesar

25 poin atau 21% untuk penambahan bubuk kayu dari 4% menuju 5%. Fenomena ini terus berulang untuk penambahan 5-6% yang memiliki perbedaan nilai kurang dari 6 poin dan penambahan 7-8% memiliki perbedaan kurang dari 6 poin.

Berdasarkan penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan 1% hingga 2% bubuk kayu akan meningkatkan nilai permeabilitas. Namun permeabilitas akan semakin menurun jika bubuk kayu ditambahkan lebih dari 2%. Hal ini disebabkan karena penambahan bubuk kayu akan mengurangi ikatan antara bentonite dengan pasir sehingga udara akan lebih mudah melalui spesimen pasir cetak. Namun kadar bubuk kayu yang terlalu banyak akan menyebabkan kerapatan dari pasir cetak semakin tinggi karena ukuran bubuk kayu yang lebih halus (mesh 48) dibanding dengan pasir silika (mesh 28). Kerapatan yang semakin tinggi akan menyebabkan udara lebih susah untuk melewati spesimen uji.

6.2 Kekuatan Tekan Pasir Cetak

Kekuatan tekan pasir adalah kemampuan pasir cetak untuk menahan tegangan kompresi. Kekuatan tekan pasir cetak berhubungan dengan kemampuan pasir cetak mempertahankan bentuknya. Pasir cetak dengan kekuatan tekan rendah akan mudah rusak dan cenderung tererosi oleh aliran logam cair sehingga dapat menimbulkan cacat inklusi. Pasir cetak dengan kekuatan yang terlalu tinggi akan mudah retak dan susah dalam proses pembongkaran cetakan^[1].

Pengukuran kekuatan tekan pasir cetak dengan menggunakan mesin uji tekan universal untuk komposisi pasir cetak tanpa penambah hingga penambahan 8% bubuk kayu dengan interval penambahan 1% didapatkan hasil seperti pada tabel 5.2. Pengukuran kekuatan tekan dilakukan pada 9 variasi komposisi pasir cetak dengan jumlah replika sebanyak tiga buah selanjutnya dirata-rata. Nilai kekuatan tekan rata-rata kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 6.2.



Gambar 6.2 Grafik pengaruh penambahan bubuk kayu terhadap kekuatan tekan pasir cetak

Berdasarkan grafik pada gambar 6.2 nilai kekuatan tekan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya bubuk kayu. Kekuatan tekan pasir tertinggi terjadi pada komposisi pasir cetak tanpa penambah dengan nilai sebesar 366,67 KN/m². Sedangkan Kekuatan tekan terendah terjadi pada komposisi pasir cetak dengan tambahan 8% bubuk kayu yang memiliki nilai kekuatan tekan sebesar 130 KN/m². Penambahan bubuk kayu hingga 8% dapat menurunkan kekuatan tekan hingga 64,55%. Grafik pada gambar 6.2 menunjukkan penurunan kekuatan tekan yang hampir linier dimana setiap penambahan bubuk kayu sebesar 1% dapat menurunkan kekuatannya lebih dari 10%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa penambahan bubuk kayu akan menurunkan kekuatan tekan pasir cetak.

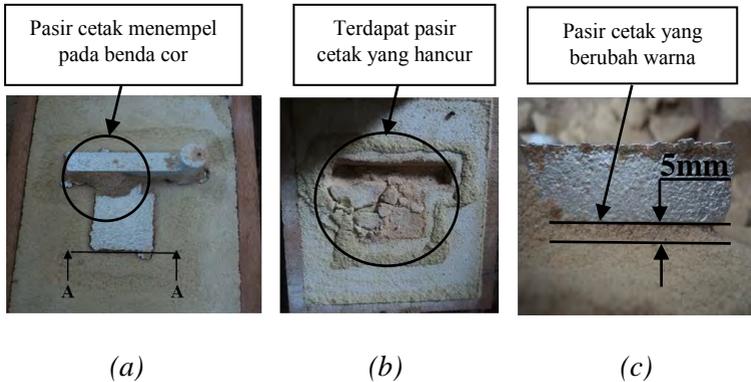
Kekuatan tekan pasir cetak dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya yaitu kepadatan pasir cetak dan ikatan antar partikel pasir. Kepadatan pasir cetak dipengaruhi oleh ukuran partikel penyusun pasir cetak. Semakin kecil partikelnya maka kekuatan tekannya akan semakin besar. Ikatan antar partikel pasir tergantung dari komposisi bentonite (lempung) dan air. Semakin banyak kandungan bentonite (lempung) akan menyebabkan ikatan

antar partikel pasir semakin kuat. Ikatan antar partikel pasir paling efektif terjadi jika komposisi bentonite dan air tepat (air tidak boleh terlalu banyak atau terlalu sedikit)^[20].

Secara teori penambahan bubuk kayu akan menambah kepadatan pasir cetak karena ukurannya yang lebih halus (mesh 48) dibanding dengan pasir silika (mesh 28). Sehingga penambahan bubuk kayu seharusnya meningkatkan kekuatan tekan. Namun perlu diketahui bahwa bubuk kayu merupakan bahan yang bersifat higroskopis atau mampu menyerap dan melepaskan air tergantung kelembaban udara. Penambahan bubuk kayu akan menyebabkan penyerapan air pada saat proses pencampuran pasir cetak. Hal ini menyebabkan air yang bereaksi dengan bentonite akan semakin berkurang. Berkurangnya air menyebabkan reaksi pembentukan ikatan antar pasir cetak tidak optimal dan menyebabkan turunnya kekuatan tekan.

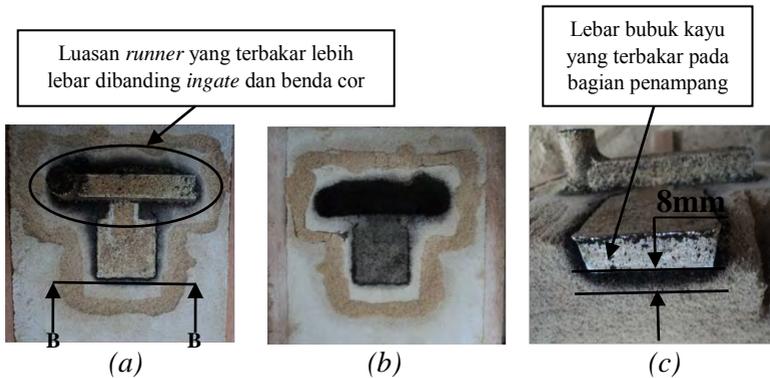
6.3 Kondisi Cetakan Pasir

Pengamatan secara makro dilakukan pada cetakan pasir untuk mengetahui fenomena yang terjadi akibat kontak antara logam cair dengan cetakan pasir. Pengamatan yang dilakukan terbatas pada tingkat kemudahan dalam pembongkaran dan fenomena pada permukaan kup, drag, dan penampang kup. Terdapat 3 variasi cetakan pasir yang akan diamati yaitu cetakan pasir tanpa penambah, dengan penambah 1%, dan 8% bubuk kayu. Hasil pengamatan cetakan pasir ditampilkan dalam bentuk gambar seperti pada pada tabel 5.3.



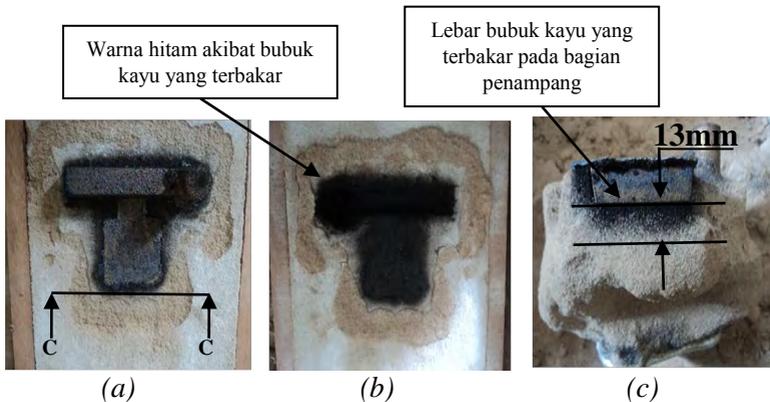
Gambar 6.3 Hasil pengamatan (a) tampak atas kup (b) tampak atas drag (c) penampang A-A

Cetakan pertama dengan komposisi pasir cetak tanpa penambah menunjukkan fenomena pasir yang menempel pada hasil cor yang ditunjukkan pada gambar 6.3(a). Selain itu pada bagian drag terdapat bagian yang hancur seperti pada gambar 6.3(b). Hal ini disebabkan karena ikatan antara butir pasir yang kuat dibuktikan dengan hasil kekuatan tekan yang paling tinggi dibandingkan dengan komposisi pasir cetak lainnya. Kekuatan tekan yang tinggi menyebabkan pembongkaran cetakan pasir lebih susah karena pasir cetak cenderung menempel pada benda cor. Kondisi logam cair yang memiliki temperatur lebih dari 700°C juga menyebabkan fenomena perubahan warna menjadi lebih gelap seperti pada gambar 6.3(c) dengan jarak terlebar sebesar 5mm dari bagian terluar benda cor. Perbedaan warna ini mengindikasikan bagian cetakan pasir yang terpengaruh oleh temperatur logam cair atau daerah HAZ.



Gambar 6.4 Hasil pengamatan (a) tampak atas kup (b) tampak atas drag (c) penampang B-B

Cetakan kedua dengan komposisi pasir cetak dengan penambah 1% bubuk kayu tidak terdapat gumpalan pasir yang menempel pada hasil cor seperti pada gambar 6.4(a). Hal ini mengindikasikan bahwa proses pembongkaran cetakan pasir lebih mudah jika dibandingkan cetakan pertama. Kekuatan tekan cetakan kedua yang lebih rendah dibandingkan cetakan pertama menyebabkan proses pembongkaran lebih mudah. Selain itu terjadi fenomena cetakan pasir yang berwarna hitam terutama pada bagian yang bersinggungan langsung dengan logam cair seperti pada gambar 6.4(b). Hal ini disebabkan karena proses terbakarnya bubuk kayu pada campuran pasir cetak. Proses terbakarnya bubuk kayu ini disebabkan karena temperatur logam cair yang lebih dari 700°C memberikan energi aktivasi untuk proses terjadinya pembakaran bubuk kayu. Fenomena cetakan pasir yang terbakar terjadi hingga 8mm dari bagian terluar benda cor. Terbakarnya bubuk kayu juga meningkatkan kemudahan dalam proses pembongkaran cetakan.



Gambar 6.5 Hasil pengamatan (a) tampak atas kup (b) tampak atas drag (c) penampang C-C

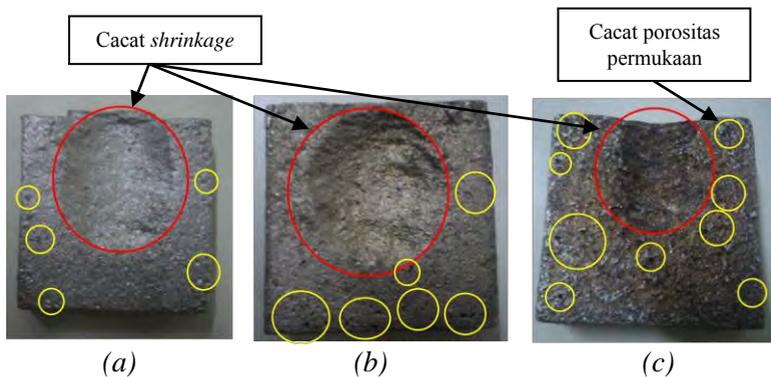
Cetakan ketiga dengan komposisi pasir cetak dengan 8% penambah bubuk kayu menunjukkan fenomena yang sama dengan cetakan kedua. Namun bagian pasir cetak yang terbakar lebih lebar dan memiliki warna lebih gelap seperti pada gambar 6.5(b). Hal ini disebabkan karena kandungan bubuk kayu yang lebih banyak dibandingkan dengan cetakan kedua. Fenomena cetakan pasir yang terbakar terjadi hingga 13mm dari bagian terluar benda cor ditunjukkan pada gambar 6.5(c).

Berdasarkan fenomena yang terjadi pada ketika cetakan pasir tersebut dapat diketahui bahwa penambahan bubuk kayu akan mempermudah dalam proses pembongkaran. Hal ini disebabkan karena penambahan bubuk kayu akan menurunkan kekuatan tekan pasir cetak. Selain itu, peristiwa terbakarnya bubuk kayu dalam campuran pasir cetak juga meningkatkan kemudahan dalam pembongkaran karena bubuk kayu yang terbakar akan menyebabkan rongga-rongga pada pasir cetak. Rongga-rongga tersebut akan menurunkan ikatan antar butir pasir sehingga bagian yang terbakar akan mudah hancur.

6.4 Permukaan Benda Cor

Setelah pengecoran dan pemotongan sistem saluran, dilakukan pengamatan hasil pengecoran secara makro. Pengamatan ini bertujuan untuk membandingkan kualitas hasil cor seperti penampakan secara visual, kehalusan permukaan, dan cacat permukaan. Pengamatan dilakukan pada tiap bagian spesimen seperti pada tabel 5.4.

Hasil pengamatan secara makro didapatkan hasil bahwa ketiga spesimen seperti pada gambar 6.6 terdapat cacat *shrinkage* pada permukaan atas bagian dekat saluran masuk (*ingate*). Hal ini disebabkan karena sistem saluran yang dirancang pada penelitian ini tidak menggunakan riser dan saluran gas (*vent*). Sistem saluran dirancang agar gas pada rongga cetakan hanya dapat keluar melalui celah-celah pasir cetak untuk mengetahui pengaruh permeabilitas pasir cetak terhadap kualitas benda cor.



Gambar 6.6 Hasil pengamatan cacat permukaan hasil cor dari cetakan (a) tanpa penambah (b) dengan penambah 1% bubuk kayu (c) dengan penambah 8% bubuk kayu

Berdasarkan pengamatan secara visual, ketiga hasil pengecoran tersebut memiliki penampilan yang berbeda. Spesimen hasil cor dengan komposisi pasir cetak tanpa penambah (spesimen A) memiliki warna putih dan permukaan yang relatif paling halus dibandingkan kedua spesimen yang lain. Spesimen

hasil cor dengan komposisi penambah 1% bubuk kayu (spesimen B) memiliki warna coklat terang dan permukaan yang cenderung lebih kasar dibandingkan spesimen A. Sedangkan spesimen hasil cor dengan 8% bubuk kayu penambah (spesimen C) memiliki warna coklat gelap dan pemukaannya paling kasar.

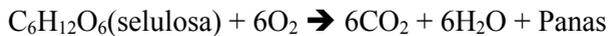
Perbedaan warna yang ditunjukkan oleh tiap spesimen dipengaruhi oleh komposisi pasir cetak terutama penambahan bubuk kayu. Spesimen A yang didapatkan dari pengecoran dengan komposisi pasir cetak tanpa penambah memiliki permukaan yang lebih halus dan warnanya putih disebabkan karena tidak ada pasir cetak yang terbakar. Sedangkan pasir cetak dengan penambahan bubuk kayu akan terbakar saat permukaannya bersinggungan dengan logam cair. Proses terbakarnya bubuk kayu menyebabkan timbulnya rongga pada permukaan cetakan yang kemudian terisi oleh logam cair. Rongga tersebut yang menyebabkan permukaan benda hasil cor menjadi lebih kasar. Hal ini terbukti pada permukaan spesimen C yang dicetak pada pasir cetak dengan penambah 8% bubuk kayu memiliki tingkat kekasaran tertinggi dibandingkan spesimen yang lain.

6.5 Cacat Porositas

Pengujian porositas dihitung dengan membandingkan massa jenis benda cor dengan massa jenis aluminium 6061 yang didapatkan dari katalog yaitu sebesar $2,7 \text{ gram/cm}^3$. Untuk menghitung massa jenis benda cor perlu dilakukan pengukuran massa dan volume benda cor menggunakan timbangan digital dan gelas ukur. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi pasir cetak dan nilai permeabilitas terhadap cacat yang ditimbulkan karena adanya udara terjebak.

Berdasarkan data hasil pengukuran porositas pada tabel 5.5 didapatkan nilai persentase porositas terendah terdapat pada spesimen A sebesar 0,99% sedangkan persentase porositas tertinggi adalah spesimen C sebesar 3,81%. Spesimen B memiliki persentase porositas sebesar 1,21%. Secara keseluruhan tingkat

porositas yang terjadi pada tiap-tiap spesimen sangat besar. Secara teoritis, cetakan pasir dengan permeabilitas tertinggi akan menghasilkan persentase cacat porositas paling rendah namun pada penelitian ini spesimen B dengan permeabilitas pasir cetak tertinggi (176 cm³/menit) memiliki persentase cacat porositas lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen A dengan permeabilitas (139,33 cm³/menit). Hal ini disebabkan terjadinya pembakaran bubuk kayu karena temperatur logam cair lebih dari 700°C menghasilkan reaksi kimia sebagai berikut:



Berdasarkan reaksi di atas dapat diketahui bahwa reaksi pembakaran bubuk kayu menghasilkan gas CO₂, uap air, dan panas. Uap air (H₂O) yang dihasilkan dari proses pembakaran tersebut dapat bereaksi dengan aluminium cair membentuk gas hidrogen. Gas hidrogen terlarut akan menyebabkan cacat berupa rongga udara pada produk cor^[18]. Spesimen C memiliki persentase porositas tertinggi (3,81%) dibandingkan 2 spesimen yang lain disebabkan karena nilai permeabilitas yang paling rendah dan terbentuknya gas-gas baru akibat pembakaran bubuk kayu. Semakin lebar bagian bubuk kayu yang terbakar maka gas yang dihasilkan akan semakin banyak. Terbentuknya gas baru tidak dapat dikompensasi oleh nilai permeabilitas cetakan sehingga hasil cor (spesimen C) memiliki persentase porositas tertinggi dibanding spesimen A dan B.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian pengaruh penambahan bubuk kayu terhadap karakteristik pasir cetak dan cacat porositas hasil cor aluminium 6061 adalah sebagai berikut:

1. Hasil pengujian permeabilitas paling tinggi terjadi pada saat penambahan 1% bubuk kayu dengan nilai permeabilitas rata-ratanya $176\text{cm}^3/\text{menit}$. Penambahan bubuk kayu sebanyak 1% akan meningkatkan permeabilitas sebesar 15,58%, sedangkan penambahan sebesar 2% meningkatkan permeabilitas sebesar 6,63%. Penambahan bubuk kayu lebih dari 2% akan memperburuk permeabilitas.
2. Hasil pengujian kekuatan tekan paling tinggi terjadi pasir cetak tanpa penambah dengan nilai kekuatan tekan $366,67\text{KN/m}^2$. Penambahan bubuk kayu akan menurunkan kekuatan tekan dimana setiap penambahan 1% bubuk kayu menurunkan kekuatan tekan sebesar lebih dari 10%. Penambahan bubuk kayu sebesar 8% dapat menurunkan kekuatan tekan sebesar 64,55% dibanding kekuatan tekan awal.
3. Penambahan bubuk kayu sebanyak 1% hingga 2% akan memperbaiki permeabilitas pasir cetak. Penambahan bubuk kayu lebih dari 2% akan menurunkan permeabilitas dan kekuatan tekan serta meningkatnya kandungan uap air dalam rongga cetak akibat reaksi pembakaran bubuk kayu.
4. Produk cor dengan persentase porositas terendah sebesar 0,99% dihasilkan cetakan pasir tanpa penambah, sedangkan persentase porositas tertinggi terjadi pada produk cor dengan komposisi pasir cetak 8% penambah bubuk kayu.

7.2 Saran

Adapun saran untuk menyempurnakan penelitian berikutnya adalah:

1. Untuk mendapatkan hasil data yang lebih valid, sebaiknya dilakukan penambahan replika lebih dari 3 buah untuk masing-masing komposisi pasir cetak.
2. Proses pengeringan cetakan sebaiknya dilakukan dalam tungku dengan temperatur yang dapat diatur agar didapatkan tingkat kekeringan cetakan yang sama.
3. Untuk selanjutnya dapat dilakukan penelitian tentang pengaruh bubuk kayu yang terbakar terhadap cacat *shrinkage* dan solidifikasi aluminium.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tata Surdia., dan Kenji Chijiwa. 1991. **Teknik Pengecoran Logam**. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [2] Sanders, Clyde. 1970. **Foundry Sand Practice 6th Edition**. U.S:American Colloid Company
- [3] American Foundrymen's Society. 1973. **Basic Principle of Gating and Riser**.
- [4] Ammen, C.W. 1979. **Complete Handbook of Sand Casting**. USA: TAB Books.
- [5] Gilbert Kaufman., and Alwin Rooy. 2004. **Aluminum Alloy Castings Properties, Processes, and Applications**. USA.
- [6] Tataram. K. Chavan, and H.M.Nanjundaswamy. 2013. **Effect of Variation of Different Additives on Green sand Mold Properties for Olivine sand**. IJREAT ISSN: 2320 – 8791: www.ijreat.org
- [7] Mahipal Singhi., Manjinder Bajwa., and Rohit Sharma. 2013. **Effect Of Pouring Temperature and Permeability of Sand on Mechanical Properties of Aluminium Alloy Cast**. ICMIE: 18-21.
- [8] Sutyoko., and Lukman Effendi. 2012. **Studi Kasus Komposisi Pasir Cetak Greensand terhadap Kekasaran Permukaan Benda Cor**. Jurnal Foundry: 9-13.
- [9] Tarkono., Harnowo S., dan Doni Sewandono. 2013. **Pengaruh Variasi Abu Sekam dan Bentonit pada Cetakan Pasir Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil Coran Aluminium AA1100**. Jurnal FEMA:1-12.
- [10] Siswadi., Alfeatra Rapa., dan Dhian Puspitasari. **Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Sisa Penggergajian Terhadap Kuat Desak Beton**. Jurnal Teknik Sipil: 144-151.

- [11] ASM International. 2002. **ASM Handbook Volume 2 Properties and Selection: Non Ferrous Alloy and Specialpurpose Material**. US.
- [12] Jain. P. L. 1983. **Principle of Foundry Technology**. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.
- [13] **Japan Industrial Standards Handbook**
- [14] **Foseco Non-Ferrous Foundryman's Handbook**
- [15] J.Campbell. 1991. **Castings**. Butterworth-Heinemann Ltd, Oxford.
- [16] Rafael Colas. 2003. **Handbook of Aluminium Volume 2 Alloy Production and Materials Manufacturing**. Copyright 2003 Marcel Dekker, Inc.
- [17] S.Suzuki., T-B Kim., H Nakajima. 2009. **Fabrication of Al-Cu alloy with elongated pores by continuous casting technique**, Journal of Physics: Conference Series 165, 012068 doi:10.1088/1742-6596/165/1/012068.
- [18] Suprpto, Wahyono. 2011. **Porositas Gas Pada Material Duralumin Dalam Pengecoran Sistem Vakum**. Disertasi UI.
- [19] Bayu Adityo Nugroho. 2011. **Studi Eksperimen Pengaruh Komposisi Pasir Cetak pada Aluminium Sand Casting terhadap Porositas Produk Toroidal Piston**. Tugas Akhir Teknik Mesin ITS
- [20] Heine, Richard W. 1967. **Principle of Metal Casting**.
- [21] Rick, Churkeet. [www.intertek.com/wood combustion basics.2011](http://www.intertek.com/wood_combustion_basics.2011)
- [22] [www.garelicksteel.com/Melting Point of Common Metal](http://www.garelicksteel.com/Melting_Point_of_Common_Metal)
- [23] www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=degassing_treatment_of_molten_aluminium_alloys

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Achmad Rifqi Rosyadi, anak pertama dari empat bersaudara ini lahir di Gresik pada tanggal 17 Februari 1992. Memulai pendidikan di SDNU 1 Gresik kemudian dilanjutkan di SMPN 1 Singosari kemudian melanjutkan pendidikannya di SMAN 1 Malang. Setelah lulus Sekolah Menengah Atas, penulis melanjutkan studi S1 di Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Bidang studi yang diambil oleh penulis adalah metalurgi khususnya pengecoran logam.

Selama menempuh pendidikan di perguruan tinggi, penulis aktif mengikuti kegiatan kepanitiaan dan menjadi anggota Badan Eksekutif Mahasiswa ITS. Ketertarikannya terhadap dunia pengecoran membuat penulis mengambil tugas akhirnya tentang pengaruh penambahan bubuk kayu terhadap karakteristik pasir cetak dan cacat porositas hasil pengecoran aluminium 6061. Apabila terdapat sesuatu yang berhubungan dengan penulis, dapat menghubungi alamat email rosyadirifqi@gmail.com