

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Perlakuan yang diberikan pada logam diantaranya adalah perlakuan panas atau *Heat Treatment*. *Heat Treatment* (Perlakuan panas) adalah salah satu proses untuk mengubah struktur mikro logam dengan jalan memanaskan spesimen dalam oven pada temperatur rekristalisasi selama periode waktu tertentu. Setelah dilakukan perlakuan panas, selanjutnya dilakukan pendinginan dengan media pendingin tertentu, misalnya media pendingin air, oli, dan solar yang mempunyai kecepatan pendinginan yang berbeda. sehingga sifat fisiknya dapat diubah sesuai dengan yang diinginkan.

Untuk proses perlakuan panas pada material baja tersebut diperlukan metode atau alat bantu yang dapat mendukung proses perlakuan panas. Oven Pemanas adalah alat bantu yang dapat mendukung proses perlakuan panas. Oven pemanas *Heat Treatment* ini dirancang dengan material yang dapat menahan panas dengan suhu 1200 °C. Dengan suhu yang dapat diatur sesuai keinginan pada saat dilakukannya pengujian perlakuan panas baja dilakukan, Sehingga memudahkan pengujian perlakuan panas material baja.

Perancangan oven pemanas material baja *Heat Treatment* ini sebagai sarana untuk melakukan praktikum perlakuan panas logam oleh Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Pasir Pengaraian. Sehingga dapat mengetahui logam yang dipanaskan pada suhu tertentu dan dengan media pendingin yang berbeda akan merubah struktur mikro logam tersebut. Dengan ukuran geometrik Panjang 44 cm ; Lebar 42 cm ; Tinggi 38 cm. Mengingat pada saat ini Laboratorium Teknik Mesin Universitas Pasir Pengaraian belum mempunyai oven *Heat Treatment* sebagai alat bantu pada proses perlakuan panas.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan diselesaikan dalam penelitian ini adalah” Rancang bangun dan pengujian oven heat pemanas baja kapasitas 1200 °C”.

1. Merancang ukuran geometris oven pemanas baja
2. Menghitung kapasitas energi yang diperlukan
3. Menentukan alat dan bahan oven pemanas baja
4. Menghitung energi panas yg diperlukan
5. Perakitan dan pembuatan

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Temperature kerja maksimum 1200 ° C.
2. Ukuran geometris Panjang: 44 cm , Lebar: 42 cm , Tinggi: 38 cm.
3. Sumber elemen pemanas *coil heater*

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pembuatan penelitian ini yaitu:

1. Menambah sarana praktikum dibidang material di labolatorium Teknik Mesin Universitas Pasir Pangaraian.
2. Untuk memahami variabel – variabel yang mempengaruhi unjuk kerja dari oven pemanas baja.
3. Untuk menerapkan ilmu yang diperoleh dibangku kuliah.

1.5 Manfaat Penelitian

Jika tujuan penelitian ini mencapai hasil yang positif, maka akan diperoleh manfaat antara lain :

1. Sebagai sarana praktikum material di Labolatorium Teknik Mesin Universitas Pasir Pangaraian.
2. Mengembangkan ilmu dibidang material secara lebih praktis.
3. Sebagai alat bantu bagi peneliti yang mengambil dibidang material.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Bab I Pendahuluan.

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan skripsi.

2. Bab II Tinjauan Pustaka.

Bab ini memberikan penjelasan tentang Prinsip kerja oven pemanas, sistem pemanas, teori perpindahan panas, hubungan antara kalor dengan energi listrik, bahan *refractory*, isolator thermal, teori prinsip pencampuran *refractory castabel*, teori mesin perkakas.

3. Bab III Metodologi Penelitian.

Bab ini memuat diagram penelitian ,alat dan bahan,waktu pembuatan, langkah penelitian.

4. Bab IV Hasil dan Pembahasan.

Bab ini berisikan tentang uraian dari kegiatan penelitian yang berupa hasil penelitian dan pembahasan.

5 Bab V Penutup

Bab ini berisikan tentang kesimpulan analisa dan data dan berisi saran-saran yang berhubungan dengan maksud dan tujuan penulisan.

6. Daftar pustaka

Bab ini berisikan referensi penelitian.

7. Lampiran

Bab ini berisikan dokumen atau gambar

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Prinsip Kerja Oven Pemanas Baja

Oven pemanas adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk memanaskan bahan serta mengubah bentuknya (*rolling* / pengulungan, pemanasan) atau merubah sifat-sifat (perlakuan panas). Bisa disebut juga sebagai oven atau *klin*. Tranfer energi pada oven terjadi dalam tahapan pembangkitan energi panas oleh elemen *heater* yang energinya disuplai dari listrik. Dimana dalam hal ini terjadi perubahan energi listrik menjadi energi panas. *Heater* yang digunakan bervariasi mulai dari kapasitas pemanas 300°C -1800°C.

Suhu panas didalam oven diukur menggunakan sensor suhu *Thermocouple* dan terbacanya nilai output dari *Thermocouple* tersebut bisa diketahui dengan menggunakan *Digital Temperature controller*. Sensor suhu *Thermocouple* akan mengukur suhu diruangan oven sesuai dengan suhu tinggi stabil yang diatur menggunakan *Digital Temperature controller*. Setelah suhu didalam oven mencapai suhu tinggi yang dimaksud, maka kontak *relay* NC yang menghubungkan sumber listrik *power supply* oven akan terbuka dan memutuskan sumber listrik. Sehingga oven dalam kondisi off hingga mencapai suhu turun settingan, Setelah mencapai suhu turun tertentu, maka kontak NO akan terhubung kembali dan mencapai lagi suhu tinggi settingan. Begitu seterusnya hingga suhu didalam oven akan tetap stabil dan mencapai satuan waktu setingan tertentu dan menjaga agar tidak mengalami pemborosan listrik.

Logam besi dan baja memiliki sifat yang kuat dan ulet, karena sifatnya yang demikian itu maka sangat cocok digunakan sebagai bahan konstruksi mesin. Untuk mendapatkan sifat-sifat logam yang dikehendaki, kita bisa menggunakan pada metode perlakuan panas (*heat treatment*). Pada metode ini *specimen* uji dipanaskan terlebih dahulu pada suhu pemanasan tertentu hingga mencapai titik trekritisasinya, Dengan menggunakan media pendingin air, oli dan udara. *Quenching*, *Annealling*, *Normalizing* merupakan aplikasi dari proses perlakuan panas (*heat treatment*).

2.1.1 Tinjauan Umum Proses Pembuatan Oven Pemanas Baja

Proses diartikan sebagai suatu metode dan teknik bagaimana sesungguhnya sumber-sumber (tenaga kerja, mesin, bahan, dan biaya) yang ada diubah memperoleh suatu hasil. Sedangkan proses akan berkaitan dengan produksi, produksi sendiri merupakan suatu kegiatan untuk menciptakan atau menambah kegunaan barang atau jasa (Assauri, 1995). Dari kedua definisi diatas, dapat diartikan bahwa proses produksi merupakan kegiatan untuk menciptakan atau menambah nilai guna suatu barang atau jasa dengan menggunakan faktor-faktor yang ada seperti tenaga kerja, mesin, bahan baku, dan dan dana agar lebih bermanfaat bagi kebutuhan manusia.

Oven jenis *furnace* adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk memanaskan baja . Biasanya *furnace* atau juga sering disebut dengan tungku pembakaran adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk pemanasan. Nama itu berasal dari bahasa latin *Fornax*, oven. Kadang-kadang orang juga menyebutnya dengan *klin*. Ada empat jenis oven jenis *furnace* yang digunakan seperti :

a. *Muffle furnace*

Muffle furnace biasanya berupa sebuah *front-loading* kotak-jenis oven atau *kiln* untuk aplikasi suhu tinggi seperti kaca sekering, menciptakan lapisan enamel, keramik dan barang solder dan mematri. *Muffle furnace* juga digunakan dalam banyak penelitian, misalnya oleh ahli kimia untuk menentukan berapa proporsi sampel yang mudah terbakar dan *non-volatile*. jenis *Vecstar*, sekarang bisa menghasilkan kerja suhu sampai 1800°C. *Muffle furnace* yang panjang juga dapat digunakan untuk memanaskan benda yang dibangun di banyak prinsip yang sama dengan jenis kiln kotak tersebut, bentuk tabung hampa panjang, lebar, dan tipis yang digunakan dalam *roll* untuk menggulung proses manufaktur. Kedua *furnace* yang disebutkan di atas biasanya dipanaskan sampai suhu yang diinginkan untuk konduksi, konveksi, atau radiasi dan hambatan listrik dari elemen pemanas.



Gambar 2.1 *Muffle furnace*

b. Salt Bath Furnace

Sistem modern menawarkan keseragaman kecepatan ramp-up dan pemanasan tinggi dengan suhu dipertahankan untuk dalam waktu 5 derajat di seluruh bath sehingga memberikan hasil pengolahan yang tinggi dan seragam. sekarang ini *furnace* dipanaskan oleh listrik, minyak atau gas. Dalam pengadaan Salt harus diberikan perhatian khusus pada *Bath Furnace* sehingga standar keselamatan operator dan persyaratan lingkungan lokal dipenuhi dan teknologi pengolahan limbah yang terlibat memenuhi peraturan pemerintah dan memberikan untuk pengelolaan sampah yang komprehensif dan biaya-efektif seperti sistem pembuangan lumpur efektif. perlakuan panas yang diaplikasikan dalam alat ini: *annealing*, *nitridasi*, *melting*, *tempering*, pengerasan, pemateri, *galvanizing*, *aluminizing* serta perlakuan permukaan berbagai logam dan paduan.



Gambar 2.2 *Salt bath furnace*

c. *Vacum furnace*

Furnace yang dapat memanaskan bahan, biasanya logam, pada temperatur sangat tinggi dan melaksanakan proses seperti mematri, sintering dan perlakuan panas dengan konsistensi tinggi dan kontaminasi rendah. Dalam sebuah *vacuum furnace* produk dalam tungku dikelilingi oleh ruang hampa. Tidak adanya udara atau gas lainnya mencegah perpindahan panas dengan produk melalui konveksi dan menghilangkan sumber kontaminasi.



Gambar 2.3 *Vacum furnace*

d. *Fluidized-bed furnace*

Berbentuk silinder atau persegi dan terdiri sebuah tungku panjang dari ruang dan raksi ruang untuk penyediaan ledakan udara atau distribusi gas ke perapian. Perapian, yang dirancang untuk menyediakan distribusi seragam ledakan di atas penampang seluruh ruang reaksi, adalah sebuah kisi logam atau plat beton dengan sebuah klep. Perapian, yang dirancang untuk mengatur distribusi ledakan yang seragam di seluruh penampang ruang reaksi tetap permanent, sebuah kisi logam atau plat bukaan yang terbuat dari beton atau teradang dibuat dari blok keramik berpori yang berupa butiran padat tersuspensi oleh udara atau gas yang mengalir melalui grid dan membentuk *fluidized bed* di mana interaksi antara bahan padat dan gas berlangsung. *Fluidized-bed Multichamber* dengan beberapa *bed fluidized sekuensial* digunakan untuk proses yang melibatkan pengolahan bahan dalam beberapa langkah pada berbagai suhu dan berbagai komposisi fasa gas. Dibandingkan dengan furnace listrik jenis

lain (misalnya, *rotary kiln*), di dalam *fluidized-bed furnace* gas dan bahan lebih efektif berinteraksi dan lebih seragam pada produk akhir, *fluidized bed furnace* juga membuat seintensif mungkin dan otomatisasi proses berlangsung di dalamnya.



Gambar 2.4 *Fluidized-bed furnace*

2.1 Sistem Pemanas

2.2.1 Elemen Pemanas (*Heater*)

Elemen pemanas merupakan piranti yang mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui proses *Joule Heating*. Prinsip kerja elemen panas adalah arus listrik yang mengalir pada elemen menjumpai resistansinya, sehingga menghasilkan panas pada elemen. Persyaratan elemen pemanas antara lain :

1. Harus tahan lama pada suhu yang dikehendaki.
2. Sifat mekanisnya harus kuat pada suhu yang dikehendaki.
3. Koefisien muai harus kecil, sehingga perubahan bentuknya pada suhu yang dikehendaki tidak terlalu besar.
4. Tahanan jenisnya harus tinggi.
5. Koefisien suhunya harus kecil, sehingga arus kerjanya sedapat mungkin konstan.

Bahan yang paling banyak digunakan untuk pembuatan elemen pemanas listrik terdiri dari campuran : Krom –nikel, Krom – nikel – besi, Krom – besi – alumunium Bahan-bahan tersebut diatas tahan panas karena membentuk lapisan oksida yang kuat pada permukaannya, sehingga tidak terjadi oksidasi lebih lanjut. Bahan yang digunakan sebagian besar ditentukan oleh suhu maksimum yang dikehendaki. Logam-logam campuran tersebut Coil Heater adalah salah satu jenis elemen pemanas/heating elemen yang berbentuk gulungan.voltage:AC 220V, Power:5000 Watt, size: 9,64mm, length:103 Cm.



Gambar 2.5 Elemen pemanas

2.2.2 Termokopel

Termokopel / *thermocouple* merupakan sensor suhu yang paling sering atau kebanyakan digunakan pada boiler, mesin press, oven, dan lain sebagainya. Termokopel dapat mengukur temperatur dalam jangkauan suhu yang cukup luas dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari 1°C. *Termocopel* terdiri dari 2 jenis kawat logam konduktor yang digabung pada ujungnya sebagai ujung pengukuran. Konduktor ini kemudian akan mengalami gradiasi suhu dan dari perbedaan suhu antara ujung termokopel/ujung pengukuran dengan ujung kedua kawat logam konduktor yang terpisah akan menghasilkan tegangan listrik.



Gambar 2.6 *Termocopel*

Termocopel hanya sebuah sensor suhu jadi dalam berbagai aplikasi seperti pada pengaturan suhu boiler, penggunaanya termokopel biasanya digabung dengan tempretur controller sebagai pembaca dan pengaturan temperatur boiler

tersebut. *Termocopel* paling cocok untuk pengukuran rentang suhu yang luas, hingga 2300 °C. Sebaliknya kurang cocok untuk pengukuran dimana perbedaan suhu yang kecil harus dengan akurasi tingkat tinggi, contohnya rentang suhu 0-100°C.

Untuk aplikasi ini, tranmistor dan RTD lebih cocok penggunaan termokopel yang umum antara lain:

1. Indutri besi baja
2. Pengaman pada alat-alat pemanas
3. Untuk termokopel
4. Pembakit listrik tenaga panas *radioisotope*, salah aplikasi *termokopel*.

2.2.3 Digital Tempereatur Controller

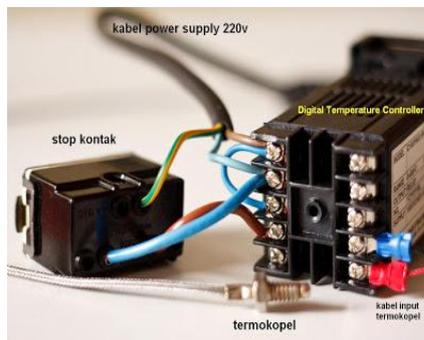
Terbacanya nilai output dari termokopel tersebut tentunya membutuhkan sebuah peralatan elektonik digital terpadu yang dinamakan *Thermocouple Amplifier*. Digital yang lebih dikenal dikalangan teknik kelistrikan industri sebagai *Digital Temperature Controller*.

Digital Temperature Controller adalah alat yang bisa mengontrol suhu untuk mengendalikan *cooler / heater* sesuai dengan settingan yang diinginkan. Sama seperti prinsip kerja Digital Counter *relay*, Digital *Thermostat* ini mempunyai kontak-kontak NO NC pada output settingnya, serta membutuhkan input *power supply* dalam kerjanya. *Temperature display range* 199-1800 °C *Power Supply* 90-260 V AC/DC 50/60Hz.



Gambar 2.7 Digital Temperature Controller

a. Proses Penyambungan



Gambar 2.8 Proses Penyambungan *Digital Temperature Controller*

Pada gambar diatas dapat dijelaskan sebagai berikut.

- Kabel *power supply* input pada terminal nomor 1 (**coklat**) dan nomor 2 (**biru**)
- Kabel Netral di terminal nomor 2, masuk juga ke terminal netral stop kontak (**biru besar**)
- Kabel Phasa pada terminal nomor 1, masuk juga ke terminal nomor 3 (**biru pendek**)
- Terminal nomor 4 masuk ke terminal fasa stop kontak (**coklat pendek**)
- Terminal nomor 3 dan 4 adalah kontak NO yang nantinya bekerja memutus *supply* listrik dari stop kontak ke peralatan oven masak, sesuai temperatur yang diinginkan
- Terminal nomor 9 dan 10 (**merah** dan **biru**) adalah terminal input dari termokopel
- Kabel Ground (**Kuning Hijau**) diabaikan

b. Cara Kerja

Masukkan kabel *power supply Digital Temperature Controller* ke stop kontak jala-jala listrik rumah. Lalu masukkan juga kabel *power supply oven* ke stop kontak dari *Digital Temperature Controller*. Setelah itu masukkan termokopelnya kedalam oven dengan mempertimbangkan letak pemasangannya, agar secara tepat mengukur suhu ruang oven dan tidak mengganggu fungsi oven dalam kerjanya.

Termokopel akan mengukur suhu oven sesuai dengan suhu tinggi stabil yang diinginkan. Setelah suhu didalam oven mencapai suhu tinggi yang

dimaksud, maka kontak *relay* NC yang menghubungkan sumber listrik *power supply* oven akan terbuka dan memutuskan sumber listrik. Sehingga oven akan dalam kondisi off hingga mencapai suhu turun settingan. Setelah mencapai suhu turun tertentu, maka kontak on akan terhubung kembali dan mencapai lagi suhu tinggi settingan. Begitu seterusnya hingga suhu didalam oven akan tetap stabil dan mencapai satuan waktu setingan tertentu dan menjaga agar tidak mengalami pemborosan listrik.

c. Pengertian Relay dan Fungsinya

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *Electromechanical* (*Elektromekanikal*) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni *Elektromagnet* (*Coil*) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*).



Gambar 2.9 *Solid state relay*

Relay menggunakan Prinsip *Elektromagnetik* untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan *Relay* yang menggunakan *Elektromagnet* 5V dan 50 mA mampu menggerakkan *Armature Relay* (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.

2.3 Teori Perpindahan Panas

Perpindahan panas merupakan ilmu untuk meramalkan perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda atau material. Dalam proses perpindahan energi tersebut tentu ada kecepatan perpindahan panas yang terjadi, atau yang lebih dikenal dengan laju perpindahan

panas. Maka ilmu perpindahan panas juga merupakan ilmu untuk meramalkan laju perpindahan panas yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu. Perpindahan kalor dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi (kalor) dari satu daerah ke daerah lain akibat adanya perbedaan temperatur pada daerah tersebut.

Kalor yang dilepaskan sama besarnya dengan kalor yang diterima. Kalor merupakan energi yang dapat berpindah, prinsip ini merupakan prinsip hukum kekekalan energi. Hukum kekekalan energi di rumuskan pertama kali oleh Joseph Black (1728 – 1899). Oleh karena itu, pernyataan tersebut juga di kenal sebagai asas Black. Joseph Black merumuskan perpindahan kalor antara dua benda yang membentuk suhu termal sebagai berikut.

$$Q \text{ lepas} = Q \text{ terima}$$

Keterangan:

Q_{lepas} = Besar kalor yang diberikan (J)

Q_{terima} = Besar kalor yang diterima (J)

Jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu benda digunakan persamaan berikut:

$$Q = m.c.\Delta t \text{ (} t_2 - t_1 \text{)} \quad \text{(pers. 2.1)}$$

Dimana :

Q = Kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu (Joule)

m = Massa benda (kg)

c = Kalor jenis benda (J/kg. 0C)

Δt = kenaikan suhu $t_2 - t_1$ 0C.

2.3.1 Energi Panas Yang Dihasilkan Elemen Pemanas

Besarnya energi listrik yang diubah menjadi energi panas (kalor) dapat dihitung menggunakan rumus :

$$W = P.t \quad \text{(per 2.2)}$$

Keterangan :

W = Energi yang dilepaskan oleh sumber tegangan (joule)

P = Daya (joule/second) atau watt

t = Waktu (second)

2.3.2 Daya Listrik

Daya listrik adalah besarnya energi listrik yang digunakan oleh suatu alat setiap satuan waktu, maka besarnya daya listrik yang digunakan elemen pemanas tiap detiknya dapat dihitung menggunakan persamaan.

$$P = W/t \quad (\text{per 2.3})$$

Keterangan :

W = Energi (joule)

t = Waktu (second)

P = Daya (joule/second) atau watt

Dimana 1 joule/second = 1 watt

2.3.3 Arus Listrik

Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang mengalir melalui suatu titik dalam sirkuit listrik tiap satuan waktu. Arus listrik dapat diukur dalam satuan Coulomb/detik atau *Ampere*. Contoh arus listrik dalam kehidupan sehari-hari berkisar dari yang sangat lemah dalam satuan mikro *Ampere* (μA) seperti di dalam jaringan tubuh hingga arus yang sangat kuat 1-200 Kilo Ampere (kA) seperti yang terjadi pada petir. Dalam kebanyakan sirkuit arus searah dapat diasumsikan resistansi terhadap arus listrik adalah konstan sehingga besar arus yang mengalir dalam sirkuit bergantung pada *voltase* dan resistansi sesuai dengan hukum Ohm.

$$I = P/V \quad (\text{per 2.4})$$

Keterangan :

I = Arus listrik (Ampere)

P = Daya listrik (Watt)

V = Tegangan listrik (Volt)

2.4 Hubungan Antara Kalor Dengan Energi Listrik

Kalor merupakan bentuk energi maka dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Berdasarkan Hukum Kekekalan Energi maka energi listrik dapat berubah menjadi energi kalor dan juga sebaliknya energi kalor dapat berubah menjadi energi listrik. Dalam pembahasan ini hanya akan diulas tentang

hubungan energi listrik dengan energi kalor. Alat yang digunakan mengubah energi listrik menjadi energi kalor adalah ketel listrik, pemanas listrik, dll.

Besarnya energi listrik yang diubah atau diserap sama dengan besar kalor yang dihasilkan. Sehingga secara matematis dapat dirumuskan.

$$W = Q$$

Untuk menghitung energi listrik digunakan persamaan sebagai berikut :

$$W = P.t \quad (\text{per 2.5})$$

Keterangan :

W = Energi listrik (Joule)

P = Daya listrik (Watt)

T = Waktu yang diperlukan (s)

Bila rumus kalor yang digunakan adalah $Q = m.c.(t_2 - t_1)$ maka diperoleh persamaan :

$$P.t = m.c.(t_2 - t_1) \quad (\text{per 2.6})$$

2.4.1 Hambatan Listrik

Sebuah rumus hambatan listrik, yaitu:

$$R = \rho.L/A$$

$$A = \pi . r^2$$

Keterangan

ρ = Resistivitas / hambatan jenis ($\Omega.m$)

L = Panjang kawat (m)

A = Luas penampang kawat (m^2)

r = Jari-jari kawat (m)

$\pi = 3,14$ atau $22/7$

Karena hambatan listrik dipengaruhi juga oleh suhu, maka rumus hambatan listrik bisa dituliskan juga menjadi:

$$R_2 = R_1 . (1 + \alpha\Delta T)$$

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

Keterangan:

R_1 = Hambatan awal (Ω)

R_2 = Hambatan akhir (Ω)

α = Koefisien suhu

ΔT = Perubahan suhu

2.4.2 Kapasitas Kalor

Kapasitas kalor (C) = banyaknya kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu seluruh benda sebesar satu derajat. Dengan demikian, benda yang mempunyai massa m dan kalor jenis c mempunyai kapasitas kalor sebesar:

$$C = Q / \Delta T \quad (\text{per 2.7})$$

Dimana :

C = Kapasitas kalor (Kj/Kg. $^{\circ}$ C)

Q = Kalor (Joule)

ΔT = Perubahan suhu ($^{\circ}$ C)

Kapasitas kalor juga dapat ditentukan dengan persamaan lain, yaitu :

$$C = m.c \quad (\text{per 2.8})$$

Keterangan :

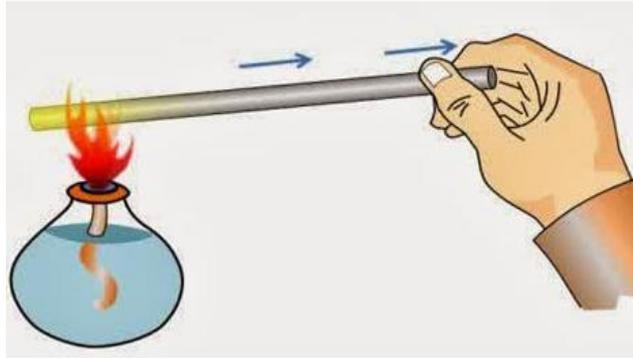
C = Kapasitas kalor (Kj/Kg. $^{\circ}$ C)

m = Massa benda (Kg)

c = Kalor jenis (J/Kg. $^{\circ}$ C)

2.4.3 Perpindahan Panas Secara Konduksi

Perpindahan kalor secara konduksi adalah proses perpindahan kalor dimana kalor mengalir dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah dalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung sehingga terjadi pertukaran energi dan momentum.



Gambar : 2.10 Perpindahan Panas Konduksi

Laju perpindahan panas yang terjadi pada perpindahan panas konduksi adalah berbanding dengan gradien suhu normal sesuai dengan persamaan berikut :

Persamaan Dasar Konduksi, Hukum *Fourier* :

$$q = -k.A\frac{dT}{Dx} \quad (\text{pres 2.9})$$

Dimana :

q = Laju perpindahan panas, Watt (W/m⁰C)

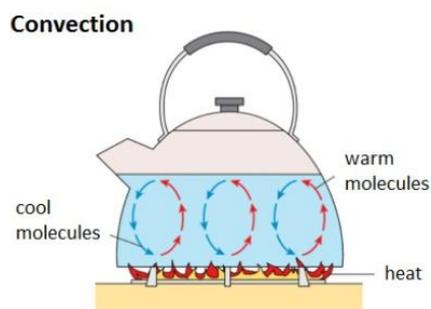
k = Konduktivitas panas material (W/m⁰C)

A = Luas permukaan (m²)

dT = Perbedaan suhu (°C)

dx = Tebal material (m)

2.4.4 Perpindahan Panas Secara Konveksi



Gambar 2.11 Perpindahan panas konveksi

Perpindahan panas yang terjadi antara permukaan padat dengan fluida yang mengalir disekitarnya, dengan menggunakan media penghantar berupa fluida (cairan/gas). Konveksi adalah proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Konveksi sangat

penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dengan cairan atau gas (*Kreith, 1997*).

Adapun perpindahan kalor persatuan waktu dalam konveksi adalah sama dengan kerugian kalor secara konveksi (*Holman, 1984*) :

$$q = h \cdot A \cdot \Delta T \quad (\text{pers 2.10})$$

Dimana :

h = Koefisien perpindahan kalor konveksi (W/m. $^{\circ}$ C)

A = Luas permukaan (m 2)

ΔT = Perbedaan Suhu ($^{\circ}$ C)

Konveksi yang terjadi pada Oven ini adalah perpindahan panas konveksi alamiah, karena tidak ada udara yang sengaja dialirkan. Perpindahan panas secara konveksi pada oven ini terdapat pada bagian dalam ruangan, Konveksi bebas merupakan mekanisme aliran panas yang utama pada pemanas ruangan yang menggunakan uap air, dinding gedung – gedung, atau badan manusia yang tidak bergerak dalam atmosfer lengang (*quiescient*; diam, tidak bergerak). Koefisien perpindahan kalor konveksi bebas rata – rata untuk berbagai situasi , dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$Nuf = C (Grf \cdot Prf)^m \quad (\text{pers 2.11})$$

Produk perkalian antara angka *Grashof* dan angka *Prandtl* disebut angka *Rayleigh*:

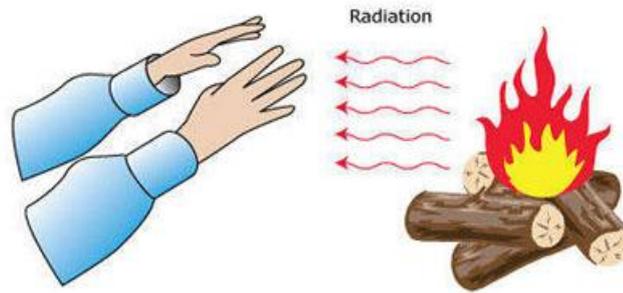
$$Ra = Gr \cdot Pr \quad (\text{pers 2.12})$$

Keterangan :

Ra = Angka Rayleigh

Gr = Angka Grashof

2.4.5 Perpindahan Panas Secara Radiasi



Gambar 2.12 Perpindahan konduksi

Perpindahan kalor radiasi adalah perpindahan tenaga oleh penjaran (rambatan) foton yang tak terorganisir. Setiap benda yang terus memancarkan foton-foton secara serampangan di dalam arah dan waktu, dan tenaga netto yang dipindahkan oleh foton-foton ini diperhitungkan sebagai kalor. Bila foton-foton ini berada di dalam jangkauan panjang gelombang 0,38 sampai 0,76 μm , maka foton-foton tersebut mempengaruhi mata kita sebagai sinar cahaya yang tampak (dapat dilihat). Bertentangan dengan itu, maka setiap tenaga foton yang terorganisir, seperti transmisi radio, dapat diidentifikasi secara mikroskopik dan tak dipandang sebagai kalor. (Reynold dan Perkins, 1983) Bila foton-foton yang diradiasikan mencapai permukaan lain, diteruskan melalui permukaan tersebut. Tiga sifat-sifat permukaan yang mengukur kuantitas-kuantitas ini adalah: a. α absorptivitas, bagian radiasi yang masuk yang diserap b. ρ *reflektivitas*, bagian radiasi yang masuk yang direfleksikan

$$P = \frac{Q}{t} \sigma e A T^4 \quad (\text{Pres 2.13})$$

Dimana :

P = Daya yang diradiasikan (Watt)

e = Emisivitas suatu benda

σ = Konstan Stefan ($5,6703 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$)

A = Luas suatu benda yang memancarkan radiasi (m^2)

T - Suhu mutlak (K)

Berikutnya adalah nilai Esivitas berbagai bahan material

Tabel 2.1 Nilai emisivitas

| No | Bahan | Suhu (°C) | Emisivitas |
|----|---------------------------|-------------|--------------|
| 1 | Alumunium , dipoles | 100 | 0,095 |
| 2 | Kuningan , dipoles | 100 | 0,06 |
| 3 | Baja , dipoles | 100 | 0,066 |
| 4 | Baja anti karat , dipoles | 100 | 0,074 |
| 5 | Batu bangunan | 1000 | 0,45 |
| 6 | Batu batah merah | 1000 | 0,75 |
| 7 | Karbon hitam | 50 – 1000 | 0,96 |
| 8 | Air | 0 – 100 | 0 ,95 – 0,95 |

Sumber : <https://elkimkor.com/tag/emisivitas/>

2.5 Bahan Refractory

Refraktori mortar berfungsi untuk mengikat satu bata dengan bata lainnya dan membentuk lapisan penutup pada sambungan. Setiap mortar memiliki sifat sendiri-sendiri, seperti perpaduan, kekuatan, ketidak tembusan, sifat plastis, dan kestabilan isi (volume stability). Pemakai harus mengingat akan kecocokan mortar, apakah material refraktori akan tahan terhadap slag, logam cair dan kondisi atmosfer yang dihadapinya. Refraktori mortar harus sedekat mungkin dengan bata *refraktori* yang akan digunakan, baik dari segi komposisi maupun sifat fisika, kimia dan termal. Contohnya mortar silika harus dipakai untuk bata *refraktorisilika*, dan fireclay harus dipakai untuk bata *refraktori fireclay* atau campuran *chrome* dipakai untuk bata refraktori basa. Ada dua jenis pengikatan (*setting*) mortar yaitu air *setting* (udara) dan *heat setting* (panas).

Mortar air setting akan membentuk suatu ikatan yang kuat tanpa dipanaskan, sedangkan *mortar heat setting* memerlukan pemanasan untuk menghasilkan suatu ikatan. Kedua jenis mortar ini tersedia dalam dua bentuk yaitu bentuk kering maupun basah. Mortar kering mudah disiapkan dengan menambahkan air atau pun bahan pengikat lainnya. Perubahan temperatur yang cepat akan menyebabkan terdeformasi dan rontoknya (*spalling*) lapisan *refraktori*. Untuk kondisi operasi yang berat dalam waktu yang lama penggunaan refraktori monolitik lebih menguntungkan.

2.5.1 Refraktori Basah

Istilah *refraktori* basa adalah penggolongan refraktori secara umum yang bahan bakunya terbuat dari oksida-oksida yang bersifat basa, atau yang penggunaannya dalam lingkungan kondisi operasi basa. Alasan dari penggunaan refraktori basa, antara lain karena kemampuan operasinya pada temperatur tinggi dan memiliki ketahanan terhadap slag basa, tahan terhadap korosi, memiliki kekuatan mekanik yang tinggi. Magnesia (MgO) merupakan unsur yang utama dari kelompok refraktori basa. Oleh karena itu refraktori yang mengandung banyak magnesia termasuk ke dalam kelompok basa, umumnya terdapat jenis-jenis dari refraktori basa yaitu *magnesia* (MgO), *magnesia-chrome*, *magnesia-spinel*, *magnesia-carbon*, *dolomite*. Penggunaan refraktori basaterdapat pada tungku busur listrik, tungku sembur oksigen, hot metal car, dan lain-lain.

2.5.2 Refraktori Alumina tinggi

Refraktori alumina tinggi (Al_2O_3) memiliki kandungan alumina di atas 47,5% hal ini sesuai menurut standar ASTM dan digunakan temperatur operasi mencapai 2050°C. Beberapa kelompok *refraktori* yang lain adalah mullite, alumina-chrome, alumina-carbon. Produk *refraktori alumina* tinggi dengan kandungan alumina antara 70%-78% dimana fasanya adalah mullite termasuk kategori *refraktori mullite* alumina tinggi. Refraktori jenis ini memiliki ketahanan spalling yang sangat baik dan ketahanan pembebanan yang tinggi. Penggunaan refraktori alumina biasanya terdapat pada tungku peleburan baja, besi cor, keramik, kaca, *rotary klin* dan lain-lain.

2.5.3 Refraktori Silika

Refraktori silika juga digolongkan ke dalam refraktori kelompok asam, penggolongan ini menurut jumlah dari kemurnian kandungan refraktori silika yang biasa disebut "*flux factor*", dimana kandungan unsur yang lain harus lebih sedikit seperti alumina (Al_2O_3) tidak lebih dari 1,5%, titania (TiO_2) tidak lebih dari 0,2%, besi oksida (FeO_3) tidak lebih dari 2,5% dan semen oksida (CaO) tidak lebih 4%. Nilai rata-rata dari MOR tidak kurang dari 3,45 MPa. Refraktori silika mempunyai temperatur leleh pada (1600°C-1725°C) dan dapat menahan tekanan

yang relatif tinggi karena itu refraktori silika volumenya konstan pada temperatur tinggi, serta mempunyai tahanan slag asam yang baik tapi tidak cukup kuat untuk menahan slag basa. Beberapa penggunaan batu bata jenis ini, antara lain tungku induksi peleburan besi cor, keramik, atap tungku busur listrik.

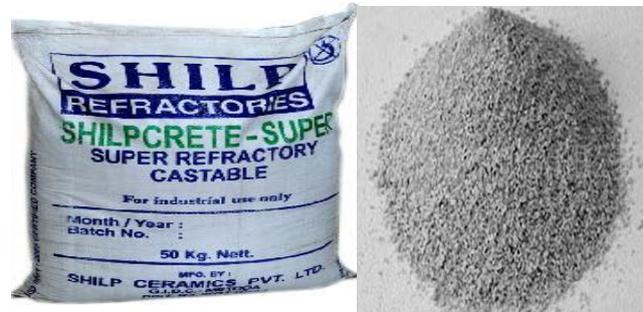
2.5.4 Refraktory Fireclay High Duty

Refraktori dengan jenis *fireclay* sebagian kandungannya terdiri dari hydrated aluminosilicates, tapi dalam jumlah yang sedikit dibandingkan kandungan mineral lain. Salah satu mineral yang digunakan dalam memproduksi *fireclay* adalah *kaolinite* ($2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). *Refraktori fireclay* mempunyai temperature service yang maksimum dan nilai *pyrometric cone equivalent* (PCE) yang tinggi. Pada umumnya temperature leleh dan temperatur service meningkat dengan kandungan alumina yang tinggi antara 40%-44%. Kelompok *fireclay* dibagi ke dalam klasifikasi menurut standar ASTM yaitu, *low-duty fireclay* (maks. 870°C, PCE 18-28), *medium duty fireclay* (maks. 1315°C, PCE 29), *high-duty fireclay* (maks. 1480°C-PCE 31), *super-duty fireclay* (maks. 1619°C, PCE 33), *semi-silica fireclay* (kandungan silika minimal 72%)

2.5.5 Refraktory Castable

Refraktori castable adalah jenis *refraktori monolitik* yang pemakaiannya makin meluas dan fleksibel. *Refraktori castable* tersusun dari bahan refraktori berupa agregat atau samot yang ukuran butir dan distribusi butirannya bervariasi dan bahan perekat berupa semen kalsium alumina dengan atau tanpa ditambah aditif. Dalam campurannya dengan air, semen alumina dan castable akan mengikat partikel-partikel agregat secara bersama dalam ikatan hidrolis yang mengeras pada suhu ruang membentuk beton *refraktori*. Adapun sisi lain bahan perekat seringkali memiliki ketahanan api yang lebih rendah, kekuatan mekanisnya lebih lemah dan tidak sangat stabil pada temperatur kerja. Dalam pemakaiannya sekarang, penggunaan semen alumina diminimalisir dengan tujuan agar pengaruh adanya C₂O dalam semen dapat dihilangkan, utamanya untuk

castable temperature tinggi. Sedangkan grog atau butiran kasar umumnya merupakan material yang telah mengalami proses kalsinasi (pemanasan suhu tinggi) dengan baik, memiliki kekerasan yang tinggi, stabilitas volume yang baik.



Gambar 2.13 Refraktory Castable

2.5.6 Refraktory mortar

Refraktori mortar refraktori mortar berfungsi untuk mengikat satu bata dengan bata lainnya dan membentuk lapisan penutup pada sambungan. Setiap mortar memiliki sifat sendiri-sendiri, seperti perpaduan, kekuatan, ketidaktambusan, sifat plastis, dan kestabilan isi (volume stability). Pemakai harus mengingat akan kecocokan mortar, apakah material refraktori akan tahan terhadap slag, logam cair dan kondisi atmosfer yang dihadapinya. *Refraktori* mortar harus sedekat mungkin dengan bata refraktori yang akan digunakan, baik dari segi komposisi maupun sifat fisika, kimia dan termal. Contohnya mortar silika harus dipakai untuk bata refraktorisilika, dan fireclay harus dipakai untuk bata *refraktori fireclay* atau campuran chrome dipakai untuk bata refraktori basa. Ada dua jenis pengikatan (*setting*) mortar yaitu air *setting* (udara) dan *heat setting* (panas). Mortar air *setting* akan membentuk suatu ikatan yang kuat tanpa dipanaskan, sedangkan *mortar heat setting* memerlukan pemanasan untuk menghasilkan suatu ikatan. Kedua jenis *mortar* ini tersedia dalam dua bentuk yaitu bentuk kering maupun basah.



Gambar 2.14 Refactory mortal

2.5.7 Keramik Fiber Blanket

Keramik fiber blanket ialah bahan yang digolongkan pada *refraktori* yang berbasis serat aluminosilikat, putih tidak berbau dan tahan suhu mencapai 1300°C. Material ini juga ringan, mudah dibentuk dengan nilai konduktivitas termal yang sangat kecil. Bahan ini termasuk insulasi yang baik pada suhu tinggi dan tahan baha kimia korosif seperti asam dan basa, dan dapat pula sebagai bahan pengganti yang baik untuk produk asbes yang juga digunakan untuk isolasi peredam panas.

2.6 Isolator Termal

Bahan isolasi termal dapat digolongkan menurut bentuk menjadi jenis bubuk butiran, jenis serat, dan bongkahan. Bahan dalam bentuk bubuk atau butiran adalah bahan otoklaf dari kalsium silikat, perlit, vermikulit, silica gel butir halus, dan bahan yang berbentuk serat adalah asbes, wol batu, wol slag dan serat keramik. Kebanyakan dari bata api isolasi berbentuk bongkahan tetapi sekarang dapat dijumpai bahan isolasi yang dapat dicor. Bahan isolasi jenis bubuk dan butiran sering dipergunakan setelah dibuat bentuk pelat atau betuk bata. Temperatur untuk bahan isolasi termal berkisar antara 250°C sampai 1500°C. Perlu pemilahan bahan yang tepat untuk keperluan pada masing-masing penggunaan.

2.7 Teori Prinsip Pencampuran Refactory Castable

Dalam pembuatan dan pemasangannya memerlukan material penahan agar dapat dibentuk sesuai kebutuhan (*formwork/bekisting*). Fungsinya menahan api agar pipa dan/atau dinding plat pada ruang bakar terlindung dari semburan api secara langsung. *Castable* dapat menyimpan panas sehingga walaupun api telah padam ruang bakar akan masih tetap panas.

Yang perlu diperhatikan ketika memasang *castable* adalah:

- 1 Jenis *castable*.
- 2 Alat pencampur *castable*.
- 3 *Anchor*.

4 Material formwork/bekisting.

Untuk lebih jelas silahkan baca cara pemasangan *castable* Jenis dan Spesifikasi *Castable TECHNOCAST CASTABLE REFRACTORY*:

a. TNC-12

Temperatur Kerja Maksimum: 1050°C

Berat Jenis: 1,8 – 1,9 T/m³

Campuran Air: 14-18% dari berat semen

Thermal Conductivity pada temperatur 350°C

Thermal Conductivity pada temperatur 450°C

Komposisi Kimia:

AL₂O₃: > 28%

SiO₂: < 56%

b. TNC-13

Temperatur Kerja Maksimum: 1200 °C

Berat Jenis: 1,8 – 1,9 T/m³

Campuran Air: 14-18% dari berat semen

Thermal Conductivity pada temperatur 350°C

Thermal Conductivity pada temperatur 450°C

Komposisi Kimia:

AL₂O₃: > 32%

SiO₂: < 52%

c. TNC-14

Temperatur Kerja Maksimum: 1350°C

Berat Jenis: 1,9 – 2,0 T/m³

Campuran Air: 13-18% dari berat semen

Thermal Conductivity pada temperatur 350°C

Thermal Conductivity pada temperatur 450°C

Komposisi Kimia:

AL₂O₃: > 40%

SiO₂: < 48%

d. TNC-15

Temperatur Kerja Maksimum: 1400°C

Berat Jenis: 2,0 – 2,1 T/m³

Campuran Air: 13-16% dari berat semen

Thermal Conductivity pada temperatur 350°C

Thermal Conductivity pada temperatur 450°C

Komposisi Kimia:

AL₂O₃: > 44%

SiO₂: < 45%

e. TNC-16

Temperatur Kerja Maksimum: 1500°C

Berat Jenis: 2,1 – 2,2 T/m³

Campuran Air: 12-16% dari berat semen

Thermal Conductivity pada temperatur 350°C

Thermal Conductivity pada temperatur 450°C

Komposisi Kimia:

AL₂O₃: > 50%

SiO₂: < 16%

f. TNC-17

Temperatur Kerja Maksimum: 1650°C

Berat Jenis: 2,2 – 2,3 T/m³

Campuran Air: 12-16% dari berat semen

Thermal Conductivity pada temperatur 350°C

Thermal Conductivity pada temperatur 450°C

Komposisi Kimia:

AL₂O₃: > 60%

SiO₂: < 28%

g. TNC-180SF

Temperatur Kerja Maksimum: 1750°C

Berat Jenis: 2,7 – 2,8 T/m³

Campuran Air: 10-12% dari berat semen

Thermal Conductivity pada temperatur 350°C

Thermal Conductivity pada temperatur 450°C

Komposisi Kimia:

AL₂O₃: > 90%

SiO₂: < 5%

h. TNC-16H

Temperatur Kerja Maksimum: 1500°C

Berat Jenis: 2,1 – 2,3 T/m³

Campuran Air: 8-12% dari berat semen

Thermal Conductivity pada temperatur 350°C

Thermal Conductivity pada temperatur 450°C

Komposisi Kimia:

AL₂O₃: > 50%

SiO₂: < 38%

i. TNC-17H

Temperatur Kerja Maksimum: 1650°C

Berat Jenis: 2,3 – 2,5 T/m³

Campuran Air: 5-10% dari berat semen

Thermal Conductivity pada temperatur 350°C

Thermal Conductivity pada temperatur 450°C

Komposisi Kimia:

AL₂O₃: > 62%

SiO₂: < 25%

2.7.1 Bahan Isolasi Termal Bentuk Serat

Asbes adalah bahan mineral yang berupa serat terbentuk secara alamiah, ditemukan di alam sebagai krisotil, amosit, krosidolit, dan seterusnya. Asbes dapat dipakai sebagai bahan isolasi setelah mineral tersebut dilepaskan menjadi bentuk kain asbes, tali asbes, dan spon asbes. Spon asbes akhir-akhir ini dikembangkan sebagai bahan isolasi termal yang mempunyai sifat fleksibel dan tahanan panas yang baik sekali. *Wol slag* dan *wol batu* berturut-turut dibuat dari slag tanur tinggi dan dari batuan gunung berapi. Bahan baku dicairkan dalam kupola atau tanur listrik dan dibuat menjadi serat halus. Permukaannya dilapisi resin agar tahan terhadap air. Bahan ini dipergunakan sebagai bahan isolasi pada pekerjaan

kontruksi. Serat keramik termasuk wol gelas kuarsa, serat $AL_2O_3 - SiO_2$ dan serat alumina. Serat keramik ini mempunyai sifat khas sebagai berikut :

1. Tahan terhadap temperatur tinggi.
2. Ringan dan sangat baik sebagai isolator.
3. Tahan terhadap kehutan termal.
4. Secara kimia stabil.
5. Dapat dibuat menjadi berbagai bentuk.

Bahan ini dibuat menjadi bentuk seperti kapas, flet, dan lembaran tipis dan dapat dipakai sebagai bahan isolasi yang baik sekali untuk lapisan dinding tanur. Bahan ini juga digunakan untuk bahan isolasi ketel uap, turbin, dan gas buang, karena bahan ini stabil secara kimia dan sukar patah oleh getaran.

2.8 Teori Mesin Perkakas

Mesin perkakas adalah alat mekanis yang di tenagai biasanya digunakan untuk memperbaiki dan alat bantu pembuatan komponen mesin.

2.8.1 Mesin Gerinda tangan

Mesin gerinda merupakan mesin yang berfungsi untuk menggerinda benda kerja. Awalnya mesin gerinda hanya ditujukan untuk benda kerja berupa logam yang keras seperti besi dan stainless steel. Selain itu fungsi mesin gerinda tangan juga bisa yaitu :

1. Untuk mengasah benda kerja seperti pisau dan pahat.
2. Untuk membentuk benda kerja seperti merapikan hasil pemotongan
3. Merapikan hasil dari proses pengelasan
4. Membentuk lengkungan pada benda kerja yang bersudut
5. Menyiapkan permukaan benda kerja untuk dilas, dan lain-lain. Mesin Gerinda didesain untuk dapat menghasilkan kecepatan sekitar 15.000 rpm.

Dengan kecepatan tersebut batu gerinda yang merupakan komposisi aluminium oksida dengan kekasaran serta kekerasan yang sesuai, dapat menggesek permukaan logam sehingga menghasilkan bentuk yang diinginkan. Dengan kecepatan tersebut juga, mesin gerinda juga dapat digunakan untuk

memotong benda logam dengan menggunakan batu gerinda yang dikhususkan untuk memotong.



Gambar 2.15 Gerinda tangan

1. Jenis – jenis batu gerinda



Gambar 2.16 Jenis batu gerinda

Mesin gerinda khususnya gerinda tangan *Angle grinder* memiliki beragam fungsi dan dapat digunakan untuk berbagai macam permukaan. Tinggal menyesuaikan jenis mata gerinda apa yang digunakan. Pada artikel ini, kita akan membahas jenis-jenis mata gerinda serta fungsinya. Ini penting agar Anda tidak salah memilih jenis mata gerinda yang tepat untuk pekerjaan Anda. Ada lima jenis pengerjaan yang umum dilakukan dengan menggunakan mesin gerinda tangan. Mari kita simak penjelasan berikut

- a) *Grinding wheel* berfungsi untuk mengikis permukaan logam, baik pada besi, baja, maupun *stainless steel*. Spesifikasi jenis batu gerinda biasanya tertera pada label di bagian atas produk.
- b) Batu gerinda *fleksibel*, atau biasa disebut dengan *Flexible disc* secara fisik memiliki bentuk seperti batu gerinda asah, namun lebih tipis dengan bagian permukaan memiliki pola/*pattern*. Batu gerinda jenis

ini biasanya digunakan untuk mengikis permukaan logam khusus pada area-area yang terbatas/sempit.

- c) *Cutting wheel* memiliki bentuk paling berbeda dibandingkan dengan batu gerinda lainnya. Batu gerinda ini memiliki bentuk yang datar, dengan ketebalan yang dimiliki pada varian produknya mulai dari 3 mm hingga 8 mm. Sesuai dengan fungsinya, batu gerinda potong hanya berfungsi untuk melakukan pemotongan pada media logam, baik untuk besi *mild steel* , baja, hingga *stainless steel* , dengan tentunya menyesuaikan spesifikasi pada produk tersebut.
- d) Sikat gerinda (*Steel Wheel Brush*) diciptakan berbeda menjadi 2 bentuk, yaitu rata (*Wheel Wire Brush*), dan berbentuk mangkuk (*Wire Brush*). Fungsi dari sikat gerinda adalah untuk membersihkan bagian-bagian permukaan logam dari adanya kotoran, seperti karat, kerak, serta akibat proses oksidasi pada permukaan logam.
- e) *Flap disc*, atau biasa disebut dengan ampelas gerinda susun, merupakan alat yang berfungsi untuk mengikis permukaan, baik pada permukaan logam maupun pada permukaan kayu. Proses pengikisan permukaan dengan menggunakan ampelas gerinda susun bertujuan untuk menghasilkan *finishing* permukaan yang rata dan halus/mengkilap. Selain itu penggunaan ampelas gerinda susun juga dapat menghilangkan bintik-bintik logam yang menempel keras pada permukaan, tanpa membuat hasil pengikisan yang banyak pada permukaan logam tersebut

2. Ukuran Butir Asahan

Ukuran butir asah dinyatakan dalam bentuk angka. Dimana semakin kecil angka menunjukkan semakin besar ukuran butir abrasif dan semakin besar angka maka ukuran butir abrasif semakin kecil. Batu gerinda dengan butir kasar (angka kecil) memiliki kemampuan potong yang baik tetapi hasilnya kasar sedangkan batu gerinda dengan butir halus (angka besar) memiliki kemampuan daya bentuk yang baik dan hasil penggerindaan yang baik.

Tabel 2.2 Butiran asahan

| No | Tingkat kekasaran | Ukuran butir (mesh) |
|----|-------------------|--------------------------|
| 1 | Kasar | 12 , 14 ,16 ,20,24 |
| 2 | Sedang | 30,36, 36,46,56,60 |
| 3 | Halus | 70,80, 90 ,100 , 120 |
| 4 | Sangat alus | 50,180,220,240 |
| 5 | Tepung | 280,320,400,500,800,1200 |

2.8.2 Las SMAW (*Shield Metal Arc Welding*)

Pengertian Las SMAW adalah sebuah proses penyambungan logam yang menggunakan energi panas untuk mencairkan benda kerja dan elektroda (bahan pengisi). Energi panas pada proses pengelasan SMAW dihasilkan karena adanya lompatan ion (katoda dan anoda) listrik yang terjadi pada ujung elektroda dan permukaan material. Pada proses pengelasan SMAW jenis pelindung yang digunakan adalah selaput flux yang terdapat pada elektroda. *Flux* pada elektroda SMAW berfungsi untuk melindungi logam las yang mencair saat proses pengelasan berlangsung. *Flux* ini akan menjadi *slag* ketika sudah padat.



Gambar 2.17 Travo las SMAW

2.8.3 Mesin bor duduk

Mesin bor adalah suatu jenis mesin gerakanya memutarakan alat pemotong yang arah pemakanan mata bor hanya pada sumbu mesin tersebut (pengerjaan pelubangan). Sedangkan Pengeboran adalah operasi menghasilkan lubang

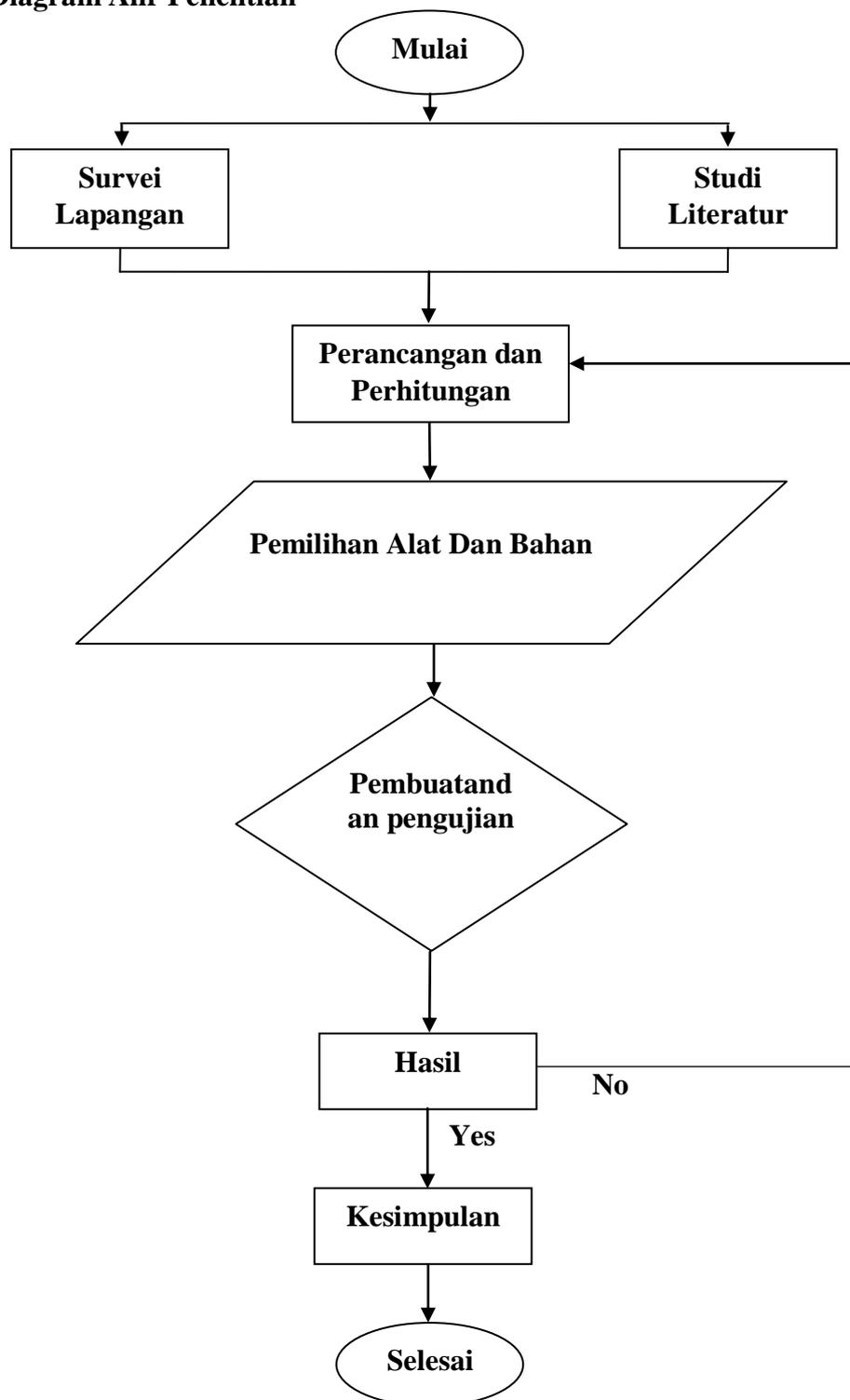
berbentuk bulat dalam lembaran kerja dengan menggunakan pemotong berputar yang disebut bor.



Gambar 2.18 Bor duduk

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Keterangan :

a.Studi Literatur

Studi literatur ini dilakukan dengan melakukan studi data terhadap buku literatur tentang mesin oven pemanas baja. Selain itu juga dilakukan pencarian jurnal – jurnal tentang alat yang akan dirancang dan dibangun.

b.Survei Lokasi

Survey lokasi dilakukan bertujuan untuk melihat langsung bentuk ukuran geometris oven pemanas baja dan proses heaterment pada material yang akan di uji.

c.Perancangan dan perhitungan

Perencanaan adalah menentukan dimensi, gambar serta pemilihan bahan – bahan yang akan dibuat untuk mesin oven pemanas baja.

d.Pembuatan dan pegujian

Pembuatan adalah perakitan komponen – komponen yang telah direncanakan. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian yaitu proses perlakuan panas pada baja kapasitas 1200°C .

e. Hasil

Hasil yang didapat dari perencanaan oven pemanas baja ini adalah sebuah gambar rancangan yang nantinya bisa diteruskan terhadap pembuatan.

e.Kesimpulan

Kesimpulan adalah hasil dari perancangan dan pembuatan mesin oven pemanas baja.

3.2 Alat dan Bahan

Dalam proses pembuat adapun alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan oven pemanas baja.

3.2.1 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam proses pembuatan oven pemanas baja adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Alat

| No | Jenis alat | Fungsi | Jumlah |
|----|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------|
| 1 | Mesin las Mesin las <i>Krisbo4</i> Kw 14-147, Thistor AC/DC TIG 180. | Untuk proses penyambungan material | 1 unit |
| 2 | Mesin Gerinda potong, <i>Hand Cutting</i> Makita 220- 230 V Ø 335 (mm). | Untuk pemotong material | 1 unit |
| 3 | Mesin gerinda Tangan Makita Ø 100 (mm) 220- 240 V. 2,8 A | Untuk pengikisan material setelah pemotongan dan pengelasan | 1 unit |
| 4 | Mesin bor <i>Fujiyama</i> RD 9450 Ø10 mm 450 W | Untuk pembuatan lubang pada kerangka untuk pemasangan dinding. | 1 unit |
| 5 | Gergaji potong | Untuk memotong material kayu. | 1 buah |
| 6 | Meteran gulungan maksimum 5 m | Untuk mengukur dalam proses pembuatan | 1 buah |
| 9 | Martil | Untuk penokok hal yang perlu saat pembuatan | 1 buah |
| 10 | Penggaris siku baja 90° | Untuk mengukur siku dari masing-masing kerangka. | 1 buah |
| 12 | Sendok pengaduk semen | Untuk mengaduk semen | 1 buah |
| 13 | Timbangan | Untuk menimbang takaran semen yang akan dipakai dalam | 1 buah |

| | | | |
|--|--|-------------------|--|
| | | proses pembuatan. | |
|--|--|-------------------|--|

3.3.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam proses pembuatan oven pemanas baja adalah sebagai berikut:

Table 3.2 bahan

| No | Bahan | Fungsi | Jumlah |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1 | Plat baja 1 lembar tebal 2mm | Sebagai kedudukan dan cover oven pemanas baja | 1lembar |
| 2 | Triplek 1 lembar tebal 8 mm | Sebagai mal bagian-bagian oven pemanas baja | 1lembar |
| 3 | <i>Refactory castable</i> /semen tahan panas temperature kerja maksimum 1650°C 1 sak beratnya 25 Kg. | Menahan api agar dinding plat pada ruang pemanas terlindung dari elemen pemanas (<i>heater</i>) secara langsung. | 4 sak |
| 4 | <i>Coil Heater</i> (elemen pemanas) 5000 W, Size 9,64mm, voltage 220 V | Sebagai elemen pemanas baja | - |
| 5 | <i>Thermocouple</i> (sensor suhu). | Untuk mendeteksi atau mengukur suhu didalam oven pemanas melalui 2 jenis logam konduktro berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan | 1 buah |

| | | | |
|----|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| | | <i>thermo-electric</i> | |
| 6 | <i>Digital temperature control</i> | Untuk mengontrol suhu untuk mengendalikan heater sesuai dengan setingan yang diinginkan. | 1 buah |
| 7 | Kabel tahan panas/ <i>Heat Resistant Cable Ø2,5mm</i> | Sebagai media penyalur arus yang berasal dari listrik ke elemen pemanas/heater. | 5 meter |
| 8 | <i>Glass woll</i> | Untuk meredam panas menjaga suhu agar tidak merambat ke plat cover oven. | 1 lembar m ² |
| 9 | Paku kayu 2 inci | Sebagai perekat kayu mal oven | - |
| 10 | Kayu balok 5 cm x 5 cm x 5 cm | Sebagai tulang mal perekat tripek. | 1 batang |
| 11 | Relay | Untuk mengerakan kontak saklar sehingga dengan arus listrik kecil (low power) dapat menghantar kan tegangan tinggi. | 1 buah |
| 12 | Besi holo L 2 cm,P 6 meter | Sebagai penyangga dinding semen revactory castabel | 1 batang |
| 13 | Engsel 2 buah | Sebagain gesel pintu oven pemanas | 2 buah |

| | | | |
|----|------------------------------|-------------------------------------|----------|
| 14 | Steker /kepala cok | - | 1 buah |
| 15 | Elektroda RD | Sebagain bahan tambah las | 1kotak |
| 16 | Paku ripet | Sebagain pengikat dinding plat oven | 1 kotak |
| | | | |
| 17 | Besi strep L:5 cm P: 6 meter | - | 1 batang |

3.3 Waktu dan Tempat Pembuatan

Pembuatan ini dilakukan dalam waktu 4 bulan dimulai dari bulan Meret 2019 sampai bulan juni tahun 2019 dan dilaksanakan di LAB Teknik Mesin kampus Universitas Pasir Pengaraian.

3.4 Langkah Penelitian

3.4.1 Perancangan Alat

1. Perancangan bagian-bagian mesin oven pemanas baja

Perancangan oven pemanas baja yang akan dibuat menggunakan semen tahan panas, dan. proses pembuatan bagian yaitu dengan melakukan proses pembuatan mal dan proses pengecoran menggunakan semen *refactory castable* dan pembuatan mal sesuai ukuran yang telah di tentukan dalam proses perancangan, setelah itu dilakukan proses penyusunan bagian-bagian oven pemanas baja, pada tempat penyusunan lantai oven dibuat dengan plat baja. Setelah proses pemasangan cover oven pemanas. Lantai mal bawah ini berfungsi untuk menumpu seluruh komponen bagian-bagian oven pemanas baja menjadi satu.

3.4.2 Langkah Pembuatan

Pada proses pembuatan mesin oven pemanas baja beberapa proses yang harus di ikuti agar pembuatan tersebut baik dan sesuai perencanaan. Prosedur tersebut meliputi serangkaian langkah-langkah pengerjaan komponen serta perakitan komponen menjadi satu kesatuan mesin yang

dapat dioperasikan sesuai dengan tujuan yang akan dicapai. Berikut adalah prosedur proses pembuatan mesin oven pemanas baja.

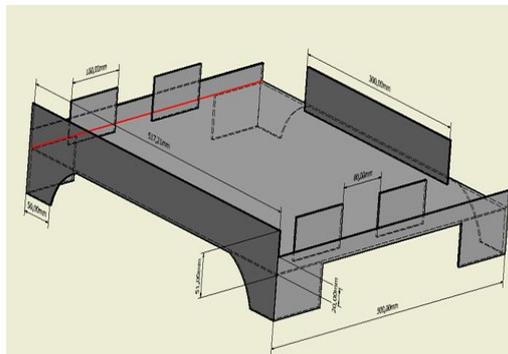
1. Bahan yang digunakan

Persiapan bahan yang digunakan untuk membuat oven pemanas baja kapasitas 1200°C dapat dilihat dari tabel 3.2

2. Pembuatan rangka mal bawah oven

Rangka bawah oven digunakan untuk tempat penyusunan komponen-komponen bagian dinding oven pemanas baja, yang terbuat dari plat tebal 2 mm.

- Potong plat dengan bentuk persegi panjang dengan panjang 44 cm, lebar 42 cm.
- Setelah proses pemasangan selesai lebar plat ditekuk 90° dengan panjang tekukan masing-masing sisi 2 cm.
- Dan pasang plat 6 buah dengan tinggi 10 cm lebar 5 cm sebagai penahan bagian dinding oven pemanas baja dan lakukan proses pengelasan.



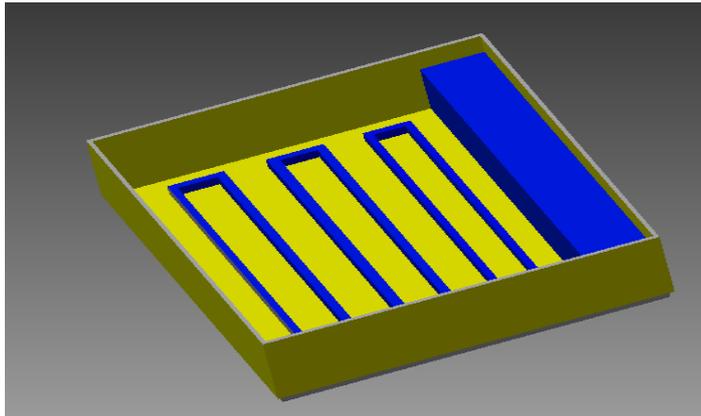
Gambar 3.1 Rangka mal bawah oven

3. Pembuatan mal dinding oven bagian kanan dan kiri

Dinding oven bagian kanan dan kiri digunakan untuk tempat menempelnya elemen pemanas (*heater*).

- Potong triplek dengan bentuk persegi panjang dengan panjang 35 cm, lebar 32 cm.
- Potong triplek dengan ukuran panjang 50 cm, lebar 8cm sebagai mal tebal dinding oven pemanas

- Setelah selesai bentuk steorofon dengan U dengan tebal 2 cm, panjang 4 buah dan masing dinding terpasanag 2 buah sebagai mal tempat menempelnya *heater* pemanas .
- Lakukan pengisian semen kedalam mal dan pasang steorofon yang berbentuk U dan lakukan hal serupa untuk proses mal dinding sebelah kirinya, kanan dan setiap sudut bagian dalam dinding dikasih celah 1cm.

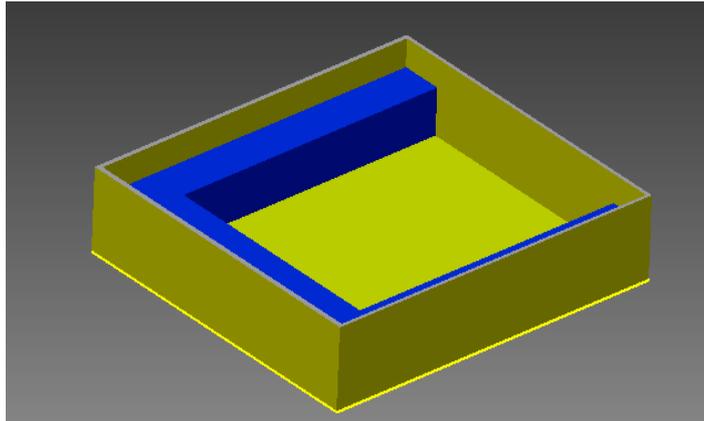


Gambar 3.2 Mal dinding oven bagian kanan dan kiri

4. Pembuatan lantai oven bagian bawah

Digunakan untuk lapisan lantai oven pemanas, pembuatan dinding ada 2 (dua) variasi ukuran yang sama berbeda dengan ketebalan berbeda

- Ukur triplek mal pertama dengan panjang 48 cm, tebal mal 3cm dan lebar 48 cm.
- Ukur triplek mal kedua dengan panjang 40 cm, tebal mal 5cm, lebar 32 cm.
- Dan lakukan pengeisian semen kedalam kedua mal tersebut.

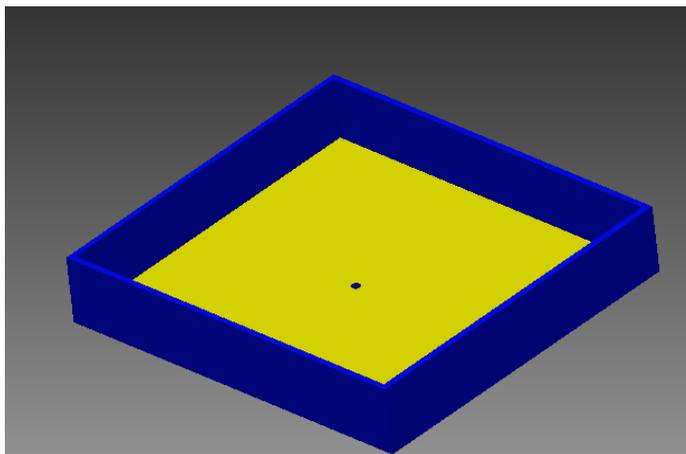


Gambar 3.3 Mal dinding oven bagian bawah

5. Pembuatan dinding oven bagian belakang

Digunakan untuk tempat menempel *sensor suhu thermocopel*

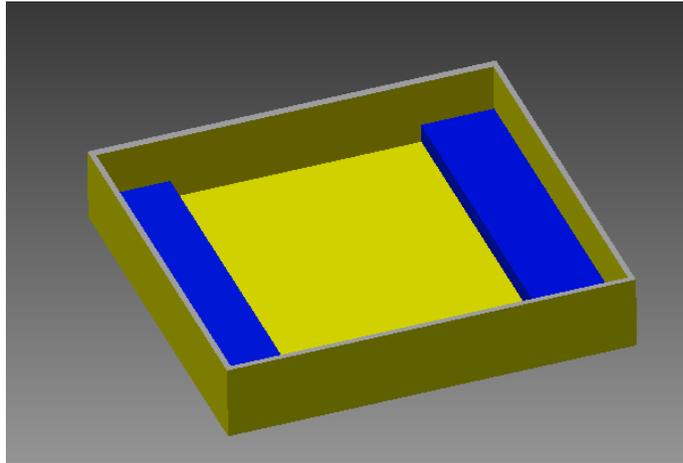
- Ukur triplek mal bagian belakang oven dengan panjang 48 cm, lebar 45 cm dan tebal mal 8 cm.
- Dan lakukan pengisian semen ke dalam mal tersebut.



Gambar 3.4 Mal dinding oven bagian belakang

6. Pembuatan mal dinding oven bagian atas

- Ukur triplek mal bagian atas dengan panjang 40 cm, lebar 52 cm dan tebal 8 cm. dan kasih celah sudut untuk bagian dalam tebal 1 cm dan lebar 8 cm.



Gambar 3.5 Dinding oven bagian atas

7. Pembuatan pintu oven

Digunakan untuk penutup dan pembuka oven pemanas pada saat pengujian dengan ukuran lebar 33 cm, tinggi 33 cm.

- Ukur plat baja dengan lebar 33 cm, tinggi cm dan tebal 5 cm.
- Langkah selanjutnya lakukan pengisian semen.

8. Pembuatan cover dinding oven.

Sebagai lapisan/cover oven pemanas dengan menggunakan plat baja 2 mm.

- Untuk cover bagian kanan dan kiri ukur plat dengan panjang 44 cm, lebar 38 cm, sudut bending 90° dan bagian belakang plat dibending 2 cm dengan sudut bending 90°
- Untuk cover bagian atas ukur plat dengan panjang 44 cm, lebar 42 cm, bagian masing-masing sisi plat panjang kanan dan kiri dibending 2cm.
- Cover bagian belakang ukur plat dengan panjang lebar 42 cm dan tinggi 38 cm.

3.4.3 Proses Perakitan

Proses perakitan oven pemanas baja merupakan proses penggabungan bagian-bagian dari komponen-komponen oven yang sesuai dan benar sehingga menghasilkan satu kesatuan dari sistem mesin tersebut sesuai dengan fungsi masing-masing. Dalam proses perakitan perlu memperhatikan bagian-bagian dari komponen tersebut seperti ukuran, letak, toleransi, dan kesesuaian sistem.

Dalam proses perakitan terkadang memerlukan peralatan bantu untuk memudahkan kerja dan menjaga kondisi komponen baik dalam setiap pemasangannya. Adapun hal-hal yang harus diperhatikan dalam proses oven pemanas baja adalah:

1. Komponen-komponen oven pemanas secara menyeluruh telah selesai dikerjakan sesuai dengan rancangan dan spesifikasi yang ada.
2. Sesuai dengan urutan proses perakitan komponen secara baik dan benar.
3. Sesuai fungsi, posisi, metode, dan perawatan dalam proses perakitan.
4. Ketersediaan alat bantu proses perakitan.
5. Menyeluruh secara berurutan.

Untuk memudahkan proses oven pemanas baja perlu dilakukan identifikasi komponen-komponen yang akan dirakit. Adapun komponen-komponen yang dirakit adalah sebagai berikut:

1. Rangkah mal bawah oven
2. *Glass woll*
3. Dinding oven bagian kanan dan kiri
4. Lantai oven bagian bawah
5. Dinding oven bagian belakang
6. Dinding oven bagian atas
7. Pintu oven
8. Cover dindin oven
9. *Termocopel*/sensor suhu

Sedangkan alat bantu untuk proses perakitan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Mesin las SMAW dan elektroda RB-26 diameter 2,6
2. Mesin Gerinda potong, *Hand Cutting* Makita 220-230 V Ø 335 (mm).
3. Obeng bunga
4. Klem
5. Pengaris siku 90°
6. Gunting
7. Lakban

Setelah identifikasi komponen-komponen oven pemanas baja dan pengondisian alat bantu untuk proses perakitan selesai, langkah selanjutnya adalah proses perakitan sebagai berikut:

1. Perakitan bagian lantai bawah oven

Perakitan bagian dinding oven awal prosesnya membuat rangkai mal bawah oven yang berbentuk persegi panjang dengan menggunakan plat 2 mm, kemudian menentukan posisi pemasangan komponen dinding oven yang pertama

- Pemasangan lantai oven bagian bawah disini ada 2 bagian lantai dengan tebal lantai pertama 7 cm dan kemudian letak tepat di atas lantai pertama
- Kemudian pasang dinding kanan kiri dan belakang setelah itu pemasangan heater.
- Pasang dinding bagian belakang yang sudah dibor untuk tempat sensor suhu
- Kemudian pasang bagian dinding atas setelah itu clam dengan menggunakan plat dibagian atas.

2. Pemasangan glass woll untuk pelapis bagian sisi oven atas, kanan dan kiri dengan ukuran yang telah ditentukan

3. Perakitan cover oven pemanas

Setelah selesai pemasangan glass woll lanjut dengan perakitan cover oven

- Yang pertama pasang cover plat bagian kanan dan kiri setelah selesai pemasangan dilanjutkan dengan pemasangan cover plat bagian atas dan belakang oven pemanas, setelah pemasangan cover selesai mulai proses pemasangan skrup untuk mengikat bagian-bagian cover oven.

4. Perakitan pintu oven

Pasang pintu oven setelah pemasangan gesel dan pasang pengunci pintu oven .

5. Perakitan kelistrikan

Digital Temperature Controller adalah alat yang bisa mengontrol suhu untuk mengendalikan cooler / heater sesuai dengan settingan yang diinginkan. Sama seperti prinsip kerja *Digital Counter relay*, *Digital*

Thermostat ini mempunyai kontak-kontak NO NC pada *output* settingnya, serta membutuhkan input power supply dalam kerjanya.

- Kabel *power supply* input pada terminal nomor 1 (coklat) dan nomor 2 (biru)
- Kabel Netral di terminal nomor 2, masuk juga ke terminal netral stop kontak (biru besar)
- Kabel Phasa pada terminal nomor 1, masuk juga ke terminal nomor 3 (biru pendek)
- Terminal nomor 4 masuk ke terminal fasa stop kontak (coklat pendek)
- Terminal nomor 3 dan 4 adalah kontak NO yang nantinya bekerja memutus supply listrik dari stop kontak ke peralatan oven masak, sesuai temperatur yang diinginkan
- Terminal nomor 9 dan 10 (merah dan biru) adalah terminal input dari termokopel
- Kabel Ground (Kuning Hijau) diabaikan