Available online at http://prosiding.pnj.ac.id

Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin
Politeknik Negeri Jakarta (2021), p737-p746

eISSN 2685-9319

Analisa Pengadukan pada Prototipe Sistem Pengolahan Air Permukaan Menggunakan Sampel Air Kolam di Politeknik Negeri Jakarta

Muhammad Aji Setyonugroho[1)], Almahdi[2)], Noor Hidayati[3)]

[123]Program Studi Diploma III Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. iizSiwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Abstrak

Sistem Pengolahan Air merupakan sebuah sistem pengolahan air baku yang berasal dari sumbernya menjadi air dengan kualitas yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Sistem pengolahan air terdiri dari beberapa proses yaitu, proses pemindahan air dari sumber menuju sistem pengolahan air, proses koagulasi, proses flokulasi, proses sedimentasi, proses filtrasi. Pada proses koagulasi dilakukan pengadukan yang bertujuan untuk mencampur air baku dengan koagulan. Dalam pengadukan dibutuhkan sebuah motor untuk menggerakan impeller. Analisa kebutuhan daya motor, jenis dan ukuran impeller guna mendapatkan hasil pengadukan yang optimal

Kata kunci: Pengoalahan Air; Koagulasi; Pengadukan; Daya Motor; Jenis dan Ukuran Impeller

Abstract

Water Treatment System is a raw water treatment that comes from raw into water with quality in accordance with predetermined standards. The water treatment system consists of several processes, namely, the process of transferring water from the source to the water treatment system, the coagulation process, the flocculation process, the sedimentation process, and the filtration process. In the coagulation process, stirring is carried out which aims to mix raw water with coagulant. In stirring it takes a motor to move the impeller. Analyze motor power requirements, impeller type and size in order to obtain optimal stirring results

Keywords: Water Treatment; Coagulation; Stirring; Motor Power; Impeller Type and Size

1. PENDAHULUAN

Air merupakan senyawa yang berperan penting dalam kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya, hampir semua aktivitas manusia membutuhkan air. Akibat banyaknya kebutuhan manusia terhadap air, sering kali terjadi kekurangan air bersih. Sehingga dibutuhkan sebuah instalasi pengolahan air guna mendapatkan air yang memenuhi standar baku mutu air dalam Peraturan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017.

Instalasi pengolahan air merupakan sistem pengolahan air yang berasal dari sumbernya menjadi menjadi air dengan kualitas yang sesuai dengan standar. Sistem pengolahan air terdiri dari beberapa proses yaitu, proses pemindahan air dari sumber menuju sistem pengolahan air, proses koagulasi, proses flokulasi, proses sedimentasi, proses filtrasi. Pada proses koagulasi dilakukan pengadukan cepat yang bertujuan untuk mencampur air baku dengan koagulan, sedangkan pada proses flokulasi dilakukan pengadukan lambat

Pengadukan lambat dapat dilakukan dengan beberapa cara salah satunya pengadukan hidrolis, cara kerja pengadukan ini dengan memanfaatkan aliran yang terjadi agar bertabrakan dengan penyekat yang telah disusun di sepanjang aliran air. Pengadukan pada koagulasi umumnya menggunakan motor untuk menggerakan impeller. Analisa kebutuhan daya motor dibutuhkan untuk mendapatkan daya motor yang dapat digunakan sebagai sumber penggerak pengaduk. Pengaduk memiliki berbagai macam jenis dan ukuran guna mendapatkan hasil pengadukan yang optimal perlu dilakukan analisa kebutuhan jenis dan ukuran pengaduk pada Prototipe Sistem Pengolahan Air Permukaan Menggunakan Sampel Air Kolam di Politeknik Negeri Jakarta.

2. METODE PENULISAN

Perumusan masalah

Pengamatan yang telah dilakukan mendapatkan kesimpulan untuk membuat sebuah pengaduk dibutuhkan jawaban dari pertanyaan – pertanyaan di bawah ini:

1. Bagaimana menentukan jenis dan ukuran impeller untuk Prototipe Sistem Pengolahan Air Permukaan Menggunakan Sampel Air Kolam di Politeknik Negeri Jakarta?
2. Bagaimana menentukan daya motor yang dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan Prototipe Sistem Pengolahan Air Permukaan Menggunakan Sampel Air Kolam di Politeknik Negeri Jakarta ?
3. Bagaimana menentukan jumlah sekat dalam aliran air sehingga mendapatkan nilai gradien kecepatan sesuai dengan ketentuan?

Tujuan

1. Mendapatkan jenis dan ukuran impeller untuk Prototipe Sistem Pengolahan Air Permukaan Menggunakan Sampel Air Kolam di Politeknik Negeri Jakarta
2. Mendapatkan daya motor yang dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan Prototipe Sistem Pengolahan Air Permukaan Menggunakan Sampel Air Kolam di Politeknik Negeri Jakarta
3. Mendapatkan jumlah sekat dalam aliran air sehingga mendapatkan nilai gradien kecepatan sesuai dengan ketentuan

Observasi dan Wawancara

Observasi dan wawancara dilakukan dengan mendatangi toko listrik, bengkel las dan tempat barang – barang bekas. Hal ini diperlukan untuk mendapatkan data seperti harga jasa, dan cara kerja untuk rancang bangun pengaduk.

Studi Literatur

Membaca sumber – sumber seperti buku, skripsi, dan jurnal hal ini bertujuan untuk mendapatkan hasil studi yang pernah dilakukan sebelumnya, sehingga dapat merancang pengaduk sesuai dengan kebutuhan.

Pengumpulan Data

Langkah ini merupakan Langkah untuk mengumpulkan data yang diperoleh dari observasi, wawancara dan studi literatur untuk selanjutnya dilaksanakan perancangan, perhitungan, dan pembangunan.

Perancangan

Merupakan tahapan untuk menentukan kapasitas pengadukan sesuai dengan kebutuhan Sistem Pengolahan Air Permukaan Menggunakan Sampel Air Kolam di Politeknik Negeri Jakarta

Perhitungan

Berdasarkan hasil dari semua proses yang telah dijalankan, dilakukan proses perhitungan untuk mendapatkan nilai masing – masing komponen.

Pembangunan

Pembangunan merupakan bentuk realisasi perancangan, pembangunan dilakukan sesuai berdasarkan hal – hal yang telah dirangkum dalam tiap tahap sebelumnya.

Kesimpulan dan Saran

Langkah ini dilakukan untuk menjabarkan hasil dari setiap proses, serta saran agar dapat dilakukan penelitian yang lebih optimal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan

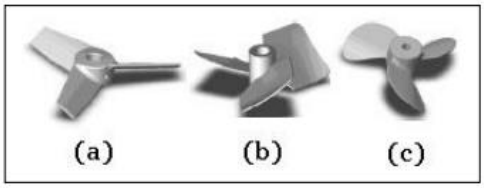
Pengaduk

Pengadukan adalah proses menciptakan gerakan didalam bahan yang diaduk, hal ini bertujuan untuk membuat bahan yang diaduk mengalami pencampuran, Gerak pengaduk yang memotong fluida dapat menimbulkan arus bergerak keseluruhan sistem fluida. Bentuk dan arah aliran akibat potongan fluida terbentuk berdasarkan geometri pengaduk, sehingga pengaduk merupakan bagian penting dalam proses pencampuran.

Berdasarkan bentuknya pengaduk dibagi menjadi empat, yaitu pengaduk baling – baling, pengaduk dayung, pengaduk turbin, dan pengaduk helical ribbon.

1. Baling – baling

   Memiliki jenis aliran aksial, pengaduk baling – baling digunakan untuk mengaduk bahan dengan viskositas 3000 Cp dengan kecepatan 400 hingga 1750 rpm



Gambar 3.1 (a) Pengaduk Jenis Baling – baling
(b) Daun Dipertajam (c) Baling – baling Kapal

(Sumber: Kurniawan, 2011)

2. Dayung
   Pola aliran pengaduk dayung umumnya adalah pola aliran radial, pengaduk ini digunakan pada kecepatan rendah dengan kecepatan diantara 20 hingga 200 rpm dan dengan untuk mengaduk bahan dengan viskositas $50 - 500$ pa. s
3. Turbin
   Pengaduk turbin menghasilkan aliran radial dan tangensial, turbin digunakan untuk pengadukan dengan sifat bahan yang diaduk memiliki viskositas 100 pa. s\

Kecepatan Pengadukan

Kecepatan pengadukan dinyatakan dengan gradien kecepatan, yang merupakan fungsi dari tenaga yang disuplai (P):

$$G = \sqrt{\frac{W}{\mu}}(1) = \sqrt{\frac{P}{\mu.V}}(2)$$

W = tenaga yang disuplai, $\mathrm{N.\,m/dtk.\,m^3}$

P = suplai tenaga ke air, $\mathrm{N.\,m/dtk}$

V = volume air yang diaduk, $\mathrm{m^3}$

μ = viskositas absolut air, $\mathrm{N.\,dtk/m^2}$

Besarnya gradien kecepatan akan mempengaruhi waktu pengadukan yang diperlukan. Makin besar nilai G, maka waktu pengadukan semangkin kecil.

Kriteris Desain Unit Koagulasi (Qasim, Motley, & Zhu, 2000)

- Gradien Kecepatan, G = $100 - 1{,}000\ \mathrm{detik^{-1}}$
- Waktu detensi, $\mathrm{t_d}$ = $10\ \mathrm{detik} - 15\ \mathrm{menit}$
- $G \times t_d$ = $30{,}000 - 60{,}000$

Persamaan (1) dan (2) berlaku umum untuk semua jenis pengadukan. Parameter yang membedakannya adalah besarnya tenaga yang disuplai ke dalam air (P) yang dapat dihitung dengan rumus pada persamaan (3). Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai P sangat bergantung pada metoda pengadukan yang digunakan, apakah pengadukan yang berlangsung menghasilkan aliran turbulen atau laminer.

$$P = K_T n^3 {D_i}^5\ \rho\ (3)$$

P = tenaga, Nm / dtk

K_T = konstanta pengaduk untuk aliran turbulen

n = kecepatan putaran, rps

D_i = diameter pengaduk, m

ρ = massa jenis, Kg / $\mathrm{m^3}$

Pada pengadukan mekanis, yang berperan dalam menghasilkan tenaga adalah bentuk dan ukuran alat pengaduk serta kecepatan alat pengaduk itu diputar (oleh motor). Hubungan antar variabel itu dapat dinyatakan dengan persamaan (3) untuk nilai $\mathrm{N_{Re}}$ lebih dari 10.000:

Bilangan reynold suatu pengaduk dapat dihitung dengan rumus

$$N_{Re} = \frac{D_i^2\, n\rho}{\mu} \quad (4)$$

μ = Viskositas absolut air, $(\mathrm{N.dtk}) \,/\, \mathrm{m}^2$

Daya motor

Proses pengadukan dibutuhkan motor, yang berfungsi sebagai penggerak pengaduk. Sehingga dibutuhkan perancangan dan perhitungan dalam menetukan spesifikasi motor, seperti berapakah daya motor, dan berapakah kecepatan maksimum juga kecepatan minum motor.

Menentukan daya motor, dalam rancang bangun dibutuhkan sebuah poros sebagai penghubung antara motor dengan impeller. Berikut adalah hubungan antara poros dengan daya motor yang dibutuhkan;

$$\frac{T}{J} = \frac{G \times \theta}{L} (5)$$

T = Moment puntir (torsi) yang terjadi pada poros (Nmm)

J = moment inertia polar poros (mm)

G = modulus rigidity $\left(\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{mm}^2}\right)$

θ = sudut defleksi (rad)

L = panjang shaft (mm)

$$J = \frac{\pi D^4}{32} (6)$$

J = moment inertia polar poros pejal (mm)

D = diameter poros (mm)

$$J = \frac{bH}{12} + h^2 + b^2 (7)$$

J = moment inertia polar pengaduk (mm)

h = diameter poros (mm)

b = diameter poros (mm)

$$P = \frac{2 \times \pi \times N \times T}{60} (8)$$

P = daya, watt

N = kecepatan putar, rpm

T = Moment puntir (torsi) yang terjadi pada poros (Nm)

$$T = F \times L \; (9)$$

T = torsi

F = beban, kg

L = jarak beban dengan poros, cm

Dalam sumber lain ditentukan bahwa daya:

$$P = F_D \times v \; (10)$$

McDonald, Introduction to Fluid Mechanics, 1997 :434

v = kecepatan pengaduk, $\mathrm{m/s}$

F_D = gaya pengaduk, N

$$F_D = C_D \times \frac{1}{2} \times v^2 \times A \times \rho \ (11)$$

McDonald, Introduction to Fluid Mechanics, 1997 :434

C_D = *drag coefficent*

F_D = gaya pengaduk, N

v = kecepatan pengadu, $\mathrm{m/s}$

A =luasan yang menabrak bahan, $\mathrm{m^2}$

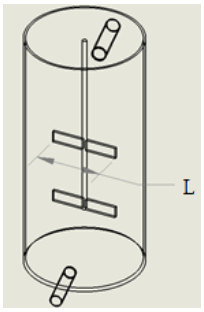
ρ = massa jenis, $\mathrm{kg/m^3}$

Nilai C_D ditentukan berdasarkan luas permukaan yang bertabrakan

$$v = \frac{\pi \times D \times n}{60 \times 1000} \ (12)$$

D = diameter poros, mm

n = kecepatan putar dalam, rpm



Gambar 3.2 Penjelasan jadi – jari inersia

$$I = \frac{1}{12} \times m \times l^2 \ (13)$$

I = momen inersia pada batang bengaduk, kg. $\mathrm{m^2}$

m =massa paddle, kg

j =jari jari paddle, m

$$I = \frac{1}{2} \times m \times r^2 \ (14)$$

I = momen inersia pada batang bengaduk, kg. $\mathrm{m^2}$

m =massa paddle, kg

j =jari jari paddle, m

$$a = \frac{dw}{dt} \ (15)$$

a =Percepatan sudut, $\mathrm{rad/s^2}$

$$T = (I.a) + (F.r) \quad (16)$$

T = torsi, Nm

I = momen inersia, $\mathrm{kgm^2}$

F = gaya

r = jari jari, m

Daya karena momen inersia

$$P = \frac{T \times 2\pi \times n}{60} (17)$$

P = daya, watt

T = torsi, Nm

N = kecepatan putar, rpm

Pengadukan Flokulasi

Pengadukan lambat dapat dilakukan dengan beberapa cara salah satunya pengadukan hidrolis, cara kerja pengadukan ini dengan memanfaatkan aliran yang terjadi agar bertabrakan dengan penyekat yang telah disusun di sepanjang aliran air, banyak sekat dapat ditentukan dengan rumus di bawah ini:

(Masduqi & Assomadi, 2012)n = jumlah sekat

μ = kekentalan dinamis air, $\mathrm{kg/m.s}$

t = waktu flokulasi, detik

ρ = berat jenis air, $\mathrm{kg/m^3}$

f = Koefisien gesek sekat

w = Lebar bak, m

L = Panjang bak flokulator, m

G = Gradien Kecepatan, $\mathrm{detik^{-1}}$

Q = Debit aliran, $\mathrm{m^3/det}$

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

V = volume bak, $\mathrm{m^3}$

Q = debit aliran air, $\mathrm{m^3/s}$

t_d = waktu detensi, detik

Perhitungan

Jenis dan ukuran Pengaduk

Jenis dan ukuran pengaduk ditentukan berdasarkan:

1. Viskositas air
   Pada Prototipe Sistem Pengolahan Air Permukaan Menggunakan Sampel Air permukaan dengan viskositas $0{,}7357 \times 10^{-3}$ $\mathrm{Ndet/m^2}$
2. Bentuk wadah
   Untuk mengurangi dead zone digunakan wadah, dengan bentuk tabung.
3. Dimensi wadah
   Wadah koagulasi yang digunakan adalah pipa PVC Rucika 8 inch kelas D dengan diameter dalam 207,6 mm
4. Kecepatan pengadukan
   Telah ditetapkan bahwa rentang kecepatan pengadukan koagulasi diantara $G = 630$ sehingga di dapatkan kecepatan putar 200 rpm

Berdarakan 4 hal diatas, ditpilih pengaduk menggunakan jenis dayung hal ini dikarenakan pengaduk dayung digunakan untuk viskositas rendah, kecepatan rendah, dan memiliki aliran air radial. Panjang total dari pengadukan dayung biasanya $60 - 80\%$ dari diameter tangki dan lebar dari daunnya $1/6 - 1/10$ dari panjangnya, maka dapat diketahui:

$$D_p = \frac{60}{100} \times 207{,}6(mm) = 124{,}56(mm) \approx 125\ (mm)$$
$$L_p = \frac{1}{6} \times 125(mm) = 20{,}83(mm) \approx 20(mm)$$

Daya Motor

Dalam menentukan daya mixer terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan,

1. Massa jenis air, $995{,}37\ \mathrm{kg/m^3}$
2. Ukuran pengaduk, $D_p = 125\ \mathrm{mm}$ $L_p = 20\ \mathrm{mm}$ $T_p = 2\ \mathrm{mm}$
   $$A_p = 125 \times 20 = 2500\ \mathrm{mm^3}$$
   Pengaduk $\times\ 2 = 5000\ \mathrm{mm^2}$
3. Drag coefficient $C_D = 2{,}05$
4. Kecepatan pengaduk, 200 rpm

Sehingga dapat dihitung, Perhitungan daya $mixer_1$:

- Kecepatan keliling poros
  $$v_p = \frac{\pi \times 8 \times 200}{60 \times 1000} = \frac{0{,}0837\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \quad (12)$$
- Gaya pengaduk
  $$F_D = 2{,}05 \times \frac{1}{2} \times \left(0{,}0837 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 \times 0{,}005\ \mathrm{m^2} \times 995{,}37\ \mathrm{kg/m^3} \quad (11)$$
  $$F_D = 0{,}0357\ \mathrm{N}$$
- Daya yang diperlukan untuk mengaduk dapat diketahui dengan rumus di bawah ini :
  $$P = 0{,}0357\ \mathrm{N} \times 0{,}0837\ \mathrm{m/s} \quad (10)$$
  $$P = 2{,}988 \times 10^{-3}\ \mathrm{watt}$$
- Momen inersia pada poros
  $$I = \tfrac{1}{2} \times 0{,}1414\ \mathrm{kg} \times (0{,}004\ \mathrm{m})^2 \quad (14)$$
  $$I = 1{,}1312 \times 10^{-6}\ \mathrm{kgm^2}$$
- Momen inersia pada pengaduk
  $$I = \frac{1}{12} \times 0{,}0936\ \mathrm{kg} \times (0{,}125\ \mathrm{m})^2 \quad (13)$$
  $$I = 1{,}2187 \times 10^{-4}\ \mathrm{kgm^2}$$
- Momen inersia total

$$I_{poros} + I_{pengaduk} = 1{,}23 \times 10^{-4}\ \text{kgm}^2$$

- Percepatan sudut

$$\omega_1 = \frac{2 \times \pi \times 200}{60} = 20{,}9439\ \text{rad/s}$$

$$a = \frac{20{,}9439\ \text{rad/s} - 0\ \text{rad/s}}{1} = 20{,}9439 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \quad (15)$$

- Torsi

$$T = (1{,}23 \times 10^{-4}\ \text{kgm}^2 \times 20{,}9439 \text{rad/s}^2) + (0{,}0357\ \text{N} \times 0{,}0625)$$

$$T = 2{,}576 \times 10^{-3} + 2{,}23125 \times 10^{-3} = 4{,}8073 \times 10^{-3}\ \text{Nm}$$

- Daya

$$P = \frac{4{,}8073 \times 10^{-3}\ \text{Nm} \times 2\pi \times 200}{60} = 0{,}1006\ \text{watt} \quad (17)$$

$$P_1 + P_2 = 2{,}988 \times 10^{-3}\ \text{watt} + 0{,}1006\ \text{watt}$$

$$P = 0{,}1036\ \text{watt}$$

Perhitungan daya $mixer_2$

- Torsi

$$T = \frac{70 \times 10^2 \left(\frac{N}{mm^2}\right) \times 4{,}3633 \times 10^{-3}(Rad) \times \left[\left(\frac{\pi \times 8^4\ (mm)}{32}\right) + \left(\frac{2 \times 125}{12} + 125^2 + 2^2\right)\right]}{350\ (mm)} \quad (5)$$

$$T = 1400{,}79\ (Nmm)$$

- Daya

$$P = \frac{2 \times \pi \times 200(Rpm) \times 1400{,}79\ (Nmm)}{60 \times 1000} \quad (8)$$

$$P = 29{,}338\ (watt)$$

Pengadukan Flokulasi

Direncanakan sebuah unit flokulator dengan dua buah kompartemen yang disusun secara vertikal setiap kompartemen memiliki nilai Gradien Kecepatan yang berbeda sesuai dengan alirannya, kompartemen I memiliki nilai G yang lebih besar karena kompartemen ini terletak di atas, aliran air yang masuk berasal dari proses koagualasi, kompartemen II memiiki G yang kecil karena terletak di bawah dan mengalir ke proses sedimentasi.

1. kompartemen I G = 120 $detik^{-1}$
2. kompartemen II G = 45 $detik^{-1}$

Ditentukan bahwa setiap kompartemen wadah memiliki

$$V = 5.000\ cm^3, L = 22\ cm, P = 30\ cm, T = ?$$

$$5.000\ cm^3 = 22\ cm \times 30\ cm \times T$$

$$T = 7.5757\ cm \approx 8\ cm$$

Menentukan jumlah sekat berdasarkan nilai gradien;

Kompartemen I

$$n = \left\{\left[\frac{2 \times 0{,}7834 \times 10^{-3} \times 16}{995{,}37(1.44+)}\right]\right\} \text{(Singgih, 2014)} \quad \left[\frac{0{,}08 \times (0{,}268 \times 4) \times 120}{0{,}15 \times 10^{-3}}\right]^2 \frac{1}{3}$$

$$n = 43{,}3817 \approx 44$$

Kompartemen II

$$n = \left\{\left[\frac{2 \times 0{,}7834 \times 10^{-3} \times 10}{995{,}37(1.44 + 0{,}012)}\right]\left[\frac{0{,}08 \times (0{,}268 \times 2) \times 45}{0{,}15 \times 10^{-3}}\right]^2\right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$n = 12{,}1502 \approx 12$$

4. KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan tujuan didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Untuk mengaduk air permukaan yang dicampur koagulan padat diperlukan pengaduk dengan ketentuan
   - Jenis pengaduk, paddle
   - Dimensi. Diameter 125 mm, lebar 20 mm, dan tinggi 2 mm
2. Dibutuhkan motor dengan daya 29,338 watt untuk mengaduk air.
3. Dibuat wadah flokulasi dengan banyak skat di kompartemen I, 44 dan kompartemen II, 12

Saran

Untuk pemilihan material pengaduk dan poros perhatikan sifat korosi material, karena koagulan merupakan zat asam. Gunakan dimmer untuk mendapatkan daya motor yang diinginkan, atau dapat juga menggunakan program arduino.

5. REFERENCES

Agustin, D. P. (2015). analisa gaya dan daya pada alat pengaduk mesin 3 in 1 pembuat kerupuk sermier dengan kapasitas 35kg/jam. *Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Mesin ITS*.

Anggarani, B. O. (2015). Peningkatan Efektifitas Proses Koagulasi - Flokulasi dengan Menggunakan Alumunium Sulfat dan Polydadmac. *Jurusan Teknik Lingkungan ITS*.

Geankoplis, C. J. (1993). *Transport process and unit operations* (Vol. III). englewood cliffs, new jersey: A simon & schuster company.

Khurmi, R. S., & Gupta, J. K. (2005). *Machine Design.* Ram Nagar New Delhi: EURASIA PUBLISHING HOUSE (PVT.) LTD.

Masduqi, A., & Assomadi, A. F. (2012). *Operasi & Proses Pengolahan Air* (Vol. II). Surabaya: ITS Press.

Muhammad, E. M. (2017). Studi Pengaruh Kecepatan Impeller Terhadap Aliran Fluida dalam Fenomena Bioetahonal Secara Visualisai. *Skripsi. Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri ITS*.

Singgih, P. E. (2014). ANALISA ALIRAN FLUIDA PADA PIPA acrylic diameter 12,7 mm (0,5 inci) dan 38,1 mm (1,5 inci). *Fakultas Teknologi Industri, Teknik Mesin Universitas Gunadarma*, 14.

Suprana, Y. A. (2015). Pengaruh Pengadukan pada Pembentukan Sol - Silika Dari Sodium Silikat. *Jurusan Teknik Kimia ITS*.