

LAPORAN
PENELITIAN KEBIJAKAN FAKULTAS



PENGARUH JUMLAH BILAH TERHADAP KINERJA POMPA
SENTRIFUGAL

INDRA HERLAMBA SIREGAR, S.T., M.T NIDN : 0007097103
Dr. DEWANTO, M.Pd. NIDN : 0009086409

UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA
DESEMBER 2018

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : PENGARUH JUMLAH BILAH TERHADAP KINERJA
POMPA SENTRIFUGAL

Peneliti/Pelaksana
Nama Lengkap : INDRA HERLAMBA SIREGAR, S.T,M.T
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Surabaya
NIDN : 0007097103
Jabatan Fungsional : Lektor
Program Studi : Teknik Mesin
Nomor HP : 0813330561826
Alamat surel (e-mail) : indrasiregar@unesa.ac.id

Anggota (1)
Nama Lengkap : Dr. DEWANTO, M.Pd.
NIDN : 0009086409
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Surabaya

Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : 1 Tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 10,000,000

Mengetahui,
DEKAN



(Prof. Dr. Ekohariadi, M.Pd.)
NIP/NIK 196004041987011001

Kota Surabaya, 13 - 12 - 2018
Ketua,



(INDRA HERLAMBA SIREGAR, S.T, M.T.)
NIP/NIK 197109072005011002

Menyetujui,
Ketua LPPM



(Prof. Dr. Lies Amin Lestari, M.A. M.Pd.)
NIP/NIK 196102121988032004

RINGKASAN

Pompa merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan suatu fluida dari satu tempat ke tempat lain. Kinerja pompa saat ini masih bisa ditingkatkan dengan mendesain jumlah bilah pada impeller pompa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah bilah pada impeller pompa terhadap kinerja pompa sentrifugal dengan variasi putaran motor dan terhadap kebisingan pompa sentrifugal.

Pada penelitian ini jenis impeller yang digunakan adalah splitter blades dengan jumlah bilah 6, 8, dan 10 dan putaran motor 1300 rpm, 1600 rpm dan 1800 rpm. Motor penggerak yang digunakan berupa motor AC dengan daya 250 watt sedangkan pompa yang digunakan adalah pompa sentrifugal radial flow dengan pipa suction dan discharge $\frac{3}{4}$ inchi.

Dari penelitian ini dihasilkan kinerja tertinggi pada pompa sentrifugal dengan jumlah bilah 10 dimana dari hasil penelitian diperoleh head tertinggi sebesar 15,76 meter dan kapasitas sebesar 40 liter permenit pada kecepatan putaran 1800 rpm. Semakin meningkat jumlah bilah maka tingkat kebisingan juga semakin meningkat dengan nilai tertinggi sebesar 84,3 dB. Dari analisa pompa, semakin banyak bilah dan kecepatan putaran maka semakin besar pula tekanan, kapasitas dan kebisingan yang ditimbulkan oleh pompa tersebut.

Kata Kunci : *Pompa sentrifugal, impeller dengan blades splitter, kinerja pompa sentrifugal.*

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| Halaman Judul | i |
| Lembar Pengesahan..... | ii |
| Ringkasan | iii |
| Daftar Isi | iv |
| Daftar Tabel..... | vii |
| Daftar Gambar | viii |
| Daftar Lampiran | ix |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang..... | 1 |
| B. Identifikasi Masalah | 3 |
| C. Rumusan Masalah..... | 4 |
| D. Batasan Masalah. | 4 |
| E. Tujuan Penelitian,..... | 5 |
| F. Manfaat Penelitian..... | 5 |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA | 6 |
| A. Pengertian Penelitian Study Eksperimen..... | 6 |
| 1. Karakteristik Penelitian Eksperimen | 7 |
| B. Pengertian Pompa | 8 |
| C. Klasifikasi Pompa..... | 9 |
| D. Pompa Sentrifugal. | 9 |
| 1. Prinsip -Prinsip Dasar Pompa Sentrifugal | 10 |
| 2. Klasifikasi Pompa Sentrifugal | 10 |
| 3. Bagian-Bagian Pompa Sentrifugal | 11 |
| E. Head Pompa..... | 14 |
| 1. <i>Head Loss</i> | 16 |
| a. <i>Head Loss Major</i> | 16 |
| b. <i>Head Loss Minor</i> | 17 |
| c. <i>Pressure Head</i> | 20 |
| d. <i>Head Loss Total</i> | 21 |
| F. Kapasitas Pompa..... | 22 |
| G. Daya..... | 22 |

| | |
|--|-----------|
| H. Daya Motor | 23 |
| I. Efisiensi. | 23 |
| J. Karakteristik Pompa | 24 |
| K. Kebisingan Pompa | 24 |
| 1. <i>Tingkat Tekanan Bunyi Rata - Rata</i> | 26 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 28 |
| A. Tempat Dan Waktu Penelitian..... | 28 |
| 1. Tempat Penelitian..... | 28 |
| 2. Waktu Penelitian..... | 28 |
| B. Jenis Penelitian | 28 |
| C. Rancangan Penelitian..... | 28 |
| D. Variabel Penelitian..... | 30 |
| E. Instrumen Dan Alat Penelitian..... | 31 |
| F. Prosedur Pengambilan Data..... | 33 |
| G. Teknik Analisis Data | 34 |
| BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISA DATA..... | 36 |
| A. Perhitungan Efisiensi Motor Penggerak | 36 |
| B. Perhitungan Data Untuk Pompa Sentrifugal Dengan Bilah Impeller 3 Kecepatan 1300 Rpm..... | 37 |
| 1. Kapasitas Pompa..... | 37 |
| 2. Kecepatan Aliran | 37 |
| 3. Perhitungan <i>Head Loss</i> | 38 |
| 4. Whp (Water Horse Power) | 42 |
| 5. Daya Motor..... | 42 |
| 6. Daya Pada Poros Motor..... | 43 |
| 7. Efisiensi Pompa | 43 |
| C. Perhitungan Data Untuk Pompa Sentrifugal Dengan Bilah Impeller 3 Kecepatan 1600 Rpm..... | 43 |
| 8. Kapasitas Pompa..... | 43 |
| 9. Kecepatan Aliran | 43 |

| | |
|--|----|
| 10. Perhitungan <i>Head Loss</i> | 45 |
| 11. Whp (Water Horse Power) | 48 |
| 12. Daya Motor..... | 49 |
| 13. Daya Pada Poros Motor | 49 |
| 14. Efisiensi Pompa | 49 |
| D. Perhitungan Data Untuk Pompa Sentrifugal Dengan Bilah Impeller 3 Kecepatan 1800 Rpm..... | 50 |
| 15. Kapasitas Pompa..... | 50 |
| 16. Kecepatan Aliran | 50 |
| 17. Perhitungan <i>Head Loss</i> | 51 |
| 18. Whp (Water Horse Power) | 55 |
| 19. Daya Motor..... | 55 |
| 20. Daya Pada Poros Motor | 56 |
| 21. Efisiensi Pompa | 56 |
| E. Hasil Perhitungan , Grafik Head Dan Efisiensi Pompa Sentrifugal Dengan Variasi Bilah Dan Putaran. | 56 |
| F. Hasil Pengukuran Kebisingan Terhadap Putaran Pompa Dengan Variasi Jumlah Bilah | 66 |
| BAB V SIMPULAN DAN SARAN | 69 |
| A. Simpulan..... | 69 |
| B. Saran | 69 |
| DAFTAR PUSTAKA | 85 |
| LAMPIRAN | 87 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1. Konversi dBA ke dB | 28 |
| Tabel 3.1. Variasi jumlah bilah dan putaran motor..... | 31 |
| Tabel 4.1 Hasil perhitungan impeller dengan blades splitter pompa sentrifugal bilah 3 putaran 1300..... | 44 |
| Tabel 4.2 Hasil perhitungan impeller dengan blades splitter pompa sentrifugal bilah 3 putaran 1600..... | 45 |
| Tabel 4.3 Hasil perhitungan impeller dengan blades splitter pompa sentrifugal bilah 3 putaran 1800..... | 45 |
| Tabel 4.4 Hasil perhitungan impeller dengan blades splitter pompa sentrifugal bilah 4 putaran 1300..... | 48 |
| Tabel 4.5 Hasil perhitungan impeller dengan blades splitter pompa sentrifugal bilah 4 putaran 1600..... | 48 |
| Tabel 4.6 Hasil perhitungan impeller dengan blades splitter pompa sentrifugal bilah 4 putaran 1800..... | 48 |
| Tabel 4.7 Hasil perhitungan impeller dengan blades splitter pompa sentrifugal bilah 5 putaran 1300..... | 52 |
| Tabel 4.8 Hasil perhitungan impeller dengan blades splitter pompa sentrifugal bilah 5 putaran 1600..... | 52 |
| Tabel 4.9 Hasil perhitungan impeller dengan blades splitter pompa sentrifugal bilah 5 putaran 1800..... | 52 |
| Tabel 4.10 Data hasil pengukuran tingkat kebisingan impeller dengan blades splitter bilah 3 bukaan katub 0 ⁰ | 55 |
| Tabel 4.11 Data hasil pengukuran tingkat kebisingan impeller dengan blades splitter bilah 4 bukaan katub 0 ⁰ | 55 |
| Tabel 4.12 Data hasil pengukuran tingkat kebisingan impeller dengan blades splitter bilah 5 bukaan katub 0 ⁰ | 55 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 2.1 | Klasifikasi Pompa | 9 |
| Gambar 2.2 | <i>casing</i> pada pompa sentrifugal | 12 |
| Gambar 2.3 | <i>impeller</i> terbuka | 13 |
| Gambar 2.4 | <i>semi open impeller</i> | 14 |
| Gambar 2.5 | <i>closed impeller</i> | 14 |
| Gambar 2.6 | Diagram <i>Moody</i> | 17 |
| Gambar 2.7 | Harga K dari berbagai jenis Fitting | 19 |
| Gambar 2.8 | Harga K dari berbagai jenis Valve | 20 |
| Gambar 2.9 | Alat ukur pressure gauge..... | 21 |
| Gambar 2.10 | Contoh kurva karakteristik head dan efisiensi pompa | 24 |
| Gambar 3.1 | Skema prosedur penelitian | 29 |
| Gambar 3.2 | Desain impeller splitter blades dan details..... | 31 |
| Gambar 3.3 | Desain rancangan penelitian..... | 33 |
| Gambar 3.4 | Alat sound level meter..... | 34 |
| Gambar 3.5 | Instrumen pengambilan tingkat kebisingan..... | 36 |
| Gambar 4.1 | grafik H-Q dan efisiensi impeller dengan blades splitter 3 pada pompa sentrifugal dengan berbagai variasi putaran. | 58 |
| Gambar 4.2 | grafik H-Q dan efisiensi impeller dengan blades splitter 4 pada pompa sentrifugal dengan berbagai variasi putaran. | 61 |
| Gambar 4.3 | grafik H-Q dan efisiensi impeller dengan blades splitter 5 pada pompa sentrifugal dengan berbagai variasi putaran. | 64 |
| Gambar 4.4 | grafik tingkat kebisingan terhadap putaran motor pada pompa sentrifugal dengan berbagai variasi bilah. | 67 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|----|
| Lampiran 1. Physical properties of water | 73 |
| Lampiran 2. Moody diagram..... | 74 |
| Lampiran 3. Friction factor fitting and valve | 75 |
| Lampiran 4. Tabel hasil penelitian..... | 77 |
| Lampiran 5. Dokumentasi penelitian | 95 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pompa adalah alat yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain, melalui media pipa dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung kontinu. Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian hisap (*suction*) dan bagian tekan (*discharge*), perbedaan tekanan tersebut dihasilkan dari sebuah mekanisme putaran impeler yang membuat keadaan sisi hisap vakum dan disisi discharge bertekanan. Perbedaan tekanan inilah yang menyebabkan cairan sehingga dapat berpindah dari suatu reservoir ke tempat lain yang lebih tinggi.

Salah satu jenis pompa yang banyak digunakan dalam memenuhi kebutuhan air baik rumah tangga maupun industri adalah pompa jenis sentrifugal. Pompa sentrifugal merupakan jenis pompa yang mengubah energi kinetik putaran impeler menjadi energi tekanan fluida. Pompa sentrifugal banyak digunakan baik rumah tangga maupun industri karena selain desainnya memiliki tingkat efisiensi yang relatif tinggi dibandingkan pompa jenis lain serta mudah pula pengoperasiannya.

Kinerja dari sentrifugal pump ditentukan oleh head dan efisiensi kerja pompa. Head merupakan kemampuan pompa untuk mengangkat fluida, sedangkan efisiensi adalah perbandingan daya hidraulis pompa dibandingkan dengan daya yang dibutuhkan motor untuk mengoperasikan menjalankan pompa.

Parameter yang paling menentukan dari kinerja pompa sentrifugal adalah kapasitas debit keluaran air, kemudian sudut keluar dari bilah impeller, banyaknya bilah impeller, dan laju kecepatan aliran fluida. Parameter-parameter tersebut sangat berpengaruh terhadap kinerja pompa sentrifugal.

Parameter tersebut akan mempengaruhi efisiensi pompa desain pengerjaan pompa dan debit aliran yang konstan.(Manohar Gourav et. Al, 2014)

Mr. Kamlesh J. Vasava.(Mr. Kamlesh J. Vasava, 2015) meneliti tentang tinjauan umum atas efek dari splitter blades pada pompa sentrifugal. Dari penelitian tersebut didapatkan bahwa implementasi dari splitter blades mengurangi penyumbatan cairan di inlet impeler maka meningkatkan kinerja pompa. Splitter blades dapat mengurangi tekanan fluktuasi maka getaran dan kebisingan berkurang.

Untuk meningkatkan efisiensi optimal pompa sentrifugal jumlah bilah sangat penting akan tetapi terlalu banyak bilah akan mengurangi efisiensi pompa karena penyumbatan pada impeler dan gesekan kulit dibagian impeler. Oleh sebab itu perlu jumlah bilah yang tepat untuk meningkatkan efisiensi pompa sentrifugal.

G. Kergourlay et al.(G. Kergourlay et al., 2007) meneliti tentang pengaruh splitter blades di bidang arus dari pompa sentrifugal. Dari penelitian tersebut didapatkan bahwa *head* mengalami kenaikan dibandingkan dengan impeler asli dan juga dapat menurunkan tekanan fluktuasi pada saluran kanal. Akan tetapi analisis ini masih menggunakan simulasi 3D.

Meskipun banyak penelitian yang sudah mengangkat tentang pompa sentrifugal, namun pada saat ini masih banyak pompa sentrifugal yang menggunakan impeler biasa. Nilai efisiensi dari pompa tersebut tentunya masih dapat ditingkatkan dengan merubah desain dari parameter-parameter pompa sentrifugal, salah satu parameter yang sangat berpengaruh dari pompa sentrifugal adalah impeller. Impeller pompa memegang peranan penting untuk meningkatkan head dan kapasitas pompa. Semakin tinggi head dan kapasitas pompa berpengaruh untuk meningkatkan efisiensi dari pompa sentrifugal sentrifugal tersebut.

Impeler yang digunakan pada pompa sentrifugal saat ini rata-rata masih menggunakan impeler asli. Seperti dijelaskan oleh Mr. Kamlesh J. Vasava bahwa jumlah bilah dapat meningkatkan kinerja pompa dan mengurangi tekanan fluktuasi. Meskipun sudah ada beberapa pompa sentrifugal yang mengaplikasikan jumlah bilah namun belum ada upaya

penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan jumlah bilah secara nyata dan hanya sekedar menggunakan simulasi 3D. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang jumlah bilah.

Melihat besarnya pengaruh impeller terhadap kinerja pompa sentrifugal maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap jumlah bilah yang memiliki efisiensi optimal dalam meningkatkan kinerja pompa, hal itulah yang mendasari penulis mengangkat judul penelitian yang membahas tentang impeller yaitu Pengaruh jumlah bilah terhadap kinerja pompa sentrifugal.

1.2 IDENTIFIKASI MASALAH

Dari latar belakang diatas maka dapat diidentifikasi masalah-masalah dari pompa sentrifugal adalah sebagai berikut:

1. Pompa sentrifugal yang digunakan saat ini masih banyak yang menggunakan impeler orisinil.
2. Belum diketahuinya pengaruh *jumlah bilah* terhadap head dan efisiensi kerja tertinggi pompa sentrifugal.
3. Belum diketahuinya pengaruh *jumlah bilah* terhadap tingkat kebisingan pompa sentrifugal .
4. Belum diketahuinya jumlah bilah jumlah bilah yang paling optimal.
5. Belum diketahuinya pengaruh *jumlah bilah* terhadap tingkat getaran pompa sentrifugal.
6. Belum diketahui pengaruh *jumlah bilah* terhadap nilai npsH.
7. Belum diketahui kinerja pompa sentrifugal dengan menggunakan *jumlah bilah* terhadap variasi kecepatan putaran.
8. Belum ada penelitian tentang pompa sentrifugal dengan menggunakan *jumlah bilah* dengan menggunakan fluida selain air.

1.3 RUMUSAN MASALAH.

Berdasarkan identifikasi masalah diatas maka penulis merumuskan permasalahan yang berkaitan dengan pompa sentrifugal yaitu:

1. Bagaimanakah pengaruh *jumlah bilah* terhadap kinerja pada pompa sentrifugal?
2. Berapakah pengaruh *jumlah bilah* terhadap besarnya head dan efisiensi kerja tertinggi pompa sentrifugal?
3. Bagaimana pengaruh *jumlah bilah* terhadap tingkat kebisingan pompa sentrifugal?

1.4 BATASAN MASALAH.

Supaya penelitian yang akan dilakukan sistematis dan tidak melebar maka perlu diberi batasan-batasan penelitian. Adapun batasan penelitian ini adalah:

1. Pompa yang dipilih adalah pompa sentrifugal skala rumah tangga. Dengan kapasitas kurang dari $20 \text{ m}^3/\text{jam}$. Dengan menggunakan impeller berdiameter 85 mm.
2. Jenis pompa sentrifugal yang digunakan adalah tipe aliran radial.
3. Variable dalam penelitian ini adalah pengaruh jumlah bilah , tingkat kebisingan dan variasi kecepatan putaran.
4. Jenis fluida yang digunakan adalah air.
5. Tidak membahas material yang digunakan dalam perancangan dan instalasi pompa.
6. Pengujian pompa hanya dilakukan pada saat pompa beroperasi.
7. Motor listrik yang digunakan adalah motor listrik dengan daya 250 watt.

1.5 TUJUAN PENELITIAN,

Tujuan dari dilakukanya penelitian ini adalah

1. Mengetahui pengaruh *jumlah bilah* terhadap kinerja pompa sentrifugal.
2. Mengetahui pengaruh *jumlah bilah* terhadap besarnya head dan efisiensi kerja tertinggi pompa sentrifugal.

3. Mengetahui pengaruh *jumlah bilah* terhadap tingkat kebisingan dari variasi *jumlah bilah* pada pompa sentrifugal.

2. MANFAAT PENELITIAN.

Adapun beberapa manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membantu dalam mengetahui karakteristik pompa pada setiap pemasangan impeller yang berbeda.
2. Mengetahui kinerja pompa sehingga dapat menentukan pemilihan impeler yang efisien.
3. Membantu dalam mengetahui kebisingan pompa pada setiap pemasangan impeller yang berbeda
4. Mengurangi pemborosan dalam penggunaan energi listrik, dimana energi listrik yang digunakan tidak sesuai dengan hasil yang didapat dari pompa.
5. Mengetahui hubungan antara jumlah bilah suatu impeller dan kecepatan putar pompa rumah tangga.
6. Menghasilkan informasi-informasi yang bermanfaat berkaitan dengan pengaruh jumlah bilah terhadap kinerja pompa.
7. Sebagai referensi bacaan dalam penelitian selanjutnya.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

L. PENGERTIAN PENELITIAN STUDY EKSPERIMEN

Penelitian eksperimen merupakan suatu penelitian yang menjawab pertanyaan “jika kita melakukan sesuatu pada kondisi yang dikontrol secara ketat maka apakah yang akan terjadi?”. Untuk mengetahui apakah ada perubahan atau tidak pada suatu keadaan yang di control secara ketat maka kita memerlukan perlakuan (*treatment*) pada kondisi tersebut dan hal inilah yang dilakukan pada penelitian eksperimen. Sehingga penelitian eksperimen dapat dikatakan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan (Sugiono : 2010).

Menurut Solso & MacLin (2002), penelitian eksperimen adalah suatu penelitian yang di dalamnya ditemukan minimal satu variabel yang dimanipulasi untuk mempelajari hubungan sebab-akibat. Oleh karena itu, penelitian eksperimen erat kaitanya dalam menguji suatu hipotesis dalam rangka mencari pengaruh, hubungan, maupun perbedaan perubahan terhadap kelompok yang dikenakan perlakuan.

G. Kergourlay et al.(G. Kergourlay et al., 2007) meneliti tentang pengaruh splitter blades di bidang arus dari pompa sentrifugal. Variabel dalam penelitian ini adalah impeller splitter blades dan impeller orisinil, metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif. Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh penambahan bilah splitter pada kinerja pompa sentrifugal hidrolik. Mesin yang diteliti adalah ENSIVAL-MORET MP 250.200.400 pompa (diameter = 408 mm, 5 bilah, kecepatan spesifik = 32), yang impellernya dirancang dengan splitter blades dan impeller orisinil. Kecepatan dan tekanan bidang dihitung dengan menggunakan goyah Reynolds-rata Navier Stokes (URANS) pendekatan pada tingkat aliran yang berbeda. Analisis aliran morfologi menunjukkan bahwa, ketika menambahkan bilah splitter untuk impeller, yang kecepatan pinggiran impeller dan tekanan

menjadi lebih homogen. Validasi eksperimental global dan lokal dilakukan pada kecepatan putaran motor 900 rpm, untuk impeller orisinil dan impeller bsplitter blades. Head dievaluasi pada berbagai laju aliran: 50%, 80%, 100%, dan 120% dari laju aliran pada titik efisiensi terbaik (BEP). Fluktuasi tekanan diukur pada empat lokasi di BEP menggunakan sensor tekanan dinamis. Hasil eksperimen sesuai dengan prediksi numerik, sehingga pengaruh penambahan bilah splitter pada pompa diakui. Menambahkan splitter memiliki efek positif pada fluktuasi tekanan yang menurun pada saluran kanal.

2. Karakteristik Penelitian Eksperimen

Danim (2002) menyebutkan beberapa karakteristik penelitian eksperimen, yaitu :

- a. Variabel-variabel penelitian dan kondisi eksperimen diatur secara tertib ketat (*rigorous management*), baik dengan menetapkan kontrol, memanipulasi langsung, maupun random (acak).
- b. Adanya kelompok kontrol sebagai data dasar (*base line*) untuk dibandingkan dengan kelompok eksperimen.
- c. Penelitian ini memusatkan diri pada pengontrolan variansi, untuk memaksimalkan variansi variabel yang berkaitan dengan hipotesis penelitian, meminimalkan variansi variabel pengganggu yang mungkin mempengaruhi hasil eksperimen, tetapi tidak menjadi tujuan penelitian. Di samping itu, penelitian ini meminimalkan variansi kekeliruan, termasuk kekeliruan pengukuran. Untuk itu, sebaiknya pemilihan dan penentuan subjek, serta penempatan subjek dalam kelompok-kelompok dilakukan secara acak.
- d. Validitas internal (*internal validity*) mutlak diperlukan pada rancangan penelitian eksperimen, untuk mengetahui apakah manipulasi eksperimen yang dilakukan pada saat studi ini memang benar-benar menimbulkan perbedaan.
- e. Validitas eksternalnya (*external validity*) berkaitan dengan bagaimana kerepresentatifan penemuan penelitian dan berkaitan pula dengan menggeneralisasikan pada kondisi yang sama.

- f. Semua variabel penting diusahakan konstan, kecuali variabel perlakuan yang secara sengaja dimanipulasikan atau dibiarkan bervariasi.

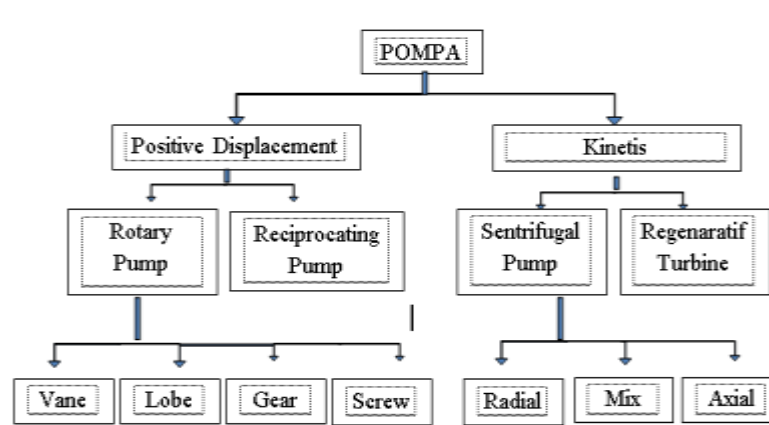
Selain itu, dalam penelitian eksperimen ada tiga unsur penting yang harus diperhatikan dalam melakukan penelitian ini, yaitu kontrol, manipulasi, dan pengamatan. Variabel kontrol disini adalah inti dari metode eksperimental, karena variabel control inilah yang akan menjadi standar dalam melihat apakah ada perubahan, maupun perbedaan yang terjadi akibat perbedaan perlakuan yang diberikan. Sedangkan manipulasi disini adalah operasi yang sengaja dilakukan dalam penelitian eksperimen. Dalam penelitian ini, yang dimanipulasi adalah variabel independent dengan melibatkan kelompok-kelompok perlakuan yang kondisinya berbeda. Setelah peneliti menerapkan perlakuan eksperimen, ia harus mengamati untuk menentukan apakah hipotesis perubahan telah terjadi (Observasi).

M. PENGERTIAN POMPA

Pengertian Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan atau fluida dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Kenaikan tekanan cairan tersebut digunakan untuk mengatasi hambatan-hambatan pengaliran. Hambatan-hambatan pengaliran itu dapat berupa perbedaan tekanan, perbedaan ketinggian atau hambatan gesek.

N. KLASIFIKASI POMPA

Pompa dapat diklasifikasikan berdasarkan prinsip energy yang ditambahkan oleh pompa ke media yang dipompakan. Secara garis besar pompa terbagi menjadi dua yaitu pompa perpindahan positif dan pompa dinamik.



Gambar 2.1. Klasifikasi Pompa

(sumber: Indra herlamba siregar, pompa sentrifugal, , 2013, hal 6)

O. POMPA SENTRIFUGAL.

Pompa ini termasuk di dalam jenis pompa *Non Positive Displacement Pump* (NPDP). Pompa sentrifugal mempunyai sebuah impeller yang berfungsi mengangkat fluida ke tempat yang lebih tinggi atau ke tekanan yang lebih tinggi. Pada pompa sentrifugal energy mekanis yang diberikan terhadap fluida berupa gaya sentrifugal. Mesin penggerak dihubungkan pada poros pompa yang memutar impeller maka fluida yang ada dalam impeller akan ikut berputar, hal ini disebabkan adanya dorongan dari sudu – sudu dan mengalir dari tengah impeller karena adanya gaya sentrifugal, kemudian ditampung oleh saluran yang berbentuk rumah keong dan akhirnya keluar pompa melalui sebuah nozel.

4. Prinsip -Prinsip Dasar Pompa Sentrifugal

Prinsip-prinsip dasar pompa sentrifugal ialah sebagai berikut:

- gaya sentrifugal bekerja pada impeller untuk mendorong fluida ke sisi luar sehingga kecepatan fluida meningkat
- kecepatan fluida yang tinggi diubah oleh *casing* pompa (*volute* atau *diffuser*) menjadi tekanan atau head.

5. Klasifikasi Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal diklasifikasikan berdasarkan beberapa kriteria, antara lain:

- a. Kapasitas :
 - 1) Kapasitas rendah : $< 20 \text{ m}^3 / \text{jam}$.
 - 2) Kapasitas menengah : $20\text{-}60 \text{ m}^3 / \text{jam}$
 - 3) Kapasitas tinggi : $> 60 \text{ m}^3 / \text{jam}$
- b. Tekanan Discharge :
 - 1) Tekanan Rendah : $< 5 \text{ Kg} / \text{cm}^2$
 - 2) Tekanan menengah : $5 - 50 \text{ Kg} / \text{cm}^2$
 - 3) Tekanan tinggi : $> 50 \text{ Kg} / \text{cm}^2$
- c. Jumlah / Susunan Impeller dan Tingkat :
 - 1) Single stage
Terdiri dari satu impeller dan satu casing.
 - 2) Multi stage
Terdiri dari beberapa impeller yang tersusun seri dalam satu casing.
 - 3) Multi Impeller
Terdiri dari beberapa impeller yang tersusun paralel dalam satu casing.
 - 4) Multi Impeller – Multi stage
Kombinasi multi impeller dan multi stage.
- d. Posisi Poros :
 - 1) Poros tegak
 - 2) Poros mendatar
- e. Jumlah Suction :
 - 1) Single Suction
 - 2) Double Suction
- f. Arah aliran keluar impeller :
 - 1) Radial flow
 - 2) Axial flow
 - 3) Mixed flow
- g. menurut jumlah tingkat
 - 1) Pompa satu tingkat : Pompa ini hanya mempunyai sebuah impeller.
Pada umumnya head yang dihasilkan pompa ini relative rendah, namun konstruksinya sederhana.

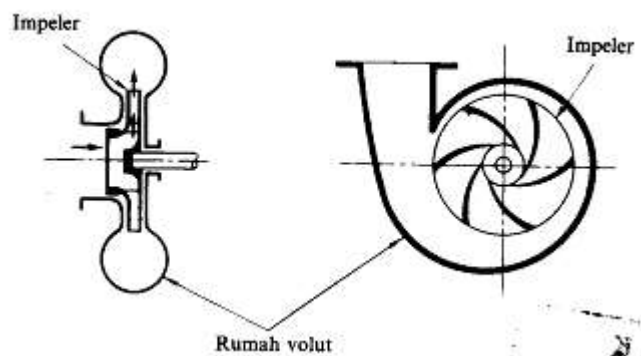
- 2) Pompa bertingkat banyak : Pompa ini menggunakan lebih dari satu impeler yang dipasangkan berderet pada satu poros. Zat cair yang keluar dari impeler tingkat pertama akan diteruskan ke impeler tingkat kedua dan seterusnya hingga tingkat terakhir. Head total pompa merupakan penjumlahan head yang dihasilkan oleh masing-masing impeler. Dengan demikian head total pompa ini relatif tinggi dibanding dengan pompa satu tingkat, namun konstruksinya lebih rumit dan besar.

6. Bagian-Bagian Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal umumnya terdiri dari komponen berikut ini:

1. *Casing*.

Komponen utama pertama dari pompa sentrifugal adalah *casing* pompa. *Casing* pompa sentrifugal didesain berbentuk sebuah diffuser yang mengelilingi impeller pompa. Diffuser ini lebih sering dikenal sebagai *volute casing*. Sesuai dengan fungsi diffuser, *volute casing* berfungsi untuk menurunkan kecepatan aliran (*flow*) fluida yang masuk ke dalam pompa. Menuju sisi outlet pompa, *volute casing* didesain membentuk corong yang berfungsi untuk mengkonversikan energi kinetik menjadi tekanan dengan jalan menurunkan kecepatan dan menaikkan tekanan, hal ini juga membantu menyeimbangkan tekanan hidrolik pada *shaft* pompa.



Gambar 2.2. *casing* pada pompa sentrifugal

(Sumber : Sularso, Pompa dan Kompresor cetakan ke 7, 2000, hal 7)

2. *Impeller.*

Impeller adalah komponen yang berfungsi mengubah gerakan berputar menjadi kecepatan pada cairan. *Impeller* berperilaku seperti roda berputar dala pompa yang memiliki inlet eye pada saluran isap. Cairan lalu dituntun dari inlet ke outlet oleh *guide vane*. Bentuk dan sudut dari *guide vane* didesain berdasarkan laju aliran *fluida*. *Guide vane* biasanya dicor dengan *black plate* disebut *shroud* atau *back cover* dan *front plate* atau disebut *front cover*.

Konstruksi Impeller didasarkan dari keberadaan *cover impeller* dan *selubung*. Terbagi menjadi tiga yaitu :

1) *Open impeller*

Open impeller adalah *impeller* yang terdiri dari *vane* yang terkait pada pusat penghubung tanpa adanya dinding penutup. Kerugian dari tipe ini adalah lemah jika *vanenya* panjang hingga perlu diperkuat dengan rusuk atau di selubungi sebagian. Umumnya *open impeller* digunakan untuk pompa kecil atau berfungsi memindahkan cairan yang *abrasive*.

Keuntungan dari *open impeller* adalah mampu menangani cairan *suspended* (cair + solid) dengan sumbatan yang minimum.



Gambar 2.3. *impeller* terbuka

(Sumber: Indra Herlamba S, Pompa dan kompresor, 2013, hal 3)

2) *Semi open impeller*

Semi open impeller adalah jenis *impeller* dengan *selubung* di bagian belakangnya. *Selubung* ini memiliki “*pump –out*”

vanes, yang terletak di belakang selubung impeller. Fungsi dari pump out vanes adalah untuk mengurangi tekanan pada sambungan penghubung impeller. Kemudian mencegah bertumpuknya materi asing dibelakang impeller dan berinterferensi dengan operasi normal dari pompa dan stuffing box.



Gambar 2.4. *semi open impeller*

(Sumber: Indra Herlamba S, Pompa dan kompresor,2013, hal 4)

3) Closed impeller

Closed impeller adalah jenis impeller yang paling banyak digunakan pada pompa sentrifugal yang menangani cairan yang bersih. Closed impeller ini meliputi selubung yang menutupi impeller yang juga merupakan jalan air dari suction eye ke bagian terluar dari impeller. Closed impeller dirancang untuk menghindari terjadinya resirkulasi yang terjadi pada jenis terbuka dan semi terbuka.



Gambar 2.5. *closed impeller*

(Sumber: Indra Herlamba S, Pompa dan kompresor,2013, hal 5)

P. HEAD POMPA

Head adalah suatu kuantitas yang mengekspresikan kandungan energy per unit berat suatu cairan yang ditinjau dari datum tertentu dengan satuan tinggi kolom cairan feet atau meter. Head pompa atau head total pompa adalah tinggi tekan yang harus diatasi oleh pompa untuk mengalirkan suatu fluida yang merupakan jumlah dari perbedaan pressure head dari sisi discharge dan suction dengan head losses yang terjadi ditambah perbedaan static head ditambah dengan velocity head, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan bernoulli sebagai berikut:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + (Z_2 - Z_1) + H_{LT} \dots\dots\dots (2.1)$$

(Sumber: Indra Herlamba S, Pompa dan kompresor, 2013)

Dimana :

H = Head Pompa (m)

P₂ = Tekanan di Discharge Reservoir (Pa)

P₁ = Tekanan di Suction Reservoir (Pa)

γ = Berat zat cair per satuan volume (kg / m³)

V₂ = Kecepatan air di discharge reservoir (m/s)

V = Kecepatan air di suction reservoir (m/s)

g = Percepatan gravitasi (m / s²)

Z = Tinggi level air (m)

H_{LT} = Head loss total (m)

Pada pompa sentrifugal head yang dibentuk oleh dimensi impeller diperoleh menggunakan persamaan berikut:

$$H = \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (2.2)$$

(Sumber: Indra Herlamba S, Pompa dan kompresor, 2013)

Dimana

V = kecepatan pada tip impeller (m/sec)

g = gravitasi bumi (32,2 m/sec²)

sedangkan kecepatan di tip impeller diekspresikan sebagai berikut;

$$V = \frac{n \cdot D}{229} \dots\dots\dots (2.3)$$

(Sumber: Indra Herlamba S, Pompa dan kompresor,2013)

Dimana

n.= putaran poros, rpm

D = diameter impeller, m

Dengan mensubstitusikan persamaan 2.2 ke persamaan 2.1 maka head yang dihasilkan oleh sebuah impeller pompa sentrifugal menjadi

$$H = \frac{(n \cdot D)^2}{3,375 \cdot 10^6} \dots\dots\dots(2.4)$$

(Sumber: Indra Herlamba S, Pompa dan kompresor,2013)

Persamaan menunjukkan bahwa head yang tercipta oleh pompa sentrifugal merupakan fungsi putaran dan diameter impeller dan bukan fungsi specific gravity dari fluida yang dipompakan.

3. **Head Loss**

Head Loss adalah kerugian tekanan yang terjadi pada aliran internal. Aliran internal seperti pada instalasi perpipaan sering mengalami *head loss*, hal ini disebabkan oleh berbagai hal seperti gesekan fluida dengan pipa atau juga karena adanya hambatan pada pipa seperti belokan, katup, percabangan dan lain sebagainya. *Head loss* dibagi menjadi dua, yaitu *Head loss major* dan *Head loss minor*.

e. **Head Loss Major**

Head loss major merupakan kerugian yang disebabkan oleh gesekan aliran dengan pipa sepanjang lintasan. *Head loss major* dipengaruhi oleh jenis, panjang dan diameter pipa yang digunakan. *Head loss major* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan *Darcy Weisbach* berikut:

$$H_{LM} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.5)$$

(Sumber: Indra Herlamba S, Pompa dan kompresor,2013)

Dimana :

H_{LM} = *Head Loss Major* (m)

f = Faktor gesekan

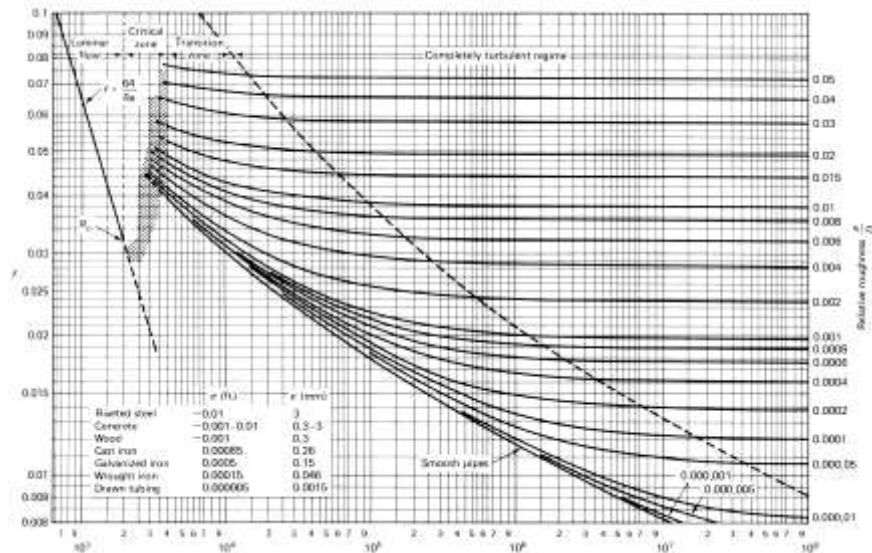
L = Panjang pipa (m)

D = Diameter pipa (m)

V = Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

Faktor gesekan (f) dapat dicari dengan menggunakan diagram *Moody*.



Gambar 2.6 Diagram *Moody*

(Sumber: Indra Herlamba S, Pompa dan kompresor,2013)

f. *Head Loss Minor*

Head loss minor merupakan kerugian yang disebabkan oleh adanya hambatan pada pipa seperti belokan, katup, percabangan dan lain sebagainya. *Head loss minor* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$H_{Lmi} = K \cdot \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (2.6)$$

(Sumber: Indra Herlamba S, Pompa dan kompresor,2013)

Dimana :

H_{Lmi} = *Head loss minor* (m)

K = Koefisien gesek pada perlengkapan pipa

V = kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

Kecepatan air di pipa bisa didapat dari hukum kontinuitas dan bisa dirumuskan sebagai berikut :

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

V : kecepatan air dalam pipa (m/s)

Q : Debit atau kapasitas air (m³/s)

D : Diameter pipa (m)

Head Loss Minor Terjadinya fitting atau valve (H_{lm})

$$H_{lm} = \sum K \cdot \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.8)$$

K : Koefisien gesek untuk belokan dan valve yang terlihat pada gambar 2.14 sampai 2.15.

g. ***Pressure Head***

Dengan menggunakan alat ukur preassur gauge tekanan dapat dinyatakan dengan mengacu kepada datum. Datum yang lazim ialah nol absolut (nol mutlak) dan tekanan atmosfer lokal. Bila suatu tekanan dinyatakan sebagai beda antara nilainya dan hampa sempurna, maka tekanan tersebut dinamakan tekanan absolute. Bila tekanan itu dinyatakan sebagai beda antara nilainya dan tekanan atmosfer lokal, maka tekanan tersebut dinamakan tekanan relatif.

Alat ukur bourdon merupakan alat yang khas diantara alat-alat yang digunakan untuk mengukur tekan relatif. Elemen tekanannya adalah sebuah tabung logam pipih yang tertutup pada satu ujungnya; ujung lainnya dihubungkan dengan tekanan yang harus diukur. Bila tekanan dalamnya bertambah, maka tabung tersebut cenderung meluruskan diri, dengan menarik suatu mekanisme dengan jarum penunjuk yang terpasang padanya dan dengan demikian menyebabkan jarum-penunjuk itu bergerak.

III-B-5. TYPICAL RESISTANCE COEFFICIENTS FOR VALVES AND FITTINGS

TABLE 32(a)

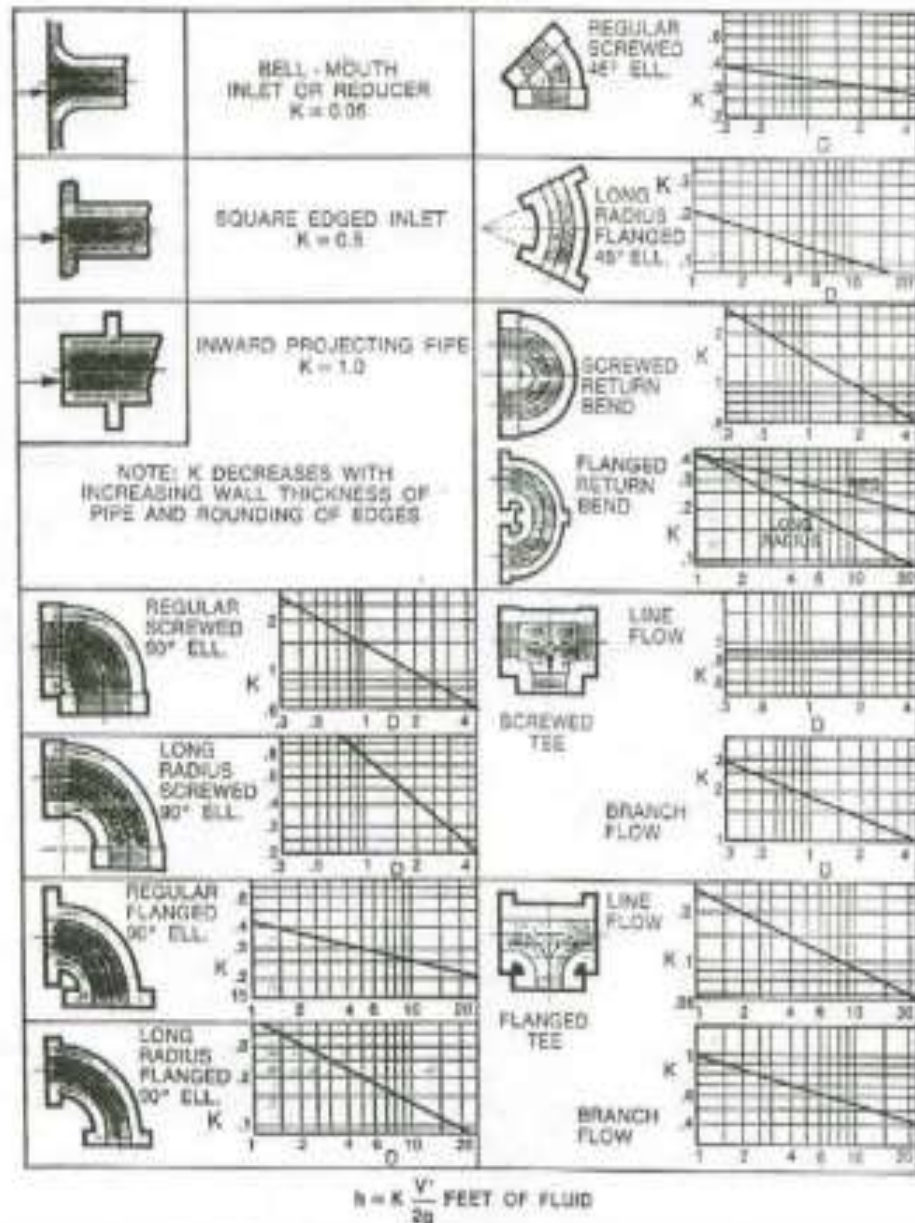


Figure 1 Pressure head loss K coefficients for fittings (source the Hydraulic Institute Standards book www.nimms.org)

Gambar 2.7. Harga K dari berbagai jenis Fitting

(Sumber: Indra Herlamba S, Pompa dan kompresor, 2013)

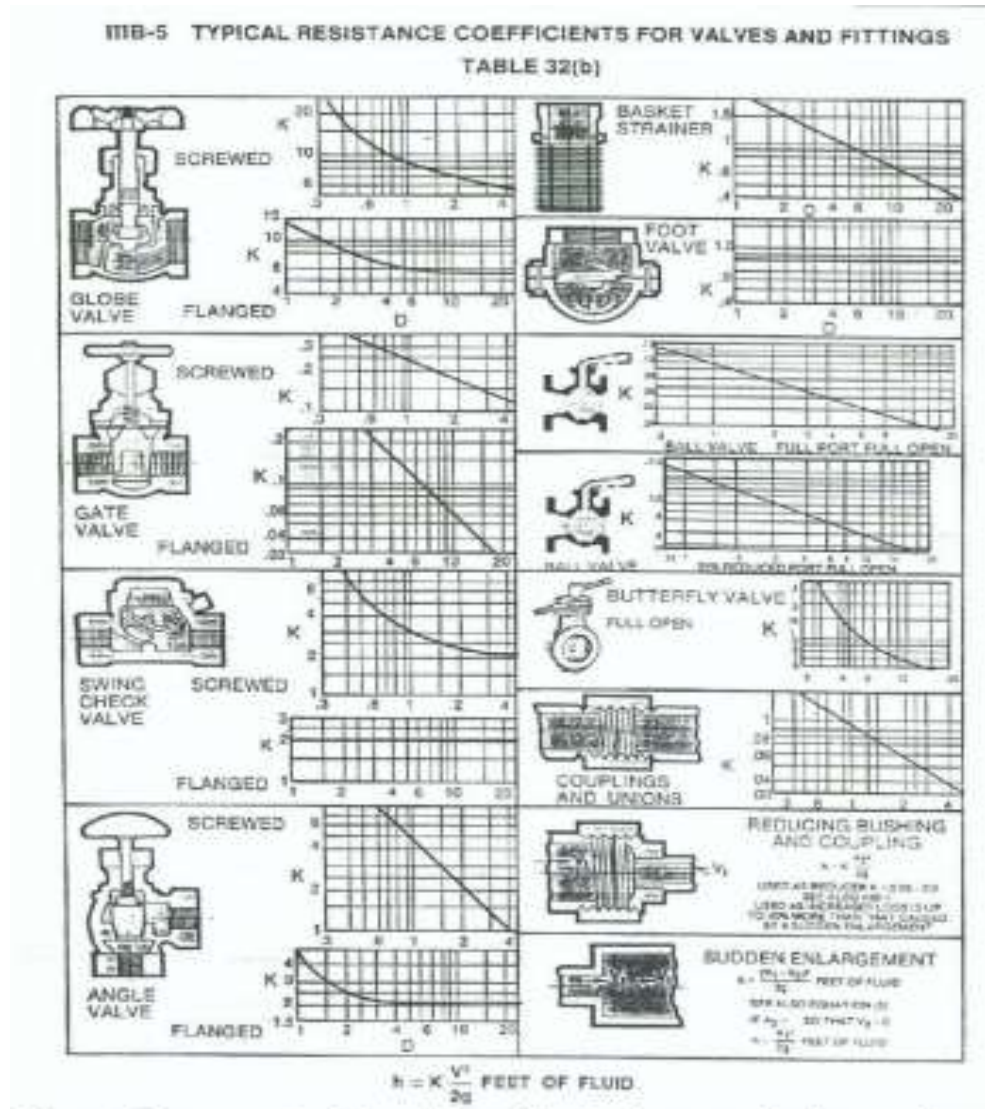


Figure 2 Pressure head loss K coefficients for manual valves and other devices (source the Hydraulic Institute Standards book www.pumps.org).

Gambar 2.8.Harga K dari berbagai jenis Valve

(Sumber: Indra Herlamba S, Pompa dan kompresor,2013)

Pembacaan pada skala adalah nol bila ruang didalam dan diluar tabung tersebut bertekanan sama, berapa pun nilai tekanan itu. Skala dapat dibuat untuk satuan yang mudah dipakai, dan yang lazim adalah pascal, pound per inch persegi, pound per foot persegi, inch air raksa, foot air, sentimeter air raksa, dan millimeter air raksa. Oleh karena konstruksinya, alat ukur tersebut mengukur tekanan

relatif terhadap tekanan medium disekitar tabung, yaitu atmosfer lokal.



Gambar 2.9 Alat ukur pressure gauge

h. ***Head Loss Total***

Setelah didapatkan *head loss major* dan *hear loss minor*, maka *head loss total* dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut:

$$H_{LT} = H_{LM} + H_{Lmi} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana

H_{LT} = *head loss total*,

H_{LM} = *head loss major* dan

H_{Lmi} = *head loss minor*.

Q. Kapasitas Pompa

Cara mengukur kapasitas dan laju aliran pada pompa sentrifugal dapat dilakukan dengan menggunakan flow meter. Flow meter adalah alat untuk mengukur laju aliran suatu fluida yang mengalir dalam pipa atau sambungan terbuka. Alat ini umumnya terdiri dari dua bagian , yaitu alat utama dan alat sekunder. Alat utama menghasilkan suatu signal yang merespon terhadap aliran karena laju aliran tersebut telah terganggu. Alat bantu sekunder menerima sinyal dari alat utama lalu menampilkan, merekam atau mentransmisikannya sebagai hasil pengukuran dari laju aliran. Ada beberapa jenis flow meter, untuk flow meter yang digunakan pada pengujian kali ini adalah *variable area meter*.

Pengukuran dengan *variable area meter* menggunakan prinsip gaya apung, dimana fluida mengalir dari bawah keatas melalui tube untuk

mendorong floater. Gaya yang dibangkitkan dari aliran akan sama dengan berat floater tersebut. Dengan persamaan matematis, akan didapat flowrate proposional dengan luas area tube tersebut. Floater yang digunakan harus memiliki massa jenis lebih besar dari pada fluida yang diukur.

R. Daya

Ada beberapa istilah daya dalam perpompaan, diantaranya sebagai berikut:

a. Water Horse Power (WHP)

Merupakan daya yang secara efektif diterima oleh fluida dari impeller pompa dan dirumuskan sebagai berikut :

$$WHP = \rho . g . Q . H \dots\dots\dots (2.15)$$

b. Brake Horse Power (BHP)

Adalah daya yang terukur pada poros pompa dan merupakan fungsi dari torsi dan putaran poros pompa.

$$BHP = T . \omega \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana :

BHP : Daya poros pompa (watt)

T : Torsi poros pompa (N.m)

ω : Kecepatan sudut (rad/s)

S. Daya Motor

Daya yang ditransfer ke poros pompa bersumber dari motor. Perumusan daya motor bergantung pada jenis motornya. Jika motor yang digunakan berupa motor AC maka perumusan dayanya adalah :

$$P_m = VI \cos \phi \dots\dots\dots (2.17)$$

Dan jika motor yang digunakan dari motor DC maka perumusannya adalah :

$$P_m = VI \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana :

P : Daya pompa (watt)

V : Voltage (volt)

I : Arus (ampere)

T. Efisiensi.

Efisiensi pompa berdasarkan pada daya fluida (water horse power) yang diterima air terhadap daya poros pompa (brake horse power) dan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{T \cdot \omega} \dots\dots\dots(2.19)$$

Sedang efisiensi total berdasarkan pada daya fluida terhadap daya motor yang digunakan, bila motornya AC maka :

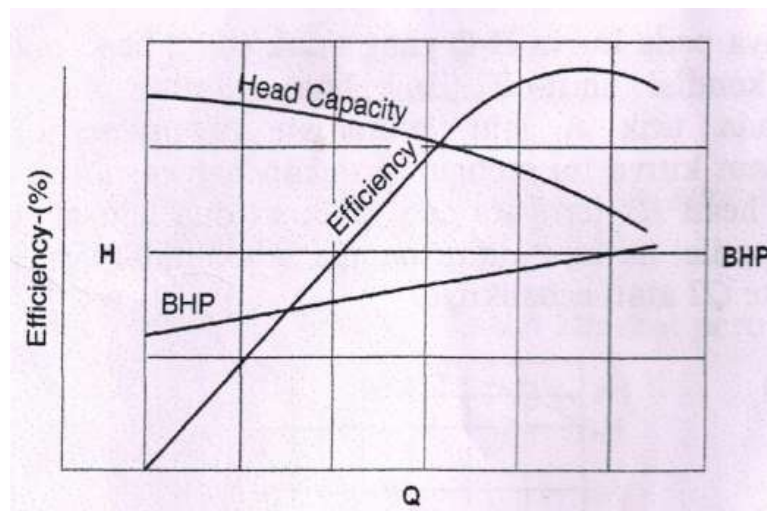
$$\eta_t = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{V \cdot I \cos \phi} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dan bila yang digunakan motor DC maka :

$$\eta_t = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{V \cdot I} \dots\dots\dots(2.21)$$

U. Karakteristik Pompa

Karakteristik pompa sentrifugal dengan bentuk impeller sentrifugal pump menunjukkan bahwa head pompa menurun seiring dengan kenaikan kapasitas pompa yang dialirkan. Pada suatu titik tertentu akan didapatkan suatu titik dengan efisiensi maksimum dan pompa seharusnya dioperasikan pada daerah titik tersebut sehingga efisiensi operasional pompa tetap tinggi. Efisiensi adalah ketepatan guna usaha pompa untuk menghasilkan kemampuan kerja dari pompa tersebut.



Gambar 2.10 Contoh kurva karakteristik head dan efisiensi pompa

(Sumber: Indra Herlamba S, Pompa dan kompresor,2013, hal 11)

V. Kebisingan Pompa

Kebisingan didefinisikan sebagai "*suara yang tak dikehendaki, misalnya yang merintangi terdengarnya suara-suara, musik dsb, atau yang menyebabkan rasa sakit atau yang menghalangi gaya hidup*". "JIS Z 8106 [IEC60050-801] kosa kata elektro-teknik Internasional Bab 801: Akustikal dan elektroakustik". Bunyi yang menimbulkan kebisingan disebabkan oleh sumber suara yang bergetar. Getaran sumber suara ini mengganggu keseimbangan molekul-molekul udara di sekitarnya sehingga molekul-molekul udara ikut bergetar. Getaran sumber ini menyebabkan terjadinya gelombang rambat energi mekanis dalam medium udara menurut pola rambat longitudinal. Rambatan gelombang di udara ini dikenal sebagai suara atau bunyi.

Pengaruh kebisingan di tempat kerja dalam jangka panjang tersebut dapat merusak pendengaran, mengganggu ketenangan bekerja, dan dapat menimbulkan kesalahan komunikasi, bahkan menurut penyelidikan, kebisingan yang serius bisa menyebabkan kematian. Ada tiga aspek yang menentukan kualitas suatu bunyi yang bisa menentukan tingkat gangguan terhadap manusia, yaitu: lama, intensitas, dan frekuensinya. Makin lama telinga kita mendengar kebisingan maka makin buruk akibatnya bagi kita, diantaranya pendengaran yang makin berkurang. Kebisingan diatas batas-batas normal (85 dB; decibel = satuan kepekaan suara) perlu dihindarkan dari tempat-tempat kerja guna mencegah kemerosotan syaraf karyawan, mengurangi kelelahan mental, dan meningkatkan moral kerja.

Dalam bahasa K3, National Institute of Occupational Safety & Health (NIOSH) telah mendefinisikan status suara/kondisi kerja di mana suara berubah menjadi polutan secara lebih jelas, yaitu :

- a. Suara-suara dengan tingkat kebisingan lebih besar dari 104 dBA
- b. Kondisi kerja yang mengakibatkan seorang karyawan harus menghadapi tingkat kebisingan lebih besar dari 85 dBA selama lebih dari 8 jam (maksimum 85 dBA as an 8-hr TWA)- telah ditetapkan oleh NIOSH sebagai Recommended Exposure Limit (REL) dengan waktu maksimum 82 dB : 16 per hari, 85 dB : 8 jam per hari, 88 dB :

4 jam per hari, 91 dB : 2 jam per hari, 97 dB : 1 jam per hari dan 100 dB : ¼ jam per hari.

Ada beberapa macam peralatan pengukuran kebisingan, antara lain sound survey meter, sound level meter, octave band analyzer, narrow band analyzer, dan lain-lain. Untuk permasalahan bising kebanyakan sound level meter sudah cukup banyak memberikan informasi.

Sound Level Meter adalah instrumen dasar yang digunakan dalam pengukuran kebisingan. Sound Level Meter terdiri atas mikropon dan sebuah sirkuit elektronik termasuk attenuator, 3 jaringan perespon frekuensi, skala indikator dan amplifier. Tiga jaringan tersebut distandarisasi sesuai standar Sound Level Meter. Tujuannya adalah untuk memberikan pendekatan yang terbaik dalam pengukuran tingkat kebisingan total.

1. Tingkat Tekanan Bunyi Rata-Rata

Tingkat tekanan bunyi rata-rata biasanya digunakan untuk menyatakan nilai rata-rata dari beberapa parameter yang memiliki nilai beragam. Perhitungan rata-rata umumnya digunakan dalam penentuan tingkat tekanan suara yang mewakili tingkat tekanan suara yang berubah-ubah dalam waktu yang singkat. Secara matematis perhitungan dari decibel rata-rata adalah :

$$L_{ek} = 10 \log \frac{1}{n} (10^{\frac{L_1}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_n}{10}})$$

Dimana : n = banyaknya titik ukur

L = tingkat tekanan bunyi ditiap titik ukur

Sound level adalah tingkat tekanan suara yang mempunyai tekanan tertentu menurut grafik atau kurva tekanan atau pembobotan. Pada grafik tekanan, memperkembangkan metode yang lebih baik secara subjektif mempunyai nilai kebisingan yang dapat mempengaruhi pendengaran manusia. Ada tiga tingkatan yaitu A, B, dan C yang sering digunakan. Tingkat kebisingan A untuk level dibawah 55 dB, tingkat kebisingan B untuk kebisingan antara 55 sampai 85 dB, dan tingkat kebisingan C untuk kebisingan diatas 85 dB.

Penggunaan tingkat kebisingan A untuk pengukuran yang berhubungan langsung dengan kebisingan pada manusia, keduanya mempunyai potensi untuk kerusakan dan gangguan pendengaran. Seperti yang ditunjukkan pada Sound Level Meter. Sound level dilambangkan dengan L dan dengan satuannya dBA. Pengukuran tingkat kebisingan B dan C, untuk satuannya dapat menggunakan dBB dan dBC. Tabel untuk konversi penjumlahan tingkat kebisingan dapat dilihat pada tabel

Tabel 2.1 Konversi dBA ke dB

| No. | Frekuensi (Hz) | Tingkat A (dB) | Tingkat B (dB) | Tingkat C (dB) |
|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 125 | -16.1 | -4.2 | -0.2 |
| 2 | 250 | -8.6 | -1.3 | 0 |
| 3 | 500 | -3.2 | -0.3 | 0 |

2. Peraturan Pemerintah

Standart yang diberikan mengacu pada standart yang diberikan pemerintah melalui keputusan menteri tenaga kerja yaitu Surat Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor : KEP-51/MEN/1999, tentang Nilai Ambang Batas (NAB) kebisingan di tempat kerja. Berikut ini tabel yang telah ditetapkan oleh mentri tenaga kerja, tertanggal 16 April 1999 NAB. Nilai ambang batas kebisingan di tempat kerja adalah intensitas tertinggi dan merupakan nilai rata-rata yang masih dapat di terima tenaga kerja tanpa mengakibatkan hilangnya daya dengar. Kebisingan ditempat kerja ditetapkan 85 dBA dengan waktu kerja selama 8 jam perhari per minggu. Bila Tingkat Kebisingan tidak sebesar 85 dBA, waktunya ditetapkan seperti yang ditampilkan pada tabel 2.1. Terlihat bahwa bila tingkat kebisingan bertambah 3 dBA, maka lamanya waktu pemaparan menjadi setengah kali.

BAB III

METODE PENELITIAN

H. TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Keterangan tempat dan waktu penelitian ini akan dilaksanakan sebagai berikut:

3. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Fluida Universitas Negeri Surabaya.

4. Waktu Penelitian

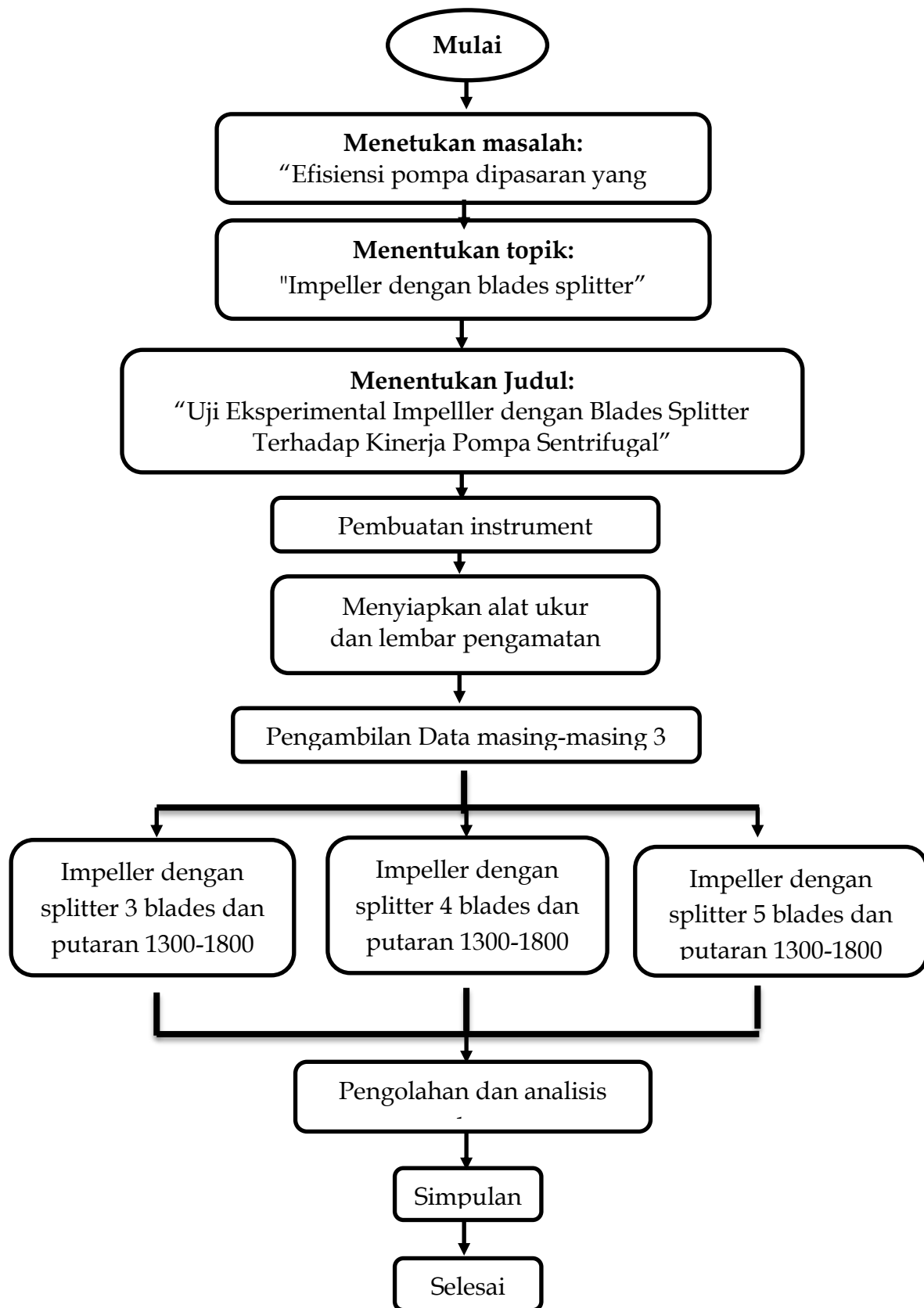
Penelitian dilaksanakan setelah proposal disetujui, yang diprediksikan memerlukan waktu antara bulan Desember 2016 hingga Januari 2017 untuk waktu pelaksanaannya.

I. JENIS PENELITIAN

Jenis dari penelitian ini adalah penelitian eksperimen dengan pembuatan simulasi penggunaan pompa sentrifugal yang didesain menyerupai penggunaan pompa sentrifugal aslinya. Dengan memodifikasi variabel-variabel yang mempengaruhi kinerja pompa sentrifugal.

J. RANCANGAN PENELITIAN.

Rancangan penelitian ini merupakan penjelasan tentang prosedur yang akan dilakukan oleh peneliti dalam mengumpulkan data dan menganalisa data. Skema prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Skema prosedur penelitian

K. VARIABEL PENELITIAN

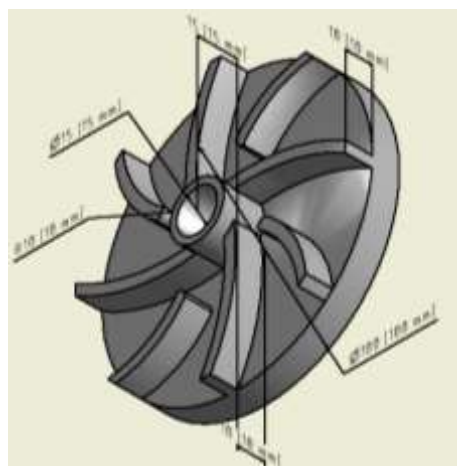
Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Variabel bebas dalam penelitian Uji Eksperimental Impeller dengan Splitter Blades Terhadap Kinerja Pompa sentrifugal ditunjukkan pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 variasi jumlah bilah splitter dan putaran motor

| No. Sampel | Jumlah bilah impeller splitter | Putaran motor (rpm) | Jenis Fluida |
|------------|--------------------------------|---------------------|--------------|
| 1 | 3 | 1300 | Air |
| 2 | 4 | 1300 | |
| 3 | 5 | 1300 | |
| 4 | 3 | 1600 | |
| 5 | 4 | 1600 | |
| 6 | 5 | 1600 | |
| 7 | 3 | 1800 | |
| 8 | 4 | 1800 | |
| 9 | 5 | 1800 | |



Gambar 3.2 . desain impeller splitter blades dan details

2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah tekanan *input*, tekanan *output*, debit air *output*, efisiensi pompa.

3. Variabel Kontrol (*Control Variable*)

Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis fluida yaitu air.

L. ALAT PENELITIAN

Pada pengujian pompa, dilakukan pengamatan terhadap aliran pompa yang disusun seri dan kondisi impeller yang berganti-ganti. Setelah selesai melakukan pengamatan dan didapat data dari pengamatan tersebut maka dapat dilakukan analisa data. Adapun peralatan-peralatan yang digunakan dalam percobaan ini adalah :

1. Pompa sentrifugal : digunakan untuk memindahkan fluida kerja (air) dari permukaan yang bertekanan rendah menuju permukaan yang bertekanan tinggi.
2. Motor : digunakan untuk menggerakkan pompa
3. Pipa : digunakan untuk mendistribusikan fluida kerja (air) dari suction reservoir ke discharge reservoir. Adapun spesifikasi pipa tersebut adalah:
 - a) Diameter pipa discharge : 0.01905 m
 - b) Diameter pipa suction : 0.01905 m
 - c) Panjang pipa discharge : 1 m
 - d) Panjang pipa suction : 1 m
4. Globe valve : digunakan untuk mengatur kapasitas aliran dengan cara merubah –rubah bukaan katup.
5. Tabung penampung air : digunakan untuk menampung air bak yang akan dihisap maupun air pengembalian pompa.
6. Puley : alat ini digunakan untuk mengatur putaran pompa.



Gambar 3.3. Desain rancangan penelitian



Gambar 3.4 Alat Sound Level Meter

M. INSTRUMEN PENELITIAN

Adapun instrumen yang digunakan untuk mengukur penelitian ini yaitu:

- 1) Manometer (pressure gauge) : alat ini digunakan untuk mengukur besar kecilnya tekanan yang terjadi didalam pipa.
- 2) Flow meter : alat ini digunakan untuk mengukur besarnya kapasitas aliran.

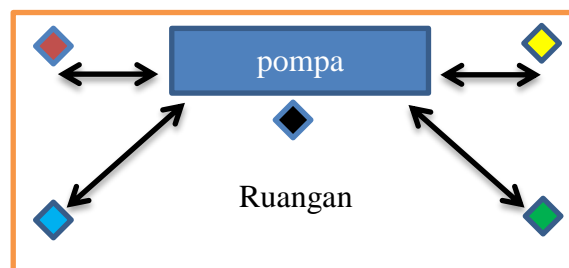
- 3) Tachometer : alat ini digunakan untuk mengukur besarnya putaran poros motor.
- 4) Volt dan Ampere meter : alat yang digunakan untuk mengukur besarnya tegangan dan arus listrik yang digunakan untuk menggerakkan motor listrik.
- 5) Sound Level Meter : alat ini untuk mengukur tingkat kebisingan pompa.

N. PROSEDUR PENGAMBILAN DATA






Prosedur pengambilan data adalah langkah-langkah yang dilakukan untuk mendapatkan data. Prosedur penelitian yang digunakan untuk mendapatkan data guna mengetahui kinerja pompa sentrifugal dengan impeller splitter blades ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapan awal.
 - a. Menyiapkan alat dan bahan untuk pembuatan instrument.
 - b. Membuat Instrumen penelitian.
 - c. Membuat Impeller dengan splitter blades dengan jumlah bilah 3, 4, dan 5.
 - d. Melakukan pengukuran torsi motor listrik yang digunakan.
 - e. Memasang pompa dan motor listrik dan rangkaiannya pada instrument penelitian.
 - f. Memasang alat ukur (pressure gage, penggaris, ampere meter, sound level meter dan volt meter) dalam rangkaian.
 - g. Menyiapkan lembar pengukuran pengambilan data.
 - h. Melakukan pengecekan kebocoran instalasi.
2. Proses pengambilan data
 - a. Memasang impeller splitter dengan jumlah bilah 3 kedalam rumah pompa.
 - b. Menyalakan motor listrik yang digunakan penggerak pompa sentrifugal.
 - c. Mengatur putaran dengan mengatur puley pada putaran 1300 rpm .

- d. Membuka posisi globe valve dari posisi 0^0 sampai dengan 90^0 dan mengamati tekanan discharge, tekanan suction, volt meter, ampere meter dan besarnya laju aliran.
- e. Mengukur tingkat kebisingan di beberapa titik yang telah ditentukan.
- f. Mencatat data yang ditunjukkan pada alat ukur kedalam tabel.
- g. Merubah putaran motor listrik menjadi 1600 rpm dan mengulangi langkah d dan e.
- h. Mengganti impeller bilah 4 dan mengulangi langkah b sampai dengan f untuk mendapatkan data impeller dengan bilah 4. Dan melakukan langkah-langkah diatas untuk mendapatkan data untuk impeller 5.



Gambar 3.4 Instrumen pengambilan tingkat kebisingan

-  = titik pengukuran kebisingan ke 1 dengan jarak 0.5 m
-  = titik pengukuran kebisingan ke 2 dengan jarak 2.5 m
-  = titik pengukuran kebisingan ke 3 dengan jarak 2.5 m
-  = titik pengukuran kebisingan ke 4 dengan jarak 3.5 m
-  = titik pengukuran kebisingan ke 5 dengan jarak 3.5 m

O. TEKNIK ANALISIS DATA

Teknik analisis data yang digunakan untuk menganalisa data pada penelitian ini adalah statistika deskriptif kuantitatif. Teknik analisis data ini, dilakukan dengan cara menelaah data yang diperoleh dari eksperimen, dimana hasilnya berupa data kuantitatif yang akan dibuat dalam bentuk tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafis. Langkah selanjutnya adalah mendeskripsikan atau menggambarkan data tersebut sebagaimana adanya dalam bentuk kalimat yang mudah dibaca, dipahami, dan dipresentasikan

sehingga pada intinya adalah sebagai upaya memberi jawaban atas permasalahan yang diteliti (Sugiyono, 2007:147).

BAB IV

PEMBAHASAN DAN ANALISIS DATA

Untuk mengetahui kinerja pompa sentrifugal dengan menggunakan *impeller* dengan *blades splitter* digunakan beberapa perhitungan data yang kemudian digunakan untuk membahas dan menganalisa hasil dari penelitian pengaruh *impeller* dengan *blades splitter* terhadap kinerja pompa sentrifugal.

Pada perhitungan ini diambil contoh perhitungan *impeller splitter blades* dengan tiga macam bilah dengan variasi putaran 1300 rpm, 1600 rpm, dan 1800 rpm. Hasil perhitungan tersebut kemudian dibuat table hasil penelitian dan grafik pengaruh jumlah bilah terhadap kinerja pompa sentrifugal, pengaruh putaran terhadap kinerja pompa sentrifugal dan pengaruh kebisingan terhadap kinerja pompa sentrifugal. Berikut adalah perhitungan *impeller* dengan *blades splitter* dengan tiga macam bilah.

A. PERHITUNGAN EFISIENSI MOTOR PENGGERAK.

Pada perhitungan ini berdasarkan data hasil pengujian torsi motor listrik di laboratorium mekatronika. Hasil nilai pengujian sebagai berikut:

Putaran motor listrik (n) = 2950 rpm

Beban = 1,15 kg

Panjang lengan (d) = 35 mm = 0,035 m

Tegangan listrik (V)= 220 volt

Arus listrik (I)= 0,6 Ampere

1. Torsi motor listrik

$$T = F \cdot d$$

$$T = (1,15 \cdot 9,81) \cdot 0,035$$

$$T = 0,394852$$

2. Daya keluaran motor listrik

$$P_{\text{Out Motor}} = T \cdot \omega$$

$$\begin{aligned}
&= 0,394852 \cdot (2 \cdot \pi \cdot n) \\
&= 0,394852 \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 2950) \\
&= 121,9173 \text{ watt}
\end{aligned}$$

3. Efisiensi motor listrik

$$\begin{aligned}
\text{Efisiensi} &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \cdot 100\% \\
&= \frac{121,9173}{V \cdot I} \cdot 100\% \\
&= \frac{121,9173}{220 \cdot 1,2} \cdot 100\% \\
&= 46,18 \%
\end{aligned}$$

B. PERHITUNGAN DATA UNTUK POMPA SENTRIFUGAL DENGAN BILAH IMPELLER 3 KECEPATAN 1300 RPM

1. Kapasitas Pompa

Untuk mengetahui kapasitas pompa dapat dilihat dengan menggunakan alat flow meter, yang diketahui sebesar 20 L/menit = 0,00033 m³/detik

2. Kecepatan Aliran

Untuk menghitung Kecepatan aliran disisi *inlet* diperoleh dari :

$$V_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot H_1}$$

Dimana :

V_1 = kecepatan aliran sisi *inlet*

g = percepatan gravitasi

H_1 = *Head* sisi *inlet*

Untuk mendapatkan nilai H_1 maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$H_1 = \frac{P_1}{\rho \cdot g}$$

Dimana :

P_1 = tekanan sisi *inlet* (0,013 bar x 100.000 = 1300 Pa)

ρ = masa jenis air (1000)

g = gaya gravitasi (9,81)

$$H_1 = \frac{1300}{1000 \cdot 9,81}$$

$$H_1 = 0,132 \text{ m}$$

Setelah diketahui nilai H_1 maka dapat diketahui nilai kecepatan aliran sisi *inlet* yaitu:

$$V_1 = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,132}$$

$$V_1 = 1,612 \text{ m/s}$$

untuk menghitung Kecepatan aliran disisi *discharge* diperoleh dari :

$$V_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot H_2}$$

Dimana :

V_2 = kecepatan aliran sisi *discharge*

g = gaya grafitasi

H_2 = Head sisi *discharge*

Untuk mendapatkan nilai Head pada sisi *discharge* (H_2) maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut : $H_2 = \frac{P_2}{\rho \cdot g}$

Dimana :

P_2 = tekanan sisi *discharge* (0,0896 bar x 100.000 = 8960 Pa)

ρ = masa jenis air (1000)

g = gaya grafitasi (9,81)

$$H_2 = \frac{8960}{1000 \cdot 9,81}$$

$$H_2 = 0,913 \text{ m}$$

Setelah diketahui nilai H_2 maka dapat diketahui nilai kecepatan aliran sisi *discharge* yaitu:

$$V_2 = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,054}$$

$$V_2 = 4,23 \text{ m/s}$$

3. Perhitungan *Head Loss*

Head Loss adalah kerugian aliran melalui pipa karena faktor gesekan pipa. *Head lose total* baik dipipa inlet maupun *discharge* dapat dihitung dengan rumus :

$$H_T = h_{lma} + h_{lmi}$$

a. Perhitungan *Head Lose* Pada Sisi *Suction*

1. *Head loss minor inlet*

Head lose minor merupakan *head* lose yang disebabkan oleh *valve* dan *fitting*. Persamaan untuk menghitung lose pada *valve* dan *fitting* adalah sebagai berikut:

$$H_{LMi} = K \frac{v^2}{2g}$$

Pada sisi inlet terdapat beberapa *valve* dan *fitting* Maka dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut :

a) Satu buah *ball valve*

Harga *loss coefficient* (K) dari *ball valve* adalah 0,07. (Lampiran 4).

$$H_{lmi} = K \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{lmi} = 0,07 \times \frac{1,612^2}{2 \times 9,81} = 0,0093 \text{ m}$$

b) Satu buah *tee* harga *loss coefficient* (K) *tee* adalah 0.5

$$H_{LMi} = K \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{lmi} = 0,5 \times \frac{1,612^2}{2 \times 9,81} = 0,066 \text{ m}$$

c) *Head loss minor total* pada sisi inlet

$$\sum H_{lmi \text{ total inlet}} = H_{lmi \text{ valve}} + H_{lmi \text{ tee}}$$

$$\sum H_{lmi \text{ total inlet}} = 0,0093 + 0,066$$

$$= 0,0753 \text{ m}$$

2. *Head loss mayor inlet*

Head loss mayor merupakan *head loss* yang dipengaruhi oleh jenis, panjang dan diameter pipa yang digunakan. *Head loss mayor* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan *Darcy Weisbach* berikut:

$$H_{LM} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Pada sisi inlet terdapat panjang dan diameter pipa. Maka dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut :

$$H_{LM} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

- f = Faktor gesekan (0.025)
- L = Panjang pipa (0.94 m)
- D = Diameter pipa (0.019 m)
- V = Kecepatan aliran dalam pipa (1.621 m/s)
- g = Percepatan gravitasi (0.0981 m/s²)

Sehingga :

$$H_{LM} = 0.025 \cdot \frac{0.94}{0.019} \cdot \frac{1,621^2}{2 \times 0.0981} = 0,163 \text{ m}$$

3. Head loss Total Inlet

$$\begin{aligned} H_{L \text{ total inlet}} &= H_{Lma} + \sum H_{lmi \text{ total inlet}} \\ &= 0,163 + 0,0753 \\ &= 0,238 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Perhitungan Head Lose pada sisi *discharge*

1. Head loss minor discharge

Head lose minor pada sisi *discharge* terdiri dari satu buah entrance, dan satu buah tee. Rumus untuk menghitung Head lose pada sisi *discharge* adalah :

$$H_{LMi} = K \frac{V^2}{2g}$$

a) Tiga buah *elbows*

Harga *loss coefficient* (K) dari *standard elbows* adalah 0,66. (lampiran 4)

$$H_{lmi} = \left(K \frac{V^2}{2g} \right) \times 3$$

$$H_{lmi} = 0,66 \times \frac{4,233^2}{2 \times 9,81} = 0.602 \times 3 = 1,808 \text{ m}$$

b) Satu buah *tee*

Harga *loss coefficient* (K) dari *tee-line flow* yang mana alirannya mengalir lurus adalah 0,5 (lampiran 4).

$$H_{lmi} = K \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{lmi} = 0,5 \times \frac{4,233^2}{2 \times 9,81} = 0,456 \text{ m}$$

c) *Head loss minor total*

$$\sum H_{lmi \text{ total Discharge}} = H_{lmi \text{ elbows}} + H_{lmi \text{ tee}}$$

$$\begin{aligned} \sum H_{lmi \text{ total Discharge}} &= 1,808 + 0,456 \\ &= 2,264 \text{ m} \end{aligned}$$

2. *Head loss mayor discharge*

Head loss mayor pada sisi discharge sebagai berikut :

$$H_{LM} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

f = Faktor gesekan (0.025)

L = Panjang pipa (1.85 m)

D = Diameter pipa (0.019 m)

V = Kecepatan aliran dalam pipa (4,54 m/s)

g = Percepatan gravitasi (0.0981 m/s²)

Sehingga :

$$H_{LM} = 0.025 \cdot \frac{1.85}{0.019} \cdot \frac{4,233^2}{2 \times 0.0981} = 1,127 \text{ m}$$

3. *Head loss total discharge*

$$H_{L \text{ total Discharge}} = H_{Lma} + \sum H_{lmi \text{ total inlet}}$$

$$= 1,127 + 2,264$$

$$= 3,391 \text{ m}$$

4. *Head lose total*

$$Head \text{ lose total} = head \text{ lose total inlet} + head \text{ lose total discharge}$$

$$= 0,238 + 3,391$$

$$= 3.629 \text{ m}$$

c. *Head Pada Pompa Sentrifugal.*

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + (Z_2 - Z_1) + H_{LT}$$

$$H = \frac{10341 - 1300}{9777} + \frac{4,54^2 - 1,612^2}{2 \cdot 9,81} + 0,19 + 3,629 \text{ m} = 5,386 \text{ m}$$

4. WHP (Water Horse Power)

$$\text{WHP} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

Dimana :

$$\rho = \text{Berat jenis air } (1000 \text{ kg/m}^3)$$

$$g = \text{Percepatan grafitasi } 9,81 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$Q = \text{Kapasitas aliran } 0,00033 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$H = \text{Head pompa} = 5,386 \text{ (m)}$$

Sehingga :

$$\text{WHP} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

$$\text{WHP} = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,00033 \text{ m}^3\text{/s} \cdot 5,386 \text{ m}$$

$$\text{WHP} = 17,61 \text{ watt}$$

5. Daya Motor

Daya pada motor penggerak dapat dihitung dengan menggunakan rumus

$$P_m = V \cdot I$$

Dimana :

$$P_m = \text{Daya motor}$$

$$V = \text{voltage} = 220 \text{ v}$$

$$I = \text{Arus} = 0,6 \text{ A}$$

Sehingga :

$$P_m = 220 \text{ v} \cdot 0,6 \text{ A}$$

$$P_m = 132 \text{ watt}$$

6. Daya Pada Poros Motor

$$\text{BHP} = \text{Efisiensi motor} \times P_m$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= 0,46 \cdot 132 \\ &= 60,72 \text{ watt} \end{aligned}$$

7. Efisiensi Pompa

$$\begin{aligned} \eta_P &= \frac{WHP}{BHP} (100\%) \\ &= \frac{17,61 \text{ watt}}{60,72 \text{ watt}} \cdot (100\%) \\ &= 29,007 \% \end{aligned}$$

C. HASIL PERHITUNGAN , GRAFIK *HEAD* dan EFISIENSI POMPA SENTRIFUGAL DENGAN VARIASI BILAH dan PUTARAN.

Tabel 4.1. Hasil perhitungan *impeller* dengan *blades splitter* pompa sentrifugal bilah 3 putaran 1300 rpm

| Bukaan Valve | putaran 1300 | | | |
|--------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------|------------------|
| | Kapasitas (m ³ /sekon) | Kapasitas (liter/menit) | <i>Head</i> (m) | Efisiensi (%) |
| 0 | 0.0003 | 20 | 6,189 | 29,007 |
| 30 | 0.0002 | 13 | 7,4 | 25,93 |
| 60 | 0.00005 | 3 | 8,22 | 6,64 |
| 90 | 0.00000 | 0.000 | 10,23 | 0 |

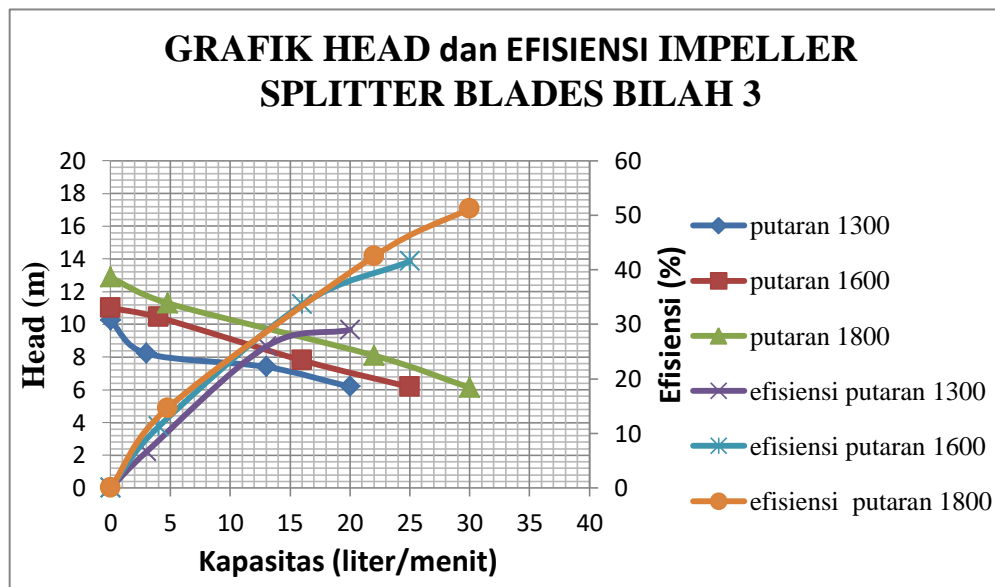
Tabel 4.2 Hasil perhitungan *impeller* dengan *blades splitter* pompa sentrifugal bilah 3 putaran 1600 rpm

| Bukaan Valve | putaran 1600 | | | |
|--------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------|------------------|
| | Kapasitas (m ³ /sekon) | Kapasitas (liter/menit) | <i>Head</i> (m) | Efisiensi (%) |

| | | | | |
|----|---------|----|-------|-------|
| | | | | |
| 0 | 0.00041 | 25 | 6,175 | 41.57 |
| 30 | 0.00026 | 16 | 7,8 | 33,63 |
| 60 | 0.00006 | 4 | 10,43 | 11,23 |
| 90 | 0.00000 | 0 | 11 | 0.000 |

Tabel 4.3 Hasil perhitungan *impeller splitter blades* pompa sentrifugal bilah 3 putaran 1800 rpm

| Bukaan Valve | putaran 1800 | | | |
|--------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------|------------------|
| | Kapasitas (m ³ /sekon) | Kapasitas (liter/menit) | Head (m) | Efisiensi (%) |
| 0 | 0.00053 | 30 | 6,134 | 51,21 |
| 30 | 0.0004 | 22 | 8,1 | 42,46 |
| 60 | 0.00008 | 4.75 | 11,3 | 14,64 |
| 90 | 0.00000 | 0 | 12.87 | 0.000 |



Gambar 4.1 grafik H-Q dan efisiensi *impeller* dengan *blades splitter* 3 pada pompa sentrifugal dengan berbagai variasi putaran.

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa pada *impeller* dengan jumlah bilah 3 dengan memvariasikan putaranya, didapatkan nilai pada putaran 1300 rpm *head* tertinggi adalah 10,23 meter kemudian terjadi peningkatan *head* pompa pada putaran 1600 menjadi 11 meter dan meningkat lagi pada putaran 1800 menjadi 12,87 meter. Peningkatan *head* pada tiap putaran terjadi karena semakin cepat putaran *impeller* maka semakin banyak pula air ditekan oleh *impeller* ke pipa *discharge*, semakin besar tekanan yang dihasilkan oleh pompa semakin besar juga *head* pompa hal itu sesuai dengan rumus head pada pompa yaitu selisih tekanan *discharge* dikurangi *inlet* dibagi berat jenis air.

Dilihat dari segi kapasitas air yang dipompakan pengaruh putaran terhadap jumlah aliran yang dipompakan pada *impeller* bilah 3 adalah semakin cepat putaran *impeller* semakin besar pula kapasitas air yang dipompakan. Peningkatan kapasitas dari 20 liter permenit menjadi 25 liter permenit pada putaran 1600 rpm dan naik lagi menjadi 30 liter permenit pada putaran 1800 rpm. Semakin cepat *impeller* berputar maka bilah-bilah *impeller* akan semakin banyak menekan fluida menuju pipa *discharge*. Karena air yang dilemparkan menuju fluida semakin banyak maka terjadi peningkatan kapasitas air yang dipompakan oleh pompa.

Dalam segi efisiensi pompa, pengaruh putaran terhadap efisiensi pompa pada *impeller* dengan jumlah bilah 3 adalah, pada putaran rendah 1300rpm efisiensi pompa cenderung kecil yaitu 29,007 % kemudian pada putaran 1600 rpm efisiensi pompa meningkat menjadi 41,57 % dan pada putaran tertinggi efisiensi pompa naik ke nilai 51,21 %.

Jika dibandingkan dengan *impeller* dengan desain sentrifugal *impeller*, *head*, kapasitas dan efisiensi yang dihasilkan oleh *impeller* dengan *blades splitter* lebih tinggi dari pada sentrifugal *impeller*. Pada sentrifugal *impeller head* tertinggi pada bilah 3 dengan putaran 1300 rpm adalah 4,866 meter dengan kapasitas 19,000 liter permenit. dan efisiensi 10,949 % sedangkan pada putaran dan sudu yang sama *impeller* dengan *blades splitter* mampu menghasilkan *head* 10,23 meter dengan kapasitas 20 liter permenit dan efisiensi 29,007 %. Begitu juga pada putaran 1600 rpm *head* pada sentrifugal *impeller* 5,361 meter , kapasitas 21,901 liter dan efisiensi 13,433 % sedangkan pada *impeller* dengan *blades splitter*, *head*

pada putaran 1600 rpm adalah 11 meter dengan kapasitas 25 liter permenit dan efisiensi 41,57 %. Pada putaran 1800 rpm *head splitter* blades tetap memiliki *head*, kapasitas dan efisiensi lebih tinggi daripada sentrifugal imepeler, Hal itu dikarenakan pada *impeller* dengan *blades splitter* merupakan modifikasi dari straight *impeller* yang memiliki sifat mampu menghasilkan debit besar namun memiliki *head* rendah. Dengan menambah bilah splitter pada sela – sela bilah *impeller* maka *head* tetap rendah dengan kapasitas pemompaan tetap besar.

Tabel 4.4 Hasil perhitungan *impeller* dengan *blades splitter* pompa sentrifugal bilah 4 putaran 1300 rpm

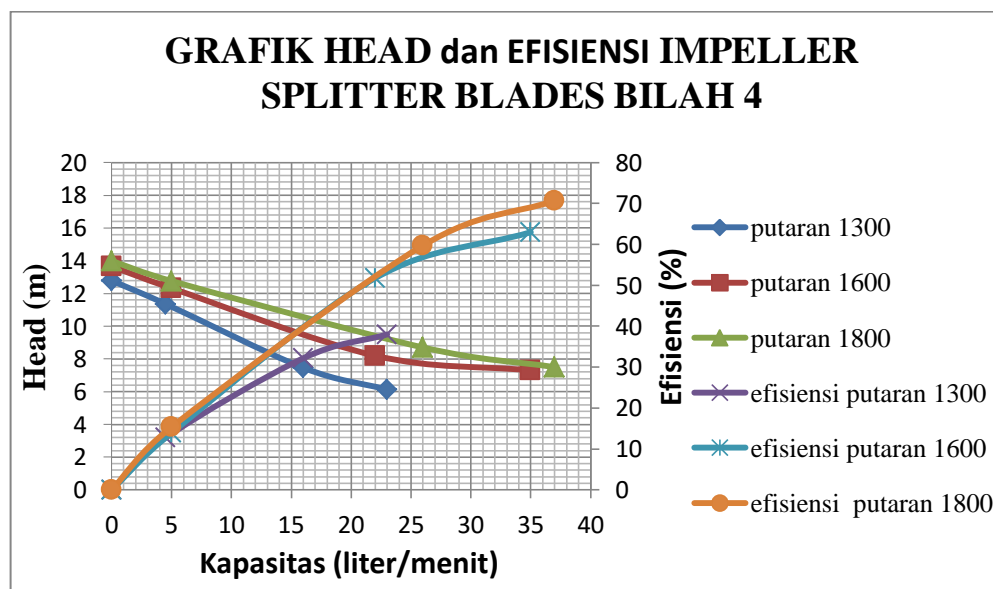
| Bukaan Valve | putaran 1300 | | | |
|--------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------|------------------|
| | Kapasitas (m ³ /sekon) | Kapasitas (liter/menit) | <i>Head</i> (m) | Efisiensi (%) |
| 0 | 0,00038 | 23 | 6,13 | 37,99 |
| 30 | 0,00026 | 16 | 7,46 | 32,18 |
| 60 | 0,00006 | 4.5 | 11,36 | 12,76 |
| 90 | 0,00000 | 0 | 12,78 | 0 |

Tabel 4.5 Hasil perhitungan *impeller* dengan *blades splitter* pompa sentrifugal bilah 4 putaran 1600 rpm

| Bukaan Valve | putaran 1600 | | | |
|--------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------|------------------|
| | Kapasitas (m ³ /sekon) | Kapasitas (liter/menit) | <i>Head</i> (m) | Efisiensi (%) |
| 0 | 0,00053 | 32 | 7,3 | 62,98 |
| 30 | 0,00036 | 22 | 8,2 | 51,74 |
| 60 | 0,00008 | 5 | 12,32 | 13,97 |
| 90 | 0,00000 | 0 | 13,65 | 0 |

Tabel 4,6 Hasil perhitungan *impeller* dengan *blades splitter* pompa sentrifugal bilah 4 putaran 1800 rpm

| Bukaan Valve | putaran 1800 | | | |
|--------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------|------------------|
| | Kapasitas (m ³ /sekon) | Kapasitas (liter/menit) | Head (m) | Efisiensi (%) |
| 0 | 0,00058 | 35 | 7,5 | 70,68 |
| 30 | 0,00043 | 26 | 8,7 | 59,73 |
| 60 | 0,00009 | 5 | 12,76 | 15,38 |
| 90 | 0,00000 | 0 | 13,99 | 0.000 |



Gambar 4.2 grafik H-Q dan efisiensi *impeller* dengan *blades splitter* bilah 4 pada pompa sentrifugal dengan berbagai variasi putaran.

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa pada *impeller* dengan jumlah bilah 4 dengan memvariasikan putaranya, didapatkan nilai pada putaran 1300 rpm *head* tertinggi adalah 12,78 meter kemudian terjadi peningkatan *head* pompa pada putaran 1600 rpm menjadi 13,63 meter dan meningkat lagi pada putaran 1800 menjadi 13,99 meter. Peningkatan *head* pada tiap putaran terjadi karena semakin cepat putaran *impeller* maka semakin tinggi pula fluida ditekan oleh pompa ke

pipa *discharge*, semakin besar tekanan yang dihasilkan oleh pompa semakin besar juga *head* pompa..

Dilihat dari segi kapasitas air yang dipompakan pengaruh putaran terhadap jumlah aliran yang dipompakan pada *impeller* bilah 4 adalah semakin cepat putaran *impeller* semakin besar pula kapasitas air yang dipompakan. Peningkatan kapasitas dari 23 liter permenit menjadi 32 liter permenit pada putaran 1600 rpm dan naik lagi menjadi 35 liter permenit pada putaran 1800. Semakin cepat *impeller* berputar maka bilah-bilah *impeller* akan semakin banyak menekan fluida menuju pipa *discharge*. Karena air yang dilemparkan menuju fluida semakin banyak maka terjadi peningkatan kapasitas air yang dipompakan oleh pompa.

Dalam segi efisiensi pompa, pengaruh putaran terhadap efisiensi pompa pada *impeller* dengan jumlah bilah 4 adalah, pada putaran rendah 1300rpm efisiensi pompa cenderung kecil yaitu 37,99 % kemudian pada putaran 1600 rpm efisiensi pompa meningkat menjadi 62,98 % sedangkan pada putaran tertinggi efisiensi pompa naik ke nilai 70,68 %.

Jika dibandingkan dengan *impeller* dengan desain sentrifugal *impeller*, *head*, kapasitas dan efisiensi yang dihasilkan oleh *impeller* dengan *blades splitter* lebih tinggi dari pada sentrifugal *impeller*. Pada sentrifugal *impeller head* tertinggi pada bilah 4 dengan putaran 1300 rpm adalah 5,037 meter dengan kapasitas 21,750 liter permenit. dan efisiensi 13.135 % sedangkan pada putaran dan sudu yang sama *impeller* dengan *blades splitter* mampu menghasilkan *head* 12,78 meter dengan kapasitas 23 liter permenit dan efisiensi 37,99 %. Begitu juga pada putaran 1600 rpm *head* pada sentrifugal *impeller* 6,03 meter , kapasitas 24,880 liter dan efisiensi 16.159 % sedangkan pada *impeller* dengan *blades splitter* pada putaran 1600 rpm adalah 13,63 meter dengan kapasitas 35 liter permenit dan efisiensi 62,98 %. Pada putaran 1800 rpm *head impeller* dengan *blades splitter* tetap memiliki *head*, kapasitas dan efisiensi lebih tinggi daripada sentrifugal imepeler, Hal itu dikarenakan pada *impeller* dengan *blades splitter* merupakan modifikasi dari *straight impeller* yang memiliki sifat mampu menghasilkan debit besar namun memiliki *head* rendah. Dengan menambah bilah splitter pada sela – sela bilah *impeller* maka *head* tetap rendah dengan kapasitas pemompaan tetap besar.

Tabel 4.7 Hasil perhitungan *impeller* dengan *blades splitter* pompa sentrifugal bilah 5 putaran 1300 rpm

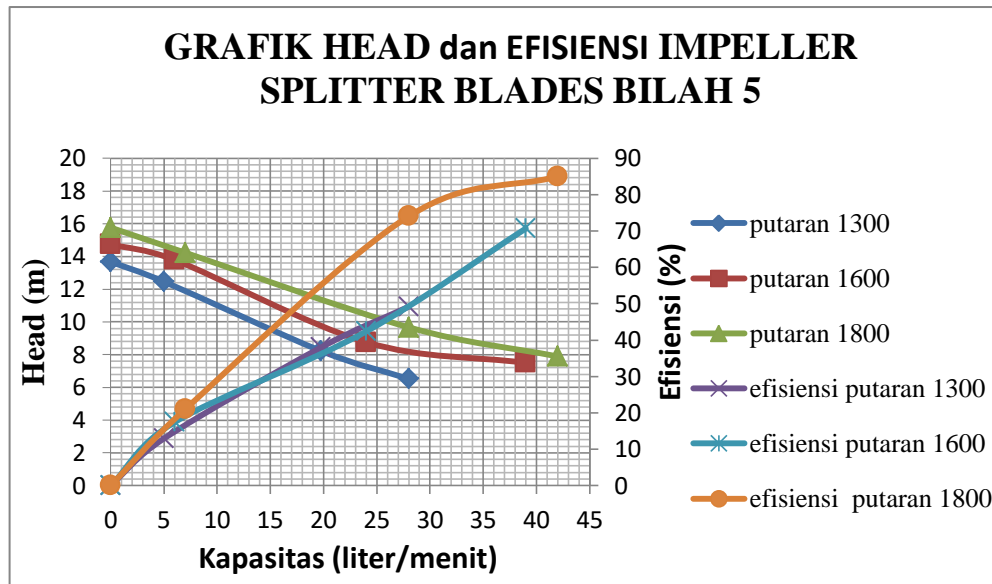
| Bukaan Valve | putaran 1300 | | | |
|--------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------|------------------|
| | Kapasitas (m ³ /sekon) | Kapasitas (liter/menit) | Head (m) | Efisiensi (%) |
| 0 | 0,00046 | 28 | 6,52 | 49,19 |
| 30 | 0,00032 | 19,75 | 8,23 | 37,97 |
| 60 | 0,00008 | 5 | 12,46 | 12,95 |
| 90 | 0,00000 | 0 | 13,67 | 0 |

Tabel 4.8 Hasil perhitungan *impeller* dengan *blades splitter* pompa sentrifugal bilah 5 putaran 1600 rpm

| Bukaan Valve | putaran 1600 | | | |
|--------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------|------------------|
| | Kapasitas (m ³ /sekon) | Kapasitas (liter/menit) | Head (m) | Efisiensi (%) |
| 0 | 0,00058 | 35 | 7,5 | 70,68 |
| 30 | 0,0004 | 24 | 8,76 | 42,38 |
| 60 | 0,0001 | 6 | 13,79 | 17,44 |
| 90 | 0,00000 | 0 | 14,73 | 0,000 |

Tabel 4.9 Hasil perhitungan *impeller* dengan *blades splitter* pompa sentrifugal bilah 5 putaran 1800 rpm

| Bukaan Valve | putaran 1800 | | | |
|--------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------|------------------|
| | Kapasitas (m ³ /sekon) | Kapasitas (liter/menit) | Head (m) | Efisiensi (%) |
| 0 | 0,00066 | 40 | 7,89 | 85 |
| 30 | 0,00046 | 28 | 9,67 | 74,046 |
| 60 | 0,00011 | 7 | 14,23 | 20,99 |
| 90 | 0,00000 | 0 | 15,76 | 0 |



Gambar 4.3 grafik H-Q dan efisiensi *impeller* dengan *blades splitter* bilah 5 pada pompa sentrifugal dengan berbagai variasi putaran

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa pada *impeller* dengan jumlah bilah 5 dengan memvariasikan putarannya, didapatkan nilai pada putaran 1300 rpm *head* tertinggi adalah 13,67 meter kemudian terjadi peningkatan *head* pompa pada putaran 1600 rpm menjadi 14,73 meter dan meningkat lagi pada putaran 1800 menjadi 15,76 meter. Peningkatan *head* pada tiap putaran terjadi karena semakin cepat putaran *impeller* maka semakin tinggi pula fluida ditekan oleh pompa ke

pipa *discharge*, semakin besar tekanan yang dihasilkan oleh pompa semakin besar juga *head* pompa..

Dilihat dari segi kapasitas air yang dipompakan pengaruh putaran terhadap jumlah aliran yang dipompakan pada *impeller* bilah 5 adalah semakin cepat putaran *impeller* semakin besar pula kapasitas air yang dipompakan. Peningkatan kapasitas dari 28 liter permenit menjadi 35 liter permenit pada putaran 1600 rpm dan naik lagi menjadi 40 liter permenit pada putaran 1800. Semakin cepat *impeller* berputar maka bilah-bilah *impeller* akan semakin banyak menekan fluida menuju pipa *discharge*. Karena air yang dilemparkan menuju pipa *discharge* semakin banyak maka terjadi peningkatan kapasitas air yang dipompakan oleh pompa.

Dalam segi efisiensi pompa, pengaruh putaran terhadap efisiensi pompa pada *impeller* dengan jumlah bilah 5 adalah, pada putaran rendah 1300 rpm efisiensi pompa cenderung kecil yaitu 49,19 % kemudian pada putaran 1600 rpm efisiensi pompa meningkat menjadi 70,68 % sedangkan pada putaran tertinggi efisiensi pompa naik ke nilai 85 %.

Jika dibandingkan dengan *impeller* dengan desain sentrifugal *impeller*, *head*, kapasitas dan efisiensi yang dihasilkan oleh *impeller* dengan *blades splitter* lebih tinggi daripada sentrifugal *impeller*. Pada sentrifugal *impeller head* tertinggi pada bilah 5 dengan putaran 1300 rpm adalah 5.732 meter dengan kapasitas 26.838 liter permenit. dan efisiensi 17,702 % sedangkan pada putaran dan sudu yang sama *impeller* dengan *blades splitter* mampu menghasilkan *head* 13,67 meter dengan kapasitas 28 liter permenit dan efisiensi 21,29 %. Begitu juga pada putaran 1600 rpm *head* pada sentrifugal *impeller* 6,649 meter , kapasitas 28,783 liter permenit dan efisiensi 19,809 % sedangkan pada *impeller* dengan *blades splitter*, *head* pada putaran 1600 rpm adalah 14,73 meter dengan kapasitas 35 liter permenit dan efisiensi 70,68 %. Pada putaran 1800 rpm *head splitter blades* tetap memiliki *head*, kapasitas dan efisiensi lebih tinggi daripada sentrifugal *impeller*, Hal itu dikarenakan pada *impeller* dengan *blades splitter* merupakan modifikasi dari *straight impeller* yang memiliki sifat mampu menghasilkan debit besar dan memiliki *head* tinggi. Dengan menambah bilah *splitter* pada sela – sela bilah *impeller* maka *head* tetap rendah dengan kapasitas pemompaan tetap besar.

D. HASIL PENGUKURAN KEBISINGAN TERHADAP PUTARAN POMPA DENGAN VARIASI JUMLAH BILAH

Tabel 4.10 Data hasil pengukuran tingkat kebisingan *impeller* dengan *blades splitter* bilah 3 bukaan katub 0⁰

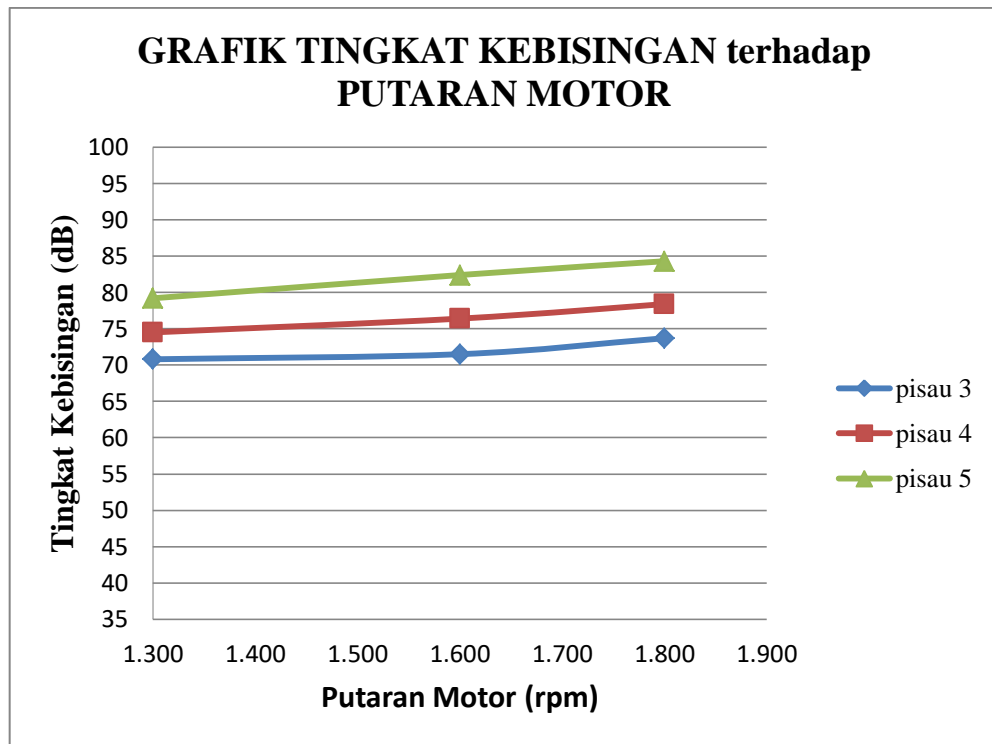
| Putaran Motor (rpm) | Kebisingan (dB) |
|---------------------|-----------------|
| 1300 | 70.8 |
| 1600 | 71.5 |
| 1800 | 73.7 |

Tabel 4.11 Data hasil pengukuran tingkat kebisingan *impeller* dengan *blades splitter* bilah 4 bukaan katub 0⁰

| Putaran Motor (rpm) | Kebisingan (dB) |
|---------------------|-----------------|
| 1300 | 74.5 |
| 1600 | 76.4 |
| 1800 | 78.4 |

Tabel 4.12 Data hasil pengukuran tingkat kebisingan *impeller* dengan *blades splitter* bilah 5 bukaan katub 0⁰

| Putaran Motor (rpm) | Kebisingan (dB) |
|---------------------|-----------------|
| 1300 | 79.2 |
| 1600 | 82.4 |
| 1800 | 84.3 |



Gambar 4.4 Grafik tingkat kebisingan terhadap putaran motor pada pompa sentrifugal dengan berbagai variasi bilah

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa pada *impeller* dengan *blades splitter* dengan variasi jumlah bilah, didapatkan nilai pada bilah *splitter* 3 kebisingan terendah adalah 70,8 dB pada putaran 1300 rpm kemudian terjadi peningkatan kebisingan pada putaran 1600 rpm menjadi 71,5 dB dan meningkat lagi pada putaran 1800 rpm menjadi 73,7 dB. Peningkatan kebisingan pada tiap putaran terjadi karena semakin cepat putaran *impeller*, semakin besar tekanan yang dihasilkan pompa maka semakin tinggi pula tingkat kebisingan pompa. Tingkat kebisingan pada *impeller* dengan *blades splitter* 3 dengan variasi putaran motor masih dibawah batas normal yang ditentukan oleh K3 “85 dB; *decibel* = satuan kepekaan suara” maka masih dapat digunakan dalam kondisi kerja.

Dilihat dari grafik pada bilah *splitter* 4 tingkat kebisingan terendah adalah 74,5 dB pada putaran 1300 rpm kemudian terjadi peningkatan kebisingan pada putaran 1600 rpm menjadi 76,4 dB dan meningkat lagi pada putaran 1800 rpm menjadi 78,4 dB. Peningkatan kebisingan pada tiap putaran terjadi karena semakin cepat putaran *impeller*, semakin besar tekanan yang dihasilkan pompa maka semakin tinggi pula tingkat kebisingan pompa. Tingkat kebisingan pada

impeller dengan *blades splitter* 4 dengan variasi putaran motor masih dibawah batas normal yang ditentukan oleh K3 “85 dB; *decibel = satuan kepekaan suara*” maka masih dapat digunakan dalam kondisi kerja.

Dilihat dari grafik pada bilah *splitter* 5 tingkat kebisingan terendah adalah 79,2 dB pada putaran 1300 rpm kemudian terjadi peningkatan kebisingan pada putaran 1600 rpm menjadi 82,4 dB dan meningkat lagi pada putaran 1800 rpm menjadi 84,3 dB. Peningkatan kebisingan pada tiap putaran terjadi karena semakin cepat putaran *impeller*, semakin besar tekanan yang dihasilkan pompa maka semakin tinggi pula tingkat kebisingan pompa. Tingkat kebisingan pada *impeller* dengan *blades splitter* 5 dengan variasi putaran motor masih dibawah batas normal yang ditentukan oleh K3 “85 dB; *decibel = satuan kepekaan suara*” maka masih dapat digunakan dalam kondisi kerja, meskipun tingkat kebisingan pada putaran 1800 hampir menyamai tingkat kebisingan dari batas normal yang ditentukan K3.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian, analisa, dan pembahasan yang telah dilakukan tentang pengaruh impeller splitter blades terhadap kinerja pompa sentrifugal, maka dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

1. Semakin banyak jumlah bilah impeller sebanding dengan meningkatnya head , kapasitas air yang dipompakan dan efisiensi pompa. begitu juga dengan pengaruh putaran terhadap kinerja pompa, sebanding pula dengan head, kapasitas dan efisiensi pompa.
2. Dari penelitian yang peneliti lakukan didapatkan nilai head tertinggi dari desain impeller splitter blades adalah 15,76 meter dengan jumlah bilah 5. Dan kapasitas tertinggi didapatkan pada impeller dengan jumlah bilah 5 dengan nilai kapasitas yaitu 40 liter permenit. Sedangkan efisiensi tertinggi didapatkan pada desain jumlah bilah 5 dengan nilai 85 % pada putaran 1800 rpm.
3. Dari penelitian yang dilakukan untuk mengukur tingkat kebisingan didapatkan nilai tingkat kebisingan tertinggi yaitu 84,3 dB pada bilah 5 dengan putaran motor 1800 rpm . Sedangkan tingkat kebisingan terendah yaitu 70,8 dB pada bilah 3 dengan putaran motor 1300 rpm.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian, analisa, dan pembahasan yang telah dilakukan tentang pengaruh impeller splitter blades terhadap kinerja impeller, maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya komponen rumah keong pada pompa sentrifugal menggunakan bahan yang transparan sehingga dapat terlihat laju aliran dari fluida yng dipompakan.
2. Sebisa mungkin ruangan kosong dalam pompa sentrifugal dikurangi sekecil mungkin.

3. Sebaiknya untuk pengaturan putaran menggunakan inverter agar lebih presisi kecepatan putaran motornya.
4. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan bisa memodifikasi lebar bilah impeller, panjang sirip impeller dan diameter impeller untuk meningkatkan head, kapasitas dan efisiensi pompa.
5. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan mengukur tingkat kebisingan dengan sesunyi mungkin agar mendapatkan hasil yang maksimal.
6. Jumlah bilah maksimal hingga mencapai titik maksimal perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kinerja paling efisien untuk jenis impeller splitter blades.

DAFTAR PUSTAKA

- Benny Kresno Sunarko.2010. *Analisa Getaran Pada Mesin Sepeda Motor Berbasis Labview*, Program Studi Fisika Program Pascasarjana UI, Jakarta.
- G. Kergourlay,M. Younsi, F. Bakir, and R. Rey.2007. *Influence of Splitter Blades on the Flow Field of a Centrifugal Pump: Test-Analysis Comparison-A Review*. International Journal of Rotating Machinery.Vol 07.pp.1-13.
- Kurniawan, Aditya. 2011. *Pengendalian Kebisingan Pada Rumah Pompa PDAM di Ketegan Surabaya Program Studi SI Teknik Fisika ITS*. Tesis tidak diterbitkan. Surabaya: PPs Universitas Teknologi Sepuluh November.
- Manohar Gaurav,M. AND Vadaliya,A.2014. *Parametric Study of Sentrifugal Pump Impeller-A Review*.International Journal of Advance Research and Technology.Vol 02,pp.1-4.
- Mr. Kamlesh J. Vasava.2015. *A General Review on Effect of Splitter Blade on the Performance of Centrifugal Pump-Review*.Asian International Journal Conference, Engineering and Technology.Vol 15.pp.81-84.
- Rohman, Erik Wahkidur. 2015. *Uji Eksperimen Pengaruh Jumlah Sudu Torque Flow Impeller Terhadap Kinerja Pompa Sentrifugal Program Studi SI Pendidikan Teknik Mesin UNESA*. Skripsi tidak diterbitkan: PPs Universitas Negeri Surabaya.
- Siregar, Indra Herlamba. 2013. *Pompa Sentrifugal*.Surabaya:Unesa University Press.
- Soenoko R., 2002. *Sistem Perancangan Mesin Konversi Energi dan Mesin-Mesin Turbo*, Program Studi Teknik Mesin Program Pascasarjana UNIBRAW, Malang.
- Sugiyono, Dr. 2010. *Metode penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*, Penerbit Alfabeta
- Sularso, Ir and Tahara Haruo, 1987, “*Pompa dan Kompresor*”, Jakarta:Penerbit Pradnya Paramitha.

Lampiran 1. Physical properties of water

Table A-8. Physical Properties of Water (SI Units)^a

| Temperature, °C | Specific weight ^b , γ kN/m ³ | Density, ρ kg/m ³ | Bulk modulus of elasticity ^c , K kPa | Dynamic viscosity, μ Pa · s | Kinematic viscosity, ν m ² /s | Surface tension ^d , σ N/m | Vapor pressure, p_v kPa | Vapor pressure, p_v kPa W/C m |
|--------------------|---|--------------------------------------|---|---------------------------------------|--|---|---------------------------------|---------------------------------------|
| 0 | 9.805 | 9.998 E+2 | 1.98 E+6 | 1.78 E-3 | 1.79 E-6 | 0.0765 | 0.61 | 0.06 |
| 5 | 9.807 | 1.000 E+3 | 2.05 E+6 | 1.52 E-3 | 1.52 E-6 | 0.0749 | 0.87 | 0.09 |
| 10 | 9.804 | 9.997 E+2 | 2.10 E+6 | 1.31 E-3 | 1.31 E-6 | 0.0742 | 1.23 | 0.13 |
| 15 | 9.798 | 9.991 E+2 | 2.15 E+6 | 1.14 E-3 | 1.14 E-6 | 0.0735 | 1.70 | 0.17 |
| 20 | 9.789 | 9.982 E+2 | 2.17 E+6 | 1.00 E-3 | 1.00 E-6 | 0.0726 | 2.34 | 0.24 |
| 25 | 9.777 | 9.970 E+2 | 2.22 E+6 | 8.90 E-4 | 8.93 E-7 | 0.0720 | 3.17 | 0.32 |
| 30 | 9.764 | 9.957 E+2 | 2.25 E+6 | 7.98 E-4 | 8.00 E-7 | 0.0712 | 4.24 | 0.43 |
| 40 | 9.730 | 9.922 E+2 | 2.28 E+6 | 6.53 E-4 | 6.58 E-7 | 0.0696 | 7.38 | 0.76 |
| 50 | 9.689 | 9.880 E+2 | 2.29 E+6 | 5.47 E-4 | 5.53 E-7 | 0.0679 | 12.33 | 1.27 |
| 60 | 9.642 | 9.832 E+2 | 2.28 E+6 | 4.66 E-4 | 4.74 E-7 | 0.0662 | 19.92 | 2.07 |
| 70 | 9.589 | 9.778 E+2 | 2.25 E+6 | 4.04 E-4 | 4.13 E-7 | 0.0644 | 31.19 | 3.25 |
| 80 | 9.530 | 9.718 E+2 | 2.20 E+6 | 3.54 E-4 | 3.64 E-7 | 0.0626 | 47.34 | 4.97 |
| 90 | 9.466 | 9.653 E+2 | 2.14 E+6 | 3.15 E-4 | 3.26 E-7 | 0.0608 | 70.10 | 7.41 |
| 100 | 9.399 | 9.584 E+2 | 2.07 E+6 | 2.82 E-4 | 2.94 E-7 | 0.0589 | 101.33 | 10.78 |

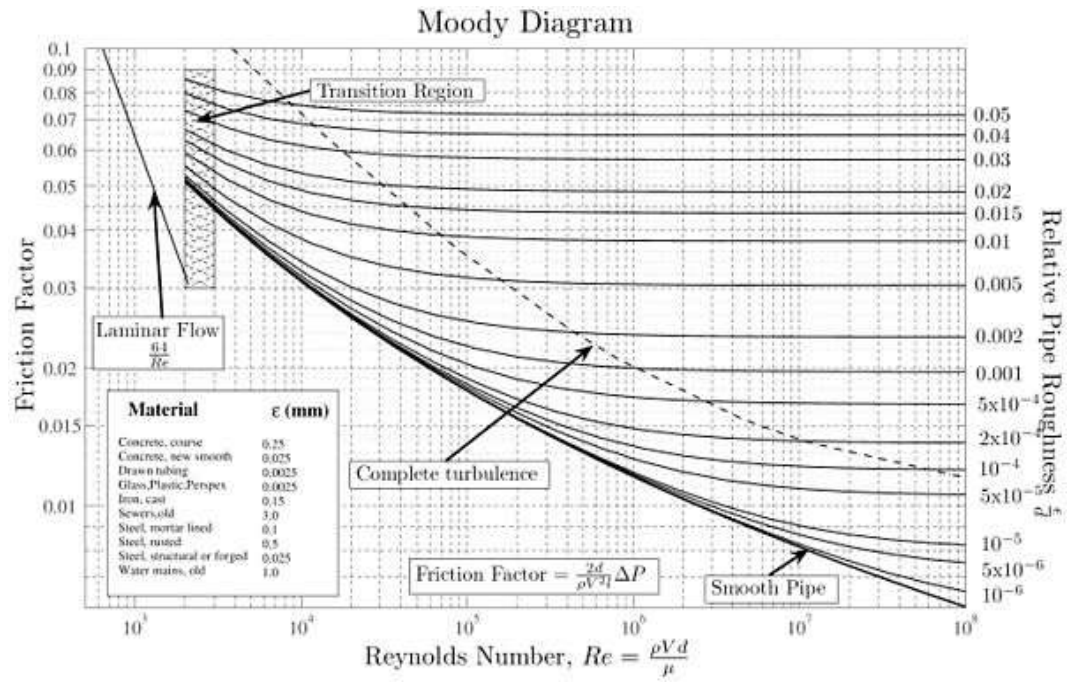
^a Adapted from Vennard and Street [1].

^b Specific weight, γ , is force per unit volume. The relationship between γ , ρ , and the acceleration due to gravity, g , is $\gamma = \rho g$. See Table A-3 for the value of g .

^c At atmospheric pressure.

^d In contact with air. Note 1000 N/m = dynes/cm.

Lampiran 2. Moody diagram



Lampiran 3. Friction factor fitting and valve

| Friction Losses in Pipe Fittings | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-------------------|------|------|--------|--------|------|-----------|------|------|-------|--------|--------|
| Resistance Coefficient K (use in formula $hf = Kv^2/2g$) | | | | | | | | | | | | | |
| Fitting | LD | Nominal Pipe Size | | | | | | | | | | | |
| | | 1/2" | 3/4" | 1" | 1-1/4" | 1-1/2" | 2" | 2-1/2"-3" | 4" | 6" | 8-10" | 12-16" | 18-24" |
| | | K Value | | | | | | | | | | | |
| Angle Valve | 55 | 1.48 | 1.38 | 1.27 | 1.21 | 1.16 | 1.05 | 0.99 | 0.94 | 0.83 | 0.77 | 0.72 | 0.66 |
| Angle Valve | 150 | 4.05 | 3.75 | 3.45 | 3.30 | 3.15 | 2.85 | 2.70 | 2.55 | 2.25 | 2.10 | 1.95 | 1.80 |
| Ball Valve | 3 | 0.08 | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| Butterfly Valve | | | | | | | 0.86 | 0.81 | 0.77 | 0.68 | 0.63 | 0.35 | 0.30 |
| Gate Valve | 8 | 0.22 | 0.20 | 0.18 | 0.18 | 0.15 | 0.15 | 0.14 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.10 |
| Globe Valve | 340 | 9.2 | 8.5 | 7.8 | 7.5 | 7.1 | 6.5 | 6.1 | 5.8 | 5.1 | 4.8 | 4.4 | 4.1 |
| Plug Valve Branch Flow | 90 | 2.43 | 2.25 | 2.07 | 1.98 | 1.89 | 1.71 | 1.62 | 1.53 | 1.35 | 1.26 | 1.17 | 1.08 |
| Plug Valve Straightaway | 18 | 0.48 | 0.45 | 0.41 | 0.40 | 0.38 | 0.34 | 0.32 | 0.31 | 0.27 | 0.25 | 0.23 | 0.22 |
| Plug Valve 3- Way Thru-Flow | 30 | 0.81 | 0.75 | 0.69 | 0.66 | 0.63 | 0.57 | 0.54 | 0.51 | 0.44 | 0.41 | 0.38 | 0.36 |
| Standard Elbow | 90° | 30 | 0.81 | 0.75 | 0.69 | 0.66 | 0.63 | 0.57 | 0.54 | 0.44 | 0.41 | 0.38 | 0.36 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 45° | 16 | 0.4 3 | 0.4 0 | 0.3 7 | 0.3 5 | 0.3 4 | 0.3 0 | 0.29 | 0.2 7 | 0.2 4 | 0.2 2 | 0.2 1 | 0.1 9 |
| | long radius 90° | 16 | 0.4 3 | 0.4 0 | 0.3 7 | 0.3 5 | 0.3 4 | 0.3 0 | 0.29 | 0.2 7 | 0.2 4 | 0.2 2 | 0.2 1 | 0.1 9 |
| Close Return Bend | | 50 | 1.3 5 | 1.2 5 | 1.1 5 | 1.1 0 | 1.0 5 | 0.9 5 | 0.90 | 0.8 5 | 0.7 5 | 0.7 0 | 0.6 5 | 0.6 0 |
| Standar d Tee | Thru- Flow | 20 | 0.5 4 | 0.5 0 | 0.4 6 | 0.4 4 | 0.4 2 | 0.3 8 | 0.36 | 0.3 4 | 0.3 0 | 0.2 8 | 0.2 6 | 0.2 4 |
| | Thru- Branch | 60 | 1.6 2 | 1.5 0 | 1.3 8 | 1.3 2 | 1.2 6 | 1.1 4 | 1.08 | 1.0 2 | 0.9 0 | 0.8 4 | 0.7 8 | 0.7 2 |
| 90 Bends, Pipe Bends, Flanged Elbows, Butt- Welded Elbows | r/d=1 | 20 | 0.5 4 | 0.5 0 | 0.4 6 | 0.4 4 | 0.4 2 | 0.3 8 | 0.36 | 0.3 4 | 0.3 0 | 0.2 8 | 0.2 6 | 0.2 4 |
| | r/d=2 | 12 | 0.3 2 | 0.3 0 | 0.2 8 | 0.2 6 | 0.2 5 | 0.2 3 | 0.22 | 0.2 0 | 0.1 8 | 0.1 7 | 0.1 6 | 0.1 4 |
| | r/d=3 | 12 | 0.3 2 | 0.3 0 | 0.2 8 | 0.2 6 | 0.2 5 | 0.2 3 | 0.22 | 0.2 0 | 0.1 8 | 0.1 7 | 0.1 6 | 0.1 4 |
| | r/d=4 | 14 | 0.3 8 | 0.3 5 | 0.3 2 | 0.3 1 | 0.2 9 | 0.2 7 | 0.25 | 0.2 4 | 0.2 1 | 0.2 0 | 0.1 8 | 0.1 7 |
| | r/d=6 | 17 | 0.4 6 | 0.4 3 | 0.3 9 | 0.3 7 | 0.3 6 | 0.3 2 | 0.31 | 0.2 9 | 0.2 6 | 0.2 4 | 0.2 2 | 0.2 0 |
| | r/d=8 | 24 | 0.6 5 | 0.6 0 | 0.5 5 | 0.5 3 | 0.5 0 | 0.4 6 | 0.43 | 0.4 1 | 0.3 6 | 0.3 4 | 0.3 1 | 0.2 9 |
| | r/d=10 | 30 | 0.8 1 | 0.7 5 | 0.6 9 | 0.6 6 | 0.6 3 | 0.5 7 | 0.54 | 0.5 1 | 0.4 5 | 0.4 2 | 0.3 9 | 0.3 6 |
| | r/d=12 | 34 | 0.9 2 | 0.8 5 | 0.7 8 | 0.7 5 | 0.7 1 | 0.6 5 | 0.61 | 0.5 8 | 0.5 1 | 0.4 8 | 0.4 4 | 0.4 1 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | r/d=14 | 38 | 1.0 3 | 0.9 5 | 0.8 7 | 0.8 4 | 0.8 0 | 0.7 2 | 0.68 | 0.6 5 | 0.5 7 | 0.5 3 | 0.4 9 | 0.4 6 |
| | r/d=16 | 42 | 1.1 3 | 1.0 5 | 0.9 7 | 0.9 2 | 0.8 8 | 0.8 0 | 0.76 | 0.7 1 | 0.6 3 | 0.5 9 | 0.5 5 | 0.5 0 |
| | r/d=18 | 45 | 1.2 4 | 1.1 5 | 1.0 6 | 1.0 1 | 0.9 7 | 0.8 7 | 0.83 | 0.7 8 | 0.6 9 | 0.6 4 | 0.6 0 | 0.5 5 |
| | r/d=20 | 50 | 1.3 5 | 1.2 5 | 1.1 5 | 1.1 0 | 1.0 5 | 0.9 5 | 0.90 | 0.8 5 | 0.7 5 | 0.7 0 | 0.6 5 | 0.6 0 |
| Mitre Bends | a=0° | 2 | 0.0 5 | 0.0 5 | 0.0 5 | 0.0 4 | 0.0 4 | 0.0 4 | 0.04 | 0.0 3 | 0.0 3 | 0.0 3 | 0.0 3 | 0.0 2 |
| | a=15° | 4 | 0.1 1 | 0.1 0 | 0.0 9 | 0.0 9 | 0.0 8 | 0.0 8 | 0.07 | 0.0 7 | 0.0 6 | 0.0 6 | 0.0 5 | 0.0 5 |
| | a=30° | 8 | 0.2 2 | 0.2 0 | 0.1 8 | 0.1 8 | 0.1 7 | 0.1 5 | 0.14 | 0.1 4 | 0.1 2 | 0.1 1 | 0.1 0 | 0.1 0 |
| | a=45° | 15 | 0.4 1 | 0.3 8 | 0.3 5 | 0.3 3 | 0.3 2 | 0.2 9 | 0.27 | 0.2 6 | 0.2 3 | 0.2 1 | 0.2 0 | 0.1 8 |
| | a=60° | 25 | 0.6 8 | 0.6 3 | 0.5 8 | 0.5 5 | 0.5 3 | 0.4 8 | 0.45 | 0.4 3 | 0.3 8 | 0.3 5 | 0.3 3 | 0.3 0 |
| | a=75° | 40 | 1.0 9 | 1.0 0 | 0.9 2 | 0.8 8 | 0.8 4 | 0.7 6 | 0.72 | 0.6 8 | 0.6 0 | 0.5 6 | 0.5 2 | 0.4 8 |
| | a=90° | 60 | 1.6 2 | 1.5 0 | 1.3 8 | 1.3 2 | 1.2 6 | 1.1 4 | 1.08 | 1.0 2 | 0.9 0 | 0.8 4 | 0.7 8 | 0.7 2 |
| Note: Fittings are standard with full openings. | | | | | | | | | | | | | | |

Lampiran 4 Tabel Hasil Penelitian

Tabel 1. Hasil Penelitian Impeller Splitter Blades dengan jumlah bilah 3 putaran 1300 rpm

| Bukaan Katub | Pengambilan Data | Inlet (Bar) | Discharge (bar) | flow (l/m) | Arus Listrik (Ampere) | Kebisingan (dBA) | Tegangan (Volt) |
|--------------|------------------|-------------|-----------------|------------|-----------------------|------------------|-----------------|
| 0° | 1 | 0.013 | 0.0896 | 20 | 0.6 | 70.8 | 220.000 |
| | 2 | 0.013 | 0.0896 | 20 | 0.6 | 70.8 | 220.000 |
| | 3 | 0.013 | 0.0896 | 20 | 0.6 | 70.8 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0.013 | 0.0896 | 20 | 0.6 | | 220.000 |
| 30° | 1 | 0.006 | 0.124 | 13 | 0.6 | 71.6 | 220.000 |
| | 2 | 0.006 | 0.124 | 13 | 0.6 | 71.6 | 220.000 |
| | 3 | 0.006 | 0.124 | 13 | 0.6 | 71.6 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0.006 | 0.124 | 13 | 0.6 | | 220.000 |
| 60° | 1 | 0 | 0.137 | 3 | 0.6 | 72.6 | 220.000 |
| | 2 | 0 | 0.137 | 3 | 0.6 | 72.6 | 220.000 |
| | 3 | 0 | 0.137 | 3 | 0.6 | 72.6 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0 | 0.137 | 3 | 0.6 | | 220.000 |
| 90° | 1 | 0 | 0.172 | 0 | 0.6 | 73.8 | 220.000 |
| | 2 | 0 | 0.172 | 0 | 0.6 | 73.8 | 220.000 |
| | 3 | 0 | 0.172 | 0 | 0.6 | 73.8 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0 | 0.172 | 0 | 0.6 | | 220.000 |

Tabel 2. Hasil Penelitian Impeller Splitter Blades dengan jumlah bilah 3 putaran
1600 rpm

| Bukaan Katub | Jumlah Pengambilan Data | Inlet (Bar) | Discharge (bar) | Flow (l/m) | Arus Listrik (Ampere) | Kebisingan (dB) | Tegangan (Volt) |
|-----------------|-------------------------|-------------|-----------------|------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
| 0 ⁰ | 1 | 0.02 | 0.0965 | 25 | 0.6 | 71.5 | 220.000 |
| | 2 | 0.02 | 0.0965 | 29 | 0.6 | 71.5 | 220.000 |
| | 3 | 0.02 | 0.0965 | 29 | 0.6 | 71.5 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0.02 | 0.0965 | 29 | 0.6 | 71.5 | 220.000 |
| 30 ⁰ | 1 | 0.013 | 0.13 | 16 | 0.6 | 72.6 | 220.000 |
| | 2 | 0.013 | 0.13 | 19 | 0.6 | 72.6 | 220.000 |
| | 3 | 0.013 | 0.13 | 19 | 0.6 | 72.6 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0.013 | 0.13 | 19 | 0.6 | 72.6 | 220.000 |
| 60 ⁰ | 1 | 0 | 0.175 | 4 | 0.6 | 73.5 | 220.000 |
| | 2 | 0 | 0.175 | 4 | 0.6 | 73.5 | 220.000 |
| | 3 | 0 | 0.175 | 4 | 0.6 | 73.5 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0 | 0.175 | 4 | 0.6 | 73.5 | 220.000 |
| 90 ⁰ | 1 | 0 | 0.186 | 0 | 0.6 | 74.7 | 220.000 |
| | 2 | 0 | 0.186 | 0 | 0.6 | 74.7 | 220.000 |
| | 3 | 0 | 0.186 | 0 | 0.6 | 74.7 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0 | 0.186 | 0 | 0.6 | 74.7 | 220.000 |

Tabel 3. Hasil Penelitian Impeller Splitter Blades dengan jumlah bilah 3 putaran
1800 rpm

| Bukaan Katub | Jumlah Pengambilan Data | Inlet (Bar) | Discharge (bar) | Flow (l/m) | Arus Listrik (Ampere) | Kebisingan (dBA) | Tegangan (Volt) |
|--------------|-------------------------|-------------|-----------------|------------|-----------------------|------------------|-----------------|
| 0° | 1 | 0.046 | 0.11 | 30 | 0.6 | 73.6 | 220.000 |
| | 2 | 0.046 | 0.11 | 32 | 0.6 | 73.9 | 220.000 |
| | 3 | 0.046 | 0.11 | 32 | 0.6 | 73.7 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0.046 | 0.11 | 32 | 0.6 | | 220.000 |
| 30° | 1 | 0.033 | 0.137 | 22 | 0.6 | 74.4 | 220.000 |
| | 2 | 0.033 | 0.137 | 24 | 0.6 | 74.2 | 220.000 |
| | 3 | 0.033 | 0.137 | 24 | 0.6 | 74.3 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0.033 | 0.137 | 24 | 0.6 | | 220.000 |
| 60° | 1 | 0 | 0.175 | 4.75 | 0.6 | 75.1 | 220.000 |
| | 2 | 0 | 0.175 | 4.75 | 0.6 | 74.7 | 220.000 |
| | 3 | 0 | 0.175 | 4.75 | 0.6 | 74.8 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0 | 0.175 | 4.75 | 0.6 | | 220.000 |
| 90° | 1 | 0 | 0.19 | 0 | 0.6 | 75.8 | 220.000 |
| | 2 | 0 | 0.19 | 0 | 0.6 | 75.9 | 220.000 |
| | 3 | 0 | 0.19 | 0 | 0.6 | 75.8 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0 | 0.19 | 0 | 0.6 | | 220.000 |

Tabel 4 Hasil Penelitian Impeller Splitter Blades dengan jumlah bilah 4 putaran
1300 rpm

| Bukaan Katub | Pengambilan Data | Inlet (Bar) | Discharge (bar) | Flow (l/m) | Arus Listrik (Ampere) | Kebisingan (dBA) | Tegangan (Volt) |
|--------------|------------------|-------------|-----------------|------------|-----------------------|------------------|-----------------|
| 0° | 1 | 0.026 | 0.1034 | 23 | 0.6 | 74.4 | 220.000 |
| | 2 | 0.026 | 0.1034 | 23 | 0.6 | 74.5 | 220.000 |
| | 3 | 0.026 | 0.1034 | 23 | 0.6 | 74.7 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0.026 | 0.1034 | 23 | 0.6 | | 220.000 |
| 30° | 1 | 0.013 | 0.124 | 16 | 0.6 | 75.2 | 220.000 |
| | 2 | 0.013 | 0.124 | 16 | 0.6 | 75.4 | 220.000 |
| | 3 | 0.013 | 0.124 | 16 | 0.6 | 75.6 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0.013 | 0.124 | 16 | 0.6 | | 220.000 |
| 60° | 1 | 0 | 0.175 | 4.5 | 0.6 | 76.7 | 220.000 |
| | 2 | 0 | 0.175 | 4.5 | 0.6 | 76.4 | 220.000 |
| | 3 | 0 | 0.175 | 4.5 | 0.6 | 76.6 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0 | 0.175 | 4.5 | 0.6 | | 220.000 |
| 90° | 1 | 0 | 0.19 | 0 | 0.6 | 77.4 | 220.000 |
| | 2 | 0 | 0.19 | 0 | 0.6 | 77.6 | 220.000 |
| | 3 | 0 | 0.19 | 0 | 0.6 | 77.3 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0 | 0.19 | 0 | 0.6 | | 220.000 |

Tabel 5 Hasil Penelitian Impeller Splitter Blades dengan jumlah bilah 4 putaran
1600 rpm

| Bukaan Katub | Jumlah Pengambilan Data | Inlet (Bar) | Discharge (bar) | Flow (l/m) | Arus Listrik (Ampere) | Kebisingan (dBA) | Tegangan (Volt) |
|--------------|-------------------------|-------------|-----------------|------------|-----------------------|------------------|-----------------|
| 0° | 1 | 0.053 | 0.124 | 32 | 0.6 | 76.4 | 220.000 |
| | 2 | 0.053 | 0.124 | 35 | 0.6 | 76.5 | 220.000 |
| | 3 | 0.053 | 0.124 | 35 | 0.6 | 76.3 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0.053 | 0.124 | 35 | 0.6 | | 220.000 |
| 30° | 1 | 0.026 | 0.14 | 21 | 0.6 | 77.4 | 220.000 |
| | 2 | 0.026 | 0.14 | 22 | 0.6 | 77.7 | 220.000 |
| | 3 | 0.026 | 0.14 | 22 | 0.6 | 77.4 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0.026 | 0.14 | 22 | 0.6 | | 220.000 |
| 60° | 1 | 0 | 0.18 | 5 | 0.6 | 78.5 | 220.000 |
| | 2 | 0 | 0.18 | 5 | 0.6 | 78.3 | 220.000 |
| | 3 | 0 | 0.18 | 5 | 0.6 | 78.6 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0 | 0.18 | 5 | 0.6 | | 220.000 |
| 90° | 1 | 0 | 0.199 | 0 | 0.6 | 79.4 | 220.000 |
| | 2 | 0 | 0.199 | 0 | 0.6 | 79.5 | 220.000 |
| | 3 | 0 | 0.199 | 0 | 0.6 | 79.4 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0 | 0.199 | 0 | 0.6 | | 220.000 |

Tabel 6 Hasil Penelitian Impeller Splitter Blades dengan jumlah bilah 4 putaran
1800 rpm

| Bukaan Katub | Jumlah Pengambilan Data | Inlet (Bar) | Discharge (bar) | Flow (l/m) | Arus Listrik (Ampere) | Kebisingan (dBA) | Tegangan (Volt) |
|-----------------|-------------------------|-------------|-----------------|------------|-----------------------|------------------|-----------------|
| 0 ⁰ | 1 | 0.066 | 0.13 | 35 | 0.6 | 78.2 | 220.000 |
| | 2 | 0.066 | 0.13 | 37 | 0.6 | 78.4 | 220.000 |
| | 3 | 0.066 | 0.13 | 37 | 0.6 | 78.6 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0.066 | 0.13 | 37 | 0.6 | | 220.000 |
| 30 ⁰ | 1 | 0.039 | 0.1563 | 24 | 0.6 | 79.2 | 220.000 |
| | 2 | 0.039 | 0.1563 | 26 | 0.6 | 79.6 | 220.000 |
| | 3 | 0.039 | 0.1563 | 26 | 0.6 | 79.4 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0.039 | 0.1563 | 26 | 0.6 | | 220.000 |
| 60 ⁰ | 1 | 0 | 0.1897 | 5.5 | 0.6 | 80.4 | 220.000 |
| | 2 | 0 | 0.1897 | 5.5 | 0.6 | 80.5 | 220.000 |
| | 3 | 0 | 0.1897 | 5.5 | 0.6 | 80.7 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0 | 0.1897 | 5.5 | 0.6 | | 220.000 |
| 90 ⁰ | 1 | 0 | 0.213 | 0 | 0.6 | 81.3 | 220.000 |
| | 2 | 0 | 0.213 | 0 | 0.6 | 81.4 | 220.000 |
| | 3 | 0 | 0.213 | 0 | 0.6 | 81.3 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0 | 0.213 | 0 | 0.6 | | 220.000 |

Tabel 7 Hasil Penelitian Impeller Splitter Blades dengan jumlah bilah 5 putaran
1300 rpm

| Bukaan Katub | Jumlah Pengambilan Data | Inlet (Bar) | Discharge (psi) | Flow (l/m) | Arus Listrik (Ampere) | Kebisingan (dBA) | Tegangan (Volt) |
|-----------------|-------------------------|-------------|-----------------|------------|-----------------------|------------------|-----------------|
| 0 ⁰ | 1 | 0.046 | 0.124 | 28 | 0.6 | 79.1 | 220.000 |
| | 2 | 0.046 | 0.124 | 28 | 0.6 | 79.3 | 220.000 |
| | 3 | 0.046 | 0.124 | 28 | 0.6 | 79.2 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0.046 | 0.124 | 28 | 0.6 | | 220.000 |
| 30 ⁰ | 1 | 0.026 | 0.1473 | 19.75 | 0.6 | 80.2 | 220.000 |
| | 2 | 0.026 | 0.1473 | 19.75 | 0.6 | 80.4 | 220.000 |
| | 3 | 0.026 | 0.1473 | 19.75 | 0.6 | 80.6 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0.026 | 0.1473 | 19.75 | 0.6 | | 220.000 |
| 60 ⁰ | 1 | 0 | 0.176 | 5 | 0.6 | 82.3 | 220.000 |
| | 2 | 0 | 0.176 | 5 | 0.6 | 82.5 | 220.000 |
| | 3 | 0 | 0.176 | 5 | 0.6 | 82.1 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0 | 0.176 | 5 | 0.6 | | 220.000 |
| 90 ⁰ | 1 | 0 | 0.213 | 0 | 0.6 | 83.0 | 220.000 |
| | 2 | 0 | 0.213 | 0 | 0.6 | 83.2 | 220.000 |
| | 3 | 0 | 0.213 | 0 | 0.6 | 83.3 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0 | 0.213 | 0 | 0.6 | | 220.000 |

Tabel 8 Hasil Penelitian Impeller Splitter Blades dengan jumlah bilah 5 putaran
1600 rpm

| Bukaan Katub | Jumlah Pengambilan Data | Inlet (Bar) | Discharge (psi) | Flow (l/m) | Arus Listrik (Amper) | Kebisingan (dBA) | Tegangan (Volt) |
|--------------|-------------------------|-------------|-----------------|------------|----------------------|------------------|-----------------|
| 0° | 1 | 0.06 | 0.127 | 35 | 0.6 | 82.4 | 220.000 |
| | 2 | 0.06 | 0.127 | 39 | 0.6 | 82.5 | 220.000 |
| | 3 | 0.06 | 0.127 | 39 | 0.6 | 82.6 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0.06 | 0.127 | 39 | 0.6 | | 220.000 |
| 30° | 1 | 0.039 | 0.1498 | 24 | 0.6 | 83.8 | 220.000 |
| | 2 | 0.039 | 0.1498 | 24 | 0.6 | 83.7 | 220.000 |
| | 3 | 0.039 | 0.1498 | 24 | 0.6 | 83.5 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0.039 | 0.1498 | 24 | 0.6 | | 220.000 |
| 60° | 1 | 0 | 0.182 | 6 | 0.6 | 84.5 | 220.000 |
| | 2 | 0 | 0.182 | 6 | 0.6 | 84.7 | 220.000 |
| | 3 | 0 | 0.182 | 6 | 0.6 | 84.3 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0 | 0.182 | 6 | 0.6 | | 220.000 |
| 90° | 1 | 0 | 0.234 | 0 | 0.6 | 85.1 | 220.000 |
| | 2 | 0 | 0.234 | 0 | 0.6 | 85.3 | 220.000 |
| | 3 | 0 | 0.234 | 0 | 0.6 | 85.2 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0 | 0.234 | 0 | 0.6 | | 220.000 |

Tabel 9 Hasil Penelitian Impeller Splitter Blades dengan jumlah bilah 5 putaran
1800 rpm

| Bukaan Katub | Jumlah Pengambilan Data | Inlet (Bar) | Discharge (bar) | Flow (l/m) | Arus Listrik (Ampere) | Kebisingan (dBA) | Tegangan (Volt) |
|-----------------|-------------------------|-------------|-----------------|------------|-----------------------|------------------|-----------------|
| 0 ⁰ | 1 | 0.065 | 0.134 | 40 | 0.6 | 84.1 | 220.000 |
| | 2 | 0.065 | 0.134 | 42 | 0.6 | 84.3 | 220.000 |
| | 3 | 0.065 | 0.134 | 42 | 0.6 | 84.3 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0.065 | 0.134 | 42 | 0.6 | | 220.000 |
| 30 ⁰ | 1 | 0.059 | 0.153 | 26 | 0.6 | 85.3 | 220.000 |
| | 2 | 0.059 | 0.153 | 26 | 0.6 | 85.2 | 220.000 |
| | 3 | 0.059 | 0.153 | 26 | 0.6 | 85.5 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0.059 | 0.153 | 26 | 0.6 | | 220.000 |
| 60 ⁰ | 1 | 0 | 0.196 | 7 | 0.6 | 86.4 | 220.000 |
| | 2 | 0 | 0.196 | 7 | 0.6 | 86.1 | 220.000 |
| | 3 | 0 | 0.196 | 7 | 0.6 | 86.2 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0 | 0.196 | 7 | 0.6 | | 220.000 |
| 90 ⁰ | 1 | 0 | 0.267 | 0 | 0.6 | 87.2 | 220.000 |
| | 2 | 0 | 0.267 | 0 | 0.6 | 87.4 | 220.000 |
| | 3 | 0 | 0.267 | 0 | 0.6 | 87.2 | 220.000 |
| | Rata-rata | 0 | 0.267 | 0 | 0.6 | | 220.000 |

Lampiran 5 . Dokumentasi penelitian



Gambar.1 volt meter dan ampere meter untuk mengukur konsumsi daya listrik motor



Gambar.2 digital clamp meter untuk mengukur arus listrik dan tegangan listrik dan tachometer untuk mengukur putaran.



Gambar.3 Pressure gage negative untuk mengukur tekanan inlet pompa



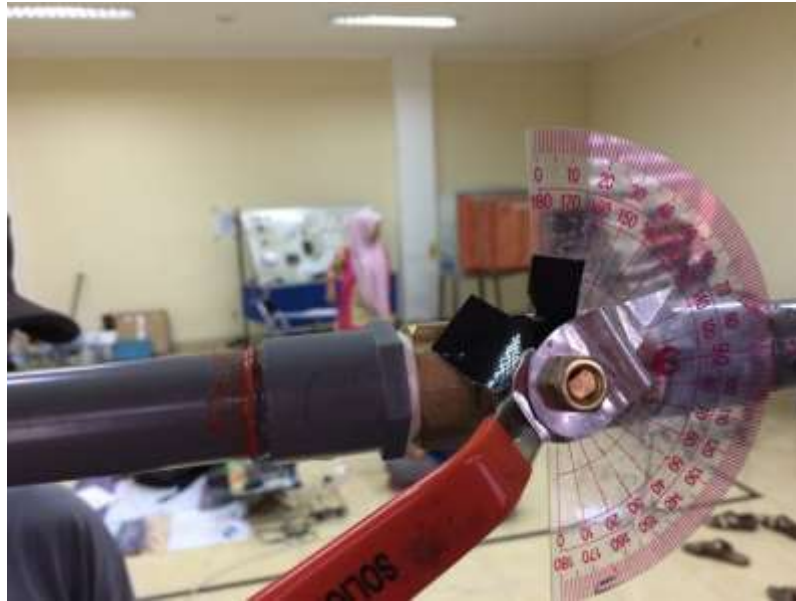
Gambar.4 Pressure gage positif untuk mengukur tekanan discharge pompa



Gambar.5 Proses pengukuran kecepatan putaran pompa



Gambar.6 Proses pengukuran ampere meter



Gambar.7 proses penutupan katub



Gambar.8 proses pengukuran kapasitas aliran menggunakan flow meter



Gambar.9 Gambar impeller splitter blades dengan berbagai bilah



Gambar.10 Detail instalasi instrument penelitian pompa sentrifugal



Gambar 11. Pengukuran kebisingan menggunakan sound level meter



UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

KEPUTUSAN

REKTOR UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

Nomor 527/UN38/HK/LT/2018

tentang

**PENETAPAN PENERIMA PENELITIAN DANA UKT FAKULTAS TEKNIK (FT)
UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA TAHUN ANGGARAN 2018**

REKTOR UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA,

- Menimbang :**
- a. bahwa untuk kelancaran kegiatan Penelitian Dana UKT Fakultas Teknik (FT) Universitas Negeri Surabaya Tahun Anggaran 2018, maka perlu dilakukan penetapan penerima kegiatan tersebut;
 - b. bahwa berdasarkan pertimbangan tersebut pada butir a di atas maka dipandang perlu menerbitkan keputusan ini.
- Mengingat :**
1. Undang-Undang RI Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
 2. Undang-Undang RI Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen;
 3. Undang-Undang RI Nomor 12 Tahun 2011 tentang Pembentukan Peraturan Perundang-undangan;
 4. Undang-Undang RI Nomor 12 tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
 5. Peraturan Pemerintah RI Nomor 37 Tahun 2009 tentang Dosen;
 6. Peraturan Pemerintah RI Nomor 66 tahun 2010 tentang Pengelolaan dan Penyelenggaraan Pendidikan;
 7. Peraturan Pemerintah RI Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
 8. Peraturan Presiden RI Nomor 87 Tahun 2014 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2011 tentang Pembentukan Peraturan Perundang-undangan;
 9. Peraturan Presiden RI Nomor 13 Tahun 2015 tentang Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi;
 10. Keputusan Presiden RI Nomor 93 tahun 1999 tentang Perubahan IKIP menjadi Universitas;
 11. Peraturan Menteri Keuangan RI Nomor 92/PMK.05/2011 tentang Rencana Bisnis dan Anggaran Serta Pelaksanaan Anggaran Badan Layanan Umum;
 12. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 15 Tahun 2016 tentang Organisasi dan Tata Kerja Universitas Negeri Surabaya;
 13. Peraturan Menristekdikti RI Nomor 98 Tahun 2016, tentang Pemberian Kuasa dan Delegasi Wewenang Pelaksanaan Kegiatan Administrasi Kepegawaian Kepada Pejabat tertentu dilingkungan Kemristekdikti;
 14. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 79 Tahun 2017 tentang Statuta Universitas Negeri Surabaya;

15. Keputusan Menkeu RI Nomor 50/KMK.05/2009 tentang Penetapan Universitas Negeri Surabaya Pada Departemen Pendidikan Nasional sebagai Instansi Pemerintah yang menerapkan Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum;
16. Keputusan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI Nomor 164/MPK.A4/KP/2014 tentang Pengangkatan Rektor Universitas Negeri Surabaya.

MEMUTUSKAN :

- Menetapkan : KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA TENTANG PENETAPAN PENERIMA PENELITIAN DANA UKT FAKULTAS TEKNIK (FT) UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA TAHUN ANGGARAN 2018 ;
- KESATU : Dalam melaksanakan tugasnya sebagai Penetapan Penelitian Dana UKT Fakultas Teknik (FT) wajib berpedoman pada ketentuan yang berlaku, dan secara tertulis memberikan laporan kepada Rektor Universitas Negeri Surabaya;
- KEDUA : Kegiatan Penetapan Penerima Penelitian Dana UKT Fakultas Teknik (FT) Universitas Negeri Surabaya Tahun 2018;
- KETIGA : Keputusan ini berlaku sejak bulan April sampai dengan November 2018; dengan ketentuan bahwa segala sesuatunya akan ditinjau dan diubah sebagaimana mestinya apabila ternyata di kemudian hari terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

Ditetapkan di : Surabaya
Pada tanggal : 4 April 2018
Rektor,

ttd

WARSONO
NIP 196005191985031002

Salinan disampaikan kepada Yth :

1. Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi RI
2. Sekretaris Jenderal Kemenristekdikti RI
3. Inspektur Jenderal Kemenristekdikti RI
4. Dirjen Sumber Daya Iptek dan Dikti
Kemenristekdikti RI
5. Para Wakil Rektor Unesa
6. Para Dekan, Dir. Pascasarjana, Ketua Lembaga
7. Kepala Biro Selingkung Unesa

Salinan sesuai dengan Keputusan yang asli.
Kepala Biro Umum dan Keuangan

BUDIARSO
NIP 196005131980101002

DAFTAR PENETAPAN PENERIMA PENELITIAN DANA UKT FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA TAHUN 2018

| No. | Fak. | Jurusan | Judul Penelitian | Tim Peneliti | NIDN/NIP | Gol | Pend. | L/P | Waktu (bln) | Dana (Rp.) |
|-----|------|----------------|--|--|--|-------------------------|-------------------|-------------|-------------|------------|
| 1 | FT | Teknik Elektro | Tracer Study Lulusan Program Studio D3 Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unesa. | Ibrohim, S.T., M.T. Endryansyah, S.T., M.T. Dr. Joko, M.Pd., M.T. | 0007026904 0031036406 0017026504 | III/b III/d IV/c | S-2 S-2 S-3 | L L L | 8 | 10.000.000 |
| 2 | FT | Teknik Elektro | Pembuatan Trainer dan Simulator Lengan Robot Scara Sebagai Media Pembelajaran Pada Mata Kuliah Robot Industri. | Arif Widodo, S.T., M.Sc. Farid Baskoro, S.T., M.T. Nur Kholis, S.T., M.T. | 0014098702 0023058603 0021057204 | III/b III/b III/d | S-2 S-2 S-2 | L L L | 8 | 10.000.000 |
| 3 | FT | Teknik Elektro | Pengembangan Perangkat Lunak Sistem Informasi Manajemen Skripsi di Jurusan Teknik Elektro | Prof. Dr. Bambang Suprianto, M.T. Widi Aribowo, S.T., M.T. Dr. Agus Budi Santosa, M.Pd. | 0025036102 0023048005 0022085805 | IV/c III/c IV/a | S-3 S-2 S-3 | L L L | 8 | 10.000.000 |
| 4 | FT | Teknik Elektro | Penelusuran (Tracer Study) Lulusan Program Studi S1 Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unesa. | Dr. Tri Rijanto, M.Pd., M.T. Pradini Puspitaningayu, S.T., M.T. Dr. Hj. Euis Ismayati, M.Pd. | 0027126101 0029068803 0024125705 | IV/b III/b IV/c | S-3 S-2 S-3 | L P P | 8 | 10.000.000 |
| 5 | FT | Teknik Elektro | Perancangan Sistem Otomasi Pengatur Daya Cadangan Berbasis Zeligsoft untuk Pembelajaran Praktikum Instalasi Listrik. | Widi Aribowo, S.T., M.T. Yulia Fransisca, S.Pd., M.Pd. Subuh Isnur Haryudo, S.T., M.T. | 0023048005 0016078502 0020087506 | III/c III/b III/d | S-2 S-2 S-2 | L P L | 8 | 10.000.000 |
| 6 | FT | Teknik Elektro | Pengembangan Modul Pembelajaran Mata Kuliah Lab. Simulasi Sistem Tenaga Listrik Prodi S1 Teknik Elektro FT-Unesa. | Unit Three Kartini, S.T., M.T., Ph.D. Prof. Dr. H. Munoto, M.Pd. Aditya Cendra H, S.T., M.T. | 0021027602 0007095207 - | III/d IV/e III/b | S-3 S-3 S-2 | P L L | 8 | 10.000.000 |
| 7 | FT | Teknik Elektro | Pengembangan Modul Hidroponik berbasis Wireless Sensor Network dan Iot Sebagai Media Pembelajaran Sistem Komunikasi Nirkabel. | Pradini Puspitaningayu, S.T., M.T. Reza Rahmadian, S.ST., M.EngSc. Adam Ridianto Muhamad, S.T., M.T. | 0029068803 0016038401 0008067610 | III/b III/b III/b | S-2 S-2 S-2 | P L L | 8 | 10.000.000 |
| 8 | FT | Teknik Elektro | Pengembangan Lembar Eksperimen Mahasiswa Mata Kuliah Mesin Arus Bolak-Balik dalam Meningkatkan Hasil Belajar. | Dr. Joko, M.Pd., M.T. Ibrohim, S.T., M.T. Prof. Dr. H. Supari, M.Pd. | 0017026504 0007026904 0010115103 | IV/c III/b IV/e | S-3 S-2 S-3 | L L L | 8 | 10.000.000 |
| 9 | FT | Teknik Elektro | Pemetaan Kompetensi dan Kebutuhan Dosen Jurusan Teknik Elektro dalam Jenjang Waktu 2018-2028. | Eppy Yundra, S.Pd., M.T., Ph.D. Prof. Dr. Bambang Suprianto, M.T. Prof. Dr. Ismet Basuki, M.Pd. | 0019097602 0025036102 0026036105 | III/c IV/c IV/d | S-3 S-3 S-3 | L L L | 8 | 10.000.000 |
| 10 | FT | Teknik Elektro | Restrukturisasi Kurikulum Program Studi D3 Teknik Listrik Fakultas Teknik Unesa. | Rifqi Firmansyah, S.T., M.T. Dr. Tri Rijanto, M.Pd., M.T. Mahendra Widyartono, S.T., M.T. | 0704038901 0027126101 0020038306 | III/b IV/b III/b | S-2 S-3 S-2 | L L L | 8 | 10.000.000 |
| 11 | FT | Teknik Mesin | Perancangan Pipa Saluran Air dan Cerobong Asap Pembuangan pada Lemari Asam di Laboratorium Pelapisan Logam Jurusan Teknik Mesin. | Tri Hartutuk Ningsih, S.T., M.T. Novi Sukma Drastiawati, S.T., M.Eng. | 0030098402 0024118402 | III/b III/b | S-2 S-2 | P P | 8 | 10.000.000 |

| No. | Fak. | Jurusan | Judul Penelitian | Tim Peneliti | NIDN/NIP | Gol | Pend. | L/P | Waktu (bln) | Dana (Rp.) |
|-----|------|--------------|--|---|--|-------------------------|-------------------|-------------|-------------|------------|
| 12 | FT | Teknik Mesin | Modifikasi Sitem Semi Otomatis dan Penambahan Fungsi Spin Coating pada Metalography Grinder Machine Laboratorium Pelapisan Jurusan Teknik Mesin. | Hanna Zakiyya, S.T., M.T. Nur Aini Susanti, S.Pd., M.Pd. | 0003098901 0001117905 | III/b III/b | S-2 S-2 | P P | 8 | 10.000.000 |
| 13 | FT | Teknik Mesin | Simulasi Performa Pengaruh Jarak Baffle terhadap Efektivitas Heat Exchanger Tipe Shell and Tube dengan Disk and Doughnut Baffle. | Dr. I Made Arsana, S.Pd., M.T. Dr. Theodorus Wiyanto Wibowo, M.Pd. | 0028126704 0015016701 | IV/a IV/b | S-3 S-3 | L L | 8 | 10.000.000 |
| 14 | FT | Teknik Mesin | Pengembangan Alat Visualisasi Aliran di Laboratorium Aerodinamika Otomotif Jurusan Teknik Mesin FT-Unesa. | Dr. A. Grummy Wailanduw, M.Pd., M.T. Prof. Dr. H. Muchlas, M.Pd. | 0023086203 0015125102 | IV/c IV/e | S-3 S-3 | L L | 8 | 10.000.000 |
| 15 | FT | Teknik Mesin | Rancang Bangun Mesin Las Shielded Metal ARC Welding (SMAW) yang Efisien dan Ekonomis. | Drs. Djoko Suwito, M.Pd. Drs. Yunus, M.Pd. | 0005036509 0023046502 | IV/c IV/b | S-2 S-2 | L L | 8 | 10.000.000 |
| 16 | FT | Teknik Mesin | Peningkatan Keakuratan Mesin Las terhadap Heat Input yang Dihasilkan di Laboratorium Pengelasan Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya | Mochamad Arif Irfa'i, S.Pd., M.T. Drs. Budihardjo Achmadi Hasyim, M.Pd. | 0007028102 0004095503 | III/b IV/b | S-2 S-2 | L L | 8 | 10.000.000 |
| 17 | FT | Teknik Mesin | Rancang Bangun Fuel Flow Meter pada Engine Water Brake Dynamometer untuk Mengukur Konsumsi Bahan Bakar Mesin Toyota Kijang Type 5K. | Diastian Vinaya Wijanarko, S.T., M.T. Hanna Zakiyya, S.T., M.T. | 0712078801 0003098901 | III/b III/b | S-2 S-2 | L P | 8 | 10.000.000 |
| 18 | FT | Teknik Mesin | Pengembangan Panduan Praktikum Sensor Berbasis Ardino dengan Pendekatan Collaborative Teamwork Learning Model | Wahyu Dwi Kurniawan, S.Pd., M.Pd. Mochamad Arif Irfa'i, S.Pd., M.T. | 0715128303 0007028102 | III/b III/b | S-2 S-2 | L L | 8 | 10.000.000 |
| 19 | FT | Teknik Mesin | Pengaruh Posisi Pemanas dan Fan terhadap Media Pembuatan Oven Laboratorium. | Ir. H. Dwi Heru Sutjahjo, M.T. Firman Yasa Utama, S.Pd., M.T. | 0021125405 0726028202 | IV/a III/b | S-2 S-2 | L L | 8 | 10.000.000 |
| 20 | FT | Teknik Mesin | Pengembangan Proses Produksi Bioetanol Dari Tetes Tebu Melalui Distilasi Dengan Batu Kapur. | Prof. Dr. Ir. I Wayan Susila, M.T. Aris Ansori, S.Pd., M.T. | 0015125302 0030037800 | IV/d III/c | S-3 S-2 | L L | 8 | 10.000.000 |
| 21 | FT | Teknik Mesin | Rancang Bangun V Notch Wier sebagai Penunjang Praktikum di Laboratorium Mekanika Fluida. | Iskandar, S.T., M.T. Priyo Heru Adiwibowo, S.T., M.T. | 0002117005 0002047602 | III/c III/c | S-2 S-2 | L L | 8 | 10.000.000 |
| 22 | FT | Teknik Mesin | Rancang Bangun Trainer Konversi Energi Panas menjadi Energi Listrik Berbasis Thermoelectric Generator. | Bellina Yunitasari, S.Si., M.Si. Dyah Riandadari, S.T., M.T. Diah Wulandari, S.T., M.T. | 0024068703 0027037803 0005037804 | III/b III/d III/c | S-2 S-2 S-2 | P P P | 8 | 10.000.000 |
| 23 | FT | Teknik Mesin | Modifikasi dan Uji Karakteristik Alat Uji Transformator dan Generator sebagai Media Praktikum Mata Kuliah Teknik Tenaga Listrik. | Aris Ansori, S.Pd., M.T. Dr. Soeryanto, M.Pd. | 0030037800 0018046005 | III/c IV/a | S-2 S-3 | P L | 8 | 10.000.000 |

| No. | Fak. | Jurusan | Judul Penelitian | Tim Peneliti | NIDN/NIP | Gol | Pend. | L/P | Waktu (bln) | Dana (Rp.) |
|-----|------|--------------|---|--|--|------------------------|-------------------|-------------|-------------|------------|
| 24 | FT | Teknik Mesin | Pengembangan Trainer Mesin Air Conditioner sebagai Media Pembelajaran Praktikum Termodinamika. | Akhmad Hafizh Ainur Rasyid, S.T., M.T. Dany Iman Santoso, S.T., M.T. | 0020038801 0720058505 | III/b III/b | S-2 S-2 | L L | 8 | 10.000.000 |
| 25 | FT | Teknik Mesin | Pengembangan Media Pembelajaran Termodinamika Jurusan Teknik Mesin. | Dr. Mohammad Effendy, S.T., M.T. Dr. Mochamad Cholik, M.Pd. | 0011037706 0024046006 | III/c IV/a | S-3 S-3 | L L | 8 | 10.000.000 |
| 26 | FT | Teknik Mesin | Kajian Penyelesaian Studi Prodi S1 PTM, dan D3 TM Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNESA. | Dr. Muhaji, S.T., M.T. Arya Mahendra Sakti, S.T., M.T. Prof. Dr. Ir. Aisyah Endah Palupi, M.Pd. | 0013096103 0009027903 0006106904 | IV/c IV/a IV/b | S-3 S-2 S-3 | L L P | 8 | 10.000.000 |
| 27 | FT | Teknik Mesin | Pengaruh Jumlah Bilah Terhadap Kinerja Pompa Sentrifugal. | Indra Herlamba Siregar, S.T., M.T. Dr. Dewanto, M.Pd. | 0007097103 0009086409 | III/c IV/b | S-2 S-3 | L L | 8 | 10.000.000 |
| 28 | FT | Teknik Mesin | Studi Pelacakan (Tracer Study) Lulusan Prodi S1 Teknik Mesin FT-Unesa | Priyo Heru Adiwibowo, S.T., M.T. Arya Mahendra Sakti, S.T., M.T. Andita Nataria Fitri Ganda, S.T., M.Sc. | 0002047602 0009027903 199204092018032000 | III/c IV/a III/b | S-2 S-2 S-2 | L L P | 8 | 10.000.000 |
| 29 | FT | Teknik Mesin | Pengembangan Kurikulum Program Studi DIII Teknik Mesin FT-Unesa Berdasarkan SKKNI | Diah Wulandari, S.T., M.T. Indra Herlamba Siregar, S.T., M.T. | 0005037804 0007097103 | III/c III/c | S-2 S-2 | L L | 8 | 10.000.000 |
| 30 | FT | Teknik Mesin | Studi Pelacakan (Tracer Study) Lulusan Prodi S1 Teknik Mesin FT Unesa di Dunia Kerja. | Drs. I Made Muliatna, M.Kes. Dr. Muhaji, S.T., M.T. | 0004065502 0013096103 | IV/b IV/c | S-2 S-3 | L L | 8 | 10.000.000 |
| 31 | FT | Teknik Sipil | Penanggulangan Banjir Menggunakan Sistem Interkoneksi Rumah Pompa Wilayah Saluran Sekunder Gayung Kebonsari Kota Surabaya. | Prof. Dr. Drs. Ir. H. Kusnan, S.E., M.T., M.M. Amanda Ristriana Pattisina, S.T., M.T. | 0010025104 0026058801 | IV/d III/b | S-3 S-2 | L P | 8 | 10.000.000 |
| 32 | FT | Teknik Sipil | Pemanfaatan Bahan Limbah Cangkang Bekicot dan Cangkang Kerang Divariasasi Dengan FLY-ASH dan BATTOM-ASH pada Pembuatan Bata Beton Ringan Selular Terhadap Uji Tekan dan Penyerapan Air. | Mochamad Firmansyah Sofianto, S.T., M.Sc., M.T. Prof. Dr. Suparji, S.Pd., M.Pd. | 0029078704 0002066907 | III/b IV/b | S-2 S-3 | L L | 8 | 10.000.000 |
| 33 | FT | Teknik Sipil | Pemodelan RPP dalam Menerapkan Model Pembelajaran Sebagai Upaya Meningkatkan keterampilan Mengajar Mahasiswa Pendidikan Teknik Bangunan. | Dr. Nurmi Frida Dorintan Bertua Pakpahan, M.Pd. Ninik Wahyu Hidajati, S.Si., M.Si. | 0022076011 0016127101 | III/c IV/a | S-3 S-2 | P P | 8 | 10.000.000 |
| 34 | FT | Teknik Sipil | Pemodelan Tinggi Tekan (HEAD LOSS) Pada Alat Flow Measurement Unit Dengan Ragam Buka-an Katub Pipa Jaringan Tanpa Cabang. | Drs. Djoni Irianto, M.T. Prof. Dr. Elizabeth Titiek Winanti, M.S. | 0029066201 0001055206 | IV/b IV/d | S-2 S-3 | L P | 8 | 10.000.000 |
| 35 | FT | Teknik Sipil | Updating Peta Surabaya "Erique" Sebagai Rintisan Pengembangan Peta Topografi Surabaya. (Studi Kasus : Surabaya Timur). | Satriana Fitri Mustika Sari, S.T., M.T. Dr. Ir. H. Dadang Supriyatno, M.T. | 0013088005 0020076401 | III/c IV/b | S-2 S-3 | P L | 8 | 10.000.000 |
| 36 | FT | Teknik Sipil | Pemanfaatan Limbah Karbit Untuk Peningkatan Daya Dukung Tanah Pondasi Dangkal. | Dra. Nur Andajani, M.T. | 0002126207 | IV/b | S-2 | P | 8 | 10.000.000 |

| No. | Fak. | Jurusan | Judul Penelitian | Tim Peneliti | NIDN/NIP | Gol | Pend. | L/P | Waktu (bln) | Dana (Rp.) |
|-----|------|--------------|---|--|--|------------------------|-------------------|-------------|-------------|------------|
| 37 | FT | Teknik Sipil | Kesesuaian Pekerjaan dalam Dunia Industri Terhadap Materi Penunjang Praktik Kerja Lapangan (PKL) Mahasiswa S1 PTB Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Unesa. | Dra. Indiah Kustini, M.T. Damayanti Azmi Dewi Nusantara, S.T., M.T. | 0001085610 - | IV/b III/b | S-2 S-2 | P P | 8 | 10.000.000 |
| 38 | FT | Teknik Sipil | Pengembangan Video Pembelajaran Pada Mata Kuliah Perencanaan Bangunan Gedung. | Gde Agus Yudha Prawira Adistana, S.T., M.T. Dr. Nanik Estidarsani, M.Pd. | 0013058110 0013115506 | III/b IV/a | S-2 S-3 | L P | 8 | 10.000.000 |
| 39 | FT | Teknik Sipil | Pemutahiran Kurikulum D3 TTransportasi FT Unesa | Drs. Andang Widjaja, S.T., M.T. Drs. H. Soeparno, M.T. | 0019056502 0001116506 | IV/b IV/a | S-2 S-2 | L L | 8 | 10.000.000 |
| 40 | FT | Teknik Sipil | Pengaruh Variasi Rasio W/S Terhadap Kuat Tekan Geopolimer Mortor Berbahan Dasar Abu Terbang Kelas C. | Arie Wardhono, S.T., M.MT., M.T., Ph.D. Drs. Hasan Dani, M.T. | 0006047303 0016066405 | III/d IV/a | S-3 S-2 | L L | 8 | 10.000.000 |
| 41 | FT | Teknik Sipil | Pengaruh Serat Baja Terhadap Kuat Tekan Aksial Konsentris Kolom Pendek Terkekang. | Drs. Bambang Sabariman, S.T., M.T. Drs. Didiek Purwadi, M.Si. | 0013046304 0021025602 | IV/b III/c | S-2 S-2 | L L | 8 | 10.000.000 |
| 42 | FT | Teknik Sipil | Pengembangan Kurikulum D3 TS FT Unesa | Drs. Hasan Dani, M.T. Yogie Risdianto, S.T., M.T. Feriza Nadiar, S.T., M.T. | 0016066405 0019077503 - | IV/a III/c III/b | S-2 S-2 S-2 | L L L | 8 | 10.000.000 |
| 43 | FT | Teknik Sipil | Penggunaan Semen Merah Sebagai Bahan Pengganti Semen Portland Pada Campuran Spesi Dinding Pasangan Bata. | Muhammad Imaduddin, S.T., M.T. Mas Suryanto H.S., S.T., M.T. | 0004117104 0001047307 | III/b III/c | S-2 S-2 | L L | 8 | 10.000.000 |
| 44 | FT | Teknik Sipil | Kesesuaian pekerjaan dalam dunia Industri Terhadap Materi Penunjang Praktek Kerja Lapangan Mahasiswa S1 Teknik Sipil di Fakultas Teknik Unesa | Ir. Nurhayati Aritonang, M.T. Hendra Wahyu Cahyaka, S.T., M.T. | 0020036004 0004036708 | III/d III/c | S-2 S-2 | P L | 8 | 10.000.000 |
| 45 | FT | Teknik Sipil | Pemanfaatan Aspal Daur Ulang Dalam Pembuatan Lapisan Atas Aspal Beton (AC-WC) Baru | Yogie Risdianto, S.T., M.T. Krisna Dwi Handayani, S.T., M.MT., M.T. | 0019077503 0007107105 | III/c III/b | S-2 S-2 | L P | 8 | 10.000.000 |
| 46 | FT | Teknik Sipil | Analisa Kualitas Pelayanan Bus Kota Surabaya Berdasarkan Persepsi Penumpang Dengan Metode Importance Performance Analysis (IPA). | Purwo Mahardi, S.T., M.Sc. Suprpto, S.Pd., M.T. | 0010108504 0002046906 | III/b IV/b | S-2 S-2 | L L | 8 | 10.000.000 |
| 47 | FT | PKK | Pengembangan Media Sosialisasi Gizi Pencegahan Stunting Pada Ibu Balita untuk mewujudkan Generasi Sehat Indonesia. | Choirul Anna Nur Afifah, S.Pd., M.Si. Dr. Rita Ismawati, S.Pd., M.Kes. Dra. Veni Indrawati, M.Kes. | 0016047702 0011076904 0013076008 | III/d IV/b IV/b | S-2 S-3 S-2 | P P P | 8 | 10.000.000 |
| 48 | FT | PKK | Evaluasi Kesesuaian Prosedur Mutu Kegiatan Akademik di Jurusan PKK FT Unesa. | Lutfiyah Hidayati, S.Pd., M.Pd. Amalia Ruhana, S.P., M.P.H. Mauren Gita Miranti, S.Pd., M.Pd. | 0022097302 0023128203 0012038901 | IV/a III/b III/b | S-2 S-2 S-2 | P P P | 8 | 10.000.000 |
| 49 | FT | PKK | "Tracer Study " Pada Program Kemitraan Program Studi S1 Pendidikan Tata Busana PKK FT Unesa (Analisis Pelaksanaan Praktik Kerja Industri). | Dr. Marniati, S.E., M.M. Dra. Anneke Endang Karyaningrum, M.Pd. Drs. Ec. Mein Kharnolis, M.SM. | 0031075702 0025055404 0007056703 | IV/c IV/b III/d | S-3 S-2 S-2 | P P P | 8 | 10.000.000 |

| No. | Fak. | Jurusan | Judul Penelitian | Tim Peneliti | NIDN/NIP | Gol | Pend. | L/P | Waktu (bln) | Dana (Rp.) |
|-----|------|--------------------|---|--|--|------------------------|-------------------|-------------|-------------|------------|
| 50 | FT | PKK | Relevansi Kurikulum S1 Pendidikan Tata Rias dengan Stakeholders berbasis Tracer Study. | Dr. Maspiyah, M.Kes. Sri Usodoningtyas, S.Pd., M.Pd. Octaverina Kecvara Pritasari, S.Pd., M.Farm. | 0001046411 0022127203 0002088004 | IV/c III/c III/b | S-3 S-2 S-2 | P P P | 8 | 10.000.000 |
| 51 | FT | PKK | Model Pengembangan Kurikulum Vokasi D-3 Tata Busana Berbasis Standar Kompetensi Kerja Nasional (SKKNI). | Dra. Ratna Suhartini, M.Si. Dra. Urip Wahyuningsih, M.Pd. Dra. Hj. Juhrah Singke, M.Si. | 0031126708 0010046706 0018105402 | IV/c IV/a IV/c | S-2 S-2 S-2 | P P P | 8 | 10.000.000 |
| 52 | FT | PKK | Pengembangan Kurikulum Vokasi Diploma Tiga Seni Kuliner Selaras Kebutuhan Pengguna Berdasar Pada Hasil Tracepr Study. | Dra. Any Sutiadiningsih, M.Si. Dr. Hj. Sri Handajani, S.Pd., M.Kes. | 0024045904 0010027105 | IV/c IV/b | S-2 S-3 | P P | 8 | 10.000.000 |
| 53 | FT | PKK | Pengembangan Kurikulum S1 Pendidikan Tata Boga Berbasis Tracer Study. | Nugrahani Astuti, S.Pd., M.Pd. Prof. Dr. Hj. Luthfiyah Nurlaela, M.Pd. Ita Fatkhur Romadhoni, S.Pd., M.Pd. | 0022036801 0018106603 0019058701 | III/c IV/d III/b | S-2 S-3 S-2 | P P L | 8 | 10.000.000 |
| 54 | FT | Teknik Informatika | Pengukuran Usability Terhadap Website Jurusan Teknik Informatika Universitas Negeri Surabaya. | Dwi Fatrianto Suyatno, S.Kom., M.Kom. Dodik Arwin Dermawan, S.ST., S.T., M.T. | 0020127904 9907003655 | III/b III/b | S-2 S-2 | L L | 8 | 10.000.000 |
| 55 | FT | Teknik Informatika | Implementasi FSM Untuk Pemodelan SOP Laboratorium Berbasis NPC-Jurusan Teknik Informatika Universitas Negeri Surabaya. | Dodik Arwin Dermawan, S.ST., S.T., M.T. Dwi Fatrianto Suyatno, S.Kom., M.Kom. | 9907003655 0020127904 | III/b III/b | S-2 S-2 | L L | 8 | 10.000.000 |
| 56 | FT | Teknik Informatika | Sistem Pendukung Keputusan Untuk Optimalisasi Penentuan Bidang Peminatan Pembelajaran Program Studi Menggunakan Metode <i>Weight Product</i> di Jurusan Teknik Informatika Unesa. | Ardhini Warih Utami, S.Kom., M.Kom. Salamun Rohman Nudin, S.Kom., M.Kom. | 0021028109 0002118203 | III/b III/b | S-2 S-2 | P L | 8 | 10.000.000 |
| 57 | FT | Teknik Informatika | Pengembangan Repositori Digital Untuk Artikel Ilmiah Internasional Bidang Teknologi Informasi yang dilanggan Universitas Negeri Surabaya Tahun 2018. | Ari Kurniawan, S.Kom., M.T. Yeni Anistiyasari, S.Pd., M.Kom. | 0030037305 0027108403 | III/a III/b | S-2 S-2 | L P | 8 | 10.000.000 |
| 58 | FT | Teknik Informatika | Integrasi Sistem E-Voting Pemilu Raya Badan Eksekutif Mahasiswa di Universitas Negeri Surabaya. | Salamun Rohman Nudin, S.Kom., M.Kom. Ardhini Warih Utami, S.Kom., M.Kom. | 0002118203 0021028109 | III/b III/b | S-2 S-2 | L P | 8 | 10.000.000 |
| 59 | FT | Teknik Informatika | Rekayasa Ulang Perangkat Lunak Untuk Implementasi Senayan Library Managementsystem dalam Mengelola Ruang Baca Jurusan Teknik Informatika. | Yeni Anistiyasari, S.Pd., M.Kom. Ari Kurniawan, S.Kom., M.T. | 0027108403 0030037305 | III/b III/a | S-2 S-2 | P L | 8 | 10.000.000 |
| 60 | FT | Teknik Informatika | Studi Klasterisasi Jaringan Sensor Nirkabel dengan Skema Komunikasi Publish-Subscribe. | Ibnu Febry Kurniawan, S.Kom., M.Sc. I Made Suartana, S.Kom., M.Kom. | 0018028801 0024118405 | III/b III/b | S-2 S-2 | L L | 8 | 10.000.000 |
| 61 | FT | Teknik Informatika | Analisis Perancangan Multimedia Streaming Berbasis Software Defined Network. | I Made Suartana, S.Kom., M.Kom. Aditya Prapanca, S.T., M.Kom. | 0024118405 0001117406 | III/b IV/a | S-2 S-2 | L L | 8 | 10.000.000 |

| No. | Fak. | Jurusan | Judul Penelitian | Tim Peneliti | NIDN/NIP | Gol | Pend. | L/p | Waktu (bln) | Dana (Rp.) |
|-------------------|------|--------------------|--|--|--|-----------------------|-------------------|-------------|-------------|--------------------|
| 62 | FT | Teknik Informatika | Studi Penelusuran (TRACER STUDY) Alumni Jurusan Teknik Informatika Universitas Negeri Surabaya. | Setya Chendra Wibawa, S.Pd., M.T. Asmunin, S.Kom., M.Kom. | 0008057908 0010017709 | III/b III/b | S-2 S-2 | L L | 8 | 10.000.000 |
| 63 | FT | GPM | Pemahaman Sivitas Akademika Fakultas Teknik Unesa Terhadap Visi dan Misi Fakultas Teknik Unesa. | Prof. Dr. H. Munoto, M.Pd. Dr. Dewanto, M.Pd. Dr. Nurni Frida Dorintan Bertua Pakpahan. | 0007095207 0009086409 0022076011 | IV/e IV/b III/c | S-3 S-3 S-3 | L L P | 8 | 10.000.000 |
| 64 | FT | GPM | Meta Analisis Lulusan Fakultas Teknik Unesa. | Dr. Meini Sondang Sumbawati, M.Pd. Dr. Hj. Euis Ismayati, M.Pd. Dra. Hj. Suhartiningsih, M.Pd. | 0015056104 0024125705 0022115702 | IV/a IV/c IV/b | S-3 S-3 S-2 | P P P | 8 | 10.000.000 |
| TOTAL DANA | | | | | | | | | | 640.000.000 |



Salinan sesuai dengan Keputusan yang asli,
Kepala Biro Umum dan Keuangan

WARSONO
NIP 196005131980101002

Ditetapkan di : Surabaya
Pada tanggal : 4 April 2018
Rektor,

ttd

WARSONO
NIP 196005191985031002