

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

- A. Mesin destilasi pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak menggunakan kondensor bertingkat dan pendingin kompersi uap (Arwizet, 2017). Hasil penelitian mesin destilasi telah dapat menghasilkan kondensat berupa bahan bakar minyak sebanyak lebih kurang 15 ml, dengan pembakaran sampah plastik 2.5 kg. bahan bakar yang di hasilkan belum teridentifikasi secara kimiawi.
- B. Perancangan dan Pengujian Alat Destilasi Minyak Dari Limbah Sampah Plastik (Mursito, dkk 2017). Memanfaatkan sampah plastik menjadi bahan bakar dengan pendinginan kondensor alur sepiral. Metode yang digunakan adalah pirolisis sampah plastik dengan uap kalor yang dihasilkan dengan cara di konduksi melalui kondensor alur sepiral.

2.2 Teori Pendukung Penelitian

2.2.1 plastik

A. Pengertian Plastik

Plastik adalah senyawa polimer alkena dengan wujud molekul yang lebih besar. Terbentuk dari polimer rantai atom yang saling mengikat satu sama lain, dan membentuk “monomer”.

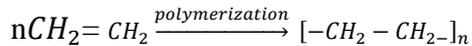
Plastik merupakan makromolekul yang dibentuk oleh polimerisasi dan memiliki kemampuan yang untuk dibentuk oleh penerapan jumlah panas dan beberapa bentuk gaya lainnya atau tekanan yang sesuai. Polimerisasi merupakan proses unit-unit monomer dari sama atau berbeda molekulnya yang bergabung bersama reaksi kimia guna membentuk makromolekul yang dalam bentuk struktur rantai yang panjang, memiliki sifat berbeda dari molekul awal (monomernya). Beberapa ribuan dan ratusan monomer yang bergabung bersama untuk membentuk polimer atau makromolekul (Das and Pandey, 2007),

komponen utama merupakan kombinasi oksigen dengan karbon, nitrogen, organik atau anorganik lainnya, dan hydrogen. Salah satu bahan baku yang digunakan untuk membuat polimer plastik adalah naphtha, yang merupakan

Plastik merupakan senyawa polimer alkena dengan bentuk molekul yang sangat besar. Molekul plastik yang terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan bisa juga terdiri dari zat yang lain untuk meningkatkan performa nilai ekonominya.

Plastik adalah bahan yang digunakan untuk pembuatan peralatan rumah tangga, otomotif dan sebagainya. Plastik juga merupakan polimer panjang dari atom yang mengikat satu sama lain. Plastik merupakan golongan makromolekul dibentuk melalui proses polimerisasi, polimerisasi sebagai proses penggabungan antara molekul sederhana (monomer) dihasilkan dari proses kimia menghasilkan molekul besar (makromolekul atau polimer). Plastik adalah senyawa polimer

dengan unsur penyusunan utamanya adalah karbon dan hidrogen (Surono, 2013)



Ethylene

Polyethylene

Secara umum. Plastik memiliki kelebihan dibandingkan material lain. Diantaranya ringan, kuat, fleksibel, tahan karat, dan tidak mudah pecah, mudah diberi warna, mudah dibentuk, serta isolator panas dan listrik yang baik (Surono, 2013).

B. Sampah Plastik

Sampah plastik merupakan salah satu sampah organik yang diproduksi setiap tahun oleh seluruh dunia yang memiliki komposisi 46% polyethylene (HDPE dan LDPE), 16% polypropylene (PP), 16% polystyrene (PS), 7% polyvinyl chloride (PVC), 5% polyethylene terephthalate (PET), 5% acrylonitrile butadiene styrene (ABS), dan 5% polimer-polimer yang lainnya (Visile, 2002).

Berdasarkan kelompok diatas, thermoplastic memungkinkan untuk di daur ulang, akan tetapi harus diberi kode berupa nomor untuk memudahkan dalam mengidentifikasinya.

Tabel. 2.1 Jenis Plastik dan Penggunaanya

No. Kode	Jenis Plastik	Penggunaan
1	<i>PET</i> (<i>polyethylene terephthalate</i>)	Botol minuman dan kantong makanan
2	<i>HDPE</i> (<i>High-density Polyethylene</i>)	Botol minuman, kantong makanan, detergen botol, kantong belanja dan ritel
3	<i>PVC</i> (<i>Polyvinyl Chloride</i>)	Kemasan makanan dan bukan makanan, tabung medis, dinding, bingkai jendela, ubin
4	<i>LDPE</i> (<i>Low-density polyethylene</i>)	Wadah roti dan makanan beku, botol yang bias diremas

5	<i>PP</i> (<i>Polypropylene</i> atau <i>Polypropene</i>)	Botol obat dan kantong makanan
6	<i>PS</i> (<i>Polystyrene</i>)	Gelas, Piring, dan karton telur
7	<i>Other (O)</i> , jenis plastik lainnya selain dari no. 1- 6	Botol air yang dapat digunakan lagi, botol makanan dan minuman

(Sharobem, 2013)

C. Sifat Termal Plastik

Ilmu atau pengetahuan sifat thermal dari berbagai jenis plastik sangat penting dalam proses daur ulang dan pembuatan plastik, sifat-sifat thermal yang penting yaitu temperatur dekomposisi, titik lebur (T_m), dan temperatur transisi (T_g).

Temperature dekomposisi adalah batasan dari proses pencairan, apabila suhu dinaikkan di atas temperatur lebur maka plastik akan lebih mudah mengalir dan strukturnya akan mengalami dekomposisi. Dekomposisi terjadi karena energi thermal melampaui energi

yang mengikat rantai molekul. Secara umum polimer akan mengalami dekomposisi pada suhu di atas 1,5 kali dari temperature transisinya. Temperature lebur atau titik lebur merupakan temperatur dimana plastic mulai melunak dan menjadi cair. Temperatur transisi merupakan temperatur dimana plastic mengalami perengganan struktur sehingga terjadinya perubahan dari kondidi yang kakau menjadi lebih fleksibel (Budiyanto, 2010).

Data sifat thermal yang penting pada proses daur ulang plastik dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.2 Data Temperatur Transisi Dan Temperatur Lebur Plastik

No	Jenis Bahan	Tm (°C)	Tg (°C)	Temperature Kerja Maks. (°C)
1	PP	168	5	80
2	HDPE	134	-110	82
3	LDPE	330	-115	260
4	PA	260	50	100
5	PET	250	70	100
6	ABS	-	110	85
7	PS	-	90	70

8	PMMA	-	100	85
9	PC	-	150	246
10	PVC	-	90	71

(Budiyanto, 2010)

D. Limbah Sampah Plastik

Menurut Sahwan dkk, (2005) produk-produk plastik setelah dipakai akan langsung dibuang oleh konsumen sebagai sampah. Dari jenis sampah plastik PP dan HDPE yang paling banyak ditemui. Karena HDPE yang paling banyak digunakan untuk produk plastik yang memerlukan kekuatan dan tahan bahan kimia seperti botol plastik, ember dan jerigen. Sedangkan PP digunakan untuk produk plastik yang mempunyai daya regang yang tinggi seperti bungkus snack dan kantong plastik. Jenis sampah plastik tersebut tidak mempunyai nilai pasar tapi kebanyakan plastic yang terdiri dari bungkus snack atau jajan-jajan tidak mempunyai nilai pasar.

E. Karakteristik Dan Potensi Sampah Plastik

Plastik merupakan material yang terbentuk dari proses polimerisasi karbon dan hydrogen. Plastik terbagi menjadi dua jenis :

1. Thermoplastik

Theroplastik adalah plastik yang dapat di daur ulang dengan temperatur tertentu. Biasanya di buat untuk bahan baku sampah botol plastik dan kemasan.

2. Thermosets

Thermosets adalah plastik yang tidak dapat di daur ulang kembali biasanya di gunakan untuk bahan baku kantong sampah plastik.

F. Dampak Sampah Plastik

Plastik mempunyai dampak positif dan negatif.

1. Dampak Positif

Dampak positif adalah sampah mempunyai daya tahan yang tinggi . kuat. Ringan, fleksibel dan tahan karat

2. Dampak Negatif

Dampak negatif adalah menjadi limbah pada lingkungan yang sulit untuk di daur

ulang dan membutuhkan waktu yang lama. Sedangkan untuk manusia sendiri berujung ke sehatan manusia Karena bahan plastik sendiri jika di bakar menjadi penyakit kanker jika terhirup oleh manusia karena bahan dasar sampah plastik mengandung melamin. (Hiola & Lalu, 2017).

G. Konveksi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar

Sampah plastik membutuhkan temeparatur 1000°C untuk merubah bentuknya yang semula padat menjadi cair dengan cara pemanasan. Karsinogen adalah senyawa yang akan keluar jika sampah plastik di bakar langsung mengakibatkan pembakaraan yang taak sempurna dan menghasilka senyawa karsinogen yang membahayakan kesehataan (Sari, 2017).

H. Potensi Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar

Pengolahan limbah menjadi salah satu masalah teknis yang membumi yang harus

diselesaikan dengan cara kondisi hemat, higienis, akan tetapi ramah lingkungan dan sebaiknya dilakukan oleh tenaga kerja yang tidak terampil. Diperkotaan sebagian besar limbah dibuang di tempat pembuangan sampah akhir (TPA), yang dimana pengurangan volume sampah dikurangi dengan cara metode pembakaran dalam keadaan yang terpaksa. Pemulihan panas, diubah menjadi tenaga listrik atau didistribusikan dalam kawasan, akan tetapi hampir tidak berkontribusi di pengurangan biaya, terutama pada pembersihan gas buang yang menjadi wajib (Miskolczi, 2006).

Jenis limbah yang sulit ditangani adalah salah satu jenis limbah plastik karena menjadi material yang tidak bisa dipisahkan saat ini dari kehidupan manusia. Sebagian besar kemasan beserta produknya yang digunakan saat ini merupakan produk plastik. Plastik digunakan penduduk di dunia dengan memanfaatkan plastik dalam industri maupun rumah tangga, karena dalam hal ini plastik memiliki banyak

kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya. Seperti bersifat dalam proses pembuatannya yang murah, ringan, kuat, transparan dan isolator (Brandsch, 2015). Plastik yang sudah digunakan atau dimanfaatkan akan dibuang dilingkungan, beberapa tahun terakhir akumulasi sampah plastik berlebih yang mengakibatkan timbulnya limbah plastik yang mengganggu ekosistem lingkungan (Koc, 2013).

Menurut Ramli Thahir Penanganan sampah plastik menggunakan sistem landfill ataupun open dumping termasuk bukan pilihan yang benar atau tepat karena plastik mempunyai laju degradasi yang begitu lambat sehingga sangat sulit untuk terurai di dalam tanah. Penggunaan teknologi insinerasi yang dengan cara dibakar juga termasuk tidak tepat karena nanti akan menghasilkan polutan atau polusi di ke udara sehingga bisa menyebabkan persoalan lingkungan. Guna meminimalisasi dampak lingkungan yang ditimbulkan dari sampah plastik maka dapat dilakukan dengan cara

material ini harus didaur ulang agar mendapatkan lagi produk plastiknya atau menghasilkan produk lain yang bisa bernilai ekonomi.

Limbah konversi mudah diidentifikasi dan produksi dan ditangani dan dikumpulkan oleh dealer scarp professional yang mengembangkan aplikasi, menemukan, dan outlet pasar yang dapat memungkinkan penggunaan resin sekunder dengan spesifikasi kurang terdefinisi dan kurang ketat. Ada beberapa metode yang bisa digunakan untuk mendaur ulang sampah plastik yaitu mechanical recycling, energy recovery dan feedstock recycling. Merupakan proses untuk mendapatkan kembali produk plastik dari sampah plastik menggunakan cara-cara mekanis. Pada sistem ini sampah plastik dilelehkan kemudian dibuat pelet plastik yang digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan produk-produk berbahan baku plastik. Plastik hasil daur ulang digunakan

untuk membuat produk-produk dengan kualitas rendah. Jenis plastik tunggal hanya menggunakan metode ini, sebelum dilelehkan perlu adanya pemisahan berdasarkan jenis plastik. Sampah plastik yang terlalu banyak kontaminasinya juga sulit didaur ulang menggunakan metode ini karena bisa berpengaruh pada kualitas produk plastik yang dihasilkan.

Chemical reacycling atau feedstock adalah teknologi lebih maju dimana sampah yield plastik menjadi molekul dengan ukuran lebih kecil dengan bentuk gas maupun cairan untuk memproduksi bahan bakar maupun zat-zat kimia. Teknologi chemical recycling dapat menghasilkan energy yang mempunyai nilai ekonomi dan membantu menghemat pemanfaatan lahan. Sebagiaian tempat pembuangan akhir sampah (TPA) yang dipenuhi sampah plastik jika tidak dikelola akan tertimbun dalam tanah yang bisa menyebabkan tidak lestari untuk

terdekomposisi (terurai) membutuhkan waktu yang sangat lama. Ini dapat menjadi sumber energy alternatif untuk menggantikan bahan bakar fosil.

Untuk mengatasi masalah jumlah sampah plastik bisa dilakukan dengan proses daur ulang yaitu chemical recycling atau feedstock teknologi to energy (WTE) menunjukkan potensi besar untuk mengubah masalah ini menjadi sumber pendapatan. Destilasi merupakan metode pemisahan dari bahan kimia yang di bedakan dari titik didih penguapan di mulai dari titik paling rendah hingga ke titik yang paling tinggi. Daur ulang bahan baku daur ulang tersier atau chemical recycling bertujuan mengubah polimer limbah menjadi bahan kimia berharga lainnya atau monomer asli. Produk-produk ini berguna sebagai bahan baku untuk sebagai bahan bakar transportasi atau berbagai proses industri hilir.

2.2.2 Destilasi

Penyuling merupakan metode pemisahan dari bahan kimia yang dibedakan dari titik didih penguapan di mulai dari titik paling rendah hingga ke titik yang paling tinggi. Dengan temperatur $78^{\circ}c$ (setarah dengan titik didih alkohol) dibandingkan dengan etanol akan menguap terlebih dahulu jika dibandingkan dengan air yang memiliki titik didih $100^{\circ}c$. Proses perubahan dari uap ke air yang terjadi pada pipa pendinginan dalam tabung, perubahan panas kalor yang permukaan panas pada dinding fluida berlangsung secara konveksi dan konduksi dikarenakan fluida tanpa adanya aliran pendinginan dan hampa diam. Efisiensi Dalam kegiatan penyulingan dibagi menjadi 4 tipe penyulingan atau destilasi yaitu :

1. Destilasi Sederhana

Destilasi sederhana dasar dari pemisahnya sebagai pembedah dari titik didih jauh atau salah satu komponen bersifat volatile.

2. Destilasi Fraksionisasi

Kegunaan destilasi fraksionisasi sebagai komponen-komponen pemisah dari cairan, dua atau lebih, yang membedakan dari titik didihnya. Destilasi ini bisa digunakan untuk memisahkan dalam proses perbedaan titik didih dengan temperature 20°C dengan bekerja di tekanan rendah pada tekanan atmosfer.

3. Destilasi Uap

Destilasi uap difungsikan untuk pada campuran senyawa-senyawa dengan titik didih mencapai 200°C atau terjadi kenaikan terus menerus. Destilasi uap dapat merubah tekanan suhu menjadi 100°C dengan tekanan atmosfer dalam air mendidih atau menggunakan uap.

4. Destilasi Vakum

Destilasi vakum lebih banyak digunakan pada saat senyawa tidak stabil pada distilasi, dimaksudkan untuk dekomposisi pada saat mendekati titik didih di atas

150°c. tetapi destilasi vakum tidak bisa digunakan dengan air dingin. Dikarenakan komponen air tidak dapat mengondensasi uap yang terbentuk, penggunaan pompa vakum atau aspirator digunakan untuk mengurangi tekanan.



Gambar 2.1 Pendingin Yang Digunakan

Keterangan gambar peyulingan :

A : Pipa masuk uap degan diameter 1/2 Inchi

B : Air pendingin

C : Alur pipa spiral dengan jumlah 3 lingkaran

D : Jarak antara alur 3 cm

E : Pipa keluar

F : Diameter lingkaran spiral 27 cm

G : Tempat penampungan

H : Diameter tanki peyulingan 30 cm

I : Tinggi tabung pendingin 40 cm

J : Jarak antara alur dengan dinding tabung 2 cm

A. Efisiensi Alat Destilasi

Untuk mengetahui perbandingan jumlah (kuantitas) minyak yang dihasilkan dari proses destilasi maka dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

Effisiensi Distilat (%)

$$= \frac{(\text{Berat awal (kg)}) - (\text{Berat residu (kg)})}{\text{Berat Awal Plastik}} \times 100\%$$

Dimana berat basah merupakan berat plastik yang dimasukkan ke dalam tungku sebelum

proses destilasi dan berat kering adalah merupakan berat plastik atau ampas plastik yang didapat setelah proses.

B. Efisiensi Teknis

Efisiensi teknis alat destilasi agar mengetahui persen perbandingan energi yang dipakai untuk proses destilasi terhadap hasil destilasi

$$\text{Efisiensi Teknis (\%)} = \frac{\text{massa destilat} \cdot N_{K\text{destilasi}}}{\text{massa gas} \cdot N_{K\text{gas}} + \text{Daya Pompa}} \times 100\%$$

C. Kapasitas Alat Destilasi

Untuk menentukan kapasitas alat destilasi plastik sebagai berikut :

$$Q = \frac{W}{t}$$

Q = debit (m³/s)

W = hasil destilat (gr)

t = Waktu (s)

2.2.3 Kondensasi

A. Pengertian Kondensasi

Kondensasi merupakan proses pelepasan kalor dari sistem yang menyebabkan uap (vapor) berubah menjadi cair (liquid). Dalam proses mengubah gas menjadi cair bisa dilakukan dengan menurunkan temperturnya atau menaikkan tekananya. Metode tersebut yang paling mudah dan murah yaitu dengan menurunkan temperatur biasanya dengan udara sebagai media pendinginannya atau menggunakan media air.

Kondensasi terjadi ketika uap menyentuh permukaan yang temperturnya dibawah temperature jenuh dari uap tersebut. Ketika kondesat cairan yang terbentuk di permukaan kondesat ini akan mengalir karena pengaruh gravitasi (Welty dkk, 2004).

B. Perpindahan Panas

Kalor atau perpindahan panas bisa didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energy (kalor) dari daerah

satu ke daerah lainnya akibat adanya perbedaan temperature di daerah tersebut. Perhitungan laju perpindahan panas membutuhkan perhitungan total di area permukaan yang terkena panas.

1. Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi merupakan perpindahan temperatur panas yang terjadi antara permukaan zat dengan fluida yang bergerak dan keduanya mempunyai perbedaan temperatur. Selain itu perpindahan panas konveksi dibedakan berdasarkan terjadinya aliran fluida, jika aliran fluida disebabkan oleh factor eksternal; seperti pompa dan fan atau blower, maka disebut konveksi paksa, dan jika aliran fluida dihasilkan oleh tarikan gaya buoyancy yang dihasilkan oleh adanya variasi massa jenis fluida maka disebut konveksi bebas. Laju perpindahan panas konveksi secara didaptkan dengan

menggunakan (hukum) newton ' s law of cooling, sebagai berikut :

$$q = hA (T_s - T)$$

Dimana,

q = laju perpindahan panas konveksi, (Watt)

h = koefisien perpindahan panas konveksi ($\frac{W}{m^2k}$)

A = luasan penampang yang tegak lurus dengan arah perpindahan panas (m^2)

T_s = temperatur permukaan padat (k)

T = temperatur rata – rata fluida (k)

Rumusan konveksi paksa erat hubungannya dengan angka Reynolds (Re), Prandtl (Pr), Nusselt (Nu). Ketiga bilangan ini membentuk persamaan :

$$Nu_d = C . Re_d^m . Pr^n$$

a. Bilangan Reynolds

$$Re_d = \frac{\rho \mu_m d}{\mu}$$

Batasan:

- Aliran Laminar ($Re \leq 2300$)

- Aliran Turbulen ($Re \geq 2300$)

b. Bilangan Prandtl

$$Pr = \frac{vcp}{ak}$$

Aliran dalam pipa yang seperti halnya aliran yang melewati plat datar profil kecepatan serupa sama profil suhu untuk fluida yang mempunyai bilangan Prandtl satu.

c. Bilangan Nusselt

- Aliran turbulen berkembang penuh pada tabung licin :

$$Nu_d = 0,023 \cdot Re_d^{0,8} \cdot Pr^n$$

- Aliran laminar berkembang penuh

$$Nu_d = 1,86(Re_d \times Pr)^{1/3} \left(\frac{D}{L}\right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{1/3}$$

Batasan

$$Re_d \cdot Pr \frac{D}{L} > 10$$

- Aliran turbulen berkembang penuh berdasarkan sneider dan tate

$$\text{Nu}_d = 0,027 \text{Re}_d^{0,8} \text{Pr}^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

d. Suhu

Perpindahan kalor yang melibatkan aliran dalam saluran tertutup yang melibatkan aliran dalam saluran tertutup bisa dinyatakan menggunakan beda temperature suhu

$$Q = m c_p (T_w - T_b)$$

Dimana.

Q = laju perpindahan kalor (W)

$m c_p$ = massa persatuan waktu (m/kg)

T_w = temperatur dinding (°C)

T_b = temperature bulk (°C)

2. Perpindahan Panas secara Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi merupakan perpindahan panas yang dikarenakan perbedaan temperature dan bergantung pada aktivitas molekuler atau aktivitas atom. Konduksi yang

digambarkan sebagai perpindahan panas yang terjadi dari partikel yang berenergi lebih tinggi ke partikel yang berenergi lebih rendah dari media sebagai akibat dari interaksi antar partikel tersebut.

Guna menghitung laju perpindahan diperlukan persamaan yang sesuai dengan metode dari perpindahan panas tersebut. Persamaan laju perpindahan panas dimensi atau konduksi pada dinding datar dikenal dengan persamaan (hukum) Fourier's Law sebagai berikut :

Dimana,

$$q_x = -kA \frac{dT}{dx} \text{ atau } \frac{q_{kond}}{A} = -k \frac{dT}{ds}$$

q_x = laju perpindahan panas ke arah sumbu x positif (watt)

k = konduktivitas panas adalah karakteristik individu material dinding

$$\left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$$

A = luas penampang yang tegak lurus dengan arah perpindahan panas (m^2)

$\frac{dT}{dx}$ = gradient temperatur

Tanda minus adalah konsekuensi bahwa panas berpindah dari lokasi yang bertemperatur tinggi ke yang rendah.

2.2.4 Fluida atau Penyuling

A. Efektifitas Perpindahan Panas

Efektifitas perpindahan panas bisa dilihat dari seberapa besar perpindahan panas yang terjadi di dalam suatu penukar panas. Menurut Holman (1988) laju perpindahan panas di dalam suatu pipa ganda bisa dihitung menggunakan rumus seperti berikut :

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T_m$$

U = Koefisien perpindahan panas menyeluruh ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

A = Luas penampang perpindahan panas (m^2)

ΔT_m = Beda suhu rata-rata dalam penukar kalor ($^\circ C$)

dimana,

Pada saat transfer panas, beda suhu antara fluida panas dengan fluida dingin pada saat waktu masuk dan saat waktu keluar tidak sama, sehingga kita perlu menentukan nilai rata-rata beda suhu agar dapat menentukan besar kalor yang dipindahkan fluida pada alat penukar kalor (*heat exchanger*)

Pada aliran sejajar, dua fluida masuk bersama-sama dalam alat penukar kalor, bergerak di dalam arah yang sama dan keluar bersama-sama juga. Sedangkan aliran berlawanan, dua fluida bergerak dengan arah yang berlawanan dan pada aliran menyilang, dua fluida saling bergerak atau menyilang saling tegak lurus.

Menurut Holman dalam sigit (2015) laju perpindahan panas bisa dihitung dari besar energi yang dilepaskan oleh fluida panas atau besar energy yang didapat oleh fluida dingin, masing-masing pada jenis aliran dirumuskan seperti berikut :

Untuk aliran searah

$$q = m_h c_h (T_{h1} - T_{h2})$$

$$q = m_c c_c (T_{c2} - T_{c1})$$

Untuk aliran berlawanan arah

$$q = m_h c_h (T_{h1} - T_{h2})$$

$$q = m_c c_c (T_{c1} - T_{c2})$$

B. Aliran Fluida

Aliran fluida bisa dikategorikan jadi tiga jenis yakni turbulen, laminar dan transisi. Penentuan jenis aliran fluida yang didasarkan seberapa besar bilangan Reyonolds yang dimiliki aliran fluida. Bilangan Reynolds adalah bilangan yang tidak berdimensi dijadikan sebagai tolak ukur suatu aliran yang disebut laminar, turbulen atau transisi. Kondisi yang mempengaruhi kecil besarnya bilangan Reynolds di suatu aliran antara lain kecepatan fluida, kerapatan (density), viskositas dan panjang karateristik pipa aliran fluida (Munson dkk, 2005). Untuk menentukan bilangan Reynolds (Re) bisa dicari dengan rumus :

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

Dimana :

ρ = massa jenis fluida (kg/m³)

V = kecepatan (rata-rata) fluida yang mengalir (m/det)

D = diameter dalam pipa (m)

μ = viskositas dinamik fluida (kg/m.det) atau (N.det/m²)

1. Aliran Turbulen

Aliran turbulen merupakan aliran yang ditandai ketidaktentuan, ringan pusaran air seperti pusaran arus (Giancoli, 2005).

Aliran turbulen merupakan aliran terjadi ketika gerakan dari partikel-partikel fluida tidak menentu karena adanya pencampuran serta putaran partikel antara lapisan yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida kebagian fluida yang lainnya. Jika dalam keadaan aliran turbulen maka turbulensi yang terjadi membangkitkan tegangan geser dimana

yang merata diseluruh fluida sehingga menghasilkan kerugian-kerugian aliran. Aliran yang dikatakan aliran turbulen jika aliran itu mempunyai nilai Bilangan Reynold lebih dari 4000.



Gambar 2.2 Aliran Turbulen

2. Aliran Laminar

Aliran laminar merupakan aliran yang tenang, membentuk lapisan saling berdekatan sama fluida yang bergerak dalam lapisan yang saling berdekatan dan mengalir di dalam suatu garis edar dengan ketenangannya. Fluida mengikuti garis edar yang lancar dan garis edar itu tak saling bersilangan satu sama lain (Giancoli, 2005). Aliran laminar merupakan aliran yang dengan fluida bergerak dalam lamina-

lamina atau lapisan-lapisan dengan satu lapisan meluncur secara lancar. Dalam laminar ini viskositas berfungsi untuk meredam kecenderungan terjadinya gerakan relative antara lapisan.

Yang dikatakan sebagai aliran laminar jika dalam aliran itu mempunyai nilai bilangan Reynold kurang dari 2100.



Gambar 2.3 Aliran Laminar

3. Aliran Transisi

Aliran transisi adalah aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Aliran yang dikatakan aliran transisi ketika aliran itu mempunyai nilai Bilangan Reynold antara 2100 – 4000 (Munson dkk, 2005).

