

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Studi Literatur Rancang Bangun Tungku Pemanas Dalam Proses Metalurgi Serbuk**

##### **2.1.1 Observasi Penelitian**

Tungku pembakaran adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk pemanasan. Nama itu berasal dari bahasa latin Fornax, oven. Kadang-kadang orang juga menyebutnya dengan Tanur (Kiln). (Sumber Lit 1)

Muhammad Syandi Arnofiandi (2020), melakukan penelitian berjudul "*Rancang Bangun tungku pemanas dalam proses metalurgi serbuk*", penulis membuat tungku untuk proses metalurgi serbuk. Dimana tungku yang di gunakan dalam proses metalurgi serbuk menggunakan bahan bakar gas dan ukuran tungku cukup besar dan rumit dalam pembuatan nya, maka dari itu penulis ingin menyederhanakan tungku dan membuat bahan bakar yang murah dan tidak sulit di dapatkan. (Sumber Lit 1)

##### **Kelebihan dan Kekurangan**

Proses pemanasan yang dilakukan harus berada di bawah titik leleh serbuk material yang digunakan Setiap proses dalam pembuatan metalurgi serbuk sangat mempengaruhi kualitas akhir produk yang dihasilkan Material komposit yang dihasilkan dari proses metalurgi serbuk adalah komposit isotropic yaitu komposit yang mempunyai penguat (filler) dalam klasifikasi partikulet. (Sumber Lit 1)

##### **Kelebihan Proses Metalurgi Serbuk:**

- a. Mampu melakukan kontrol kualitas dan kuantitas material
- b. Mempunyai presisi yang tinggi
- c. Selama pemrosesan menggunakan suhu yang rendah
- d. Kecepatan produk tinggi

**Kekurangan metalurgi serbuk, antara lain:**

- a. Biaya pembuatan yang mahal dan terkadang serbuk sulit penyimpanannya
- b. Dimensi yang sulit tidak memungkinkan, karena selama penekanan serbuk logam tidak mampu mengalir ke ruang cetakan
- c. Sulit untuk mendapatkan kepadatan yang merata

**2.2 Studi Literatur Perancangan dan Pembuatan Tungku Heat Treatment****2.2.1 Observasi Penelitian**

Prinsip proses peleburan dengan tanur adalah bekerja dengan prinsip transformator dengan kumparan primer dialiri arus AC dari sumber tenaga dan kumparan sekunder. Kumparan sekunder yang diletakkan didalam medan magnet kumparan primer akan menghasilkan arus induksi. Berbeda dengan transformator, kumparan sekunder digantikan oleh bahan baku peleburan serta dirancang sedemikian rupa agar arus induksi tersebut berubah menjadi panas yang sanggup mencairkannya. (Sumber Lit 8)

Muhammad Rais Rahmat (2015), melakukan penelitian dengan judul Jurnal Ilmiah tentang "*Perancangan dan Pembuatan Tungku Heat Treatment*", bahwasanya Tungku Heat Treatment adalah alat bantu yang dapat mendukung proses perlakuan panas, alat ini dirancang untuk dapat menahan panas pada suhu pada fase recovery fase rekristalisasi dan fase grain growth atau tumbuhnya butir. (Sumber Lit 1)

**Kelebihan dan Kekurangan**

Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa:

**Kelebihan Tungku Heat Treatment:**

- a. Memiliki kapasitas temperatur maksimal tungku 1000 °C
- b. Dari hasil pemanasan dapat dilihat beban maksimal untuk penahanan panas

terjadi pada dinding depan, yaitu mencapai  $100^{\circ}\text{C}$  setelah pemanasan  $1000^{\circ}\text{C}$ . Hal ini disebabkan karena perambatan panas melalui celah – celah dinding pintu

- c. Memiliki kecepatan produk tinggi yakni 28 menit 45 detik
- d. Memiliki kapasitas besar benda uji  $3375\text{ cm}^3$

#### **Kekurangan Tungku Heat Treatment:**

- a. Pemilihan bahan refraktori secara keseluruhan masih kurang maksimal dikarenakan minimnya pendanaan, namun untuk melakukan praktek Heat Treatment bahan refraktori yang dipilih sudah cukup baik untuk memenuhi prosedur
- b. Dalam melakukan proses penahanan hanya menggunakan prinsip kerja pada kontraktor. Sehingga ketika melakukan penahanan volt meter pada panel pusat naik turun.
- c. Ada kesulitan untuk melakukan pengaturan temperatur dikarenakan letak kontrol panel ada di bawah, sehingga kita harus merunduk terlebih dahulu
- d. Terdapat ketidak sempurnaan komponen pada panel, yaitu kurangnya travo untuk menyetabilkan arus yang masuk pada panel.

### **2.3 Studi Literatur Rancang Bangun Tungku Listrik Peleburan Alumunium Dengan Memanfaatkan Limbah Evaporation Boat Sebagai Pelapis Dinding Tungku**

#### **2.3.1 Observasi Penelitian**

Tungku adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk mencairkan logam pada proses pengecoran (*casting*) atau untuk memanaskan bahan dalam proses perlakuan panas (*heat Treatmet*). Karena gas buang dari bahan bakar berkontak langsung dengan bahan baku, maka jenis bahan bakar yang dipilih

menjadi penting. Sebagai contoh, beberapa bahan tidak akan mentolelir sulfur dalam bahan bakar. Bahan bakar padat akan menghasilkan bahan partikulat yang akan mengganggu bahan baku yang ditempatkan didalam tungku (Akuan, 2009). (Sumber Lit 9)

Lutvi Ridwan (2019), Dalam hal ini sang penulis mengangkatnya dalam penelitian yang berjudul "*Rancang Bangun Tungku Listrik Peleburan Aluminium dengan Memanfaatkan Limbah Evaporation Boat Sebagai Pelapis Dinding Tungku*". Tungku dengan mekanisme tahanan listrik memiliki bahan utama yaitu elemen pemanas. Elemen pemanas berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui proses *joule heating*. Elemen pemanas yang akan digunakan adalah kawat Nikel dengan ukuran 1,2 mm. Menurut Pambudi, (2018) menyatakan bahwa kawat dengan diameter 1,2 mm dapat mempercepat waktu saat proses peleburan Aluminium. (Sumber Lit 9)

### **Kelebihan dan Kekurangan**

#### **Kelebihan Tungku Listrik Peleburan Alumunium**

- a. Instalasi listrik menggunakan rangkaian paralel
- b. Panas yang terbuang berkurang
- c. Menggunakan evaporation boat untuk pembuatan lining dapat mengurangi heatlosses sehingga efisiensi tungku meningkat
- d. Memanfaatkan panas yang terbuang dari tungku menjadi sumber energi listrik
- e. Memiliki rancangan yang sederhana
- f. Memiliki Pengoperasian yang sederhana

#### **Kekurangan Tungku Listrik Peleburan Alumunium**

- a. Kapasitas maksimal mencapai 4,25 kg untuk logam alumunium

- b. Daya yang digunakan 7500 watt
- c. Elemen pemanas yang digunakan jenis kawat nikel berukuran diameter 1,22 mm
- d. Suhu maksimum yang dikeluarkan elemen pemanas 1200 °C

## **2.4 Studi Literatur Analisis Perpindahan Panas Pada Oven Menggunakan Pemanas Listrik Untuk Proses Pengeringan Daun Kelor**

### **2.4.1 Observasi Penelitian**

Perpindahan panas adalah perpindahan energi panas/kalor sebagai akibat adanya perbedaan temperatur. Jadi berdasarkan definisi tersebut jika ada perbedaan temperatur antara dua media, perpindahan panas pasti terjadi. Cara perpindahan panas tersebut disebut modes of heat transfer. Jika ada gradient temperatur pada media yang diam, baik pada benda padat ataupun liquid perpindahan panas yang terjadi disebut konduksi. Jika ada gradient temperatur antara benda padat dengan liquid yang mengalir disekitarnya perpindahan panas yang terjadi disebut konveksi. (Sumber Lit 3)

Ahmad Hisyam (2016), dalam hal ini melakukan penelitian tugas akhir dengan judul tugas akhir: “*Analisis Perpindahan Panas Pada Oven Menggunakan Pemanas Listrik Untuk Proses Pengeringan Daun Kelor*”. Oven yang digunakan ini tentu memiliki batas optimal ketika mengeringkan produk. Hal ini merupakan salah satu alasan mengapa masyarakat luas masih sangat jarang untuk menggunakannya. Mesin ini terdapat banyak keunggulan yakni lebih efisien waktu ,tenaga dan tentunya lebih higienis. (Sumber Lit 3)

### **Kelebihan dan Kekurangan**

#### **Kelebihan Oven Pemanas Listrik**

- a. Efektivitas oven yang diperoleh dari perhitungan yaitu sebesar 62,8% dan waktu rata – rata pengeringan adalah 195 menit

- b. Memiliki lubang ventilasi berupa cerobong dan laluan samping fluida panas sehingga terjadi pemerataan distribusi di setiap tingkat rak
- c. Oven ini memiliki dimensi yang sesuai yaitu 1,080m x 0,810m x 1,775m dan dirancang dengan rak yang tersusun miring.

### **Kekurangan Oven Pemanas Listrik**

- a. Bahan pada luar oven (pada bagian ruang bakar) memiliki kekurangan karena losses cukup besar dan tidak memiliki bahan isolator agar panas yang keluar dari dinding oven berkurang.
- b. Belum adanya sistem kendali otomatis untuk mengatur waktu pengeringan dan suhu pengeringan agar hasil pengeringan sesuai dengan kebutuhan misalnya berupa *ampere meter*.
- c. Ukuran dari dimensi baffle pada oven sebaiknya dirancang khusus untuk daun kelor, sehingga peletakkan dalam baffle bisa lebih banyak dan tidak terjatuh dibawah baffle.

## **2.5 Studi Literatur Rancang Bangun Sistem *Induction Heater* Berbasis Mikrokontroler Atmega 328**

### **2.5.1 Observasi Penelitian**

Induction heater (Pemanas Induksi) salah satu teknik pemanas logam dengan memanfaatkan induksi elektromagnetik dari gelombang AC frekuensi tinggi, yang lebih efisien dari pada menggunakan tungku pemanas logam konvensional seperti yang ditulis dalam buku berjudul ilmu bahan dan teknik yang dibuat oleh kementerian pendidikan dan kebudayaan (2013: 115) mengatakan, ” kelebihan dari tungku pemanas dengan sistem induction heater ialah : mudah dan efisien dalam pengontrolan suhu yang diinginkan, tidak ada pengaruh zat asam praktis terhadap susunan besi logam yang dipanaskan, karena tungku tidak lagi menggunakan bahan bakar fosil”, tungku pemanas dengan sistem induction heater

hanya membutuhkan energi listrik sebagai sumber energi utama yang mana listrik AC yang didapatkan umumnya yang hanya memiliki frekuensi 50-60 Hz akan dinaikan sampai frekuensi 100 KHz. (Sumber Lit 2)

Muhammad Firman Hakiki, dan Dyah Riandadari (2018), melakukan penelitian dengan judul tugas akhir: “*Rancang Bangun Sistem Induction Heater Berbasis Mikrokontroller Atmeg 328*”, yang nanti alat ini guna dilengkapi dengan sensor Thermocouple T0- 800 yang bisa mengukur suhu hingga 8000C, sehingga meberikan tampilan langsung berupa display suhu dari logam yang telah dipanaskan dan juga nantinya dapat digunakan untuk praktik mahasiswa khususnya dalam ilmu fisika untuk mengetahui pemanasan logam dengan sistem Induction Heater (Sumber Lit 2)

#### **Kelebihan Sistem Induction Heater**

- a. Penulis menggunakan mikrokontroller Atmega 328 sebagai kontrol utamanya yang mana mikrokontroller ini berfungsi sebagai pembaca suhu dan pembaca dalam waktu pemanasan, sensor thermocouple T0-800 sebagai sensor suhu dan display LCD 16x2 sebagai tampilam digital output dari suhu dan waktu logam yang dipanaskan
- b. Pengujian terhadap stainless steel memiliki kadar paduan yang tinggi (high alloy steel) sehingga memiliki sifat tahan terhadap temperatur tinggi

#### **Kekurangan Sistem Induction Heater**

- a. Perlu adanya sirkulasi pendingin terhadap coil pemanas agar penggunaan terhadap alat bisa lebih lama.
- b. Pada saat uji coba pemanasan, harus menggunakan alat bantu seperti tang atau penjepit karena suhu sangat panas

- c. Perlu adanya pengembangan alat tentang penggunaan sensor pemanas karena dalam uji coba pemanasan membutuhkan waktu cukup lama dalam pendinginan sensor untuk kembali pada suhu normal.

## 2.6 Kesimpulan Studi Literatur

Jadi, kami menyimpulkan dari hasil observasi melalui data studi literatur yang telah kami peroleh, bahwasanya alat kami lebih memadai dengan meningkatkan kualitas mutu yang dapat dilihat dari aspek berikut:

- a. Pada Studi Literatur *Rancang Bangun Tungku Pemanas Dalam Proses Metalurgi Serbuk* disebutkan bahwa biaya pembuatannya yang mahal dan serbuk sulit penyimpanannya. Oleh karena itu, dalam pengembangan penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi yang menyesuaikan dengan keadaan sekarang ini, tentunya dibutuhkan mesin yang mudah dioperasikan dan memiliki biaya yang murah. Hal ini lah yang menjadi salah satu motivasi kami untuk membuat sebuah mesin sederhana yang bermanfaat bagi penerapan ilmu praktikum dikampus dengan biaya yang lebih efisien dan komponen yang mudah didapatkan.
- b. Pada Studi Literatur *Perancangan dan Pembuatan Tungku Heat Treatment* disebutkan oleh penulis bahwa Terdapat ketidak sempurnaan komponen pada panel, yaitu kurangnya travo untuk menyetabilkan arus yang masuk pada panel. Sedangkan dalam hal ini kami menggunakan sarana kawat nikelin sebagai elemen pemanas yang terhubung langsung dengan arus listrik sebagai komponen utama yang dikontrol melalui modul selama proses *Heat-Treatment* sehingga arus yang masuk dalam keadaan stabil.
- c. Pada Studi Literatur *Rancang Bangun Tungku Listrik Peleburan Aluminium dengan Memanfaatkan Limbah Evaporation Boat Sebagai Pelapis Dinding Tungku* penulis menyebutkan bahwa Elemen pemanas yang digunakan jenis kawat nikel berukuran diameter 1,22 mm. Seperti yang kita ketahui bahwasanya kawat nikelin memiliki hambatan jenis yang besar.



Dalam hal ini kami menggunakan kawat nikelin dengan panjang 2,15 meter dengan guna untuk mengubah energi listrik menjadi energi panas lebih cepat

- d. Pada Studi Literatur *Analisis Perpindahan Panas Pada Oven Menggunakan Pemanas Listrik Untuk Proses Pengeringan Daun Kelor* penulis menyebutkan bahwa Bahan pada luar oven (pada bagian ruang bakar) memiliki kekurangan karena losses cukup besar dan tidak memiliki bahan isolator agar panas yang keluar dari dinding oven berkurang. Didalam perancangan ini sendiri kami membuat 3 lapisan pada mesin oven heat treatment. Lapisan pertama/luar terdiri dari plat dari baja, lapisan kedua terdiri dari glasswool. Dan lapisan terakhir adalah batu bata tahan api, dimana batu tahan api ini terdapat berbagai coak baik bagian atas maupun coakan untuk jalur elemen pemanas. Karena Glasswool tidak melebur pada suhu tinggi maka berfungsi sebagai penahan panas dari ruang perlakuan panas dan dalam proses pembuatan dapur ini kami menggunakan glasswool bewarna kuning karena glasswool tipe ini mempunyai umur pakai yang relatif lama.
- e. Pada Studi Literatur *Rancang Bangun Sistem Induction Heater Berbasis Mikrokontroler ATmega 328* penulis mengatakan bahwa perlu adanya pengembangan alat tentang penggunaan sensor pemanas karena dalam uji coba pemanasan membutuhkan waktu cukup lama dalam pendinginan sensor untuk kembali pada suhu normal. Dalam hal ini kami menggunakan Termokopel yang merupakan sensor suhu sehingga termokopel dapat mengukur temperatur dalam jangkauan suhu yang cukup luas dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari 1 °C. Termokopel yang digunakan dalam pembuatan mesin oven heat treatment kami adalah termokopel tipe K (Ni-Cr alloy) / Alumel (Ni-Al alloy)) dengan temperature maksimal 1200 °C. Setelah dilakukan pengamatan, kami mendapatkan bahwa mekanisme kerja Termokopel lancar dan akurat sesuai dengan yang diinginkan serta tidak membutuhkan waktu yang lama.

## **2.7. Heat Treatment**

Proses perlakuan panas (*Heat Treatment*) adalah suatu proses mengubah sifat logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan atau tanpa merubah komposisi kimia logam yang bersangkutan dengan prinsip kerja transformator, kumparan didalam medan magnet adalah kumparan primer yang akan menghasilkan arus induksi. Tujuan proses perlakuan panas untuk menghasilkan sifat-sifat logam yang diinginkan. Perubahan sifat logam akibat proses perlakuan panas dapat mencakup keseluruhan bagian dari logam atau sebagian dari logam.

## **2.8. Macam-macam proses Heat-Treatment**

Didalam proses heat treatment terdapat berbagai macam jenis diantaranya :

### **2.8.1 Hardening**

Hardening adalah perlakuan panas terhadap logam dengan sasaran meningkatkan kekerasan alami logam. Perlakuan panas menuntut pemanasan benda kerja menuju suhu pengerasan, jangka waktu penghentian yang memadai pada suhu pengerasan dan pendinginan (pengejukan) berikutnya secara cepat.

### **2.8.2 Tempering**

Perlakuan untuk menghilangkan tegangan dalam dan menguatkan baja dari kerapuhan disebut dengan memudakan (*tempering*). Tempering didefinisikan sebagai proses pemanasan logam setelah dikeraskan pada temperatur tempering (di bawah suhu kritis), yang dilanjutkan dengan proses pendinginan. Menurut tujuannya proses tempering dibedakan sebagai berikut

- a). Tempering pada suhu rendah (  $150^{\circ} - 300^{\circ}\text{C}$  )

Tempering ini hanya untuk mengurangi tegangan-tegangan kerut dan kerapuhan dari baja, biasanya untuk alat-alat potong, mata bor dan sebagainya.

- b). Tempering pada suhu menengah (  $300^{\circ} - 550^{\circ}\text{C}$  )

Tempering pada suhu sedang bertujuan untuk menambah keuletan dan kekerasannya sedikit berkurang. Proses ini digunakan pada alat-alat kerja yang mengalami beban berat, misalnya palu, pahat, pegas. Suhu yang digunakan dalam penelitian ini adalah  $500^{\circ}\text{C}$  pada proses tempering.

- c) Tempering pada suhu tinggi (  $550^{\circ} - 650^{\circ}\text{C}$  )

Tempering suhu tinggi bertujuan memberikan daya keuletan yang besar dan sekaligus kekerasannya menjadi agak rendah misalnya pada roda gigi, poros batang penggerak dan sebagainya.

### **2.8.3 Annealing**

Annealing adalah proses memanaskan suatu logam atau paduan logam hingga mencapai suhu tertentu, lalu ditahan beberapa saat dan akhirnya didinginkan perlahan-lahan. Proses ini biasanya bertujuan meningkatkan keuletan logam tersebut supaya tidak rapuh.

Annealing terdiri dari 3 proses yaitu :

- a) Fase Recovery

Fase recovery adalah hasil dari pelunakan logam melalui pelepasan cacat kristal (tipe utama dimana cacat linear disebut dislokasi) dan tegangan dalam.

- b) Fase Rekristalisasi

Fase rekristalisasi adalah fase dimana butir nucleate baru dan tumbuh untuk menggantikan cacat- cacat oleh tegangan dalam

- c) Fase Grain Growth (tumbuhnya butir)

Fase grain growth (tumbuhnya butir) adalah fase dimana mikrostruktur mulai menjadi kasar dan menyebabkan logam tidak terlalu memuaskan untuk proses pemesinan

#### **2.8.4. Normalizing**

Normalizing adalah perlakuan panas logam di sekitar 400°C di atas batas kritis logam, kemudian di tahan pada temperatur tersebut untuk masa waktu yang cukup dan dilanjutkan dengan pendinginan pada udara terbuka

#### **2.8.5. Quenching**

Quenching adalah proses perlakuan panas dimana prosesnya dilakukan pendinginan yang relatif cepat dari temperatur austenisasi (umumnya pada jarak temperatur 815-870°C) pada baja.

#### **2.8.6. Carburizing**

Carburizing adalah proses perlakuan panas pada permukaan benda kerja dengan memanfaatkan karbon sebagai unsur pengerasan. Prinsip kerja perlakuan panas jenis ini adalah meletakkan karbon disekitar benda kerja pada saat dipanaskan, sehingga karbon akan berdifusi dengan permukaan benda kerja.

### **2.9. Bahan Batu Tahan Api**

*Refractory* adalah bahan anorganik bukan logam yang sukar leleh pada temperatur tinggi dan digunakan dalam industri temperatur tinggi seperti bahan seperti tungku dan sebagainya. Material *refractory* sangat diperlukan untuk banyak industri *process*. Biaya untuk pembelian dan instalasi *refractory* adalah faktor yang menentukan dalam biaya proses secara keseluruhan. Material ini diharapkan dapat tahan terhadap temperatur tinggi, tahan terhadap korosi slag cair, logam cair dan gas-gas agresif, tahan terhadap benturan dengan sedikit perawatan .

Dengan kata lain *refractory* adalah material yang dapat mempertahankan sifat-sifatnya yang berguna dalam kondisi yang sangat berat karena temperatur tinggi dan kontak dengan bahan-bahan yang korosif, yang digunakan untuk mengonstruksi atau melapisi struktur yang berhubungan dengan temperatur tinggi dari perapian sampai *blast furnace*. Untuk dapat aplikasi yang diminta *refractory* memerlukan sifat-sifat tertentu diantaranya, titik lebur yang tinggi, kekuatan yang

bagus pada temperatur tinggi, tahan terhadap degradasi, mudah dipasang dan biaya yang masuk akal.

Jenis - jenis batu tahan api beserta batas maksimal suhunya :

No	Jenis-Jenis Batu Tahan Api	Suhu Maksimal
1	Batu Tahan Api SK-30	1100 <sup>0</sup> C
2	Batu Tahan Api SK-32	1200C
3	Batu Tahan Api SK-33	1250 <sup>0</sup> C
4	Batu Tahan Api SK-34	1350 <sup>0</sup> C
5	Batu Tahan Api SK-36	1500 <sup>0</sup> C

### 2.10. Elemen Pemanas

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 dengan menggunakan rumus :

$$R = \frac{R^2}{P}$$

Dimana :

R : Resistance heater dalam ohm

E : Voltase dalam volt

P : daya listrik dalam watt

Adapun Syarat yang harus dimiliki 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

### 2.11. Termokopel

Termokopel (*Thermocouple*) adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda

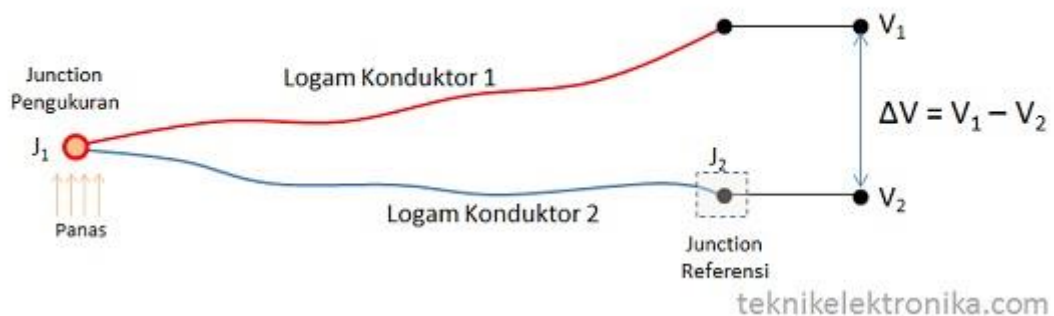
yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek “*Thermo-electric*”. Efek *Thermo-electric* pada Termokopel ini ditemukan oleh seorang fisikawan Estonia bernama *Thomas Johann Seebeck* pada Tahun 1821, dimana sebuah logam konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradient akan menghasilkan tegangan listrik.

Termokopel merupakan salah satu jenis sensor suhu yang paling populer dan sering digunakan dalam berbagai rangkaian ataupun peralatan listrik dan Elektronika yang berkaitan dengan Suhu (Temperature). Beberapa kelebihan Termokopel yang membuatnya menjadi populer adalah responnya yang cepat terhadap perubahan suhu dan juga rentang suhu operasionalnya yang luas yaitu berkisar diantara  $-200^{\circ}\text{C}$  hingga  $2000^{\circ}\text{C}$ . Selain respon yang cepat dan rentang suhu yang luas, Termokopel juga tahan terhadap guncangan/getaran dan mudah digunakan.

### 2.11.1. Prinsip Kerja Termokopel (Thermocouple)

Prinsip kerja Termokopel cukup mudah dan sederhana. Pada dasarnya Termokopel hanya terdiri dari dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan digabungkan ujungnya. Satu jenis logam konduktor yang terdapat pada Termokopel akan berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan (tetap) sedangkan yang satunya lagi sebagai logam konduktor yang mendeteksi suhu panas. Untuk lebih jelas mengenai Prinsip Kerja Termokopel, mari kita melihat gambar dibawah ini :

#### Termokopel (Thermocouple)



Berdasarkan Gambar diatas, ketika kedua persimpangan atau Junction memiliki suhu yang sama, maka beda potensial atau tegangan listrik yang melalui dua persimpangan tersebut adalah “NOL” atau  $V_1 = V_2$ . Akan tetapi, ketika persimpangan yang terhubung dalam rangkaian diberikan suhu panas atau dihubungkan ke obyek pengukuran, maka akan terjadi perbedaan suhu diantara dua persimpangan tersebut yang kemudian menghasilkan tegangan listrik yang nilainya sebanding dengan suhu panas yang diterimanya atau  $V_1 - V_2$ . Tegangan Listrik yang ditimbulkan ini pada umumnya sekitar  $1 \mu\text{V} - 70 \mu\text{V}$  pada tiap derajat Celcius. Tegangan tersebut kemudian dikonversikan sesuai dengan Tabel referensi yang telah ditetapkan sehingga menghasilkan pengukuran yang dapat dimengerti oleh kita.

### 2.11.2. Jenis-jenis Termokopel (Thermocouple)

Termokopel tersedia dalam berbagai ragam rentang suhu dan jenis bahan. Pada dasarnya, gabungan jenis-jenis logam konduktor yang berbeda akan menghasilkan rentang suhu operasional yang berbeda pula. Berikut ini adalah Jenis-jenis atau tipe Termokopel yang umum digunakan berdasarkan Standar Internasional.



#### a) Termokopel Tipe E

Bahan Logam Konduktor Positif : Nickel-Chromium

Bahan Logam Konduktor Negatif : Constantan

Rentang Suhu :  $-200^{\circ}\text{C} - 900^{\circ}\text{C}$

**b) Termokopel Tipe J**

Bahan Logam Konduktor Positif : Iron (Besi)

Bahan Logam Konduktor Negatif : Constantan

Rentang Suhu :  $0^{\circ}\text{C} - 750^{\circ}\text{C}$

**c) Termokopel Tipe K**

Bahan Logam Konduktor Positif : Nickel-Chromium

Bahan Logam Konduktor Negatif : Nickel-Aluminium

Rentang Suhu :  $-200^{\circ}\text{C} - 1250^{\circ}\text{C}$

**d) Termokopel Tipe N**

Bahan Logam Konduktor Positif : Nicrosil

Bahan Logam Konduktor Negatif : Nisil

Rentang Suhu :  $0^{\circ}\text{C} - 1250^{\circ}\text{C}$

**e) Termokopel Tipe T**

Bahan Logam Konduktor Positif : Copper (Tembaga)

Bahan Logam Konduktor Negatif : Constantan

Rentang Suhu :  $-200^{\circ}\text{C} - 350^{\circ}\text{C}$

**f) Termokopel Tipe U (kompensasi Tipe S dan Tipe R)**

Bahan Logam Konduktor Positif : Copper (Tembaga)

Bahan Logam Konduktor Negatif : Copper-Nickel

Rentang Suhu :  $0^{\circ}\text{C} - 1450^{\circ}\text{C}$

**Catatan:**

Jenis-jenis Termokopel dan rentang suhunya dikutip dari situs : [www.electro-labs.com/](http://www.electro-labs.com/)

**2.12. Semen Tahan Api**

Untuk memasang batu bata tahan api dibutuhkan semen tahan api yang berfungsi sebagai penutup celah antar bata agar panas didalam ruang bakar tidak



keluar. Pengolesan semen tahan api ini disarankan tidak boleh lebih dari 2 mm sebab ketika terkena panas akan terjadi penyusutan sehingga berakibat terbukanya celah antar bata dan menyebabkan panas akan keluar.

### **2.12.1. Mortar atau semen tahan api ini dibedakan menjadi 2 jenis yaitu:**

#### **1. Heat Setting Mortar**

Heat setting mortar sendiri terbagi menjadi 2 jenis yaitu Fire mortar untuk bata tahan api dan Insulating Mortar untuk insulating brick. Disebut heat setting karena karakteristik material ini tidak bisa mengeras sebelum terkena panas atau api. Tipe-tipe heat setting mortar mengikuti tipe bata tahan api, demikian juga dengan insulating mortar. Berikut beberapa tipe Heat Setting Mortar:

a) **TECHNOCAST FIRE MORTAR SK-30**

Fungsi: Memasang bata tahan api SK-30

Temperatur Kerja Maksimum: 1050°C

Kebutuhan material untuk per 1000 pcs bata: 200-225 Kg

Komposisi Kimia:

AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: > 25%

b) **TECHNOCAST FIRE MORTAR SK-32**

Fungsi: Memasang bata tahan api SK-32

Temperatur Kerja Maksimum: 1150°C

Kebutuhan material untuk per 1000 pcs bata: 200-225 Kg

Komposisi Kimia:

AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: > 30%

c) **TECHNOCAST FIRE MORTAR SK-34**

Fungsi: Memasang bata tahan api SK-34

Temperatur Kerja Maksimum: 1300°C

Kebutuhan material untuk per 1000 pcs bata: 200-250 Kg

Komposisi Kimia:

AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: > 40%

d) **TECHNOCAST FIRE MORTAR SK-36**

Fungsi: Memasang bata tahan api SK-36

Temperatur Kerja Maksimum: 1500°C

Kebutuhan material untuk per 1000 pcs bata: 200-250 Kg

Komposisi Kimia:

AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: > 50%

e) **TECHNOCAST FIRE MORTAR SK-38**

Fungsi: Memasang bata tahan api SK-38

Temperatur Kerja Maksimum: 1550°C

Kebutuhan material untuk per 1000 pcs bata: 200-250 Kg

Komposisi Kimia:

AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: > 60%



## 2. Air Setting Mortar

Sedangkan Air setting mortar mempunyai karakteristik yang cepat mengeras walau hanya terkena udara saja. Air setting mortar dapat digunakan untuk memasang bata tahan api dan insulating brick. Berikut beberapa tipe air setting mortar

a) **TECHNOCAST AIR SETTING MORTAR TS-140**

Fungsi: merekatkan bata tahan api SK-30, SK-32 dan SK-34 serta

Insulating brick IB-190, IB-1, B-1, B-2, C-1 dan C-2

Temperatur Kerja Maksimum: 1350°C

Kebutuhan material untuk per 1000 pcs bata: 200-250 Kg

Komposisi Kimia:

AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: > 45%

b) **TECHNOCAST AIR SETTING MORTAR TS-160**

Fungsi: merekatkan bata tahan api SK-36

Temperatur Kerja Maksimum: 1500°C

Kebutuhan material untuk per 1000 pcs bata: 200-250 Kg

Komposisi Kimia:

AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: > 55%

c) **TECHNOCAST AIR SETTING MORTAR TS-170**

Fungsi: merekatkan bata tahan api SK-38

Temperatur Kerja Maksimum: 1600°C

Kebutuhan material untuk per 1000 pcs bata: 200-250 Kg

Komposisi Kimia:

AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: > 60%



### 2.13. Tahanan dan Daya Listrik

Tahanan listrik (hambatan listrik) adalah sesuatu yang dapat mengurangi arus listrik. Arus listrik yang mengalir melalui konduktor akan mendapatkan hambatan atau tahanan dari kawat penghantar (konduktor) itu sendiri. Besarnya hambatan listrik diukur dengan satuan ohm.

Tegangan listrik, tahanan, dan kuatnya arus adalah nilai besaran listrik yang saling mempengaruhi satu sama lain. Bila tegangan listrik ditambah yang saling mempengaruhi satu sama lain. Bila tegangan listrik ditambah atau dinaikkan, maka arus yang mengalir dalam rangkaian juga ikut mengingkat. Sebaliknya, tegangan listrik tetap tetapi tahanan beban naik, maka arus listrik menjadi kecil.

Daya listrik adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, Daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Sedangkan berdasarkan konsep usaha, yang dimaksud dengan daya listrik adalah besarnya usaha dalam memindahkan muatan per satuan waktu atau lebih singkatnya adalah jumlah energi listrik yang digunakan tiap detik. Berdasarkan definisi tersebut, perumusan daya listrik adalah seperti dibawah ini:

$$P = E/t$$

Dimana:

P = Daya Listrik

E = Energi Dengan Satuan Joule

t = Waktu dengan satuan detik

Dalam rumus perhitungan, daya listrik biasanya dilambangkan dengan huruf "P" yang merupakan singkatan dari Power. Satuan Internasional (SI) daya listrik adalah watt yang disingkat W. Watt adalah sama dengan satu joule per detik (Watt = Joule / detik)

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung daya listrik dalam sebuah rangkaian listrik adalah:

$$P = V \times I$$

Atau

$$P = I^2 R$$

$$P = V^2 / R$$

Dimana: P = Daya Listrik dengan satuan watt (W)

V = Tegangan listrik dengan satuan volt (V)

I = Arus Listrik dengan satuan Ampere (A)

R = Hambatan dengan satuan Ohm ( $\Omega$ )

## 2.14. Perpindahan Kalor

Perpindahan panas yaitu merupakan salah satu dari disiplinnya ilmu teknik termal yang juga mempelajari cara menghasilkan panas, menggunakan panas, mengubah panas, dan menukar panas diantara sistem fisik. Panas (kalor) adalah energi yang berpindah dari suhu yang tinggi ke suhu rendah. Macam-macam Perpindahan panas yaitu:

### 2.14.1. Perpindahan Kalor secara Konduksi

Konduksi adalah perpindahan kalor melalui zat padat. Perpindahan ini tidak diikuti dengan perpindahan partikel perantara. Berdasarkan kemampuan menghantar kalor, zat dibagi menjadi dua golongan besar, yaitu konduktor dan isolator. Konduktor ialah zat yang mudah menghantar kalor. Isolator adalah zat yang sukar menghantar kalor. Banyaknya kalor Q yang melalui dinding selama selang waktu t, dinyatakan sebagai berikut.

$$H = \frac{Q}{T} = \frac{k \cdot A \cdot \Delta v}{L}$$

$$Q = k \cdot A \cdot t \frac{\Delta v}{L}$$

Dalam peristiwa dua batang logam berbeda jenis yang disambungkan berlaku bahwa laju aliran kalor dalam kedua batang adalah sama besarnya ditulis sebagai berikut.

$$\frac{Q_1}{t} = \frac{Q_2}{t}$$

$$\frac{k_1 A \Delta T_1}{L_1} = \frac{k_2 A \Delta T_2}{L_2}$$

Keterangan:

Q : kalor (J) atau (kal)

k : konduktivitas termal (W/mK)

A : luas penampang (m<sup>2</sup>)

$\Delta T$  : perubahan suhu (K)

L : panjang (m)

H : kalor yang merambat persatuan waktu (J/s atau watt)

t : waktu (sekon)

#### 2.14.2. Perpindahan Kalor Secara Konveksi

Konveksi adalah proses perpindahan kalor dari satu bagian fluida ke bagian lain fluida oleh pergerakan fluida itu sendiri. Ada dua jenis konveksi, yaitu konveksi alamiah dan konveksi paksa. Pada konveksi alamiah, pergerakan fluida terjadi akibat perbedaan massa jenis. Adapun pada konveksi paksa, fluida yang telah dipanasi langsung diarahkan ke tujuannya oleh sebuah peniup (blower) atau pompa. Contoh konveksi paksa, antara lain sistem pendingin mobil dan pengering rambut (hairdryer).

Pemanfaatan konveksi terjadi pada cerobong asap, sistem suplai air panas, dan lemari es. Laju kalor  $Q/t$  sebuah panas memindahkan kalor ke fluida sekitarnya secara konveksi sebanding dengan luas permukaan benda yang bersentuhan dengan fluida dan beda suhu di antara benda dan fluida. Hal tersebut dapat ditulis sebagai berikut.

$$H = \frac{Q}{t} = h \cdot A \cdot \Delta T$$

Keterangan:

H: laju kalor (kal/s atau J/s)

Dengan  $h$  adalah koefisien konveksi yang nilainya bergantung pada bentuk dan kedudukan permukaan, yaitu tegak, miring, mendatar, menghadap ke bawah, atau menghadap ke atas. Konveksi dalam kehidupan sehari-hari, antara lain terlihat pada peristiwa angin darat dan angin laut.

### 2.14.3. Perpindahan Kalor Secara Radiasi

Radiasi atau pancaran adalah perpindahan energi kalor dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Pada tahun 1897, Joseph Stefan melakukan pengukuran daya total yang dipancarkan oleh benda hitam sempurna. Dia menyatakan bahwa daya total itu sebanding dengan pangkat empat suhu mutlaknya. Lima tahun kemudian Ludwig Boltzmann menurunkan hubungan yang sama. Persamaan yang didapat sama dari hubungan ini dikenal sebagai hukum Stefan-Boltzmann yang berbunyi “Energi yang dipancarkan oleh suhu permukaan ( $A$ ) dan sebanding dengan pangkat empat suhu mutlak permukaan itu ( $T^4$ )” dan ditulis sebagai berikut.

$$\frac{Q}{t} = \sigma \cdot AT^4$$

dengan  $\sigma$  dikenal sebagai tetapan Stefan-Boltzmann yang mempunyai nilai  $5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ . Karena tidak semua benda dianggap sebagai benda hitam sempurna maka persamaan Stefan- Boltzman untuk benda dapat ditulis sebagai berikut.

$$\frac{Q}{t} = e \sigma \cdot AT^4$$

Dengan  $e$  adalah koefisien yang disebut emisivitas, nilainya di antara 0 dan 1 serta bergantung pada jenis zat dan keadaan permukaan. Untuk benda hitam sempurna,  $e = 1$ .