

Studi Eksperimen Pengaruh Variasi Dimensi Cil dalam (*Internal Chill*) terhadap Cacat Penyusutan (*Shrinkage*) pada Pengecoran Aluminium 6061

Nurhadi Ginanjar Kusuma, Indra Sidharta dan Soeharto

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: Sidarta.me.its.ac.id

Abstrak—Aluminium merupakan salah satu material yang semakin banyak dimanfaatkan terutama pada industri komponen mesin. Cacat pada hasil cor sangat dihindari karena akan berpengaruh pada kualitas hasil yang merubah dimensi dan sifat mekanik dari benda hasil cor. *Shrinkage* merupakan cacat yang terjadi karena perbedaan kecepatan pendinginan pada benda cor. Penambahan variasi ukuran dimensi cil dalam (*internal chill*) bertujuan untuk menganalisa pengaruh perubahan dimensi terhadap cacat *shrinkage* pada pengecoran. Penelitian pembuatan benda coran dilakukan dengan menggunakan bahan coran aluminium 6061 dengan menggunakan metode pengecoran pasir. Sistem saluran yang digunakan menggunakan ketentuan AFS. Jenis saluran yang digunakan adalah horizontal parting-line, serta pasir cetak dengan komposisi pasir silica 89%, bentonit 7,5%, dan air 3,5%. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh penggunaan dimensi *internal chill* terhadap prosentase jumlah cacat *shrinkage* dengan diameter 15, 20, dan 25 secara berurutan sebesar 3,82, 1,28, dan 1,01%. Penggunaan variasi dimensi *internal chill* pada pengecoran benda yang semakin diperbesar dapat berfungsi dengan baik serta menggeser lokasi cacat penyusutan menjauhi *internal chill*. Grafik yang didapatkan dari pengukuran pada *internal chill* diameter 25 mm (daerah yang mengalami prosentase cacat terkecil) memiliki kemampuan menyerap panas lebih baik daripada diameter 15 dan 20 mm.

Kata Kunci—Cacat penyusutan (*shrinkage*), cil dalam (*internal chill*), sistem saluran (*gating system*).

I. PENDAHULUAN

Cacat pada hasil cor sangat dihindari karena akan berpengaruh pada kualitas hasil yang mengubah dimensi dan sifat mekanik dari benda hasil cor. Cacat coran yang sering terjadi adalah cacat penyusutan (*shrinkage*). Penyebab cacat tersebut karena adanya proses pembekuan atau solidifikasi yang tidak merata pada produk. Cacat *shrinkage* pada hasil coran dapat dihindari dengan perancangan sistem saluran yang tepat. Sistem saluran yang tepat akan menghasilkan logam cair mampu untuk mengisi seluruh rongga cetak, membuat gesekan aliran kecil, dan menghasilkan aliran cairan logam yang tenang (*laminer*) sehingga proses pembekuan berlangsung dengan baik. Oleh karena itu perancangan sistem saluran perlu memperhatikan beberapa faktor seperti bentuk dimensi benda yang akan dicor, jenis material yang digunakan, proses solidifikasi, dan perpindahan panas.

Proses solidifikasi sangat tergantung dari kecepatan pendinginan benda cor. Oleh karena itu, selain dari perancangan sistem saluran yang tepat, penambahan sistem

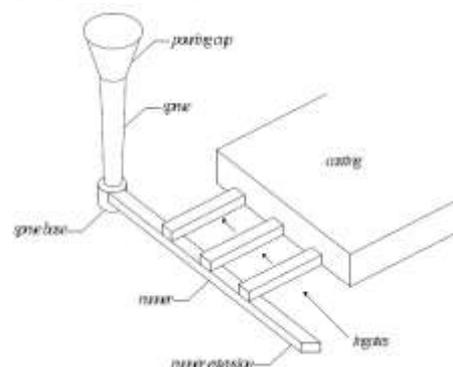
pendingin pada proses pengecoran sangat mempengaruhi hasil dari benda coran. Sistem pendingin benda cor dapat dilakukan dengan menambahkan cil dalam (*internal chill*) pada perencanaan pengecoran. Penambahan mekanisme tersebut diharapkan akan mengurangi cacat *shrinkage* yang dihasilkan. Pada penelitian ini digunakan variasi dimensi *internal chill* yang bertujuan untuk menganalisa pengaruh perubahan dimensi *internal chill* terhadap cacat *shrinkage* pada pengecoran aluminium 6061.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Saluran

Sistem saluran merupakan jalan masuk atau saluran bagi logam cair yang dituangkan dari ladle menuju ke dalam rongga cetakan. Sistem saluran yang optimal berdasarkan *American Foundrymen's Society (AFS)* dapat dibuat berdasarkan ketentuan sebagai berikut:

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 based* 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.



Gambar 1: Sistem saluran pada pengecoran [1]

B. Cil (*Chill*)

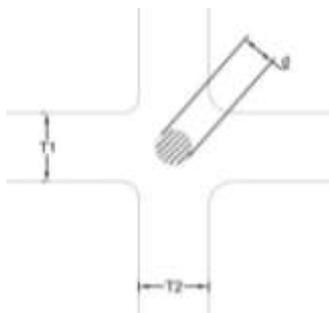
Cil adalah benda (terutama logam) yang diletakkan di bagian cetakan untuk mendinginkan coran secara cepat,

yang dibagi menjadi tiga macam yaitu cil luar (*external chill*), cil dalam (*internal chill*), dan cetakan logam. Cil lazim dipakai untuk coran bukan besi. Bahan untuk cil biasanya besi cor, dimana cil tersebut sering dipergunakan untuk coran paduan aluminium.

Cil dalam (*internal chill*) dipasang pada pertemuan bos kecil yang jauh dari penambah yang akan dikelilingi oleh logam dengan maksud untuk mencegah penyusutan di dalam logam. Perhitungan dimensi cil dalam (*internal chill*) dengan menggunakan benda bentuk X dapat ditentukan dengan menggunakan rumus: [2]

$$d = \frac{1}{2} T1 \quad , \text{ Jika } T1 \leq T2$$

Dimana : d = Diameter cil (mm)
 T1 = Lebar coran pada daerah 1 (mm)
 T2 = Lebar coran pada daerah 2 (mm)



Gambar 2. Lokasi cil dalam (*internal chill*) pada pertemuan X [2]

C. Cacat Penyusutan (*Shrinkage*)

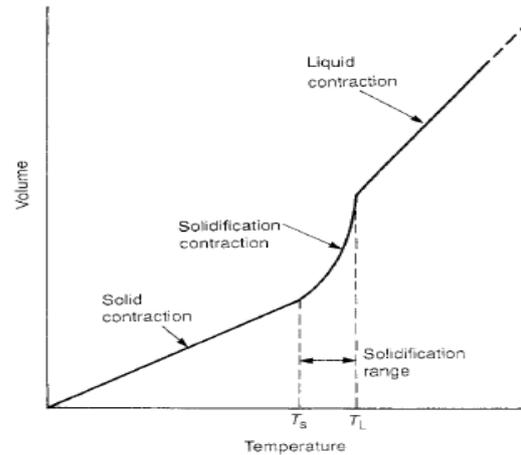
Cacat penyusutan (*shrinkage*) merupakan cacat pada coran berupa cekungan. Hal ini terjadi disebabkan penyusutan volume logam cair pada saat proses pembekuan serta tidak mendapatkan pasokan logam cair dari riser. Pada saat proses pembekuan, tiap bagian coran yang berbeda bentuknya memiliki kecepatan pembekuan yang berlainan. Cacat *shrinkage* terjadi pada bagian yang membeku paling akhir.



Gambar 3. Cacat penyusutan (*shrinkage*) [3]

Pada setiap pembuatan cetakan (*mould*) harus selalu memperhitungkan terjadinya penyusutan (*shrinkage*) saat terjadi pembekuan. Ketika dilakukan proses peleburan, terjadi proses pemuaihan (*ekspansion*) pada logam padat. Logam padat tersebut akan mengalami perubahan volume yang lebih besar karena mendapatkan energi dari luar sehingga molekul-molekul di dalam logam padat tersebut bergerak lebih aktif. Molekul yang bergerak aktif ini menyebabkan jarak antar molekul bertambah lebar, dan apabila energi yang diterima bertambah banyak ikatan antar molekul dapat terlepas sehingga logam padat dapat berubah menjadi logam cair. Sedangkan pada proses pembekuan, logam cair akan mengalami penyusutan yang membuat volume logam semakin kecil. Jadi jika dibandingkan dengan

ukuran pada rongga cetak, ukuran produk akan berbeda, yaitu ukurannya menjadi lebih kecil dibandingkan rongga cetaknya. Ilustrasi *shrinkage* dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Ilustrasi *shrinkage* pada setiap fase [4]

Cacat *shrinkage* dapat dihindari dengan menggunakan penambah (*riser*) ataupun dengan memberikan pendinginan (*chiller*) pada benda cor. Solidifikasi *shrinkage* beberapa material dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Solidifikasi *shrinkage* beberapa material [5]

Metal	Crystal Structure	Melting point (°C)	Volume change (%)
Al	fcc	660	7.14
Au	fcc	1063	5.47
Co	fcc	1495	5.26
Cu	fcc	1083	5.30
Ni	fcc	1453	5.11
Pb	fcc	327	3.22
Fe	bcc	1536	3.16
Li	bcc	181	2.74
Na	bcc	97	2.60
K	bcc	64	2.54

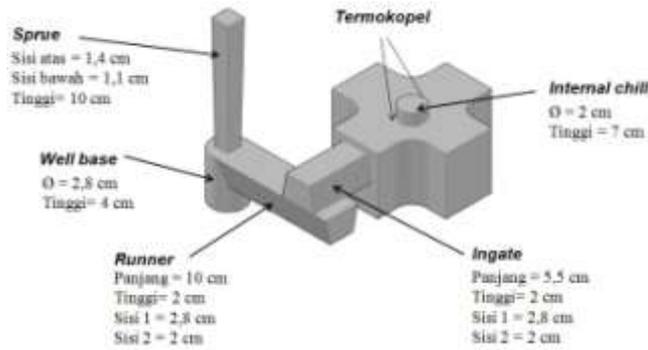
III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tahapan Pecngecoran

Penelitian pembuatan benda coran dilakukan dengan menggunakan bahan coran aluminium 6061. Metode yang digunakan adalah pengecoran pasir. Pola benda, cil dalam (*internal chill*), sistem saluran, dan rangka cetak terbuat dari kayu. Material yang digunakan sebagai *chiller* adalah baja ST 41. Sistem saluran yang digunakan adalah *horizontal-parting line gating system* [6].

Langkah pertama yang dilakukan adalah menyiapkan pasir cetak dengan komposisi pasir silica silica 89%, bentonit 7,5%, dan air 3,5% [7]. Langkah kedua membuat cetakan dengan cara menyusun pola benda, internal chill, dan sistem saluran kedalam rangka cetak kemudian ditimbun dengan pasir cetak. Cetakan dibuat sebanyak empat buah tanpa dan menggunakan variasi dimensi internal chill 15, 20, dan 25 mm. Pengeringan cetakan dilakukan selama dua minggu. Langkah ketiga yaitu proses peleburan, penuangan, dan pembekuan aluminium 6061. Proses peleburan aluminium dilakukan hingga temperatur sekitar 750°C diatas temperatur *melting point* aluminium. Hal ini dilakukan untuk menjaga temperatur turun pada waktu

logam cair diangkat dari tungku dan dituang ke dalam cetakan. Langkah terakhir proses inspeksi terhadap cacat shrinkage dengan cara menghitung perbandingan volume cacat terhadap volume total spesimen.



Gambar 5. Dimensi sistem saluran berdasarkan perhitungan sesuai dengan perencanaan American Foundrymen's Society (AFS)

IV. HASIL PENGECORAN

Berikut ini adalah hasil benda cor yang diperoleh dari percobaan:

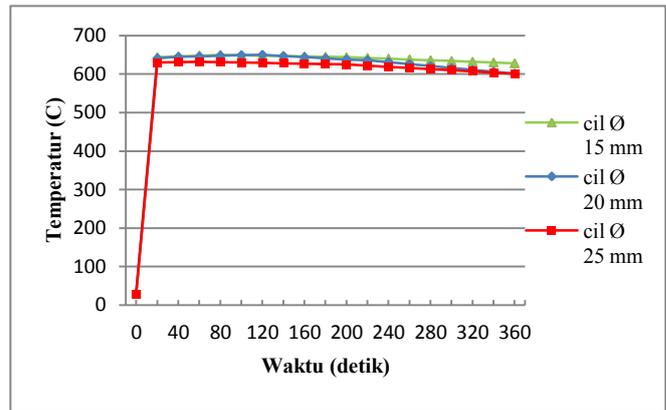
Tabel 2. Cacat shrinkage hasil pengecoran

Pengecoran	Cacat Shrinkage		
	Prosentase volume	Lokasi	Gambar
Tanpa cil dalam (<i>internal chill</i>)	3,49 %	Cacat terletak pada benda coran bagian tengah dan dekat dengan saluran masuk	 Cacat shrinkage
<i>Internal chill</i> dengan dimensi diameter 15 mm	3,82 %	Cacat terletak pada bagian yang dekat dengan <i>internal chill</i> dan dekat dengan saluran masuk	
<i>Internal chill</i> dengan dimensi diameter 20 mm	1,28 %	Cacat terletak pada 2 bagian, masing-masing memiliki jarak yang tidak terlalu jauh dari <i>internal chill</i> dan salah satunya dekat <i>ingate</i>	
<i>Internal chill</i> dengan dimensi diameter 25 mm	1,01 %	Cacat terletak pada 3 bagian, yang masing-masing memiliki jarak yang tidak terlalu jauh dari <i>internal chill</i> , dan salah satunya dekat dengan <i>ingate</i>	

V. ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Hasil pengukuran temperatur pada cil dalam (*internal chill*) diameter 15, 20, dan 25 mm

Gambar6 menunjukkan grafik perbandingan laju penurunan temperatur dengan variasi penggunaan dimensi *internal chill* pada benda coran. Proses pengambilan data temperatur dimulai saat dituangkan logam cair kedalam cetakan pada temperatur 750°C. Pengambilan data temperatur dilakukan selama 6 menit, dimana waktu tuang untuk masing-masing dimensi diameter 15, 20, dan 25 mm secara berurutan adalah 15, 16, dan 21 detik. Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa penurunan temperatur paling efektif dengan menggunakan dimensi 25 mm, sedangkan dimensi 15 mm kurang efektif.



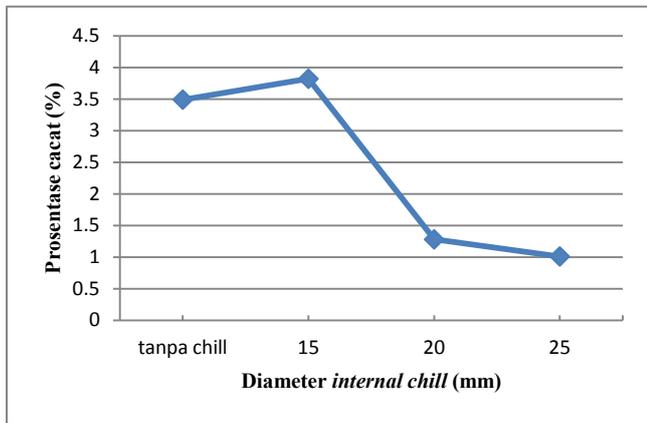
Gambar 6. Grafik pengukuran temperatur cil dalam (*internal chill*) dengan menggunakan variasi dimensi diameter 15, 20, dan 25 mm.

Percobaan pada *internal chill* diameter 15 mm memiliki jumlah prosentase cacat *shrinkage* yang lebih besar daripada diameter 20 dan 25 mm. Cacat yang berada pada lokasi yang dekat dengan *internal chill* disebabkan kapasitas *internal chill* untuk menyerap panas dari logam cair relatif lebih kecil daripada diameter 20 dan 25 mm. Sehingga daerah yang membeku paling akhir berada pada bagian tengah benda coran dan dekat dengan *internal chill*. Percobaan dengan *internal chill* diameter 20 mm memiliki lokasi cacat *shrinkage* yang terletak tidak terlalu jauh dari *internal chill*. Hal ini dapat terjadi karena kapasitas panas yang mampu diserap *internal chill* relatif lebih besar daripada *internal chill* diameter 15 mm. Pendinginan yang lebih cepat di daerah sekitar *internal chill* akan menyebabkan daerah tersebut mengalami pembekuan lebih awal. Percobaan terakhir dilakukan dengan menggunakan *internal chill* dimensi 25 mm. Pada dimensi ini cacat *shrinkage* yang dihasilkan terletak lebih jauh dari *internal chill*, selain itu jumlah cacat yang terjadi lebih banyak namun dengan volume yang lebih kecil. Hal ini dapat disebabkan karena adanya perubahan dimensi lebih besar sehingga proses perpindahan panas yang mampu diserap *internal chill* lebih banyak daripada dimensi 15 dan 20 mm. Akibat perpindahan panas tersebut, daerah di sekitar *internal chill* membeku lebih cepat, sehingga letak cacat bergerak menjauhi *internal chill*. Dari ketiga percobaan yang telah dilakukan terdapat cacat *shrinkage* pada benda cor di lokasi dekat dengan saluran masuk. Cacat pada daerah ini disebabkan karena pada bagian tersebut terisi logam cair terakhir dan membeku paling akhir.

Dari hasil percobaan pengecoran yang telah dilakukan, penggunaan variasi dimensi *internal chill* tersebut secara efektif mampu untuk menurunkan cacat *shrinkage* yang

terdapat pada hasil coran. Percobaan ini menghasilkan semakin besar ukuran diameter *internal chill*, maka cacat yang terdapat pada hasil coran semakin kecil. Selain itu, semakin besar ukuran diameter *internal chill*, maka cacat yang terjadi semakin bergeser menjauhi *internal chill*.

B. Perbandingan hasil pengukuran prosentase cacat shrinkage pengecoran tanpa dan dengan menggunakan variasi dimensi cil dalam (internal chill)



Gambar 7. Grafik perbandingan hasil pengukuran prosentase cacat shrinkage pengecoran tanpa dan dengan menggunakan variasi dimensi cil dalam (*internal chill*)

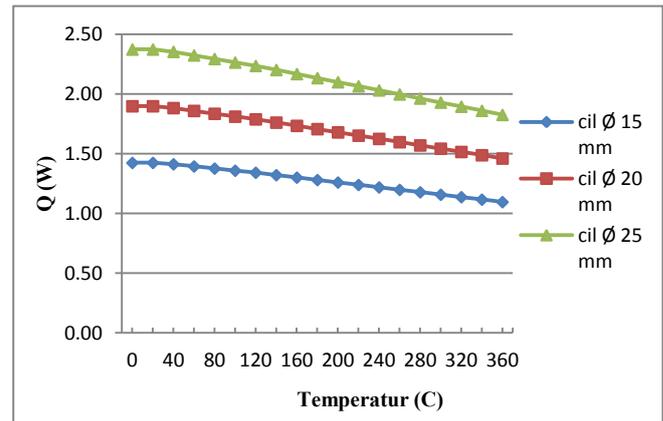
Gambar 7 menunjukkan hasil pengukuran prosentase cacat *shrinkage* pengecoran tanpa dan dengan menggunakan variasi dimensi cil dalam (*internal chill*). Hasil percobaan pada proses pengecoran yang telah dilakukan tanpa menggunakan *internal chill* diperoleh jumlah prosentase cacat *shrinkage* sebesar 3,49%. Sedangkan dengan menggunakan variasi dimensi *internal chill* diameter diameter 15, 20, dan 25 mm secara berurutan memiliki prosentase cacat *shrinkage* sebesar 3,82, 1,28, dan 1,01 %.

Pada percobaan pengecoran tanpa menggunakan *internal chill* terdapat cacat yang memiliki lokasi di bagian tengah benda coran, selain itu terdapat juga cacat dekat dengan saluran masuk. Proses pendinginan benda cor setelah penuangan logam cair terjadi dari bagian yang bersentuhan langsung dengan pasir cetak dan berlanjut sampai bagian tengah benda cor. Proses perubahan fase dari liquid menjadi solid pada logam cair akan menimbulkan penurunan volume dari logam cair tersebut. Cacat pada bagian tengah benda cor disebabkan oleh laju pendinginan logam cair yang tidak seragam. Hal ini disebabkan karena pada bagian tengah cor membeku paling akhir. Selain itu terdapat cacat pada bagian benda cor yang dekat dengan saluran masuk disebabkan karena terisi logam cair terakhir dan membeku paling akhir. Cacat pada percobaan ini memiliki jumlah prosentase yang besar sebab pendinginan coran hanya dilakukan oleh pasir.

Penambahan *internal chill* pada benda coran berfungsi untuk menyerap panas dari logam cair sehingga mempercepat proses pendinginan. *Internal chill* yang digunakan pada pengecoran ini menggunakan bahan dari material baja ST 41, dimana memiliki titik lebur diatas titik lebur aluminium. *Internal chill* menggunakan material baja ST 41 memiliki kemampuan melepas panas yang cukup baik dibandingkan dengan pasir cetak. Percobaan pada proses pengecoran dengan *internal chill* diameter 15 mm memiliki

jumlah prosentase cacat *shrinkage* paling besar daripada pengecoran tanpa dan menggunakan variasi *chill* diameter 20 dan 25 mm. Prosentase cacat pada diameter 15 mm disebabkan karena terdapat kebocoran logam cair yang disebabkan adanya bagian *parting line* pada cetakan yang kurang rapat. Hal ini menyebabkan benda coran tidak terisi secara penuh. Oleh karena itu pada penggunaan *internal chill* diameter 15 mm memiliki prosentase cacat paling besar.

C. Laju perpindahan panas pada cil dalam (internal chill) dengan menggunakan variasi dimensi diameter 15, 20, dan 25 mm



Gambar 8. Laju perpindahan panas pada cil dalam (*internal chill*)

Gambar 8 memperlihatkan grafik laju perpindahan panas pada cil dalam (*internal chill*) dengan menggunakan variasi dimensi diameter 15, 20, dan 25 mm. Dari grafik tersebut penggunaan *internal chill* diameter 15 mm memiliki trendline yang paling lama mengalami laju perpindahan panas, sedangkan pada diameter 25 mm mengalami laju perpindahan panas yang paling cepat.

Perpindahan panas yang terjadi antara logam cair dengan *internal chill* yaitu secara konveksi dan konduksi. Perpindahan panas secara konveksi melibatkan fluida cair dan permukaan padat, dimana fluida cair adalah logam cair sedangkan permukaan padat adalah *internal chill*. Perpindahan panas secara konduksi hanya terjadi pada *internal chill* saja. Percobaan dengan menggunakan *internal chill* diameter 15 mm mengalami perpindahan panas yang lebih lama daripada diameter 20 dan 25 mm. Hal ini disebabkan karena perbedaan ukuran dimensi yang lebih kecil menyebabkan kemampuan laju perpindahan panas semakin lama. Ukuran dimensi diameter pada *internal chill* sangat berpengaruh terhadap laju perpindahan panas. Semakin besar diameter yang digunakan maka laju perpindahannya akan semakin besar, dan sebaliknya.

VI. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Dari hasil percobaan dan analisa yang telah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan antara lain :

1. Penggunaan variasi dimensi cil dalam (*internal chill*) pada pengecoran benda yang semakin diperbesar dapat berfungsi dengan baik mengurangi serta menggeser

lokasi cacat penyusutan (*shrinkage*) menjauhi *internal chill*

2. Pada pengujian prosentase cacat *shrinkage*, didapatkan nilai terkecil pada dimensi *internal chill* diameter 25 mm sebesar 1,01% dan terbesar pada dimensi 15 mm sebesar 3,82%. Nilai prosentase cacat cenderung berkurang seiring dengan bertambahnya diameter.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ASM Handbook. 1988. *Metals Handbook Ninth Edition Volume 15 Casting*. TheUniversity of Alabama.
- [2]. Surdia,Tata. *TeknikPengecoranLogam*. edisi ke 9. Jakarta: PT. PradnyaParamita, 2006.
- [3]. Beely, P.R. *Foundry Technology*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1972.
- [4]. Kutz, Myer, *Handbook Of Materials Selection*, New York : John Wiley & Sons, Inc. 2002.
- [5]. Cambhell jhon, *Casting*, Jhon wiley and Son. 1982.
- [6]. Pratama, Rizal Mahendra. *Studi Eksperimen Pengaruh Jenis Saluran Pada Aluminium Sand Casting Terhadap Porositas Produk Toroidal Piston*, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2012.
- [7]. Nugroho, Bayu Adityo. *Studi Eksperimen Pengaruh Komposisi Pasir Cetak Pada Aluminium Sand Casting Terhadap Porositas Produk Toroidal Piston*, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2012.