

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Mixer

*Mixer* merupakan salah satu alat pencampur dalam sistem emulsi sehingga menghasilkan suatu dispersi yang seragam atau homogen. Terdapat dua jenis *mixer* yang berdasarkan jumlah propelernya (turbin), yaitu *mixer* dengan satu propeller dan *mixer* dengan dua propeller. *Mixer* dengan satu propeller adalah *mixer* yang biasanya digunakan untuk cairan dengan viskositas rendah. Sedangkan *mixer* dengan dua propeller umumnya digunakan pada cairan dengan viskositas tinggi. Hal ini karena satu propeller tidak mampu mensirkulasikan keseluruhan massa dari bahan pencampur (emulsi), selain itu ketinggian emulsi bervariasi dari waktu ke waktu.

Pencampuran merupakan operasi yang bertujuan mengurangi ketidaksamaan kondisi, suhu, atau sifat lain yang terdapat dalam suatu bahan. Pencampuran dapat terjadi dengan cara menimbulkan gerak di dalam bahan itu yang menyebabkan bagian-bagian bahan saling bergerak satu terhadap yang lainnya, sehingga operasi pengadukan hanyalah salah satu cara untuk operasi pencampuran. Pencampuran fasa cair merupakan hal yang cukup penting dalam berbagai proses kimia. Pencampuran fasa cair dapat dibagi dalam dua kelompok. Pertama, pencampuran antara cairan yang saling tercampur (*miscible*), dan kedua adalah pencampuran antara cairan yang tidak tercampur atau tercampur sebagian (*immiscible*). Selain pencampuran fasa cair dikenal pula operasi pencampuran fasa cair yang pekat seperti lelehan, pasta, dan sebagainya; pencampuran fasa padat seperti bubuk kering, pencampuran fasa gas, dan pencampuran antar fasa.

*Mixer* merupakan proses mencampurkan satu atau lebih bahan dengan menambahkan satu bahan ke bahan lainnya sehingga membuat suatu bentuk yang seragam dari beberapa konstituen baik cair-padat, padat -padat, maupun cair-gas.

Komponen yang jumlahnya lebih banyak disebut fasa kontinyu dan yang lebih sedikit adalah fasa *disperse*.

## 2.2 Proses Pencampuran

Proses pencampuran dalam fasa cair dilandasi oleh mekanisme perpindahan momentum di dalam aliran turbulen. Pada aliran turbulen, pencampuran terjadi pada tiga skala yang berbeda, yaitu:

1. Pencampuran sebagai akibat aliran cairan secara keseluruhan (*bulk flow*) yang disebut mekanisme konvektif.
2. Pencampuran karena adanya gumpalan-gumpalan fluida yang terbentuk dan tercampakkandi dalam medan aliran yang dikenal sebagai *eddies*, sehingga mekanisme pencampuran ini disebut *eddy diffusion*.
3. Pencampuran karena gerak molekular yang merupakan mekanisme pencampuran difusi.

Ketiga mekanisme terjadi secara bersama-sama, tetapi yang paling menentukan adalah *eddy diffusion*. Mekanisme ini membedakan pencampuran dalam keadaan turbulen daripada pencampuran dalam medan aliran laminar. Sifat fisik fluida yang berpengaruh pada proses pengadukan adalah densitas dan viskositas.

Pengadukan dan pencampuran merupakan operasi yang penting dalam industry kimia. Pencampuran (*mixing*) merupakan proses yang dilakukan untuk mengurangi ketidakseragaman suatu sistem seperti konsentrasi, viskositas, temperatur dan lain-lain. Pencampuran dilakukan dengan mendistribusikan secara acak dua fasa atau lebih yang mula-mula heterogen sehingga menjadi campuran homogen. Peralatan proses pencampuran merupakan hal yang sangat penting, tidak hanya menentukan derajat homogenitas yang dapat dicapai, tapi juga mempengaruhi perpindahan panas yang terjadi. Penggunaan peralatan yang tidak tepat dapat menyebabkan konsumsi energi berlebihan dan merusak produk yang

dihasilkan. Salah satu peralatan yang menunjang keberhasilan pencampuran ialah pengaduk.

Hal yang penting dari tangki pengaduk dalam penggunaannya antara lain:

1. Bentuk pada umumnya digunakan bentuk silindris dan bagian bawahnya cekung.
2. Ukuran yaitu diameter dan tinggi tangki
3. Kelengkapannya:
  - a. Ada tidaknya *baffle*, yang berpengaruh pada pola aliran di dalam tangki.
  - b. Pendingin/Pemanas (*Jacket / Coil*) yang berfungsi sebagai pengendali suhu.
  - c. Letak lubang pemasukan dan pengeluaran untuk proses kontinyu.
  - d. Kelengkapannya lainnya seperti tutup tanki dan sebagainya.

Prinsip pencampuran bahan banyak diturunkan dari prinsip mekanika fluida dan perpindahan bahan, karena pencampuran bahan akan ada bila terjadi gerakan atau perpindahan bahan yang akan dicampur baik secara horizontal ataupun vertikal. Ada dua jenis pencampuran, yaitu pencampuran sebagai proses terminal sehingga hasilnya merupakan suatu bahan jadi yang siap pakai, dan pencampuran merupakan proses pelengkap atau proses yang mempercepat proses lainnya seperti pemanasan, pendinginan atau reaksi kimia.

Kebutuhan tenaga yang diperlukan untuk mencampur suatu jumlah tertentu bahan (cairan) tergantung pada viskositas cairan tersebut. Selain itu kecepatan *mixer* juga berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan bahan-bahan tersebut. *Mixer* dengan kecepatan rendah biasanya digunakan untuk cairan dengan viskositas tinggi dimana campurannya pekat, licin dan sebagainya. Kecepatan tinggi biasanya berkisar antara 1400-1800 rpm, kecepatan sedang biasanya adalah 1500 rpm dan kecepatan rendah berkisar antara 100-500 rpm.

Merencanakan diameter poros pengaduk, untuk merencanakan diameter poros pengaduk dapat dihitung dengan cara :

$$d_s = \left[ \frac{5,1}{\tau_\alpha} K_t C_b T \right]^{1/3}$$

Dimana:

$K_t$  = Faktor koreksi

$C_b$  = Beban lentur

$T$  = Torsi

$d_s$  = diameter poros motor (mm)

$\tau_\alpha$  = Tegangan geser izin (kg/mm<sup>2</sup>)

Untuk mencari perhitungan pada ulir :

$$d = \sqrt{\frac{4W}{\pi \cdot \sigma_t}}$$

Dimana :

$d$  = diameter ulir

$\sigma_t$  = tegangan Tarik aksial ulir

$W$  = beban Tarik aksial ulir

$$\sigma_t = \frac{W}{\left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot (0,8 \cdot d_2)^2}$$

Dimana :

$D_2$  = diameter efektif ulir

$\sigma_t$  = tegangan tarik

$W$  = beban tarik aksial ulir

$$\sigma_t = \frac{W}{\pi \cdot d_1 \cdot k \cdot p \cdot z}$$

Dimana :

k = tebal akar ulir

p = jarak bagi

d1 = diameter ulir dalam

z = jumlah ulir

$$q = \frac{W}{\pi \cdot d_2 \cdot h \cdot z}$$

Dimana :

w = beban Tarik aksial ulir

d2 = diameter efektif ulir

h = kedalaman ulir

z = jumlah ulir

Untuk mencari kekuatan las :

$$\tau_g = \frac{F}{A}$$

Keterangan :

F = Gaya putar ( pengaduk )

A = Luas penampang

$$\tau_{gi} = \frac{\tau_g}{v}$$

Keterangan :

$\tau_{gi}$  = tegangan geser izin pelat pada lasan

$\tau_g$  = tegangan geser beban, beban lasan di samakan dengan bahan st  
 $37 = 37 \text{ kg/mm}^2$

$v$  = faktor konsentrasi tegangan lasan

Untuk menghitung kekuatan kerangka :

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Dimana :

$\sigma$  = Tegangan tekan ( N/mm<sup>2</sup> )

F = Gaya tekan ( N )

A = Luas penampang batang ( mm<sup>2</sup> )

Dalam prosesnya dilakukan dalam suhu yang relative rendah. Dalam prosesnya daging buah kelapa segar diambil santannya, lalu santan ini diproses lebih lanjut melalui proses fermentasi, pendinginan, tekanan mekanis atau sentrifugal. Penambahan zat kimiawi organis dan pelarut kimia tidak dipakai serta pemakaian suhu tinggi juga tidak diterapkan. Hasilnya berupa minyak kelapa murni yang rasanya unik. Apabila beku warnanya putih murni dan dalam keadaan cair tidak berwarna atau bening.

Membuat minyak kelapa dapat dilakukan dengan berbagai macam metode, antara lain:

### 1. Fermentasi

Pada tahap awal kelapa segar diparut untuk diambil santannya. Selanjutnya santan ini didiamkan selama 1-2 jam hingga terbentuk biang santan yang menggumpal. Selanjutnya biang santan ini difermentasi selama 1-2 hari. Caranya dengan menggunakan enzim secara langsung (mikroba penghasil enzim). Dapat pula menambahkan larutan cuka atau ragi untuk

mencegah protein berikatan dengan minyak dan karbohidrat sehingga dapat terpisah dengan baik. Proses fermentasi dikatakan berhasil apabila terbentuk 3 lapisan, yaitu lapisan atas berupa minyak murni, lapisan tengah berupa bolondo, dan lapisan bawah berupa air.

## **2. Pemanasan**

Pada prinsipnya pembuatan VCO metode pemanasan sama dengan cara tradisional. Pada tahap awal kelapa diparut dan diambil santannya kemudian santan ini dipanaskan pada suhu 95o C sampai dihasilkan minyak. Selanjutnya minyak dipanaskan pada api kecil untuk menghilangkan air yang masih ada pada minyak kelapa murni. Untuk menghasilkan 1 liter minyak kelapa murni, dibutuhkan 10-15 buah kelapa.

## **3. Pancingan**

Tahapan metode pancingan dilakukan dengan cara kelapa segar diubah menjadi santan terlebih dahulu, lalu krim kental (kanil) yang berupa cairan kental putih dipisahkan dari air dengan cara mendiamkannya selama 1 jam. Kemudian krim itu dicampur dengan minyak kelapa murni sebagai pancingan dengan perbandingan tertentu lalu diaduk merata lalu didiamkan selama 7-8 jam. Lalu akan apabila terbentuk 3 lapisan, yaitu lapisan atas berupa minyak murni, lapisan tengah berupa bolondo, dan lapisan bawah berupa air. Pada prinsipnya, santan adalah campuran antara molekul minyak, molekul air, dan protein. Ikatan tersebut terbentuk karena adanya protein yang mengelilingi molekul minyak. Dengan metode pemancangan, molekul minyak dalam santan ditarik oleh minyak umpan sampai akhirnya bersatu. Tarikan tersebut membuat air dan protein yang sebelumnya terikat dengan molekul santan menjadi terlepas. Jadi, model pancingan ini mengubah bentuk emulsi air-minyak menjadi minyak-minyak.

#### 4. Putaran Minimal

Beberapa metode yang banyak digunakan dalam pembuatan VCO adalah pemanasan (95 °C), fermentasi dan pancingan (Sutarmi dan Rozaline, 2006). Selain metode tersebut, juga ada metode pengadukan (*mixing*). Putaran kepala *mixer* menyebabkan emulsi santan terpecah. Pada prinsipnya santan adalah campuran antara molekul minyak, molekul air dan protein. Pada metode *mixing*, dengan adanya pengadukan terus-menerus, maka molekul protein yang berfungsi sebagai emulsifier dapat rusak sehingga minyak dapat terpisah (Cahyana dalam Koapaha, 2006).

Pada tahap awal pembuatan VCO yaitu daging buah kelapa diparut atau digiling kemudian diperas untuk diambil santannya. Selanjutnya santan didiamkan hingga terbentuk krim dan skim. Krim inilah yang kemudian diolah dengan berbagai metode menjadi VCO.

Santan merupakan suatu emulsi minyak dalam air. Protein (berupa lipoprotein) yang terdapat di dalam santan berfungsi sebagai pengemulsi. Salah satu penyebab hilangnya stabilitas protein adalah adanya pengadukan. Lapisan molekul protein bagian dalam yang bersifat hidrofob berbalik ke luar, sedangkan bagian luar yang bersifat hidrofil terlipat ke dalam. Hal ini menyebabkan protein mengalami koagulasi dan akhirnya akan mengalami pengendapan, sehingga lapisan minyak dan air dapat terpisah (Winarno dalam Wardani, 2007).

Diantara empat metode yang ada saat ini, menurut saya metode *mixer*lah yang paling baik dan efisien untuk proses produksi minyak kelapa murni dikarenakan alasan-alasan berikut ini :

1. Metode fermentasi menggunakan mikroba-mikroba penghasil enzim. Sudah pasti minyak kelapa tidak benar-benar murni karena adanya tambahan yang dimasukkan untuk menghasilkan minyak kelapa

2. Metode pemanasan menggunakan suhu yang tinggi sehingga ada kemungkinan komposisi kimia dari minyak kelapa murni ini menjadi berubah. Selain itu, kandungan asam laurat pada VCO akan menguap.
3. Metode pancingan diperlukan minyak kelapa murni terlebih dahulu untuk proses produksinya. Sehingga tidak cocok untuk dikembangkan menjadi skala industri.
4. Metode putaran minimal hanya perlu membutuhkan santan, tanpa pemanasan, penambahan bahan lain, ataupun jenis-jenis olahan lanjutan lainnya. Sehingga minyak kelapa yang dihasilkan benar-benar murni. Selain itu metode ini juga sangat efisien dan hanya menggunakan putaran minimal dari mixer yang kami pakai, karena saya akan membuat alat penghasil VCO yang menggunakan metode putaran minimal yang mana alat ini dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama

### **2.3 Jenis Pengaduk**

Pengaduk dalam tangki memiliki fungsi sebagai pompa yang menghasilkan laju volumetrik tertentu pada tiap kecepatan putaran dan input daya. Input daya dipengaruhi oleh geometri peralatan dan fluida yang digunakan. Profil aliran dan derajat turbulensi merupakan aspek penting yang mempengaruhi kualitas pencampuran. Rancangan pengaduk sangat dipengaruhi oleh jenis aliran, laminar atau turbulen. Aliran laminar biasanya membutuhkan pengaduk yang ukurannya hampir sebesar tangki itu sendiri. Hal ini disebabkan karena aliran laminar tidak memindahkan momentum sebaik aliran turbulen.

Pencampuran di dalam tangki pengaduk terjadi karena adanya gerak rotasi dari pengaduk dalam fluida. Gerak pengaduk ini memotong fluida tersebut dan dapat menimbulkan arus yang bergerak keseluruhan sistem fluida tersebut. Oleh sebab itu, pengaduk merupakan bagian yang paling penting dalam suatu operasi pencampuran fasa cair dengan tangki pengaduk. Pencampuran yang baik akan diperoleh bila diperhatikan bentuk dan dimensi pengaduk yang digunakan, karena akan mempengaruhi keefektifan proses pencampuran, serta daya yang diperlukan.

Menurut aliran yang dihasilkan, pengaduk dapat dibagi menjadi tiga golongan:

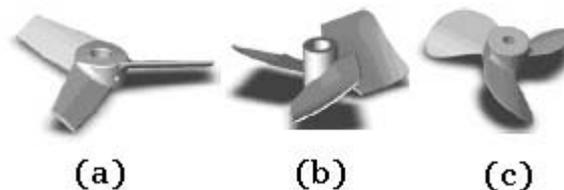
1. Pengaduk aliran aksial yang akan menimbulkan aliran yang sejajar dengan sumbu putaran.
2. Pengaduk aliran radial yang akan menimbulkan aliran yang berarah tangensial dan radial terhadap bidang rotasi pengaduk. Komponen aliran tangensial menyebabkan timbulnya *vortex* dan terjadinya pusaran, dan dapat dihilangkan dengan pemasangan *baffle* atau *cruciform baffle*.
3. Pengaduk aliran campuran yang merupakan gabungan dari kedua jenis pengaduk di atas. Menurut bentuknya, pengaduk dapat dibagi menjadi 3 golongan yaitu *propeller*, *turbine*, *paddles*.

Adapun jenis – jenis pengaduk adalah sebagai berikut:

### 1. Pengaduk Jenis Baling – Baling (*Propeller*)

Kelompok ini biasa digunakan untuk kecepatan pengadukan tinggi dengan arah aliran aksial. Pengaduk ini dapat digunakan untuk cairan yang memiliki viskositas rendah dan tidak bergantung pada ukuran serta bentuk tangki. Kapasitas sirkulasi yang dihasilkan besar dan *sensitive* terhadap beban *head*. Dalam perancangan *propeller*, luas sudu biasa dinyatakan dalam perbandingan luas area yang terbentuk dengan luas daerah. Ada beberapa jenis pengaduk atau impeller yang biasa digunakan, yaitu:

- a. *Marine propeller*
- b. *Hydrofoil propeller*
- c. *High flow propeller*



**Gambar 2.1** Jenis Baling – Baling (*Propeller*)

## 2. Pengaduk Jenis Dayung (*Paddle*)

Pengaduk jenis ini sering memegang peranan penting pada proses pencampuran dalam industri. Bentuk pengaduk ini memiliki minimum 2 sudu, horizontal atau vertical, dengan nilai D/T yang tinggi. *Paddle* digunakan pada aliran fluida laminar, transisi atau turbulen tanpabaffle.

Pengaduk padel menimbulkan aliran arah radial dan tangensial dan hampir tanpa gerak vertical samasekali. Arus yang bergerak kearah horizontal setelah mencapai dinding akan dibelokkan keatas atau kebawah. Biladigunakan pada kecepatan tinggi akan terjadi pusaran saja tanpa terjadi agitasi.

Berbagai jenis pengaduk dayung biasanya digunakan pada kecepatan rendah diantaranya 20 hingga 200 rpm. Dayung datar berdaun dua atau empat biasa digunakan dalam sebuah proses pengadukan. Panjang total dari pengadukan dayung biasanya 60 - 80% dari diameter tangki dan lebar dari daunnya 1/6 - 1/10 daripanjangnya.



**Gambar 2.2** Pengaduk Jenis Dayung (*Paddle*)

## 3. Pengaduk Jenis Turbin (*Turbine*)

Pengaduk turbin adalah pengaduk dayung yang memiliki banyak daun pengaduk dan berukuran lebih pendek, digunakan pada kecepatan tinggi untuk cairan dengan rentang kekentalan yang sangat luas. Diameter dari sebuah turbin biasanya antara 30 - 50% dari diameter tangki. Turbin biasanya memiliki empat atau enam daun pengaduk.



**Gambar 2.3** Pengaduk Jenis Turbine (*Turbine*)

## 2.4 Kecepatan Pengadukan

Dibagi tiga yaitu kecepatan putaran rendah, sedang dan tinggi. Komponen radial dan tangensial terletak pada daerah horizontal dan komponen longitudinal pada daerah vertikal untuk kasus tangkai tegak (*vertical shaft*). Komponen radial dan longitudinal sangat berguna untuk penentuan pola aliran yang diperlukan untuk aksi pencampuran (*mixing action*). Pengadukan pada kecepatan tinggi ada kalanya mengakibatkan pola aliran melingkar di sekitar pengaduk. Gerakan melingkar tersebut dinamakan vorteks.

*Vorteks* dapat terbentuk di sekitar pengaduk ataupun di pusat tangki yang tidak menggunakan *baffle*. Fenomena ini tidak diinginkan dalam industri karena beberapa alasan. Pertama: kualitas pencampuran buruk meski fluida berputar dalam tangki. Hal ini disebabkan oleh kecepatan sudut pengaduk dan fluida sama. Kedua udara dapat masuk dengan mudahnya ke dalam fluida karena tinggi fluida di pusat tangki jatuh hingga mencapai bagian atas pengaduk. Ketiga, adanya vorteks akan mengakibatkan naiknya permukaan fluida pada tepi tangki secara signifikan sehingga fluida tumpah.

Salah satu variasi dasar dalam proses pengadukan dan pencampuran adalah kecepatan putaran pengaduk yang digunakan. Variasi kecepatan putaran pengaduk bisa memberikan gambaran mengenai pola aliran yang dihasilkan dan daya listrik yang dibutuhkan dalam proses pengadukan dan pencampuran. Secara umum klasifikasi kecepatan putaran pengaduk.

### 1. Kecepatan Putaran Rendah

Kecepatan rendah yang digunakan berkisar pada kecepatan 100 rpm. Pengadukan dengan kecepatan ini umumnya digunakan untuk minyak kental, lumpur dimana terdapat serat atau pada cairan yang dapat menimbulkan busa. Jenis pengaduk ini menghasilkan pergerakan *batch* yang sempurna dengan sebuah permukaan fluida yang datar untuk menjaga temperature atau mencampur larutan dengan viskositas dan gravitasi spesifik yang sama.

## **2. KecepatanPutaranSedang**

Kecepatan sedang, berkisar pada kecepatan 1150 rpm. Pengaduk dengan kecepatan ini umumnya digunakan untuk larutan sirup kental dan minyak pernis. Kecepatan rendah, berkisar pada kecepatan 400 rpm. Pengaduk dengan kecepatan ini umumnya digunakan untuk minyak kental, lumpur di mana terdapat serat atau pada cairan yang dapat menimbulkan busa. Untuk menjamin keamanan proses, pengaduk dengan kecepatan lebih tinggi dari 400 rpm sebaiknya tidak digunakan untuk cairan dengan viskositas lebih besar dari 200 cP, atau volume cairan lebih besar dari 2000 L. Pengaduk dengan kecepatan lebih besar dari 1150 rpm sebaiknya tidak digunakan untuk cairan dengan viskositas lebih besar dari 50 cP atau volume cairan lebih besar dari 500 L. Kecepatan pengaduk ditentukan oleh viskositas fluida dan ukuran geometri sistem pengadukan.

Kecepatan sedang yang digunakan berkisar pada kecepatan 1150 rpm. Pengaduk dengan kecepatan ini umumnya digunakan untuk larutan sirup kental dan minyak pernis. Jenis ini paling sering digunakan untuk meriakkan permukaan pada viskositas yang rendah, mengurangi waktu pencampuran, mencampurkan larutan dengan viskositas yang berbeda dan bertujuan untuk memanaskan atau mendinginkan.

## **3. KecepatanPutaranTinggi**

Kecepatan tinggi yang digunakan berkisar pada kecepatan 1750 rpm. Pengaduk dengan kecepatan ini umumnya digunakan untuk fluida dengan viskositas rendah misalnya air. Tingkat pengadukan ini menghasilkan permukaan yang cekung pada viskositas yang rendah dan dibutuhkan ketika waktu pencampuran sangat lama atau perbedaan viskositas sangat besar.

### **2.5 Jumlah Pengaduk**

Penambahan jumlah pengaduk yang digunakan pada dasarnya untuk tetap menjaga efektifitas pengadukan pada kondisi yang berubah. Ketinggian fluida yang lebih besar dari diameter tangki, disertai dengan viskositas fluida yang lebih

besar dan diameter pengaduk yang lebih kecil dari dimensi yang biasa digunakan, merupakan kondisi dimana pengaduk yang digunakan lebih dari satu buah, dengan jarak antara pengaduk sama dengan jarak pengaduk paling bawah ke dasar tangki. Penjelasan mengenai kondisi pengadukan dimana lebih dari satu pengaduk yang digunakan dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

NO	SatuPengaduk	DuaPengaduk
1	Fluida dengan viskositas rendah	Fluida dengan viskositas sedang dan tinggi
2	Pengaduk menyapu dasar tangki	Pengaduk pada tangki yang dalam
3	Kecepatan balik aliran yang tinggi	Gaya gesek aliran besar.
4	Ketinggian permukaan cairan yang bervariasi	Ukuran mounting nozzle yang minimal

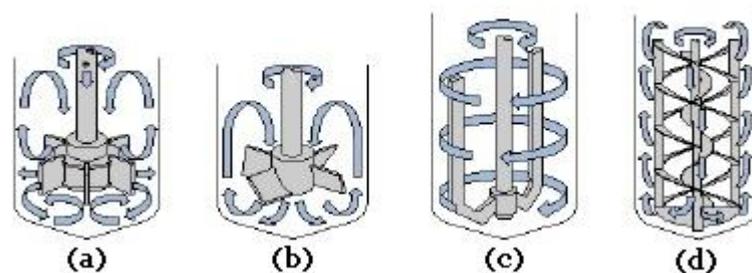
**Tabel 2.1** Kondisi untuk pemilihan pengaduk

## 2.6 Pemilihan Jenis Pengaduk

Viskositas dari cairan adalah salah satu dari beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan jenis pengaduk. Indikasi dari rentang viskositas pada setiap jenis pengaduk adalah :

- a. Pengaduk jenis baling-baling digunakan untuk viskositas fluida di bawah Pa.s (3000 cP).
- b. Pengaduk jenis turbin bisa digunakan untuk viskositas di bawah 100 Pa.s (100.000 cp).

- c. Pengaduk jenis dayung yang dimodifikasi seperti pengaduk jangkar bisa digunakan untuk viskositas antara 50 - 500 Pa.s (500.000 cP).
- d. Pengaduk jenis pita melingkar biasa digunakan untuk viskositas di atas 1000 Pa.s dan telah digunakan hingga viskositas 25.000 Pa.s. Untuk viskositas lebih dari 2,5 - 5 Pa.s (5000 cP) dan di atasnya, sekat tidak diperlukan karena hanya terjadi pusaran kecil.



**Gambar 2.5** Pola aliran yang dihasilkan oleh jenis-jenis pengaduk yang berbeda, (a) *Impeller*, (b) *Propeller*, (c) *Paddle* dan (d) *Helical ribbon*