

PL I

PENGUJIAN KOMPOSISI PASIR CETAK

1.1 Tujuan Pengujian

1. Praktikan mengetahui dan memahami komposisi pasir cetak.
2. Praktikan mampu melakukan tahapan pengujian komposisi pasir cetak
3. Praktikan mampu menganalisis hasil pengujian komposisi pasir cetak.

1.2 Dasar Teori

1.2.1 Komposisi Pasir Cetak

Komposisi merupakan bagian atau komponen dari suatu sampel atau materi yang satu dengan yang lainnya dihubungkan berdasarkan proporsi relatifnya. Misalnya air disusun atas dua macam substransi terkecil yaitu hidrogen dan oksigen yang memiliki proporsi tertentu.

Pasir cetak merupakan campuran dari tiga bahan yaitu pengikat, air, dan juga unsur utama yaitu pasir SiO_2 , ketiga komponen ini menyediakan plastisitas dan dibutuhkan dalam jumlah besar untuk pasir cetak, material lain bisa ditambahkan pada campuran pasir untuk meningkatkan sifatnya (Heine, 1976:85).

Syarat-syarat pasir cetak antara lain:

1. Mempunyai sifat mampu bentuk sehingga mudah dalam pembuatan cetakan dengan kekuatan yang cocok. Cetakan yang dihasilkan harus kuat sehingga tidak rusak karena dipindah-pindah dan dapat menahan logam cair waktu dituang ke dalamnya. Karena itu kekuatannya pada temperatur ruangan dan temperatur tinggi sangat diperlukan.
2. Permeabilitas yang cocok. Dikuatirkan bahwa hasil coran mempunyai cacat seperti rongga penyusutan, gelembung gas atau kekasaran permukaan, kecuali jika udara atau gas yang terjadi dalam cetakan waktu penuangan disalurkan melalui rongga-rongga diantara butir-butir pasir keluar dari cetakan dengan kecepatan yang cocok.
3. Distribusi besar butir yang cocok. Permukaan coran diperhalus kalau coran dibuat di dalam cetakan yang berbutir halus. Tetapi kalau butir pasir terlalu halus, gas dicegah keluar dan membuat cacat, yaitu gelembung udara. Distribusi besar butir harus cocok mengingat dua syarat yang disebut di atas.



4. Tahan panas terhadap temperatur logam yang dituang. Temperatur penuangan yang biasa untuk bermacam-macam coran dinyatakan dalam tabel dibawah ini. Butir pasir dan pengikat harus mempunyai derajat tahan api tertentu terhadap temperatur tinggi, kalau logam cair dengan temperatur tinggi ini dituang ke dalam cetakan.

Tabel 1.1
Temperatur Penuangan Untuk Berbagai Coran

Macam Coran	Temperatur penuangan (°C)
Paduan ringan	650-750
Brons	1.100-1.250
Kuningan	950-1.100
Besi cor	1.250-1.450
Baja cor	1.500-1.550

Sumber: Surdia dan Chijiwa (2013:109)

5. Komposisi yang cocok. Butir pasir bersentuhan dengan logam yang dituang mengalami peristiwa kimia dan fisika karena logam cair mempunyai temperatur yang tinggi. Bahan-bahan yang tercampur yang mungkin menghasilkan gas atau larut dalam logam adalah tidak dikehendaki.
6. Mampu dipakai lagi. Pasir harus dapat dipakai berulang-ulang supaya ekonomis.
7. Pasir harus murah.

Sumber: Surdia dan Chijiwa (2013:109)

1.2.1.1 Macam – Macam Pasir Cetak

Pasir yang paling lazim digunakan pada pasir cetak adalah pasir gunung, pasir pantai, pasir sungai, dan pasir silika yang disediakan alam. Beberapa dari mereka dipakai begitu saja dan yang lain dipakai dapat langsung digunakan dan tidak dapat langsung digunakan. Contoh pasir yang dapat langsung digunakan adalah pasir gunung. Pasir gunung, umumnya digali dari lapisan tua. Mereka mengandung pengikat dan kebanyakan dapat dipakai setelah dicampur air. Pasir dengan kadar pengikat 10 sampai 20% dapat dipakai begitu saja, sedangkan pasir dengan kadar pengikat kurang dari itu mempunyai adhesi yang lemah dan baru dapat dipakai setelah ditambahkan prosentase pengikat secukupnya, contohnya seperti Pasir pantai, pasir kali, pasir silika alam dan pasir silika buatan tidak melekat dengan



sendirinya, oleh karena itu dibutuhkan pengikat untuk mengikat butir-butirnya satu sama lain dan baru dipakai setelah pencampuran. (Surdia dan Chijiwa, 2013:110).

1.2.1.2 Definisi Pasir

Pasir adalah partikel yang berbentuk granular dari SiO_2 , yang pada prinsipnya 50-95% dari total material pada pasir cetak. Pada macam-macam pasir cetak, butir pasir dapat dibedakan di bawah ini:

1. Ukuran butir rata-rata, distribusi besar butir dan bentuk butir
2. Komposisi Kimia
3. Kemampuan tahan panas dan stabilitas *thermal*

Sumber : Heine (1987:85)

Tabel 1.2
Komposisi Kimia Pasir

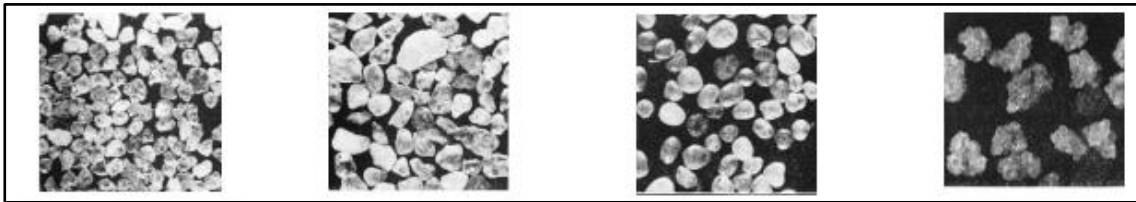
Unsur (%)	Pasir silika setelah dicuci	Pasir siika telah dicuci dan dikeringkan	Pasir sungai	Pasir silika yang telah tercampur <i>Western bentonit</i>		Pasir danau
				Baru	Bekas	
Zat yang hilang setelah pemanasan	...	...	1.02	0,28	0,12	0,8
C	...	...	...	0,13	0,59	...
Besi murni	...	...	...	...	0,97	...
Besi Ferrous	...	...	...	0,44	0,68	...
Besi Ferrie	...	...	...	...	0,12	...
Jumlah besi	0,1	...	...	0,44	1,77	...
Al_2O_3	0,39	...	...	1,32	0,63	...
SiO_2	99,08	99,8 +	92,00	95,79	95,54	95 +
TiO_3	0,43	...	...	...	...	...
Jumlah Al_2O_3 + Fe_3O_3	...	...	6,09	...	...	2
CO	...	...	0,58	...	...	0,6
Alkali	...	...	...	...	...	0,2
MgO	...	...	0,22	...	...	0,4

Sumber : Heine (1987:86)



1.2.1.3 Bentuk Butir Pasir

Dari gambar 1.1 dibawah, dapat dilihat bentuk butiran pasir cetak macammnya adalah :



Gambar 1.1 Bentuk butir pasir cetak (a) *compound*, (b) *angular*, (c) *subangular*, dan (d) *rounded*
Sumber: AFS (1944:75)

1. Bentuk butir pasir bulat (*Rounded grain*)

Butiran bulat seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.1 (d) dimana butiran ini mempunyai kontak paling sedikit saat dipadatkan.

a. Kelebihan

- Permeabilitasnya tinggi karena bentuk butiran pasir yang bulat menyebabkan banyak rongga.

b. Kekurangan

- Kekuatan kurang baik, hal ini dikarenakan bidang kontak pada butir pasir bulat kecil

2. Bentuk pasir sebagian bersudut (*Subangular grain*)

Butiran pasir sebagian bersudut seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.1 (c).

a. Kelebihan

- Kekuatan lebih tinggi dari butir pasir bulat, karena sudut yang ada membuat lebih sulit terjadinya slip.

b. Kekurangan

- Permeabilitasnya lebih rendah dari pasir, karena rongga antar butir semakin kecil.

3. Bentuk butir pasir bersudut (*Angular grain*)

Butiran bersudut seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.1 (b). Bentuk ini memiliki sisi yang bersudut dan permukaannya datar.

a. Kelebihan

- Kekuatan lebih tinggi dari butir pasir sebagian bersudut karena sudut kontakannya lebih besar dari butir pasir sebagian bersudut.



b. Kekurangan

- Permeabilitasnya lebih rendah dari butir sebagian bersudut karena pasirnya memiliki rongga tersebut.

4. *Compound Grain*

Butirannya bergabung dan ketika disaring, butirannya tidak bisa terpisah. Pasir *Compound* bisa terdiri dari pasir bersudut dan sebagian bersudut, seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.1 (a).

a. Kelebihan

- Kekuatan tinggi karena sudut kontakanya paling besar.

b. Kekurangan

- Permeabilitasnya buruk, karena tidak mempunyai rongga antar butiran.

Sumber: Jain (1976:49)

1.2.1.4 Distribusi Besar Butir Pasir

Distribusi besar butir pasir adalah persebaran ukuran butiran pasir. Pada umumnya pasir tidak terdiri dari butiran-butiran dengan ukuran sama. Ukuran dan distribusi besar butir pada pasir bisa ditentukan dengan *sieve analysis test*. Distribusi ukuran butir pasir dapat dibagi menjadi 4 jenis :

- Distribusi ukuran butir sempit artinya susunan ukuran butir hanya terdiri dari kurang lebih 2 fraksi saja.
- Distribusi ukuran butir sangat sempit yaitu 90% dari ukuran besar butir dan terdiri 1 fraksi.
- Distribusi ukuran butir lebar artinya susunan ukuran butir terdiri lebih kurang 3 fraksi.
- Distribusi ukuran butir sangat lebar artinya susunan-susunan ukuran butir terdiri lebih dari 3 fraksi.

Besar butir yang diinginkan adalah sedemikian sehingga dua pertiga dari butir-butir pasir mempunyai ukuran dari tiga *mesh* yang berurutan, dan sisanya dari ukuran *mesh-mesh* berikutnya. Jadi lebih baik tidak mempunyai besar butir yang seragam (Surdia dan Chijjiwa, 2013:111).

“*Mesh* adalah jumlah lubang persatuan *linear inch*” (Heine, 1955:102). Dalam hal ini *mesh* berfungsi untuk memisahkan besar ukuran pasir berdasarkan ukurannya.



Tabel 1.3

Tabel Skala *Sieve* (ayakan)

Seri <i>U.S</i> setara dengan <i>No.</i>	Skala layar <i>Tyler sieve</i> <i>mesh per lin</i> <i>in.</i>	Lubang, mm	Lubang, <i>in.</i> rasio $\sqrt{2}$ atau 1.414	Variasi yang diizinkan lubang rata- rata % \pm	Diameter kawat desimal dalam <i>in.</i>	Lubang <i>Mesh,</i> <i>microns</i>
4	4	4.699	0.187	3	0.065	4760
6	6	3.327	0.132	3	0.036	3327
8	8	2.362	0.0937	3	0.035	2362
12	10	1.651	0.0661	3	0.032	1651
16	14	1.167	0.0469	3	0.025	1167
20	20	0.833	0.0331	5	0.0172	833
30	28	0.589	0.0232	5	0.0125	589
40	35	0.414	0.0165	5	0.0122	414
50	48	0.295	0.0117	5	0.0092	295
70	65	0.208	0.0083	5	0.0072	208
100	100	0.147	0.0059	6	0.0042	147
140	150	0.104	0.0041	6	0.0026	104
200	200	0.074	0.0029	7	0.0021	74
270	270	0.053	0.0021	7	0.0016	53

Sumber : Heine (1976:102) disesuaikan dengan AFS (1944:57)

Tabel 1.4

Contoh perhitungan AFS *grain fineness number*

Seri <i>U.S.</i> Setara dengan <i>No.</i> <i>Sieve</i>	Jumlah sampel 50 g yang terdapat pada <i>sieve</i>		Pengali	Produk
	Gram	Persentase		
6.....	.....	.....	3	
12.....	.....	.....	5	
20.....	.....	.....	10	
30.....	.....	.....	20	
40.....	0.7	1.4	30	42.0
50.....	7.7	15.4	40	616.6
70.....	17.85	35.7	50	1785.0
100.....	14.2	28.4	70	1988.0
140.....	7.4	14.8	100	1480.0
200.....	1.65	3.3	145	462.0
270.....	.....	.....	200	
Pan.....	0.5	1.0	300	300.0
Total.....	50.0	100.0		6678.0

Sumber: Heine (1976:103)

Kebanyakan pasir pengecoran logam memiliki rata-rata AFS *grain fineness number* dari 40 hingga 220. Tabel 1.4 menunjukkan contoh perhitungan distribusi AFS *grain fineness number* yang dapat dicari dengan rumus berikut:



$$AFS \text{ grain fineness number} = \frac{\text{Total Produk}}{\text{Total Percent Retained}} = \frac{\sum(\%i \times Mi)}{\sum \%i} \dots\dots\dots(1-1)$$

Keterangan :

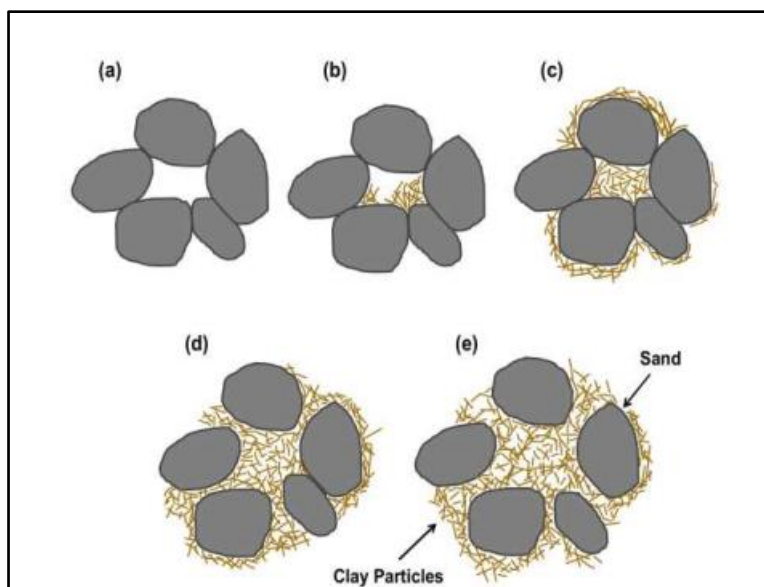
AFSn : Nomor Kehalusan Butir Pasir *Standard AFS*

%i : Presentase Pasir Pada Ayakan Ke-i

Mi : Pelipat Dari Tabel

1.2.2 Definisi Kadar Pengikat

Kadar pengikat adalah jumlah pengikat yang terkandung dalam pasir cetak dan dinyatakan dalam persentase. Pengikat dapat mengikat pasir sehingga mempunyai plastisitas dan memudahkan dalam pembuatan cetakan dengan meningkatkan kekuatan yang biasanya berukuran kurang lebih 20 μm atau 0.0008 inch (Heine, 1976:100). Pada umumnya kadar pengikat berjumlah 2-50% (Heine, 1976:86).



Gambar 1.2 Perubahan struktur pada campuran pasir dan pengikat
Sumber: Kexin Yin, dkk (1976:268)



Kadar pengikat dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Kadar pengikat (\%)} = \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100 - \text{Kadar air} \dots\dots\dots(1-2)$$

Atau

$$\text{Kadar pengikat (\%)} = \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100 \dots\dots\dots(1-3)$$

Keterangan:

- Kadar Pengikat : Jumlah persentase pengikat yang terdapat pada pasir cetak
- Berat awal : berat pasir cetak yang telah bercampur dengan pengikat dan air (gram) dan dilakukan ditimbang (gram).
- Berat akhir : berat pasir cetak yang kadar pengikatnya telah dihilangkan dengan cara dicuci dengan campuran NaOH (gram), dikeringkan (gram) dan dilakukan penimbangan (gram)

Sumber: Surdia dan Chijiwa (2013:121)



1.2.2.1 Macam – Macam Pengikat

Tabel 1.5
Macam-macam pengikat

Jenis Mineral Clay	Tipe Komposisi	Basa Pengganti	Refraktori (titik pelunakan)	Swelling karena air	Shrinkage karena pengurangan air	Bentuk dan Ukuran partikel
<i>Montmorillonite Class IA, western bentonite</i> Source : Wyoming, South Dakota, Utah	$(OH)_4Al_4Si_4O_{20} \cdot nH_2O$ Ex : 90%	High. Na is adsorbed ion, pH = 8-10	2100-2450 F	Very high, gel-forming	Very high	Flake size of less than 0.00001 in.
<i>Montmorillonite Class IB, southern bentonite</i> Souce : Mississippi	$(OH)_4Al_4Si_4O_{20} \cdot nH_2O$ Ex : 85%	High. Ca is adsorbed ion, pH=4-6.50	1800 F+	Slight, little tendency to gel	Very high	Flake size of less than 0.00001 in.
<i>Kaolinite Class IV, fire clay</i> Source : Illinois, Ohio	$(OH)_4Al_4Si_4O_{20}$ Ex : 50%	Very low	3000-3100 F	Very low, non-gel-forming	Low	Fire clays often ground and therefore may be relatively coarse or may be ground to flour
<i>Illite Class III, grundite</i> Source : Grundy, III	$(OH)_4K_4(Al_4Fe_4Mg_4)(Si_2 \cdot b.Al_2)O_{10}$	Moderate	2500 F±	Low, non-gel-forming	Moderate	

Sumber : Heine (1976:89)

Pada proses pengecoran logam ada dua buah tipe pengikat yang digunakan, *kaolinites* atau *fireclay* dan *montmorillonites* atau bentonit. Jenis pengikat bentonit adalah “*western* atau sodium bentonit” dan “*southern* atau kalsium bentonit”. Tiap tipe dari lempung tersebut memiliki sifat spesifik yang membuatnya berguna bagi pengecor. Juga biasanya kombinasi dari masing-masing tipe lempung ini digunakan untuk mencapai sifat terbaik yang merupakan gabungan dari tiap-tiap lempung (Chastain, 2004:145).



1. *Fireclay*

Fireclay secara alami dapat ditemukan pada ikatan pasir cetak. Umumnya digunakan pada pasir cetak *compound* untuk menghasilkan kekuatan tekan yang tinggi atau untuk membuat pasir cetak kurang sensitif terhadap beragam tingkat kandungan kelembapan. *Fireclay* hanya memiliki $\frac{1}{3}$ hingga $\frac{1}{5}$ kekuatan ikatan dari bentonite dan membutuhkan campuran air lebih banyak. Sebuah campuran *fireclay* biasanya terkandung kira-kira 12 % hingga 15 % dari berat pengikat dan 5 % hingga 8 % air untuk kekuatan maksimum yang didapatkan. *Fireclay* memiliki titik lebur pada 3100 °F (Chastain, 2004:145).

2. *Bentonite*

Pada pasir cetak biasanya terkandung 3% sampai 6% bentonite dengan $2\frac{1}{2}$ hingga 4% air (Chastain,2004:145).

a. *Western bentonite*

Adalah pengikat yang mengembang sebesar 10 hingga 20 kali dari volume aslinya. Dia juga memiliki kekuatan kering yang tinggi sehingga dapat mencegah *cutting* dan erosi pada cetakan saat logam cair melewatinya. (Tambah tekan panas sekitar 80 psi). *Western bentonit* memiliki “*flowability*” yang lebih rendah atau lebih lengket dan kaku daripada pasir cetak dengan lempung *southern bentonit*. Campuran *Western bentonite* memiliki *green deformation (rubbery)* yang lebih tinggi, sehingga pola lebih mudah dilepaskan (diangkat) dari pasir cetak. *Western bentonit* memiliki kecenderungan untuk berbentuk *clay balls*. Titik lebur dari *western bentonit* berkisar 2100 °F hingga 2450 °F (Chastain, 2004:145).

b. *Southern bentonite*

Southern bentonit memberi *flowability* yang tinggi terhadap pasir cetak. Dia memiliki kemampuan tekan basah lebih tinggi dari *western bentonit* tetapi kekuatan panasnya dibawah 40 psi. Kekuatan panas yang lebih rendah dapat mengurangi retak pada saat coran mengalami pendinginan. Pemisahan dan pembersihan dari benda cor lebih mudah daripada *western bentonit*. Titik lebur dari *southern bentonit* adalah 1800 °F. (Chastain, 2004:145).



1.2.3 Definisi Kadar Air

Kadar air merupakan jumlah air yang terkandung di dalam pasir cetak dan dinyatakan dalam persentase (%). Kadar air yang biasa ditemukan pada pasir cetak berkisar antara 1,5% - 8%, air dapat mengaktivasi pengikat pada pasir, yang menyebabkan campuran (lempung dan pasir) dapat meningkatkan plastisitas dan kekuatan. (Heine, 2001:88).

Nyatakan perbedaan antara berat mula dan berat akhir pada temperatur kamar dan nyatakan perbandingan antara harga tersebut dengan berat mula dalam prosentase. Harga ini berarti harga kadar air bebas. (Surdia dan Chijiwa, 2013:118). Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \% \dots\dots\dots(1-4)$$

Keterangan :

Berat awal : berat pasir cetak sebelum dilakukan pemanasan (gram)

Berat akhir : berat pasir cetak setelah dilakukan pemanasan (gram)

Sumber: Surdia dan Chijiwa (2013:118)

1.2.3.1 Macam – Macam Air Pada Pasir Cetak

a. Air Terikat

Air terikat yaitu air yang berfungsi sebagai aktivator bentonit. Hanya air yang secara terikat yang diserap oleh pengikat untuk mengaktivasi bentonit untuk meningkatkan kekuatan pasir cetak. Bentonit yang sudah teraktivasi akan mengikat butiran pasir dan meningkatkan kekuatannya (Heine, 1976:88).

b. Air Bebas

Air bebas yaitu air yang kehilangan fungsi sebagai aktivator bentonit. Air bebas dapat bertindak sebagai pelumas dan membuat pasir cetak lebih plastis dan lebih mudah dibentuk meskipun kekuatannya menjadi menurun (Heine, 1976:88). Air bebas berfungsi untuk meningkatkan kekuatan tekan kering dan plastisitas atau deformasi. (Heine, 1976:111).



1.2.3.2 Penguapan Kadar Air Pasir Cetak

Penguapan kadar air pasir cetak adalah banyaknya kandungan air dalam pasir cetak yang berubah fase dari cair ke gas.

$$\text{penguapan rata - rata} = \frac{\text{jumlah penguapan}}{\text{jumlah spesimen}} \dots\dots\dots(1-5)$$

Laju penguapan kadar air pasir cetak adalah kecepatan air menguap pada pasir cetak dalam interval waktu tertentu.

$$\text{laju penguapan} = \frac{\text{penguapan rata-rata}}{\text{waktu pemanasan}} \dots\dots\dots(1-6)$$

1.2.2.3 Faktor Faktor yang Mempengaruhi Penguapan Kadar Air

a. Waktu pemanasan (menit)

Dengan semakin lama waktu pemanasan maka kadar air yang menguap akan semakin besar. Bila pemanasan pada waktu tertentu, penguapan terjadi semakin konstan. Hal ini di karenakan kadar air dalam pasir cetak telah habis menguap disebabkan semakin lama waktu pemanasan maka jumlah kalor yang di distribusikan semakin meningkat.

$$Q = P \times t \dots\dots\dots(1-7)$$

Keterangan :

Q : Kalor yang diserap (Joule)

P : Daya mesin (watt)

t : Waktu (s)

b. Temperatur pemanasan (°C)

Semakin tinggi temperatur pemanasan, maka kadar air yang diuapkan makin besar diakarenakan jumlah kalor yang diberikan yang meningkat seiring meningkatnya temperatur dan sebaliknya tergantung pada tinggi atau rendahnya temperatur pemanasan.



$$Q = m \times c \times \Delta T \dots \dots \dots (1-8)$$

Keterangan :

- Q : Kalor yang diserap (Joule)
 C : Panas Spesifik benda ($\frac{J}{kg.k}$)
 m : Massa benda (kg)
 ΔT : Perubahan suhu benda (kelvin)

c. Luas penampang permukaan pasir cetak

Bila semakin besar ukuran luas penampang permukaan pasir cetak, maka penguapan semakin cepat dikarenakan luasan penampang yang terdistribusikan kalor semakin meluas.

$$Q = \frac{k \times A \times \Delta T \times t}{d} \dots \dots \dots (1-9)$$

Keterangan :

- Q : Kalor yang diserap (Joule)
 K : Koefisien konduksi thermal ($\frac{J}{m.k}$)
 D : Panjang benda (m)
 ΔT : Perubahan suhu benda (kelvin)
 t : Waktu (s)
 A : Luas penampang (m)

d. Ukuran dan bentuk butir

Semakin besar ukuran pasir, celah antara butir akan semakin besar, sehingga uap air akan mudah keluar saat pemanasan. Karena rongga antar butir yang terbentuk lebih besar sehingga laju penguapannya lebih tinggi, Dan bila butir pasir kecil, maka celah butir antar pasir kecil dan uap air akan sulit untuk keluar.



e. Kelembapan udara

Tingkat kelembapan udara berpengaruh terhadap pengujian kadar air pasir cetak. Semakin tinggi kelembapan udara di lingkungan, maka semakin sulit penguapan yang terjadi dikarenakan uap air yang terkandung di lingkungan menghalangi penguapan yang terjadi.

f. Tekanan Udara

Semakin tinggi tekanan udara maka laju penguapan semakin lambat, sebaliknya jika tekanan udara rendah maka penguapan yang terjadi semakin cepat, karena tekanan udara berpengaruh terhadap titik didih air yang akan menguap.

