

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada industri pengecoran logam penggunaan *ladle* sudah umum digunakan, akan tetapi permasalahan yang terjadi yaitu pada pemilihan metode *lining refractory ladle*. Pentingnya pemilihan metode *lining refractory* dengan tepat karena *lining* berperan untuk menjaga temperatur *ladle* selama *transfer metal*. Pemilihan metode *lining refractory* yang tidak tepat akan berdampak pada tingginya tingkat *maintenance* sehingga meningkatkan *cost maintenance*, tingginya *heat loss* selama *transfer metal*, tingginya *slag*/kotoran pada cairan , untuk menghindari dampak tersebut penulis akan melakukan perubahan metode *lining refractory* dari pasir silica + *waterglass* menjadi metode *castable* pada PT. KARYA DELI STEELINDO .



**Gambar 1. 1 Pouring Ladle**

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun pada proses perencanaan perubahan metode *lining ladle*, penulis menemukan beberapa permasalahan, diantaranya :

1. Desain *lining ladle* dengan metode *castable* tanpa mengurangi kapasitas dan perancangan proses pembuatan *lining castable* tersebut.
2. Proses pembuatan *lining ladle* dengan material *castable* yang bebas dari cacat *lining*.
3. Analisa alir proses pembuatan *lining* dan biaya yang dibutuhkan untuk membuat satu *ladle*

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah penelitian ini yang harus dipenuhi antara lain :

- Merencanakan dan merancang *lining ladle* yang meliputi perancangan *former* dan perancangan *lining*.
- Pembuatan *former* dari *plat steel* dan pembuatan *lining* dari material *castable* dengan alat bantu *mixer* dan *pen vibrator* internal.
- Pengujian material *lining* meliputi perhitungan *life time*, *heat loss* dan frekuensi *repair/maintenance* sesuai dengan aktual dilapangan.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Dalam proses pembuatan *lining castable* ini mencakup beberapa tujuan, diantaranya :

- Membuat sebuah perancangan proses pembuatan *lining ladle* dengan material *castable* agar mendapatkan *lining* yang bisa dimanfaatkan sebagaimana fungsinya.
- Melakukan analisa perhitungan yang paling menguntungkan antara metode *lining* pasir silika dengan metode *lining castable*.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Penulisan Tugas Akhir Skripsi ini bermanfaat untuk :

1. Mendapatkan *design lining ladle* yang baik dari segi performa maupun dari segi biaya yang nantinya berpengaruh pada biaya produksi pada PT KARYA DELI STEELINDO
2. Memberikan ilmu pengetahuan tentang *refractory* terutama untuk *pouring ladle* yang digunakan pada industri pengecoran logam
3. Meningkatkan efisiensi pada proses produksi *cast steel* di PT. KARYA DELI STEELINDO

### 1.6 Sistematika Penyajian

Sistematika penyajian yang diarahkan pada karya tulis ini adalah sebagai berikut :

#### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini mencakup latar belakang, tujuan penulisan, ruang lingkup kajian, cara memperoleh data dan sistematika penyajian.

## BAB II DASAR TEORI

Bab ini menyajikan berbagai teori refractory yang berkaitan dengan perencanaan dan pembuatan *lining ladle*.

## BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH

Bab ini menyajikan metode penyelesaian dari proses perancangan *lining ladle* meliputi perancangan *lining*, perancangan former, pembuatan former, pembuatan *lining*, dan kontrol kualitas *lining*.

## BAB IV DATA DAN ANALISA

Bab ini menyajikan data dan analisa hasil dari proses perancangan *lining ladle* serta proses pembuatan *lining ladle*.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

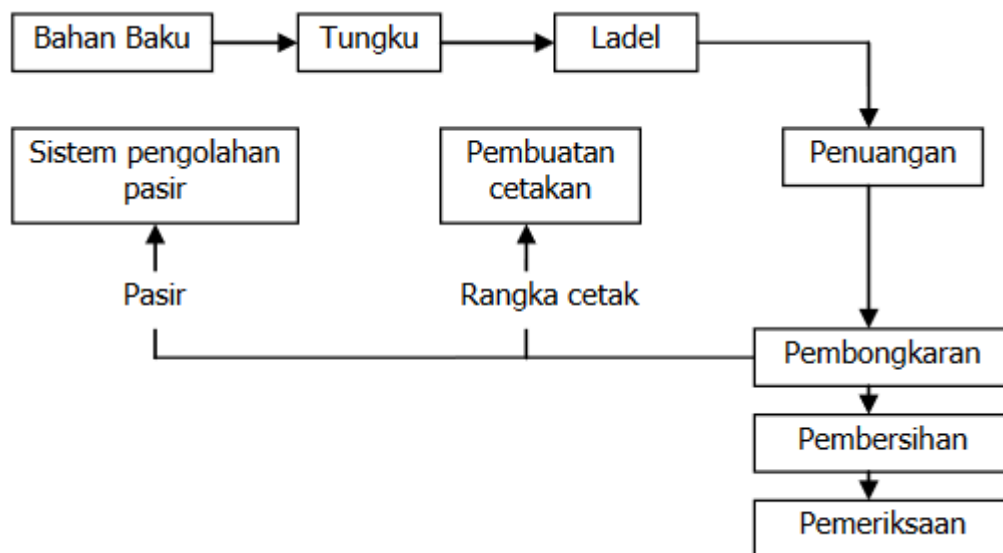
Bab ini menyajikan kesimpulan dari seluruh proses perencanaan dan pembuatan benda coran yang telah dilakukan.

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Pengecoran Logam

Pengecoran logam adalah proses pembuatan benda dengan mencairkan logam dan menuangkan cairan logam tersebut ke dalam rongga cetakan. Proses ini dapat digunakan untuk membuat benda-benda dengan bentuk rumit. Benda berlubang yang sangat besar dan sangat sulit atau sangat mahal jika dibuat dengan metode lain, dapat diproduksi massal secara ekonomis menggunakan teknik pengecoran yang tepat.

Pengecoran logam dapat dilakukan untuk bermacam-macam logam seperti, besi, baja paduan tembaga (perunggu, kuningan, perunggu aluminium dan lain sebagainya), paduan ringan (paduan aluminium, paduan magnesium, dan sebagainya), serta paduan lain, semisal paduan seng, monel (paduan nikel dengan sedikit tembaga), hasteloy (paduan yang mengandung molibdenum, chrom, dan silikon), dan sebagainya.

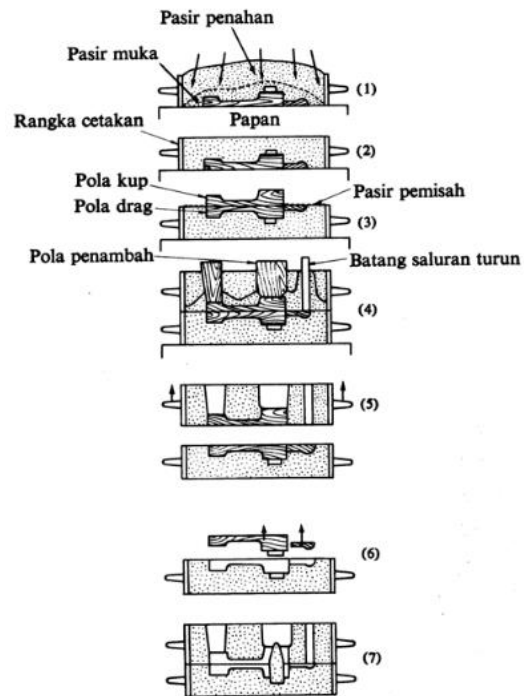


**Gambar 2.1** Proses Pembuatan Benda Coran (Surdia, 1976: 3)

Untuk membuat coran harus melalui proses pembuatan model pencairan logam, penuangan cairan logam ke model, membongkar, membersihkan dan memeriksa coran. Pencairan logam dapat dilakukan dengan bermacam- macam cara, misal dengan tanur induksi (tungku listrik di mana panas diterapkan dengan pemanasan induksi logam), tanur kupola (tanur pelebur dalam pengecoran logam untuk melebur besi tuang kelabu), atau lainnya. Cetakan biasanya dibuat dengan memadatkan pasir yang diperoleh dari alam atau pasir buatan yang mengandung tanah lempung. Cetakan pasir mudah dibuat dan tidak mahal. Cetakan dapat juga terbuat dari logam, biasanya besi dan digunakan untuk mengecor logam-logam yang titik leburnya di bawah titik lebur besi.

Pada pengecoran logam, dibutuhkan pola yang merupakan tiruan dari benda yang hendak dibuat dengan pengecoran. Pola dapat terbuat dari logam, kayu, stereofom, lilin, dan sebagainya. Pola mempunyai ukuran sedikit lebih besar dari ukuran benda yang akan dibuat dengan maksud untuk mengantisipasi penyusutan selama pendinginan dan pengerjaan finishing setelah pengecoran. Selain itu, pada pola juga dibuat kemiringan pada sisinya supaya memudahkan pengangkatan pola dari pasir cetak.

Cetakan adalah rongga atau ruang di dalam pasir cetak yang akan diisi dengan logam cair. Pembuatan cetakan dari pasir cetak dilakukan pada sebuah rangka cetak. Cetakan terdiri dari *cup* dan *drag*. *Cup* adalah cetakan yang terletak di atas, dan *drag* cetakan yang terletak di bawah. Hal yang perlu diperhatikan pada *cup* dan *drag* adalah penentuan permukaan pisah yang tepat.



**Gambar 2.2** Proses Pembuatan Cetakan (Surdia, 1976: 94)

Rangka cetak yang dapat terbuat dari kayu ataupun logam adalah tempat untuk memadatkan pasir cetak yang sebelumnya telah diletakkan pola di dalamnya. Pada proses pengecoran dibutuhkan dua buah rangka cetak yaitu rangka cetak untuk *cup* dan rangka cetak untuk *drag*. Proses pembuatan cetakan dari pasir dengan tangan.

## 2.2 Pouring Ladle

Ladel pada metalurgi atau dalam pengecoran logam adalah sebuah wadah yang memiliki fungsi yang sangat penting dalam proses menampung, pemindahan, penahanan dan pendistribusian logam cair. Ladle adalah bagian yang sangat krusial dari pengoperasian peleburan logam. Ladle memiliki peran penting dalam memastikan logam cair untuk proses penampungan dengan sangat aman, efisien dan tepat dalam suhu yang tinggi untuk pengerjaan selanjutnya. Proses ini

berlangsung setelah peleburan awal di tungku primer, seperti *Induction Furnace* atau *Electric Arc Furnace (EAF)*. Baja cair dipindahkan ke ladle untuk didistribusikan pada cetakan yang sudah tersedia.

Fungsi ladle digunakan untuk mengangkut logam cair dari tungku primer ke unit pemurnian sekunder. Hal ini memastikan logam cair mempertahankan suhu tinggi selama proses transfer. Setelah logam cair berada di dalam ladle, berbagai proses pemurnian dilakukan. Perlakuan ini meliputi penyesuaian komposisi kimia, modifikasi suhu, penghilangan kotoran, dan pemurnian sifat baja. Ladle memainkan peran penting dalam menjaga suhu logam cair yang diinginkan, memastikannya tetap dalam kisaran tertentu yang diperlukan untuk pemrosesan dan pemurnian selanjutnya. Ladle juga berperan sebagai menambahkan elemen paduan dan memodifikasi inklusi dalam logam cair untuk mencapai komposisi yang diinginkan dan meningkatkan sifat mekanik dan kimia baja.

### **2.3 Refractory**

*Refractory* diartikan sebagai bahan yang tahan panas/temperatur tinggi yang dalam penggunaannya selalu berhubungan dengan temperatur tinggi.

Adapun sifat-sifat dasar *refractory* sebagai berikut :

- a. Memiliki ketahanan terhadap temperatur tinggi baik secara fisik maupun kimia.
- b. Memiliki kestabilan temperatur tinggi yang baik untukantisipasi terjadinya deformasi dan *melting*.
- c. Memiliki perubahan volume yang kecil terhadap penyusutan maupun pemuaiian



- d. Memiliki ketahanan terhadap *shock thermal*
- e. Memiliki ketahanan korosi yang baik yang ditimbulkan dari aliran logam cair atau *slag*.

### 2.3.1 Bahan-bahan dasar refractory

#### a. Lempung (*clays*)

Lempung dari berbagai kelompok material terbentuk dari proses pelapukan batuan metamorphosis atau batuan beku. Material ini umumnya sangat halus dengan ukuran partikel kurang dari 2 mikron. Material yang menarik bagi pembuat (manufaktur) *refractory* adalah yang mempunyai kandungan alumino-silikat yang tinggi.

Kelompok refractory ini biasanya mempunyai ketahanan yang bagus terhadap *slag* asam (*acid slag*). Secara umum properti dari kelompok ini yaitu sebagai berikut:

- Bagus sebagai material insulator.
- Beberapa jenis mempunyai perilaku ekspansi yang kompleks, tetapi kebanyakan hanya mempunyai ekspansi panas yang kecil.
- Kekuatan yang sedang pada temperatur tinggi, mengandung fasa gelas yang bertitik lebur rendah.
- Ketahanan yang bagus terhadap slag asam (*acid slag*).
- Ketahanan yang bagus terhadap kejutan panas (*thermal shock*)
- Tidak mahal dan mudah tersedia.

Lempung adalah campuran dari beberapa mineral lempung, yang biasanya juga mengandung jumlah yang bervariasi dari mineral bukan lempung.

Lempung Cina (*China Clay*) atau Kaolin adalah jenis lempung yang mempunyai kandungan mineral utama berupa kaolinite. Mineral yang lain seperti kwarsa, *feldspar* dan mika.

Lempung Bola (*Ball clays*) terdiri dari mineral utama *kaolinite* dan *illite*, dan sering juga mengandung sejumlah tertentu bahan-bahan organik. Ukuran butiran dari *ball clays* biasanya lebih kecil dari pada *China clay*, selain itu juga mempunyai tingkat plastilitas yang tinggi serta kekuatan yang bagus bila kering. Jumlah *illite* yang besar di dalam material cenderung menurunkan titik lebur dari *ball clays*.

*Fire clay* (lempung api) adalah *ball clay* dengan kandungan *kaolinite* yang tinggi dan kandungan *illite* yang rendah. Sebagai akibatnya, *fire clay* mempunyai titik lebur yang tinggi untuk jenis lempung, oleh karena itu digunakan untuk aplikasi sebagai *refractory*.

*Flint clays* (lempung batu api) adalah lempung dengan kandungan silica yang tinggi, juga digunakan untuk aplikasi sebagai *refractory*.

Bata lempung (*Brick clay*) mempunyai rentang komposisi yang lebar, tetapi biasanya komposisi utamanya *kaolinite* atau *illite*. Selain itu juga mengandung mineral besi yang menghasilkan warna merah ketika dibakar.

## b. Alumina

Alumina untuk refraktori berasal dari deposit alami dan buatan. Sumber-sumber alami terdiri dari *Bauksite* dan *Diaspore*. Sedangkan yang buatan terdiri dari *Calcined Alumina*, *Sintered Alumina*, dan *Fused Alumina*.

Bauksit adalah bijih yang mengandung Boehmite ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) atau *Gibbsite* ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) dalam proporsi yang bervariasi. Bauksit juga mengandung oksida besi, alumino-silikat dan titania. Bauksit yang kaya akan oksida besi dan pengotor lain dapat digunakan untuk membuat *Calcined Alumina* melalui proses Bayer atau untuk membuat logam aluminium. Bauksit yang langsung digunakan untuk membuat refraktori harus memiliki kandungan pengotor yang rendah. Segera setelah ditambang kemudian bauksit dikalsinasi di *rotary kiln* untuk penyetabilan. Komponen utama adalah *corundum* (alumina  $\alpha$ ) dengan sedikit *Mullite* dan sejumlah kecil fasa glas.



**Gambar 2.3** *Calcined Alumina*

*Diaspore* adalah *monohidrat alumina*, membentuk corundum langsung selama pemanasan, sehingga hanya membutuhkan kalsinasi sebelum digunakan sebagai bahan baku *refractory*.

*Calcined alumina* dibuat dengan proses Bayer, beberapa *grade* tersedia dengan properti yang sesuai dengan aplikasinya. *Sintered Alumina* dibuat dengan peletisasi (*peletizing*) *calcined alumina*, lalu disinterisasi pada temperature sangat tinggi (> 1800 C) di *Rotary Kiln*. *Sintered pellet* kemudian di remuk (*crushing*) yang akan menghasilkan alumina kualitas sangat tinggi dengan butiran kasar. Kadang-kadang juga disebut tabular alumina karena bentuk kristalnya yang besar menyerupai tablet. Kandungan mineral utama adalah alumina  $\alpha$  dengan hanya sejumlah kecil sangat kecil (*trace*) alumina  $\beta$  ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot 11\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

*Fused Alumina* dibuat dengan cara melebur *calcined bauxite* atau *calcined alumina* di *electric Arc furnace* (EAF). Material yang telah lebur tersebut lalu dicetak menjadi ingot dan kemudian diremuk. Terdapat beberapa jenis *fused Alumina*, yaitu:

- *Brown Fused Alumina* yang terbuat dari bauksit, selama peleburan pengotor-pengotor dipisahkan sehingga akan diperoleh kandungan alumina sebesar 94-97%, pengotor yang tersisa akan membersihkan warna coklat.

- *White Fused Alumina* yang terbuat dari *calcined Alumina* dan mengandung alumina sebesar >99%, Material ini bersifat sangat *refractory* (>1900°C), densitasnya tinggi dan tangguh, bila warnanya pink maka mengandung *oksida chrom* sekitar 2%.



**Gambar 2.4** *White Fused Alumina*

*Fused alumina* mempunyai kristalisasi yang hampir sempurna sehingga membuatnya sangat stabil, oleh karena itu mempunyai kekuatan yang sangat bagus pada temperatur tinggi dan ketahanan yang prima terhadap abrasi dan korosi. Properti umum yang dimiliki *refractory alumina* adalah sebagai berikut :

- Kekuatan yang tinggi pada temperatur tinggi
- Sangat keras
- Bersifat *Amphoter*, ketahanan korosi yang sangat bagus terhadap berbagai variasi slag
- Konduktivitas panasnya lebih tinggi dari pada kelompok alumino-silikat

- Kurang tahan terhadap *thermal shock*

### c. Silika

Silika membentuk sekitar 60% dari lapisan kerak bumi, sehingga bahan baku untuk refraktori silika mudah tersedia. Sumber alaminya adalah kuarsa dan tanah diatomae. Pasir silika adalah bahan baku utama. Pasir dapat berasal dari pantai, lempung pasir, atau dibuat dengan meremukan batu pasir. Sedangkan tanah diatomae atau diatomit mengandung rangka-rangka silika dari alga amorf. Setelah dikalsinal material bersifat sangat porous dan ringan sehingga bagus digunakan sebagai material insulator.



**Gambar 2.5** Pasir Silika

*Fused silica* dibuat dengan melebur pasir murni, hampir sama dengan cara membuat *fused alumina*, dengan sedikit perbedaan yaitu disertai quenching terhadap material. Produknya bersifat amorf dan mempunyai ekspansi panas yang sangat rendah, sehingga volumenya sangat stabil. Akan tetapi material hanya dapat digunakan untuk periode yang panjang pada temperatur sampai 1200°C, ketika itu gelas akan melunak dan membentuk kristobalit pada 1270°C.

Silika mempunyai banyak *polimorf* sehingga perubahan fasa akan terjadi bila memanaskan silika, selain itu juga disertai dengan perubahan volume yang cukup berarti. Hal ini akan menyebabkan masalah jika memanaskan material yang mengandung kuarsa.

Penggunaan refraktori silica terus menurun, hal ini disebabkan oleh perubahan-perubahan yang terjadi pada teknologi steelmaking dimana membutuhkan refraktori yang mampu mengatasi temperatur yang lebih tinggi. Selain itu juga masalah kesehatan yang berkaitan dengan *handling silica* (silikosis) juga turut menyumbang pada penurunan popularitasnya.

Properti umum dari *refractory silica* adalah sebagai berikut :

- Masih dapat menanggung beban sampai mendekati titik leburnya.
- Hanya sedikit menyusut sampai 1600°C
- Tahan terhadap korosi leburan Fe dan Slag asam
- Insulator yang baik
- Sensitif terhadap *thermal shock* pada 600°C
- Bila terkena uap air dalam waktu yang lama dapat menyebabkan hancur
- Debu SiO<sub>2</sub> dapat menyebabkan masalah kesehatan

### 2.3.2 Komposisi Kimia *Refractory*

Kimia penyusun *refractory* adalah :

- a. Refractory Asam :  $\text{SiO}_2$
- b. Refractor Basa :  $\text{MgO}$
- c. Refractory Netral :  $\text{Al}_2\text{O}_3$
- d. Refractory Khusus : C, SiC

### 2.3.3 Metode Pembentukan *Refractory*

Berdasarkan bentuknya *refractory* digolongkan :

#### a. *Shape Refractory*

*Shape refractory* merupakan metode yang paling lama dikenal dibidang *refractory*. Metode ini menggunakan bata/*brick* yang disusun pada lining dengan lapisan mortar untuk saling mengikat satu sama lain.

#### b. *Monolithic Refractory*

Metode ini merupakan pengembangan dari *shape refractory*, dengan metode ini segala bentuk permukaan dapat dibentuk karena *refractory* ini tidak solid.

Pembuatan *lining* dengan metode *monolithic refractory* ini seperti *ramming*, *gunning*, *castable* dan *plastic refractory*. *Castable* merupakan jenis yang paling sering digunakan dalam industri pengecoran logam karena kemudahan instalasi dan performa yang lebih bagus



c. *Refractory Khusus*

Metode *Refractory khusus* sangat jarang digunakan langsung pada industri pengecoran logam, jenis *refractory khusus* ini seperti blanket, kaowool dan asbes, aplikasinya diindustri pengecoran logam lebih sering sebagai material pendukung pada metode lain.

## 2.4 *Refractory Castable*

Dalam pemilihan metode analisa *refractory* untuk penggunaan di ladle transport meliputi :

a. Proses Instalasi

Membandingkan waktu yang dibutuhkan untuk proses instalasi *refractory castable* dengan metode menggunakan pasir silika beserta tingkat kesulitannya. Karena dengan metode *castable* yang akan di cor proses pembentukan *lining* akan lebih cepat dibandingkan dengan metode *brick* yang disusun satu per satu.

b. *Life time*

Mengukur umur *refractory* dari pertama kali digunakan sampai dengan pembongkaran total *lining ladle*. Karena permasalahan yang sering terjadi menggunakan metode pasir silika adalah oksidasi yang terjadi antara cairan baja dengan pasir silika dan menghasilkan kotoran/*slag*.

c. *Maintanance*

Menghitung frekuensi repair selama pengoperasian ladle semenjak *lining refractory* dipasang sampai dengan pembongkaran, proses maintenance meliputi :

- Perbaikan karena menipisnya ukuran lining akibat erosi, pada sebagian posisi tertentu (< 10 % dari berat awal ladle)
- Rontoknya sebagian permukaan lining selama operasi
- Adanya kotoran/*slag* cairan metal yang nempel pada permukaan lining

Setelah pembersihan ladle, sebelum dilakukan perbaikan permukaan lining ladle harus ditimbang terlebih dahulu, ladle yang diizinkan untuk di repair jika berat ladle tidak berkurang hingga 10% dari berat awal ladle.

## 2.5 Perancangan *Lining* dan *Former*

### 2.5.1 Perancangan *Lining*

Perancangan lining meliputi perancangan material, perhitungan *quantity* material dan perhitungan *heat flow/ heat transfer*.

- **Perancangan**

Perancangan dilakukan agar proses dapat terencana dengan baik, efektif dan efisien serta sesuai dengan hasil yang diharapkan.

Perancangan meliputi perancangan lining *refractory*, perancangan former, perancangan material, peralatan pendukung, heat transfer

dan seluruh proses pembuatan yang terdiri dari pembuatan *lining bottom, sidewall dan finishing*.

- **Perancangan *Lining***

Perancangan *lining* didesain mengikuti ketebalan pada refractory sebelumnya agar tidak mengurangi kapasitas metal pada metode sebelumnya. Dan pemasangan lining dilapisi dengan insulating agar dapat menghambat transfer panas ke permukaan luar.

- ***Insulating***

*Insulating* merupakan material pendukung pada pemasangan *lining castable* pada *pouring ladle*, pada kelompok *refractory insulating* termasuk kedalam kelompok *refractory* khusus. Fungsi utama *insulating* ini sebagai thermos atau meminimalisir transfer temperatur metal keluar transport ladle. Standard pemasangan *insulating* pada *lining* yaitu minimal 15% dari total ketebalan lining total.

- **Material *Lining***

Material yang digunakan untuk pembuatan *lining transport ladle* ini menggunakan *low cement castable*, pemilihannya jenis materialnya dengan pertimbangan aplikasi transport ladle dan dimensi transport ladle. Hal penting yang harus diperhatikan dalam memilih material yaitu material yang mampu menahan abrasive, dapat menahan temperatur, tahan terhadap impact dari metal dan tahan terhadap kotoran yang ditimbulkan pada cairan metal.

Perhitungan kebutuhan material berdasarkan dari dimensi pada desain lining transport ladle.

Kebutuhan material (kg) = Volume lining x massa jenis material

Komposisi material lining low cement yang umum dipakai untuk ladle *cast steel* yaitu:

- ❖ Bahan dasar : *Low cement castable*
- ❖ Air : 6.5 – 7 %

**Tabel 2.1** Sifat-Sifat Dasar Unsur *Refractory*

Sifat	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Alumina)	SiO <sub>2</sub> (Silika)	SiC (Silicon Carbide)
<i>Strenght</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>
<i>Impact</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>
<i>Abrasive</i>	<i>Resistance Hight</i>	<i>Resistance Low</i>	<i>Resistance Hight</i>
<i>Temp. Resistance</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>
<i>Thermal Shock</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Excelent</i>

- **Perancangan *Heat Flow/Heat Trasfer***

*Heat flow* atau *Heat transfer* perlu dirancang untuk menghindari terjadinya drop temperatur saat transfer cairan dari area furnace sampai area cetakan. Perancangan *heat transfer* dihitung

berdasarkan material yang digunakan mulai dari material castable yang digunakan hingga insulating material.

### **2.5.2 Perancangan Former**

- **Perancangan**

Tujuan digunakan former adalah untuk membuat rongga di dalam *ladle*. Oleh karena itu dalam pembuatan former harus diperhatikan kemudahan dalam pembuatan lining. Konstruksi former harus kuat sehingga tidak mudah rusak saat dicetak. Former juga diharapkan tahan terhadap temperatur sehingga bentuk dan dimensi former tidak berubah akibat temperatur lingkungan. Selain dari kestabilan bentuk former, point yang harus diperhatikan dari former yaitu kemiringan.

Kemiringan pada former dibutuhkan agar former dapat dengan mudah diangkat dan dikeluarkan dari *ladle*. Prinsip dari pemakaian kemiringan ini adalah sebesar mungkin agar former mudah dikeluarkan dan sekecil mungkin agar dimensi coran tidak berubah sehingga tidak mengganggu fungsi dari lining. Besarnya kemiringan yang diberikan dipengaruhi oleh tinggi lining, semakin tinggi lining maka kemiringan semakin kecil agar penyimpangan ukuran yang terjadi tidak terlalu besar.

- **Material Former**

Material yang digunakan untuk pembuatan former harus material yang tahan terhadap tekanan material castable pada saat

instalasi. Biasanya material yang digunakan adalah plat baja. Untuk ukuran plat bajanya disesuaikan dengan besar kecilnya lining yang akan dibuat.

## **2.6 Instalasi Castable**

### **2.6.1 Pemasangan *Insulating***

Pemasangan insulating sangat penting untuk menahan temperature cairan yang dibawa oleh transport ladle, pemasangannya dengan menempelkan pada plat ladle pada bagian *bottom* dan *sidewall* yaitu dengan cara menggunakan lakban kertas agar insulating dapat menempel pada plat.



**Gambar 2.6** Pemasangan *Insulating*

### **2.6.2 Instalasi *Bottom* dan *Sidewall***

Instalasi *bottom* dan *sidewall* dilakukan secara bersamaan setelah former dipasangkan pada ladle *castable* yang telah di *mixing* lalu dimasukkan ke dalam *ladle* hingga mencapai batas ketinggian yang telah ditentukan, Saat

instalasi ini pen vibrator harus selalu dinyalakan agar tidak ada material yang menggumpal dan castable tersebar dengan merata.



**Gambar 2.7** Instalasi *Lining Ladle*

### **2.7 Finishing (Proses Pengerjaan Lanjut)**

*Finishing* merupakan proses selanjutnya setelah proses pengecoran atau penuangan castable selesai dan castable telah kering/mengeras. Dalam proses finishing terdapat beberapa proses yang dilakukan :

#### **❖ Pencabutan Former**

Proses pencabutan former dilakukan 24 jam setelah proses instalasi selesai, tujuannya agar pada saat pencabutan former material lining yang sudah terpasang tidak rontok dari dinding ladle. Pencabutan former ini dilakukan dengan menggunakan crane agar proses pencabutan bisa stabil dan pelan.

#### ❖ **Pemolesan Permukaan *Lining***

Setelah pencabutan former dilakukan, dan hasil dari pengecoran *castable* terlihat, selanjutnya dilakukan proses pemolesan permukaan *lining*, pemolesan ini bertujuan untuk memperhalus permukaan *lining* agar saat dialiri cairan metal *lining* tidak mudah terkikis.

Pemolesan *lining* ini dilakukan dengan menggunakan material yang sama dengan *lining* agar dapat saling mengikat dan tidak mudah rontok. Penggunaannya dengan mengayak material *castable* agar dapat mengambil butiran yang halus dan ditambahkan dengan air hingga material kental. Pemasangannya dengan cara dikuas.

#### ❖ ***Coating***

*Coating* berfungsi sebagai material pembantu untuk melapis material *lining*, fungsi utama dari *coating* ini sebagai pelindung material dari *shock thermal* yang terjadi saat loading cairan aluminium, meminimalisir adanya kontak langsung cairan metal dengan *lining* agar tidak terjadi penetrasi cairan terhadap dinding ladle.

#### ❖ **Proses *Dry Out***

Proses *dry out* adalah proses dimana *lining* yang telah di *coating* dipanaskan menggunakan kayu bakar selama 24 jam, tujuan dari proses ini yaitu agar seluruh air yang digunakan pada proses pengecoran *castable* hilang, karena aplikasi dari ladle membawa cairan dengan temperatur tinggi sangat tidak diijinkan kontak langsung dengan air.



### ❖ *Pre-Heating*

Proses *pre heating* beda halnya dengan proses *dry out*, proses ini dilakukan dengan menyemburkan api menggunakan *burner* untuk pemanasan *lining* dengan tujuan semua uap air yang masih terjebak didalam *lining castable* dapat menguap dan hilang, proses pembakarannya dilakukan secara bertahap 15°C setiap jamnya hingga temperatur 540°C, namun pada temperatur tertentu harus dilakukan holding temperatur, agar setiap tahap penguapan dapat lebih optimal, tujuan lain dari *pre heating* ini yaitu untuk memperkuat *lining castable* dari effect *shock thermal* saat pertama kali ladle digunakan.

## 2.8 Pemantauan Kualitas

Bertujuan untuk melihat kemampuan metode *castable* untuk mengimbang metode *existing* dan keberhasilan dari perubahan dari metode tersebut.

### 2.8.1 Pengujian Visual

Pengujian Visual yaitu pengujian dengan melihat bagian permukaan *lining castable*, misalnya cacat retak, sambungan dingin, dan jenis *reject* lainnya yang dapat dilihat secara langsung pada *lining*.

### 2.8.2 Pengujian *Heat Flow/Heat Transfer*

Pengujian *heat transfer* dilakukan untuk melihat temperatur luar dari transport ladle terkait dengan *safety* saat pengoperasian, pengujian dilakukan dengan cara menembakkan *Thermogun* pada dinding luar *transport ladle*, nilai temperatur yang didata adalah temperature tertinggi saat proses transfer cairan

dari area furnace sampai area cetakan. keberhasilan dari pengujian ini jika temperatur hasil pengujian dibawah dari temperatur existing.

### **2.8.3 Perhitungan *Life Time***

*Life Time* adalah durasi atau umur pemakaian sebuah benda dimulai dari benda tersebut digunakan hingga rusak atau tidak layak dipergunakan.

Untuk perhitungan *life time* pada perubahan metode *lining* ini dengan cara menghitung jumlah berat material yang ditransfer oleh *ladle* mulai dari pemakaian pertama hingga *ladle* dibongkar.

$$Life\ Time = Transfer\ ke\ 1 + 2 + 3 + \dots + n$$

Perhitungan *life time* bertujuan untuk melihat kemampuan lining bertahan dari awal instalasi sampai dengan pembongkaran secara keseluruhan, nilai dari perhitungan ini dalam jumlah berat material yang dibawa.

## **2.9 Perhitungan Biaya Pekerjaan**

Biaya pekerjaan adalah seluruh biaya yang digunakan untuk membuat lining mulai dari proses pembuatan, proses maintenance dan lainnya. Biaya meliputi biaya langsung dan biaya tidak langsung.

### **2.9.1 Biaya Langsung**

Biaya langsung adalah biaya yang langsung berhubungan dengan pekerjaan yang dikerjakan seperti : bahan baku, tenaga kerja dll.

## 2.9.2 Biaya Tak Langsung

Biaya tidak langsung adalah biaya yang secara tidak langsung dapat mempengaruhi harga produk dan tetap diperhitungkan.

$$\text{Total Biaya Pekerjaan} = \text{Biaya Langsung} + \text{Biaya Tidak Langsung}$$

$$Rp \text{ Cost/Kg} = \frac{\text{Total Biaya Pekerjaan}}{\text{Life Time (kg)}}$$

Dari hasil *Rp. cost/kg* yang didapat dari semua proses, akan dibandingkan dengan *Rp. cost/kg* metode sebelumnya, untuk melihat dengan pilihan metode mana yang lebih murah. Dan juga sebagai pertimbangan untuk dianalisa akhir.