

BAB 2

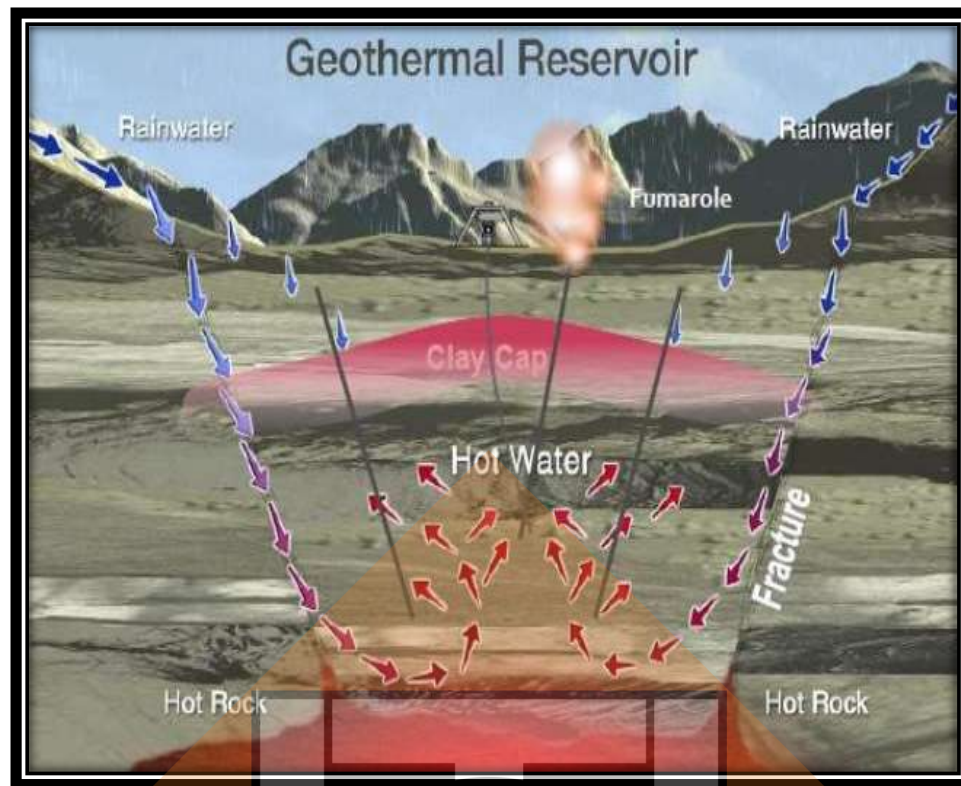
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Teori Energi Panas Bumi

Energi panas bumi juga dikenal dengan nama energi *geothermal* yang berasal dari bahasa Yunani. Dalam bahasa Yunani kata “*geo*” memiliki arti bumi dan kata “*thermal*” memiliki arti panas jadi ketika digabungkan kata *geothermal* memiliki arti panas bumi. Energi panas bumi sendiri dihasilkan dan disimpan di dalam inti bumi. Jika dibandingkan dengan bahan bakar fosil, panas bumi merupakan sumber energi bersih dan hanya melepaskan sedikit gas rumah kaca.

(Menurut UU No. 27 Tahun 2003) Tentang Panas Bumi, sumber daya panas bumi adalah sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air, dan batuan bersama mineral ikutan dan gas lainnya yang secara genetis semuanya tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem panas bumi dan untuk pemanfaatannya diperlukan proses penambangan yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkitan tenaga listrik atau pemanfaatan langsung lainnya.

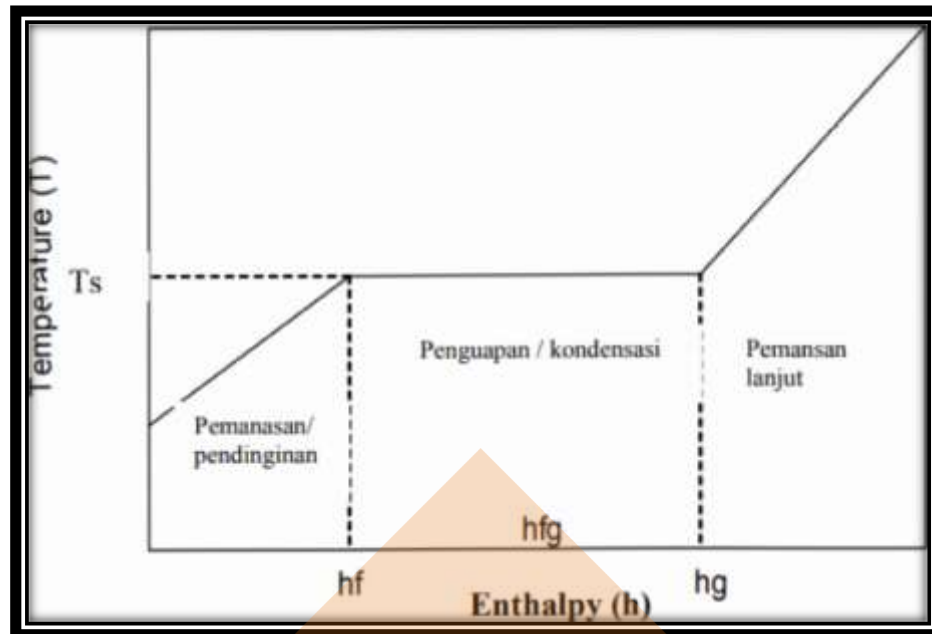
Salah satu pemanfaatan energi panas bumi adalah untuk menghasilkan energi listrik. Pemanfaatan energi panas bumi untuk pembangkit listrik secara garis besar dilakukan dengan cara melihat *resource* dari panas bumi tersebut. Apabila suatu daerah memiliki panas bumi yang mengeluarkan uap air (*steam*), maka steam tersebut langsung dapat digunakan. Steam tersebut secara langsung diarahkan menuju turbin pembangkit listrik untuk menghasilkan energi listrik. Setelah selesai *steam* tersebut diarahkan menuju *condenser* sehingga *steam* tersebut terkondensasi menjadi air. Air ini selanjutnya di *recycle* untuk menjadi uap lagi secara alami. Namun, bila panas bumi itu penghasil air panas (*hot water*), maka air panas tersebut harus di ubah terlebih dahulu menjadi uap air (*steam*). Proses perubahan ini membutuhkan peralatan yang disebut dengan *heat exchanger*, dimana air panas ini dialirkan menuju *heat exchanger* sehingga terbentuk uap air. Seperti terlihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Terbentuknya Uap Panas Bumi

(Sumber: internet gheothermal education)

Proses pembentukan reservoir panas bumi tipikal dengan proses pembentukan uap di dalam ketel uap maka semua sifat sifat uap yang terbentuk sama dengan sifat sifat uap kukus. Sifat-sifat uap kukus dan tahapannya terlihat pada Gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 Tahap Pembentukan Uap

(sumber; introduction to heat transfer)

Tahap ke-1: adalah fase pemanasan didaerah ini apabila kalor diberikan secara terus menerus maka suhu air naik sampai pada kondisi dimana air mulai berubah ke phase uap. Suhu dimana perubahan ini mulai terjadi dinamakan temperatur saturasi. Energi yang diperlukan untuk menaikkan suhu air sampai ke keadaan saturasi di sebut kalor sensibel (*liquid enthalpy*) disimbolkan dengan h_f . Kenaikan suhu ini juga akan menaikkan volume spesifik air (v_f) berikut *properties* lainnya.

Tahap ke-2: proses ini terjadi pada temperature konstan, dalam phase ini air mulai berubah menjadi uap basah. Energi yang dibutuhkan untuk mengubah seluruh air menjadi seluruh uap basah di sebut dengan kalor penguapan (*enthalpy of evaporation*) h_{fg} .

Tahap ke-3: dimulai ketika seluruh *dry saturated steam* telah terbentuk. Penambahan energi lebih lanjut akan menyebabkan uap memasuki kondisi panas lanjut (*superheat*). Energi untuk mengubah *dry saturated steam* menjadi *superheated steam* di sebut superheat enthalpy h_g . *Properties* uap pada tiap titik mulai dari phase-ke 1 sampai phase ke 3 telah banyak disajikan didalam tabel uap.

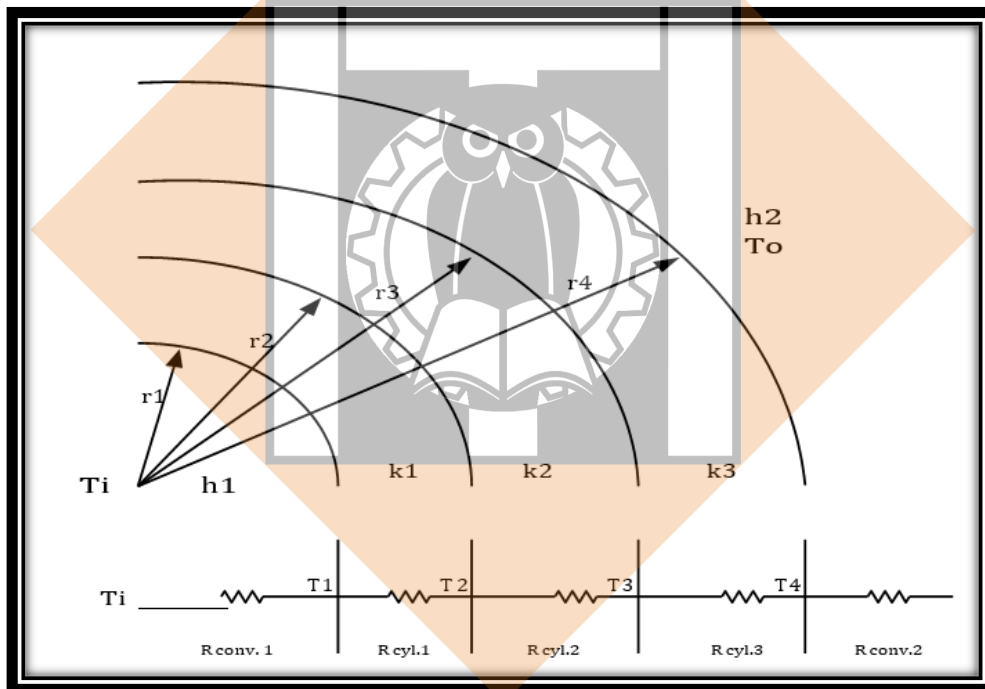
2.2. Heat Transfer

Perpindahan panas (*heat transfer*) adalah proses berpindahnya energi kalor atau panas karena adanya perbedaan temperatur. Dimana, energi kalor akan berpindah dari temperatur mediyang lebih tinggi ke temperatur mediyang lebih rendah. Proses perpindahan panas akan terus berlangsung sampai ada kesetimbangan temperatur yang terjadi pada kedua mediatersebut. Proses terjadinya perpindahan panas dapat terjadi secara konduksi, konveksi, dan radiasi.

- ❖ **Konduksi** : Perpindahan panas secara konduksi adalah perpindahan panas yang terjadi pada suatu media padat, atau pada media fluida yang diam. Konduksi terjadi akibat adanya perbedaan temperatur antara permukaan yang satu dengan permukaan yang lain pada media tersebut.
- ❖ **Konveksi** : Perpindahan panas secara konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi dari suatu permukaan media padat atau fluida yang diam menuju fluida yang mengalir atau bergerak, begitu pula sebaliknya, yang terjadi akibat adanya perbedaan temperature.
- ❖ **Radiasi** : Perpindahan panas radiasi dapat dikatakan sebagai proses perpindahan panas dari satu media ke media lain akibat perbedaan temperatur tanpa memerlukan media perantara. Peristiwa radiasi akan lebih efektif terjadi pada ruang hampa, berbeda dari perpindahan panas konduksi dan konveksi yang mengharuskan adanya media perpindahan panas.

2.3. Perpindahan Panas Pada Pipa Penyalur Uap Panas Bumi

Proses perpindahan panas terjadi karena adanya perbedaan temperatur antara bagian dalam pipa dengan udara sekitar. Oleh karena itu kehilangan energi akan terus menerus terjadi melalui dinding pipa dan lapisan-lapisan isolasi. Secara intuitif kita merasa bahwa perpindahan panas terjadi satu arah yaitu dari dalam pipa menuju permukaan luar isolasi. Temperatur gradien pada arah radial relatif besar karena suhu udara diluar pipa konstan dan relatif jauh lebih rendah dari suhu fluida di dalam pipa. Pada kondisi demikian proses perpindahan panas hanya terjadi menuju ke satu arah. Dengan demikian maka metode analisa perpindahan panasyang sedang berlangsung dapat dilakukan dengan menggunakan *steady and one dimentional model*. Perpindahan panas fluida didalam pipa menuju udara luar seperti terlihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Diagram Isolasi Pipa

Thermal resistance atau analogi kelistrikan dapat dipakai untuk menyelesaikan masalah-masalah perpindahan panas tunak dengan arah satu dimensi (*steady one*

dimensional heat transfer'). Gambar 2.3 memperlihatkan pipa uap dibungkus dengan tiga lapisan isolasi yang berbentuk komposit silinder memiliki panjang L. Perpindahan panas terjadi secara konveksian konduksi. Secara ekspresi matematis laju perpindahan panas Q (kW) yang terjadi telah diformulasikan sebagai berikut;

$$Q = (T_i - T_o) / R_{\text{total}} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$R_{\text{total}} = UA$$

dimana:

$$\begin{aligned} R_{\text{total}} &= R_{\text{conv.1}} + R_{\text{cyl.1}} + R_{\text{cyl.2}} + R_{\text{cyl.3}} + R_{\text{conv.2}} \\ &= 1/h_1 A_1 + \ln(r_2/r_1) / 2\pi L k_1 + \ln(r_3/r_2) / 2\pi L k_2 + \\ &\quad \ln(r_4/r_3) / 2\pi L k_3 + 1/h_2 A_2. \end{aligned}$$

$$A_1 = 2\pi r_1 L$$

$$A_4 = 2\pi r_4 L$$

Karena *thermal resistant* terpasang secara seri, maka total thermal resistans (R total) merupakan jumlah aritmatik dari seluruh tahanan tiap tiap lapisan. Dengan nilai Q diketahui dari persamaan diatas maka kita dapat menentukan interface temperature pada titik T1, T2, T3 dan T4 sebagai berikut;

$$Q_{\text{total}} = (T_i - T_1) / R_{\text{conv.1}} \quad (\text{untuk mencari } T_1)$$

$$Q_{\text{total}} = (T_i - T_2) / (R_{\text{conv.1}} + R_1) \quad (\text{untuk mencari } T_2)$$

$$Q_{\text{total}} = (T_1 - T_3) / (R_1 + R_2) \quad (\text{untuk mencari } T_3)$$

$$Q_{\text{total}} = (T_3 - T_4) / R_3 \quad (\text{untuk mencari } T_4)$$

$$Q_{\text{total}} = (T_3 - T_o) / (R_3 + R_{\text{conv.2}}) \quad (\text{untuk mencari } T_o)$$

2.4. Tujuan dan Manfaat Dari Pemakaian Isolasi

Isolasi untuk pipa penyalur uap tentu saja ada tujuan dalam penggunaannya yang ditunjukkan pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Penggantian Isolator Pada Pipa Uap Panas
(sumber; material piping insulation)

- ❖ Meningkatkan Efisiensi Proses, Isolasi menjaga agar terjadinya proses perpindahan panas pada pipa dan juga equipment ke lingkungan atau sebaliknya (pipa dingin) dapat dikurangi.
- ❖ Keselamatan, isolasi akan menghindarkan sentuhan langsung dengan pipa atau equipment panas oleh operator.
- ❖ Mencegah terjadinya kondensasi, yang jika terjadi kondensasi akan mengganggu atau merusakkan equipment dibawah pipa tersebut.
- ❖ Mencegah terjadinya pembekuan pada pipa.

2.5. Kriteria Pemilihan Isolasi Pipa

Penggunaan kelas isolasi dapat ditulis dalam gambar perpipaan maupun ditulis dalam spesifikasi desain diantaranya:

➤ Kelas Isolasi A,B,C,D,E

Kelas Isolasi A,B,C,D,E dipakai dengan maksud utama adalah untuk melindungi orang dari proses panas. Berikut dibawah ini adalah kelas isolasi dan temperature penggunaannya:

- ❖ Kelas A untuk temperatur kurang dari 300°F
- ❖ Kelas B temperatur 300°F sampai dengan temperatur 399°F
- ❖ Kelas C temperatur 400°F sampai dengan temperatur 599°F
- ❖ Kelas D temperatur 500°F sampai dengan temperatur 799°F
- ❖ Kelas E temperatur lebih besar dari 800°F

Ketebalan dari tiap kelas pipa berdasarkan pertimbangan ekonom, temperature permukaan dan kelonggaran atau ruang yang tersedia.

➤ Kelas G

Isolasi pipa kelas G diperuntukkan untuk menjaga atau mencegah terjadinya kondensasi pada pipa pipa dingin.

➤ Kelas H

Isolasi pipa kelas H diperuntukkan untuk menjaga agar tidak terjadi pembekuan pada pipa (dapat juga digunakan dengan isolasi kelas A,B,C,D,E untuk proteksi terhadap pembekuan).

➤ Kelas F

Isolasi kelas F dikhususkan untuk proteksi terhadap kebisingan.

2.6. Hal yang Harus Diperhatikan Dalam *Design* Isolasi

Isolasi panas yang diperuntukkan pada pengurangan kerugian panas dirancang agar perpindahan panas tidak melebihi 65 BTU/hr.ft² pada temperatur 120°F jika diberlakukan dalam ruangan. Jika sistem diluar ruangan kerugian panas adalah 85

BTU/hr.ft² pada temperatur 80°F. Penerapan yang dimaksudkan untuk proteksi personel yaitu pada daerah akses operator Temperatur tidak boleh melebihi 140°F pada Temperatur udara 80°F maka pipa harus di isolasi, untuk daerah yang tidak ada akses pipa tidak perlu di isolasi. Dalam pemilihan isolasi harus diperhatikan umur *service* yang dapat diberikan isolasi itu. Isolasi yang harus dilakukan pada semua komponen pipa yang harus diisolasi, misalnya *fitting, valve, support*, dan komponen yang lain. Ukuran harus mengikuti standar yang ada jika memungkinkan. Isolasi panas harus di desain secara fleksibel sehingga dapat mengikuti ekspansi maupun kontraksi yang terjadi pada pipa akibat termal.

2.7. Material Isolasi Pipa

Pemilihan material harus memperhatikan karakteristik material, density, ketebalan yang diperlukan sesuai spesifikasi design, rating. Pada umumnya material yang dimaksudkan terdiri dari:

- ❖ Bahan isolasi *calcium silikat*
- ❖ Bahan isolasi *fiberglass*
- ❖ Bahtin isolasi *cellular glass*
- ❖ Bahan isolasi *mineral wool*

Pemakaian material isolasi berdasarkan pengkelasan isolasi adalah sebagai berikut:

- ❖ Material kelas A,B,C,D,E dibuat dari bahan kalsium silikat yang telah ditentukan menurut standar ASTM C533. Untuk kelas G harus dibuat dari bahan mempunyai density yang tinggi, sesuai standar ASTM C547 atau mineral wool atau bahan yang equivalen. Faktor lain yang harus diperhatikan adalah isolasi harus dapat menjadi penghalang uap.
- ❖ Pemakaian material isolasi kelas H adalah sama dengan ketentuan yang berlaku pada isolasi kelas G, kecuali tentang kemampuan menjadi penghalang uap. Untuk pipa yang berukuran lebih kecil dari 1 inchi, maka ketebalan isolasi harus 3/4 inchi amstrong armaflex insulation. Sedangkan isolasi yang dimaksudkan sebagai proteksi personel harus memenuhi ketentuan yang berlaku pada isolasi kelas A,B,C,D,E.

2.8. Kondisi Batas Konveksi

Hukum Newton tentang pendinginan, dapat kita tuliskan dalam bentuk:

$$q = hA \cdot \Delta T \quad (2.2)$$

h = koefisien perpindahan kalor konveksi, Btu/hr-ft²F atau W/m²K

A = luas tegak lurus pada arah fluks kalor, ft², atau m²

ΔT = beda suhu antara permukaan benda padat dan fluida, F atau K

2.8.1 Sistem Radial

Perhatikan system silinder yang terdiri dari satu bahan saja, dimana pada dinding luar mengalir fluida konveksi seperti pada Gambar 2.6 Silinder dari bahan baja. Jika suhu rd ialah T_2 dan seterusnya maka memberikan:

$$q = \frac{(\Delta T)_{\text{menyeluruh}}}{A \Sigma R_{th}} = \frac{T_i - T_o}{A \Sigma R_{th}} \quad (2.3)$$

Dimana tahanan termal ialah sebaaaai berikut:

$$R_i = R_{th} \text{ Konvensi bagian dalam} = \frac{1}{2\pi r_1 L h_i} \quad (2.4)$$

$$R_a = R_{th} \text{ konduksi karena bahan a} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k a L} \quad (2.5)$$

$$R_o = R_{th} \text{ konveksi bagian luar} = \frac{1}{2\pi r_2 L h_o} \quad (2.6)$$

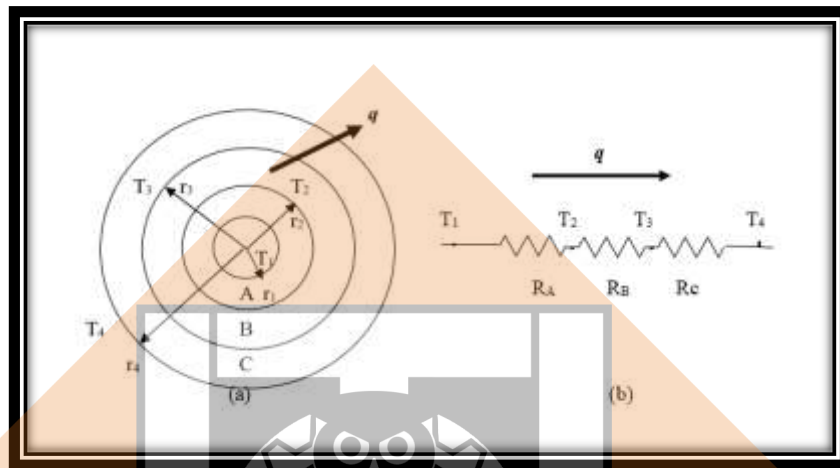
Dalam persamaan-persamaan diatas L ialah system panjang system itu. Tahanan-tahanan termal itu dijumlahkan menjadi :

$$\Sigma R_{th} = \frac{1}{2\pi r_1 L h_1} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k a} + \frac{1}{2\pi r_2 L h_o} \quad (2.7)$$

Sekarang definisi $U = 1/(A \sum R_{th})$ dimana sebagai A diambil luas permukaan luar, yaitu $A_o = 2\pi r_o L$ sehingga:

$$u_o = \frac{1}{\frac{r_2}{r_1 h_i} + \frac{r_2 \ln(r_2/r_1)}{ka} + \frac{1}{h_o}} \quad (2.8)$$

Dimana subskrip o menunjukkan bahwa U_o didasarkan atas permukaan luar silinder itu. Untuk sistem silinder berlapis banyak terdiri dari $n-1$ lapisan bahan



Gambar 2.6 Silinder Baja

$$U_o = \frac{1}{\frac{r_n T_2}{r_1 h_i} + \frac{r_n \ln(r_2/r_1)}{k_{1,2}} + \dots + \frac{r_n \ln(r_n/r_{n-1})}{k_{n,1,n}} + \frac{1}{h_o}} \quad (2.9)$$

Dimana subskrip-subskripnya pada k menunjukkan jari-jari pembatas lapisan (umpamanya, untuk sistem dua lapis dengan lapisan luar dari bahan b, kb- k 2,3).

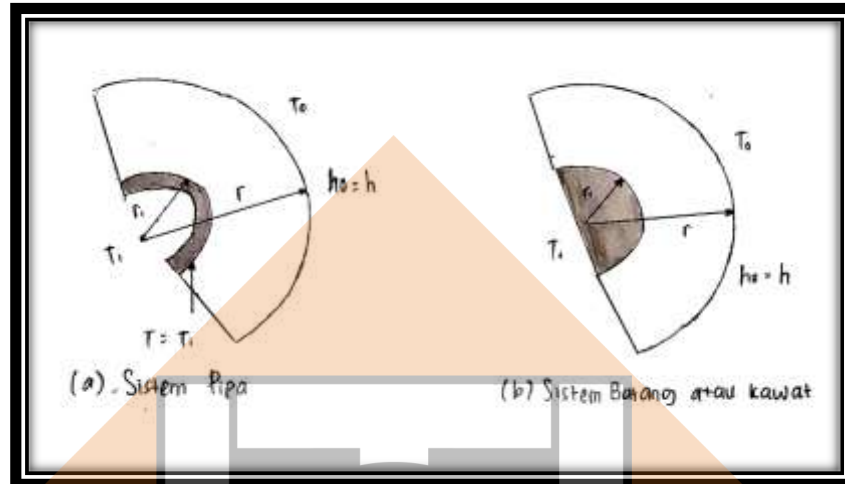
2.8.2 Tebal Kritis Isolasi yang Berbentuk Silinder

Dalam banyak hal, tahanan termal yang diberikan oleh pipa atau lubang logam sangat kecil dan dapat diabaikan dengan tahanan lapisan isolasi. Demikian pula suhu dinding pipa biasanya dapat dikatakan sama dengan suhu

fluida yang mengalir didalam pipa. Untuk isolasi yang terdiri dari satu lapis bahan, laju perpindahan kalor persatuan Panjang diberikan oleh:

$$\frac{q}{L} = UO = \frac{A\Delta T}{L} = \frac{2\pi(T_i - T_o)}{L} \frac{\ln(r/r_1)}{k} + \frac{1}{hr} \quad (2.10)$$

Dimana nomenklturnya ialah yang seperti pada Gambar 2.7 Sistem Pipa



Gambar 2.7 Potongan Sistem Pipa

Sebagai suatu fungsi r , q/L mencapai maksimum pada :

$$r = r_{krit} = \frac{k}{h} \quad (2.11)$$

Jadi , jika $r_i < r$ kritikal laju rugi kalor bertambah bila isolasi bertambah tebal hingga $r = r$ kritikal dan sesudah itu berkurang bila isolasi ditambah lagi sebaiknya jika $r_i > r$ kritikal laju rugi kalor berkurang dengan setiap penambahan tebal isolasi.

2.8.3 Sistem Radial Suhu Permukaan Tetap

Gambar 2.7 menunjukkan silinder dinding satu lapis dan dinding dua lapis, berbentuk silinder, terbuat dari bahan homogen dengan konduktivitas termal tetap, dan suhu permukaan dalam dan suhu permukaan luar seragam. Pada jari-jari tertentu, luas yang tegak lurus dengan aliran kalor konduksi radial ialah

$2\pi L$, dimana L ialah Panjang silinder. Dengan menyulihkan nilai ini ke dalam dan mengintegrasikan dengan q konstan, kita dapat:

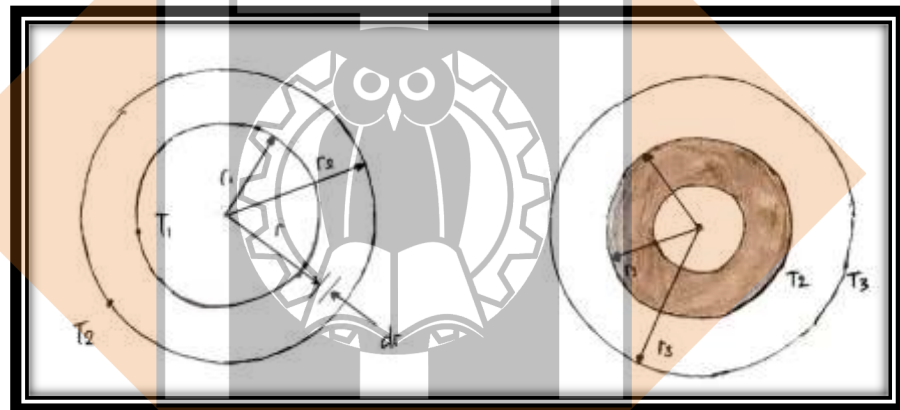
$$q = \frac{2\pi kL(T_1 - T_2)}{\ln(r_2/r_1)} \quad (2.12)$$

Dari tahanan termal satu lapis berbentuk silinder ialah $[\ln(r_2/r_1)]/2\pi kL$ untuk silinder 2 lapis, laju perpindahan kalor ialah:

$$q = \frac{2\pi L(T_1 - T_3)}{\ln(r_2/r_1)/k_a + \ln(r_3/r_2)/k_b} \quad (2.13)$$

Untuk silinder 3 lapis, laju perpindahan kalor ialah:

$$q = \frac{2\pi L(T_1 - T_4)}{\ln(r_2/r_1)/k_a + \ln(r_3/r_2)/k_b + \ln(r_4/r_3)/k_c} \quad (2.14)$$



Gambar 2.8 Silinder dinding 1 lapis dan Silinder dinding 2 lapis

Untuk perpindahan kalor konduksi pada dinding bola, luas untuk satu jari-jari tertentu ialah $4\pi r^2$. Di substitusikan kedalam hukum Fourier, dan diintegrasikan untuk q tetap, kita dapat:

$$q = \frac{4\pi k(T_2 - T_1)}{(1/r_1) - (1/r_2)} \quad (2.15)$$

Dari persamaan ini, tahanan termal yang diberikan oleh satu lapisan dinding bola ialah $(1/r_1) - (1/r_2)/4\pi k$. Dalam soal-soal dinding berlapis banyak, tahanan masing-masing lapisan dapat dijumlahkan secara linier.

2.9. Dasar Tekno Ekonomi

Studi tentang ekonomi teknik di definisikan sebagai sebuah perbandingan diantara alternatif yang tersedia, dimana alternatif tersebut di ekspresikan dalam istilah-istilah finansial. Apabila di dalam proses pemilihan alternatif tersebut memasukkan pertimbangan teknis maka cara seperti itu disebut dengan istilah studi ekonomi teknik (*Engineering Economy Study*).

Ekonomi teknik berkaitan langsung dengan konsep dan teknik untuk menganalisa alternatif yang paling ekonomis diantara pilihan-pilihan yang tersedia. Tulisan ini akan memperkenalkan konsep-konsep dasar dari ekonomi teknik disertai dengan beberapa contoh aplikasinya.

2.9.1 Time Value Of money

Studi ke-ekonomian umumnya berhubungan dengan pemilihan alternative yang paling ekonomis untuk jangnan waktu yang panjang. Oleh karena itu adalah penting untuk mengetahui bahwa uang memiliki nilai waktu.

Nilai \$1 tapi diterima pada yang akan datang (*future time*) tidak akan sama besarnya dengan uang \$1 yang kita terima hari ini. Hal ini disebabkan oleh karena adanya bunga. Bunga (*interest*) dapat juga disebut dengan istilah biaya sewa atas paenggunaan sejumlah uang dalam period tertentu. Biaya sewa ini biasanya dijadikan dalam presentae.

Jika \$100 di pinjamkan selama satu tahun dengan bunga sebesar 8%, maka nilai uang tersebut setahun kemudian akan bertambah menjadi 108%. Dengan kata lain biaya sewa atas uang \$100 selama satu tahun adalah \$8. Bila diasumsikan tidak ada inflasi, maka uang dengan jumlah yang sama yang diterima saat ini memiliki nilai lebih besar dibandingkan

bila uang tersebut diterima dimasa yang akan datang. Future value dari \$100 yang akan di investasikan dengan bunga 8% setahun adalah \$108. Sebaliknya present value dari \$108 yang akan diterima setahun kemudian adalah \$100.

Dengan mengacu pada keterangan tersebut maka seandainya \$100 di investasikan dalam kurun waktu yang lebih panjang misalkan 10 tahun, maka ada dua hal yang dapat kita lakukan untuk mengembangkan uang tersebut.

- ❖ Pertama, jika bunga dari hasil investasi tersebut kita ambil pada tiap-tiap akhir tahun (istilahnya *discounting interest*), maka jumlah uang yang akan kita terima dalam bentuk bunga selama 10 tahun adalah sejumlah $\$100 \times 8\% \times 10$ tahun maka hasilnya \$80.
- ❖ Kedua, jika investasi tersebut kita biarkan selama 10 tahun dan hanya akan diambil satu kali saja yaitu pada akhir tahun ke sepuluh (istilahnya *coumponding interest*) maka jumlah keseluruhan uang yang saya akan diterima adalah sebesar \$215.89 atau lebih besar dari $\$100 + \80 pada cara pertama karena perhitungan yang dipakai adalah bunga berbunga.

Kedua cara diatas mengembangkan investasi diatas memperlihatkan kepada kita bahwa nilai saat ini (*present value*) dari \$215.89 yang dibayarkan setelah 10 tahun pada *compounding interest* sebesar 8% yang ditanamkan selama 10 tahun adalah 215.89. Artinya jika kita ingin memiliki uang sejumlah \$215.89 sepuluh tahun yang akan datang sedangkan *compounding interest* yang berlaku adalah 8% maka kita perlu menginvestasikan \$100 saat ini. Secara matematis *compounding interest* dan *discounting interest* dapat diekspresikan sebagai berikut :

$$\text{compounding interest : } F = P(1 + i)^n \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\text{discounting interest : } P = F(1 + i)^{-n} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

F (*future value*) = Jumlah hasil insvestasi yang ingin diterima pada masa yang akan datang

P (*present value*) = Nilai investasi saat ini bila diketahui berapa yang akan diterima pada masa yang akan datang

i (*interest rate*) = Bunga bank

n (periode) = Periode penanaman invvestasi

Kedua rumus diatas biasanya dipergunakan untuk melakukan analisa finansial. Nilai dari angka-angka yang menunjukkan hubungan antara parameter-parameter diatas sudah banyak tersedia dalam bentuk tabel yang dapat dipergunakan secara langsung.

Faktor $(1 + i)^n$ pada rumus diatas dipergunakan untuk mendapatkan nilai investasi saat ini dari pertumbuhan investasi yang dikehendaki, di ekspresikan dengan symbol (P/F, i%, n). Metode perhitungan seperti ini dikenal dengan istilah *Single Payment Present Worth* (SPPW). Ada lagi keadaan dimana penerimaan sejumlah uang dengan jumlah yang sama yang dibayarkan beberapa kali pada tiap-tiap periode tertentu misalnya setahun sekali, dua tahun ataupun tiga tahun sekali. Situasi semacam ini disebut *Annuity* (A) yang dieskpresikan dengan formula sebagai berikut:

$$P = \frac{A \times \{(1 + i)^n - 1\}}{i(1 + i)^n}$$

Dimana A adalah besar pembayaran/penerimaan yang pada akhir episode selama n period. Dalam tabel yang tersedia secara umum rumus diatas disimbolkan dengan (P/A, i%, n) disebut dengan istilah *Uniform Series*

Present Worth. (USWP). Tabel untuk melihat hubungan antara *Present*, *Future*.

2.9.2 Evaluasi Beberapa Alternatif Berinvestasi

Banyak cara yang tersedia didalam mengevaluasi alternatif invesatasi, dengan metode *Discounted Cash Flow* (DCF). DCF menggunakan prinsip bunga berbunga (*coumpounded interest*) untuk menentukan *present value* dan *future cash flows* dari sebuah investasi pada *Internal Rate Of Return* (IRR) yang telah ditentukan diawal investasi.

Investasi yang menguntungkan adalah investasi yang memberikan pengembalian masa depan (*future return*) yang memiliki *Net Present Value* (NPV) yang lebih tinggi dari present value dari investasi yang dibutuhkan untuk mendapatkan keuntungan (*return*) tersebut. Ada lima prosedur yang masuk dalam kategori appraisal DCF yaitu sebagai berikut:

- ❖ *Present World Method*: Semua *project cash flow* di konversikan keadaan *single sum of payment* pada bunga pada waktu nol (*zero time*).
- ❖ *Annual Worth Method*: Seluruh *project cash flow* dikonversikan kedalam satu kali pembayaran dengan jumlah yang sama tersebar pada sebuah *planning horizon*.
- ❖ *Future Worth Method*: Seluruh *project cash flow* dikonversikan kedalam satu kali pembayaran dengan jumlah tertentu pada akhir *planning horizon*, atau pada masa depan (*future time*) yang telah ditentukan.
- ❖ *Internal Rate Of Return*: Metoda ini dipakai untuk mengetahui berapa interest rate yang menghasilkan nol *present worth*.
- ❖ *Provitability Index* (rasio cost/benefit atau rasio investasi); Metoda ini digunakan untuk menentukan perbandingan *Present Value* dari seluruh keuntungan terhadap *Present Value* dari investasi project.