

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Konduktivitas

Konduktivitas panas yang diartikan sebagai kemampuan suatu materi untuk menghantarkan panas, merupakan salah satu parameter yang diperlukan dalam mendapatkan material dengan konduktivitas panas yang rendah. Penelitian-penelitian mengenai konduktivitas panas terhadap berbagai lapangan yang berbeda-beda telah dilakukan para geofisikawan sejak periode tahun 1800, seperti halnya yang telah dilakukan oleh Poulsen pada tahun 1981 dengan menggunakan metode Needle Probe.

Suhu merupakan ukuran mengenai panas atau dinginnya suatu benda. Kalor adalah suatu bentuk energi yang diterima oleh suatu benda yang menyebabkan benda tersebut berubah suhu atau wujud bentuknya. Kalor berbeda dengan suhu, karena suhu adalah ukuran dalam satuan derajat panas.



Gambar 2.1 Proses perpindahan kalor

Kalor merupakan suatu kuantitas atau jumlah panas baik yang diserap maupun dilepaskan oleh suatu benda. Kalor digunakan bila menjelaskan perpindahan energi dari satu tempat ke yang lain. Kalor adalah energi yang dipindahkan akibat adanya perbedaan temperatur. Sedangkan energi dalam (termis) adalah energi karena temperaturnya.

Satuan kalor adalah kalori dimana, 1 kalori adalah kalor yang diperlukan untuk menaikkan temperatur 1 gr air dari 14,5 C menjadi 15,5 C. Dalam sistem British, 1 Btu\_(British Thermal Unit) adalah kalor untuk menaikkan temperatur 1 lb air dari 63 F menjadi 64 F.

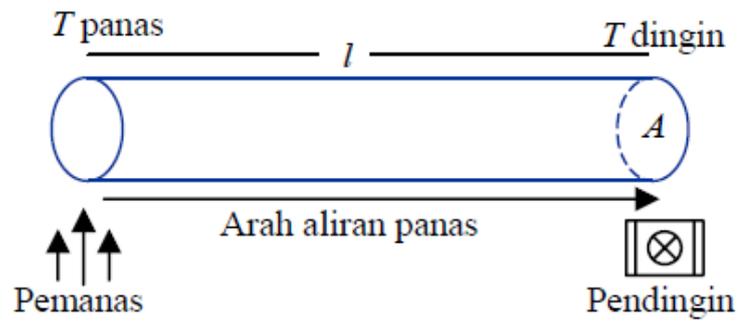
$$1 \text{ kal} = 4,186 \text{ J} = 3,968 \times 10^{-3} \text{ Btu}$$

$$1 \text{ J} = 0,2389 \text{ kal} = 9,478 \times 10^{-4} \text{ Btu}$$

$$1 \text{ Btu} = 1055 \text{ J} = 252,0 \text{ kal}$$

### **2.1.1 Konduktivitas Termal**

Konduktivitas termal dapat didefinisikan sebagai ukuran kemampuan bahan untuk menghantarkan panas. Konduktivitas termal adalah sifat bahan dan menunjukkan jumlah panas yang mengalir melintasi satu satuan luas jika gradien suhunya satu. Bahan yang mempunyai konduktivitas termal yang tinggi dinamakan konduktor, sedangkan bahan yang konduktivitas termalnya rendah disebut isolator. Konduktivitas termal berubah dengan suhu, tetapi dalam banyak soal perancangan perubahannya cukup kecil untuk diabaikan. Nilai angka konduktivitas termal menunjukkan seberapa cepat kalor mengalir dalam bahan tertentu. Makin cepat molekul bergerak, makin cepat pula ia mengangkut energi. Jadi konduktivitas termal bergantung pada suhu. Pada pengukuran konduktivitas termal mekanisme perpindahannya dengan cara konduksi.



Gambar 2.2 Laju aliran kalor

$$q = -\lambda \cdot A \cdot \frac{dT}{dt} \quad (2.1)$$

dan

$$q = \frac{E}{Axt} \quad (2.2)$$

Keterangan:

$q$  : Laju aliran panas tiap satuan luas  $A$  tiap satuan waktu  $t$

$E$  : Energi

$A$  : Luas penampang lintang sampel

$T$  : Suhu

$\lambda$  : Konduktivitas termal

$t$  : Waktu

Silinder standar menggunakan logam Cu (Tembaga) terdiri dari 3 segmen mempunyai diameter 40 mm dengan ketebalan 90 mm pada segmen atas, 30 mm pada segmen tengah dan 90 mm pada segmen bawah. konduktivitas termal 320 Kcal/cmh°C atau 397 W/m.°C. Sedangkan sampel yang digunakan berjumlah dua buah dengan diameter 40mm dan ketebalan masing-masing 4 mm dan 2 mm. Sampel diletakkan diantara segmen silinder standar.

Tabel 2.1 Konduktivitas termal pada berbagai bahan

Bahan	$\lambda$ (W/m. °K)	Bahan	$\lambda$ (W/m. °K)
Aluminium	237	Air	0,6
Baja Stainless	14	Akrilik	0,16
Besi	79,5	Gelas	0,8
Emas	314	Karet	0,2
Intan	2000	Kayu	0,21
Tembaga	390	Timah	34,7
Kuningan	151	Udara	0,0234

Perpindahan panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu dapat dibedakan melalui 3 cara, yaitu: radiasi, konveksi, dan konduksi. Radiasi merupakan proses perpindahan panas secara langsung di dalam medium terpisah atau medium tembus cahaya, energy kalor akan berpindah dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Proses konveksi terjadi jika terdapat perpindahan energi dengan kerja gabungan konduksi panas, penyimpanan energi, dan gerakan mencampur dengan disertai partikel-partikel dari medium.

Proses mengalirnya panas dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu lebih rendah di dalam suatu medium tanpa disertai partikel medium atau antara medium berlainan dinamakan proses konduksi, misalnya proses yang terjadi saat sebatang besi dipanaskan. Dalam proses konduksi, apabila medium cepat menghantarkan panas, maka kenaikan suhu akan berjalan lambat, sebaliknya apabila medium lambat menghantarkan panas maka kenaikan suhu akan berjalan cepat. Selanjutnya dengan mengplot kenaikan suhu sebagai fungsi waktu, maka akan diperoleh suatu garis lurus yang sesuai dengan persamaan:

$$T = \frac{Q}{4\pi K} \ln(t) + A \quad (2.3)$$

Dengan  $T$  adalah temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $Q$  adalah panas yang diproduksi persatuan panjang *probe* ( $\text{W/m}$ ),  $K$  adalah konduktivitas panas bahan ( $\text{W/m } ^{\circ}\text{C}$ ),  $t$  adalah waktu (sekon), dan  $A$  adalah konstanta yang menyatakan suhu pada saat  $t = 0$  ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Berdasarkan hukum kedua termodinamika konduktivitas panas dapat diukur jika terjadi perpindahan panas dari suhu yang tinggi ke suhu yang rendah. Dengan rumusan tersebut maka jika suatu materi diberikan daya panas tertentu akan terjadi perpindahan panas. Prinsip tersebut selanjutnya diterapkan pada metode Needle Probe, yaitu salah satu metode praktis untuk mengukur suatu konduktivitas panas bahan dengan sistem kerja sebagai berikut: Probe yang telah dialiri suatu panas tertentu dimasukkan dalam bahan yang akan diukur, kemudian adanya perbedaan panas antara panas pada Probe dan bahan yang akan diukur menyebabkan terjadinya perpindahan panas yang kemudian akan terdeteksi oleh suatu sensor yang berada di dalam Probe itu sendiri. Energi panas yang dihasilkan dalam Needle Probe dapat dihasilkan dari energi listrik dengan mengalirkan arus listrik ke dalam kawat pemanas. Arus listrik pada kawat didefinisikan sebagai jumlah muatan yang melewati kawat tiap satuan waktu pada satu titik. Dengan demikian arus  $I$  didefinisikan sebagai:

$$I = \frac{q}{t} \quad (2.4)$$

dengan  $q$  adalah jumlah muatan ( $\text{C}$ ) yang melewati konduktor pada suatu lokasi selama jangka waktu  $t$  (detik) dan  $I$  adalah arus listrik ( $\text{A}$ ). Apabila  $q$  yang

bergerak melewati beda potensial sebesar  $V$  adalah  $qV$ , maka daya  $P$ , yang merupakan kecepatan perubahan energi adalah :

$$P = \frac{qV}{t} \quad (2.5)$$

dengan  $P$  adalah daya (watt) dan  $V$  merupakan beda potensial yang dihasilkan (volt). Muatan yang mengalir tiap detik merupakan arus listrik, dengan demikian:

$$P = VI \quad (2.6)$$

Panas yang dihasilkan dalam kumparan pemanas terjadi karena adanya banyak tumbukan antara elektron yang bergerak dan atom pada kawat. Pada setiap tumbukan, sebagian energi elektron ditransfer ke atom yang ditumbuknya. Sebagai akibatnya, energi kinetik atom bertambah dan dengan demikian temperatur elemen kawat bertambah. Energi panas yang bertambah ini selanjutnya dapat ditransfer sebagai kalor secara konduksi pada Needle Probe.

#### a. Standar ASTM E 1530-99

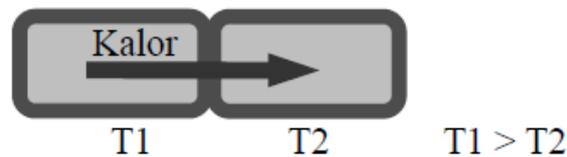
Metode pengukuran konduktivitas termal pada standar ini memiliki batasan pengukuran resistansi aliran panas material dengan ketebalan sampel ukur kurang dari 25 mm dan berdiameter sebesar 50,8 mm atau 2 inchi. Resistansi termal yang diukur harus berkisar dari 10 sampai  $400 \times 10^{-4} \text{ m}^2\text{K/W}$  dan nilai konduktivitas termalnya berkisar  $0,1 < \_ < 30 \text{ W/(m.K)}$  pada temperature berkisar 150 sampai 600 °K .

## 2.2 Perpindahan Kalor

Perpindahan panas terjadi secara alamiah dari tempat bertemperatur tinggi (panas) ke tempat bertemperatur rendah (dingin), sampai keduanya memiliki keadaan temperatur yang sama atau dalam keadaan seimbang. Proses perpindahan panas ini berlangsung dalam 3 mekanisme, yaitu : konduksi, konveksi dan radiasi.

### 2.2.1 Perpindahan Kalor Secara Konduksi

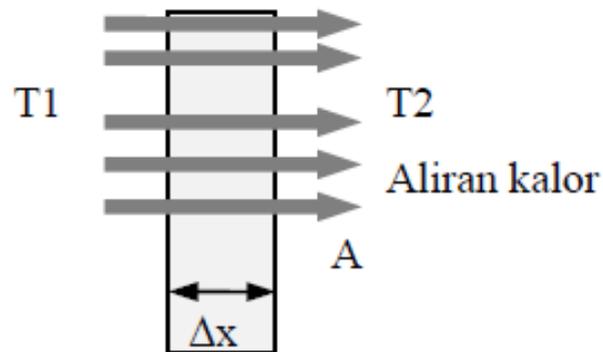
Adalah proses dimana panas mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam suatu medium (padat, cair, gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Proses perpindahan kalor secara konduksi bila dilihat secara atomik merupakan pertukaran energi kinetik antar molekul (atom), dimana partikel yang energinya rendah dapat meningkat dengan ditumbuk partikel dengan energi yang lebih tinggi.



Gambar 2.3 Proses perpindahan kalor pada dua benda yang bersentuhan

Sebelum dipanaskan kisi atom dari logam bergetar pada posisi setimbang. Pada ujung logam mulai dipanaskan, pada bagian ini kisi atom bergetar dengan amplitudo yang makin membesar. Selanjutnya bertumbukan dengan kisi atom disekitarnya dan memindahkan sebagian energinya. Kejadian ini berlanjut hingga pada atom dan elektron di ujung logam yang satunya. Konduksi terjadi melalui getaran kisi atom. Bila  $T_2$  dan  $T_1$  dipertahankan terus besarnya, maka kesetimbangan termal tidak akan pernah tercapai, dan dalam keadaan mantap/tunak (steady state), kalor yang mengalir persatuan waktu sebanding dengan luas penampang  $A$ , sebanding dengan perbedaan temperatur  $\Delta T$  dan berbanding terbalik dengan lebar bidang  $\Delta x$ .

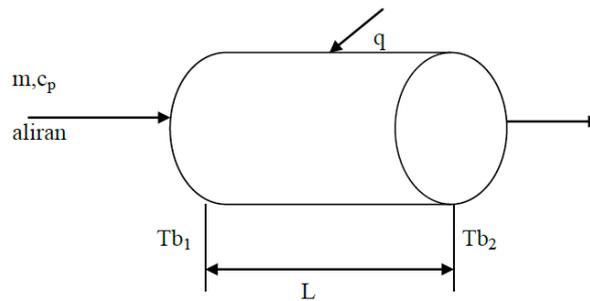
$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = H \propto A \frac{\Delta T}{\Delta X}$$



Gambar 2.4. Proses aliran kalor pada suatu penampang.

### 2.2.2 Perpindahan Kalor secara Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas karena adanya gerakan/aliran/pencampuran dari bagian panas ke bagian yang dingin. Contohnya adalah kehilangan panas dari radiator mobil, pendinginan dari secangkir kopi dll. Menurut cara menggerakkan alirannya, perpindahan panas konveksi diklasifikasikan menjadi dua, yakni konveksi bebas (*free convection*) dan konveksi paksa (*forced convection*). Bila gerakan fluida disebabkan karena adanya perbedaan kerapatan karena perbedaan suhu, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi bebas (*free / natural convection*). Bila gerakan fluida disebabkan oleh gaya pemaksa / eksitasi dari luar, misalkan dengan pompa atau kipas yang menggerakkan fluida sehingga fluida mengalir di atas permukaan, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi paksa (*forced convection*).



**Gambar 2.5. Perpindahan panas konveksi (J.P.Holman, hal:. 252).**

Proses pemanasan atau pendinginan fluida yang mengalir didalam saluran tertutup seperti pada gambar 2.2 merupakan contoh proses perpindahan panas. Laju perpindahan panas pada beda suhu tertentu dapat dihitung dengan persamaan ( Holman,1994 ).

$$Q = -hA(T_w - T_{\infty}) \quad (2.7)$$

Keterangan :

$Q$  = Laju Perpindahan Panas ( kj/det atau W )

$h$  = Koefisien perpindahan Panas Konveksi ( W / m<sup>2</sup>.°C )

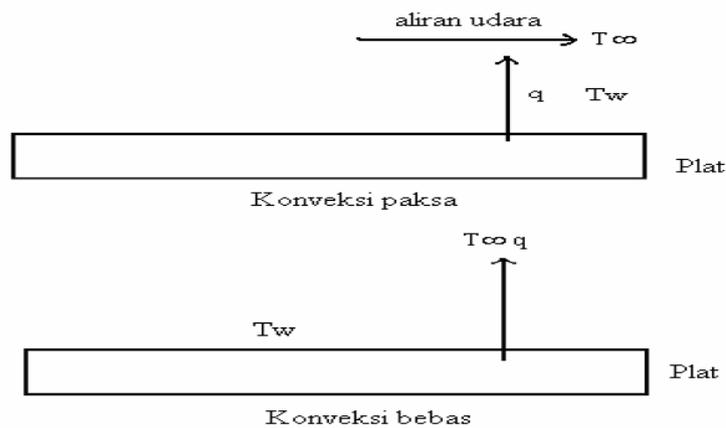
$A$  = Luas Bidang Permukaan Perpindahan Panas ( ft<sup>2</sup> , m<sup>2</sup> )

$T_w$  = Temperature Dinding ( °K )

$T_{\infty}$  = Temperature Sekeliling ( °K )

Tanda minus ( - ) digunakan untuk memenuhi hukum II thermodinamika, sedangkan panas yang dipindahkan selalu mempunyai tanda positif ( + ).

Persamaan (2.4) mendefinisikan tahanan panas terhadap konveksi. Koefisien pindah panas permukaan  $h$ , bukanlah suatu sifat zat, akan tetapi menyatakan besarnya laju pindah panas didaerah dekat pada permukaan itu.



**Gambar 2.6 Perpindahan Panas Konveksi**

Perpindahan konveksi paksa dalam kenyataanya sering dijumpai, kaarena dapat meningkatkan efisiensi pemanasan maupun pendinginan satu fluida dengan fluida yang lain.

### 2.3 Pengertian Sensor Suhu

Sensor Suhu atau *Temperature Sensors* adalah suatu komponen yang dapat mengubah besaran panas menjadi besaran listrik sehingga dapat mendeteksi gejala perubahan suhu pada obyek tertentu. Sensor suhu melakukan pengukuran terhadap jumlah energi panas/dingin yang dihasilkan oleh suatu obyek sehingga memungkinkan kita untuk mengetahui atau mendeteksi gejala perubahan-perubahan suhu tersebut dalam bentuk output Analog maupun Digital. Sensor Suhu juga merupakan dari keluarga Transduser. Contoh peralatan-peralatan listrik maupun elektronik yang menggunakan Sensor Suhu diantaranya seperti Thermometer Suhu Ruangan, Thermometer Suhu Badan, Rice Cooker, Kulkas, Air Conditioner (Pendingin Ruangan) dan masih banyak lagi.

### 2.3.1 Thermocouple

#### A. Pengertian Thermocouple

Thermocouple adalah sensor suhu yang banyak digunakan untuk mengubah perbedaan suhu dalam benda menjadi perubahan tegangan listrik (voltase). Thermocouple yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur temperatur dalam jangkauan suhu yang cukup besar dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari  $1^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 2.7 sensor suhu thermocouple

#### B. Fungsi Thermocouple

Thermocouple merupakan sensor yang mengubah besaran suhu menjadi tegangan, dimana sensor ini dibuat dari sambungan dua bahan metallic yang berlainan jenis. Sambungan ini dikomposisikan dengan campuran kimia tertentu, sehingga dihasilkan beda potensial antar sambungan yang akan berubah terhadap suhu yang dideteksi.

#### C. Tipe-Tipe Thermocouple

Tersedia beberapa jenis termokopel, tergantung aplikasi penggunaannya

- Tipe K (Chromel (Ni-Cr alloy) / Alumel (Ni-Al alloy)) Termokopel untuk tujuan umum. Lebih murah tersedia untuk rentang suhu  $-200^{\circ}\text{C}$  hingga  $+1200^{\circ}\text{C}$ .
- Tipe E (Chromel / Constantan (Cu-Ni alloy)) Tipe E memiliki output yang besar

(68  $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ) membuatnya cocok digunakan pada temperatur rendah. Properti lainnya tipe E adalah tipe non magnetik.

- Tipe J (Iron / Constantan) Rentangnya terbatas ( $-40$  hingga  $+750$   $^\circ\text{C}$ ) membuatnya kurang populer dibanding tipe K. Tipe J memiliki sensitivitas sekitar  $\sim 52 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$

- Tipe N (Nicrosil (Ni-Cr-Sialloy) / Nisil (Ni-Sialloy))

Stabil dan tahan yang tinggi terhadap oksidasi membuat tipe N cocok untuk pengukuran suhu yang tinggi tanpa platinum. Dapat mengukur suhu di atas  $1200$   $^\circ\text{C}$ . Sensitivitasnya sekitar  $39 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$  pada  $900^\circ\text{C}$ , sedikit di bawah tipe K. Tipe N merupakan perbaikan tipe K Termokopel.

- tipe B, R, dan S adalah termokopel logam mulia yang memiliki karakteristik yang hampir sama. Mereka adalah termokopel yang paling stabil, tetapi karena sensitivitasnya rendah (sekitar  $10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ) mereka biasanya hanya digunakan untuk mengukur temperatur tinggi ( $>300^\circ\text{C}$ ).

- Tipe B (Platinum-Rhodium / Pt-Rh) Cocok mengukur suhu di atas  $1800$   $^\circ\text{C}$ . Tipe B memberi output yang sama pada suhu  $0^\circ\text{C}$  hingga  $42^\circ\text{C}$  sehingga tidak dapat dipakai dibawah suhu  $50^\circ\text{C}$ .

- Tipe R (Platinum / Platinum with 7% Rhodium) Cocok mengukur suhu di atas  $1600$   $^\circ\text{C}$ . sensitivitas rendah ( $10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum.

- Tipe S (Platinum / Platinum with 10% Rhodium) Cocok mengukur suhu di atas  $1600$   $^\circ\text{C}$ . sensitivitas rendah ( $10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum. Karena stabilitasnya yang tinggi Tipe S digunakan untuk standar pengukuran titik leleh emas ( $1064.43$   $^\circ\text{C}$ ).

- Type T (Copper / Constantan) Cocok untuk pengukuran antara  $-200$  to  $350$  °C. Konduktor positif terbuat dari tembaga, dan yang negatif terbuat dari constantan. Sering dipakai sebagai alat pengukur alternatif sejak penelitian kawat tembaga. Type T memiliki sensitifitas  $\sim 43 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ .

#### **D. Bagian-Bagian Thermocouple**

##### 1. General Purpose Rope

- Jack : Menghubungkan antara General Purpose Rope dengan thermocouple.
- Stick : Yang terdiri dari 2 buah logam, sebagai variabel pendeteksi suhu.
- Pemegang : Tempat dimana tangan saat melakukan pengukuran.

##### 2. Thermocouple

- Display: Sebagai penunjuk hasil pengukuran.
- Kenop : Sebagai pemutar ON atau OFF.

#### **E. Prinsip Kerja Thermocouple**

Thermocouple suatu rangkaian yang tersusun dari dua buah logam yang masing-masing mempunyai koefisien muai panjang berbeda yang dihubungkan satu dengan yang lain pada ujung-ujungnya. Jika pada kedua titik hubung kedua logam tersebut mempunyai perbedaan temperature, maka timbullah beda potensial yang memungkinkan adanya arus listrik di dalamnya. Termokopel secara sederhana merupakan perpaduan antara dua logam yang berbeda jenis, yang persambungan (kopel) kedua logam diberikan pengkondisian suhu yang berbeda (panas dan dingin). Setting alat untuk melakukan kalibrasi termokopel yaitu, misal kita sebut saja logam A dan logam B merupakan bahan logam pada termokopel.

Ujung logam A dan B disambung dan ujung-ujung yang lain dihubungkan ke alat ukur listrik dan dimasukkan ke dalam kondisi suhu dingin, dan untuk ujung yang dikopel ditempatkan pada kondisi suhu panas.. Jadi, nilai tegangan itu setara dengan suhu yang terukur oleh termometer, sehingga didapatkan nilai tegangan sekian=suhu sekian, Untuk memahami bagaimana sebuah sambungan logam pada termokopel dapat menimbulkan tegangan listrik kita bisa meninjaunya dari sisi pergerakan atom-atom logam yang digunakan pada termokopel. Suatu logam apabila dipanaskan maka akan mengalami pemuaian, baik memuai panjang maupun memuai lebar (volum). Pemuaian ini diakibatkan oleh pergerakan atom-atom atau elektron dari suhu tinggi menuju ke suhu yang lebih rendah. Pergerakan ini banyak sedikitnya atau cepat lambatnya tergantung pada bahan logam itu sendiri, artinya logam satu dengan logam lainnya memiliki kecepatan muai yang berbeda-beda. Hal ini dapat kita amati pada bimetal (dua keping logam yang dipadu), ketika bimetal ini dipanaskan maka yang tadinya lurus akan membengkok kearah logam yang pemuaiannya lebih lambat. Jadi, pada logam termokopel yang berbeda jenis akan memiliki kecepatan alir elektron yang berbeda pula, hal inilah yang kemudian menyebabkan beda potensial di ujung-ujung logam tersebut, yang mana telah dihubungkan ke alat ukur listrik sehingga timbul tegangan listrik di ujung-ujung logam tersebut. Termocouple banyak digunakan sebagai alat ukur suhu di dunia industri, salah satu keuntungannya yaitu mampu mengukur suhu yang sangat tinggi dan juga suhunya rendah.

Thermocouple merupakan sebuah alat yang biasa digunakan untuk mengukur suhu yang pada umumnya sebagai termometer digital, karena termokopel memiliki output berupa arus listrik sehingga pengkonversiannya dapat

secara digital. Pada banyak aplikasi, salah satu sambungan-sambungan yang dingin dijaga sebagai temperatur referensi, sedang yang lain dihubungkan pada objek pengukuran. Contoh, hubungan dingin akan ditempatkan pada tembaga pada papan sirkuit. Sensor suhu yang lain akan mengukur suhu pada titik ini, sehingga suhu pada ujung benda yang diperiksa dapat dihitung.

Thermocouple dapat dihubungkan secara seri satu sama lain untuk membuat thermocouple, dimana tiap sambungan yang panas diarahkan ke suhu yang lebih tinggi dan semua sambungan dingin ke suhu yang lebih rendah. Dengan begitu, tegangan pada setiap thermocouple menjadi naik, yang memungkinkan untuk digunakan pada tegangan yang lebih tinggi. Dengan adanya suhu tetapan pada sambungan dingin, yang berguna untuk pengukuran di laboratorium, Secara sederhana Thermocouple tidak mudah dipakai untuk kebanyakan indikasi sambungan langsung dan instrumen kontrol. Mereka menambahkan sambungan dingin tiruan ke sirkuit mereka yaitu peralatan lain yang sensitif terhadap suhu (seperti termistor atau dioda) untuk mengukur suhu sambungan input pada peralatan, dengan tujuan khusus untuk mengurangi gradiasi suhu di antara ujung-ujungnya. Thermocouple mengukur perbedaan temperature diantara kedua kaki, bukan temperatur absolute. Ketika terkena panas maka bimetal akan bengkok kearah yang koefisiennya lebih kecil. Pemuaian ini kemudian dihubungkan dengan jarum dan menunjukkan angka tertentu. Angka yang ditunjukkan jarum ini menunjukkan suhu benda (pada Thermocouple digital). Termokopel ini macam-macam, tergantung jenis logam yang digunakan. Jenis logam akan menentukan rentang temperatur yang bisa diukur (termokopel

suhu badan (temperatur rendah) berbeda dengan termokopel untuk mengukur temperatur tungku bakar(temperatur tinggi),juga sensitivitasnya.

Terdapat sebuah kawat pemanas lurus yang dibuat dari bahan yang mempunyai nilai tahanan yang cukup tinggi. Pada tengah-tengah kawat pemanas tersebut dihubungkan dengan salah satu titik hubung dari thermocouple. Kedua ujung bebas thermocouple masing-masing dihubungkan dengan pengukur milivolt yang akan mengukur beda tegangan yang dihasilkan oleh kedua ujung thermocouple tersebut. Jika arus  $I$  dialirkan melalui kawat pemanas maka kawat pemanas akan membangkitkan panas dengan besar daya berbanding dengan arus kuadratnya. Panas yang dibangkitkan ini menaikkan panas pada tengah kawat pemanasdarike .

Dibawah ini merupakan contoh pasangan logam yang digunakan untuk pembuatan thermocouple:

#### **F. Kalibrasi Thermocouple**

Tidak ada kalibrasi pada alat ini, namun sebelum penggunaan pastikan kedua kaki pada alat ini berbeda jenisnya (misalnya kromium dengan aluminium). kromium sebagai kaki dingin, sedangkan aluminium sebagai kaki panas.

#### **G. Cara Penggunaan Thermocouple**

Memasang baterai 9 volt,kemudian menghubungkan probe dengan konektor pada bagian atas. Lalu putar posisi ke  $^{\circ}\text{C}$  atau  $^{\circ}\text{F}$  (tergantung tipe). jika tidak ada probe terpasang, atau jika membaca over-range, layar menampilkan berkedip strip. jika pengukuran adalah sedikit di atas rentang spesifikasi meter,

layar berkedip nilai skala penuh terdekat. untuk mematikan termometer, putar kenop ke OFF.

#### I. Pembacaan Hasil Pengukuran

- Pada Thermocouple digital, angka hasil pengukuran langsung terlihat.
- Pada Thermocouple analog, menggunakan rumus:

$V$  = perubahan tegangan (Volt)

$S$  = koefisien seebeck (40 mV/ )

$T$  = perubahan suhu ( )

#### H. Contoh Penggunaan Thermocouple

Termokopel paling cocok digunakan untuk mengukur rentangan suhu yang luas, hingga 1800 K. Sebaliknya, kurang cocok untuk pengukuran dimana perbedaan suhu yang kecil harus diukur dengan akurasi tingkat tinggi, contohnya rentang suhu 0–100 °C dengan keakuratan 0.1 °C. Untuk aplikasi ini, Termistor dan RTD lebih cocok. Contoh Penggunaan Termokopel yang umum antara lain :

- Industri besi dan baja
- Pengaman pada alat-alat pemanas
- Untuk termopile sensor radiasi
- Pembangkit listrik tenaga panas radioisotop

Thermocouple banyak digunakan sebagai alat ukur suhu di dunia industri, salah satu keuntungannya yaitu mampu mengukur suhu yang sangat tinggi dan juga suhu rendah.

## **I. Kelemahan dan Kelebihan Thermocouple**

Kelemahan: Termokopel tidak dapat mengukur suhu awal dari suatu termometer pada suhu awal dari suatu termometer pada umumnya karena alat ini tidak dapat dikalibrasi. Sehingga ketika termokopel pada posisi ON, langsung muncul suhu ruangan.

Kelebihan : Termokopel paling cocok digunakan untuk mampu mengukur suhu yang sangat tinggi dan juga suhu rendah dari -200 hingga 1800<sup>0</sup>C.

### **2.4 Elemen Pemanas**

Elemen pemanas bekerja sangat sederhana. Tidak seperti konduktor, elemen pemanas terbuat dari logam dengan tahanan listrik yang tinggi, biasanya paduan nikel-chrome yang disebut nichrome. Jika arus mengalir melalui elemen, tahanan yang tinggi ini mencegahnya dari aliran yang mudah (cepat); aliran ini akan bekerja pada elemen, dengan kerja ini akan menghasilkan panas. Jika arus mati, elemen secara perlahan menjadi dingin. Ada 3 jenis elemen pemanas: kawat, pita, dan batang.

#### **2.4.1 kawat nikelin**

Arus listrik mengalir melalui lilitan elemen berupa kawat nikelin yang di lilitkan pada lembaran mika, kawat nikelin di gulung menyerupai bentuk spiral dan di masukkan dalam selongsong / pipa sebagai pelindung dengan inputan tegangan AC ( arus bolak-balik) sehingga timbul panas yang dihasilkan dari lilitan-lilitan logam.



Gambar 2.8 kawat nikelin

## 2.5 Besi Tulangan

Campuran besi yang memakai baja tulangan yang lazim disebut beton bertulang merupakan suatu bahan bangunan yang dianggap memikul gaya secara bersama-sama.

Besi tulangan yang dipakai adalah dari baja yang berpenampang bulat polos dan besi deform (berulir). Fungsi dari besi dan beton-beton bertulang hanya dapat dipertanggung jawabkan apabila penempatan biji tulangan tersebut pada kedudukannya sesuai dengan rencana gambar yang ada.

Dalam pelaksanaan pekerjaan, faktor kualitas dan ekonominya dapat dicapai apabila cara pengerjaannya ditangani oleh pelaksana yang berpengalaman, dengan tetap mengikuti persyaratan-persyaratan yang telah ditetapkan.

Tujuan-tujuan ini hanya mungkin dapat dicapai apabila urutan pengerjaan dan pengawasan benar-benar dapat dilaksanakan dengan baik. Sangat diperlukan sekali perhatian kearah ini sejak dari pemilihan / pembelian, cara penyimpanan, cara pemotongan / pembentukan menurut gambar dan lain-lain.



Gambar 2.9 Besi Beton

Pada pelaksanaan proyek ini tulangan yang dipakai adalah baja tulangan mutu U-40 yang mempunyai tulangan leleh karakteristik ( $T_{au}$ ) = 4000 kg/cm<sup>2</sup>. Profil besi tulangan yang digunakan beragam diameternya yakni 6, & 8. Untuk mengikat tulangan dipakai kawat pengikat yang terbuat dari baja lunak yang diameter minimum 1 (satu) mm yang telah dipijarkan terlebih dahulu dengan tidak bersepuh seng.

## 2.6 Semen Putih

Tiga roda yang memiliki warna keabu-abuan, warna ini disebabkan oleh kandungan oksida silika pada portland cement tersebut. Jika kandungan oksida silika tersebut dikurangi 0,4 %, maka warna semen tiga roda berubah menjadi warna putih. semen putih (gray cement) adalah semen yang lebih murni dari semen abu dan digunakan untuk pekerjaan penyelesaian (finishing), seperti sebagai filler atau pengisi. Semen jenis ini dibuat dari bahan utama kalsit (calcite) limestone murni. Semen putih dibuat untuk tujuan dekoratif, bukan untuk tujuan konstruktif. Pembuatan semen ini membutuhkan persyaratan bahan baku dan proses pembuatan yang khusus, seperti misalnya bahan mentahnya mengandung oksida besi dan oksida manganese yang sangat rendah (dibawah 1 %).



Gambar 2.10 Jenis Semen Putih

Semen Putih merupakan jenis semen bermutu tinggi. Semen Putih terutama digunakan untuk keperluan pekerjaan-pekerjaan arsitektur. Semen Putih dibuat dari bahan-bahan baku pilihan yang rendah kandungan besi dan magnesium oksidanya (bahan-bahan tsb. menyebabkan semen berwarna abu-abu). Derajat keputihannya diukur menurut standar yang berbeda-beda, namun mutu Semen Putih ITP mencapai angka sekitar 85 dengan menggunakan metode Kett C-1. Semen Putih dapat juga digunakan untuk proses konstruksi pada umumnya dan saat ini merupakan satu-satunya Semen Putih produksi dalam negeri.

### **2.7 Pasir ( Agregat Halus )**

Pasir untuk adukan pasangan, adukan plesteran dan beton bitumen harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Pasir harus, tajam dan keras, harus bersifat kekal artinya, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
2. Pasir harus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering), yang diartikan dengan Lumpur ialah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar Lumpur melalui 5% maka agregat harus dicuci.
3. Pasir tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dan adbrams-harder (dengan larutan NH OH). Agregat halus tidak memenuhi percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat yang sama.



Gambar 2.11 Pasir Cor

## 2.8 Semen tahan api

Semen tahan api atau dalam istilah bahasa Inggris nya fire mortar adalah sebagai pengikat coran, dalam aplikasinya ketebalan semen tahan api maksimal 2-3 mm. Dengan sifat nya tidak langsung mengeras sebelum terkena panas atau terbakar, sehingga memerlukan heating up dalam proses penggunaannya setelah pemasangan . Semen tahan api yang berbentuk powder ini cara pakainya cukup tambahkan air aja. dan semen ini digunakan untuk pembuatan furnace, oven dan boiler.



Gambar 2.12 semen tahan api

## 2.9 Dacron

Bahan Dacron adalah diambil dari merek material yang berasal dari Poliester Ethilene(PET) berasal dari Inggris ,Rusia dan bekas Uni Soviet , Lavsan . Rantai polimer PET Sebuah bagian pendek dari rantai polimer PET nama nama IUPAC Poli (etil benzena-1,4-dicarboxylate) identifier CAS Nomor 25038-59-9 , dengan rumus kimia  $(C_{10}H_8O_4)_n$ , mempunyai karakteristik:

- variabel massa molar Densitas 1,38 g / cm<sup>3</sup> (20 ° C),
- amorf: 1.370 g / cm<sup>3</sup>,
- kristal tunggal: 1,455 g / cm<sup>3</sup>
- Titik lebur > 250 ° C, [2] 260 ° C
- Titik didih > 350 ° C (terurai)
- Kelarutan dalam air praktis tidak larut
- konduktivitas termal 0,15 [3] 0,24 W m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> [1] indeks bias (nD) 1,57-1,58, 1,5750
- Kimia panas Spesifik kapasitas panas (C) 1,0 kJ / (kg · K)
- senyawa terkait Monomer terkait asam tereftalat etilena glikol Kecuali jika dinyatakan, data yang diberikan untuk bahan dalam keadaan standar (25 ° C [77 ° F], 100 kPa)

Mayoritas produksi PET di dunia adalah untuk serat sintetis ( lebih dari 60 % ) , dengan produksi botol terhitung sekitar 30 % dari permintaan global . [ Rujukan? ] Dalam konteks aplikasi tekstil , PET disebut oleh nama umum nya , polyester , sedangkan akronim PET umumnya digunakan dalam hubungannya dengan kemasan . Poliester membuat sampai sekitar 18 % dari produksi polimer

dunia dan merupakan polimer keempat yang paling diproduksi ; polyethylene ( PE ) , polypropylene ( PP ) dan polyvinyl chloride ( PVC ) yang pertama , kedua dan ketiga , masing-masing PET terdiri dari unit dipolimerisasi dari monomer etilena tereftalat , dengan mengulangi (  $C_{10}H_8O_4$  ) unit . PET umumnya didaur ulang , dan memiliki nomor 1 sebagai simbol daur ulang .[ [https://en.wikipedia.org/wiki/Polyethylene\\_terephthalate](https://en.wikipedia.org/wiki/Polyethylene_terephthalate)]



gambar 2.13 dacron