



**PENGARUH PUTARAN DAN WAKTU TERHADAP PRESTASI MESIN  
PADA PROSES PEMBUATAN BIOETANOL MENGGUNAKAN MESIN  
SENTRIFUGAL**

**SKRIPSI**

Oleh  
**Evanrizqi Aditya Kusumah**  
**NIM 131910101094**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**



**PENGARUH PUTARAN DAN WAKTU TERHADAP PRESTASI MESIN  
PADA PROSES PEMBUATAN BIOETANOL MENGGUNAKAN MESIN  
SENTRIFUGAL**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat untuk menyelesaikan  
Program Studi Teknik Mesin (S1) dan mencapai gelar Sarjana

Oleh  
**Evanrizqi Aditya Kusumah**  
**NIM 131910101094**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya yakni Maulana Surya Kusumah dan Wahyu Dyah Laksmi Wardhani dan kakak saya Natasha Kusuma Wardhani serta adik saya Dylan Mirza Kusumah yang telah memberikan dan mengajarkan segalanya serta menemani saya hingga saat ini
2. Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama dan bapak Dr. Agus Triono, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing anggota atas segala bimbingan dan masukan selama saya mengerjakan tugas akhir, serta bapak Ir. FX. Kristianta, M.Eng selaku dosen penguji utama dan bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc. selaku dosen penguji anggota yang senantiasa membantu memberi saran atas tugas akhir saya
3. Seluruh dosen Teknik Mesin Universitas Jember yang telah memberikan ilmu serta pengalaman baik di dalam maupun diluar kegiatan perkuliahan.
4. Keluarga besar Teknik Mesin angkatan 2013 yang senantiasa menjadi sahabat, teman, dan saudara.
5. Pihak – pihak yang berada di belakang saya yang senantiasa membantu baik dalam keadaan susah maupun senang.

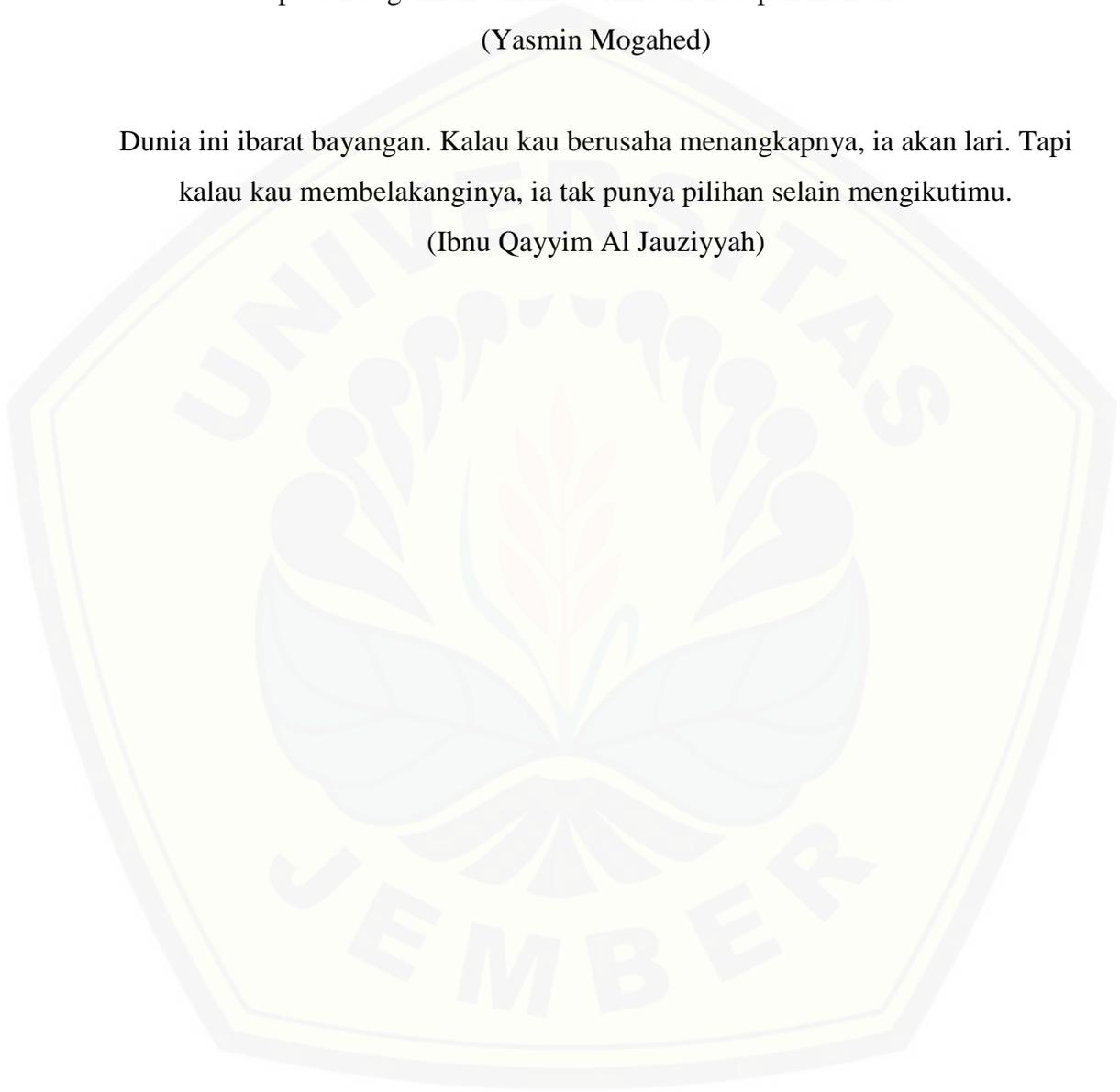
**MOTTO**

Semakin kau peduli bagaimana dirimu terlihat di hadapan Allah, semakin kau tak peduli bagaimana dirimu terlihat di hadapan manusia.

(Yasmin Mogahed)

Dunia ini ibarat bayangan. Kalau kau berusaha menangkapnya, ia akan lari. Tapi kalau kau membelakanginya, ia tak punya pilihan selain mengikutimu.

(Ibnu Qayyim Al Jauziyyah)



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Evanrizqi Aditya Kusumah

NIM : 131910101094

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengaruh Putaran dan Waktu terhadap Prestasi Mesin pada Proses Pembuatan Bioetanol menggunakan Mesin Sentrifugal” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 23 Mei 2019

Yang menyatakan,

(Evanrizqi Aditya Kusumah)

131910101094

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Pengaruh Putaran dan Waktu terhadap Prestasi Mesin pada Proses Pembuatan Bioetanol menggunakan Mesin Sentrifugal” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Kamis, 23 Mei 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

**Pembimbing**

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Hary Sutjahjono, S.T., M.T.  
NIP 19681205 199702 1 002

Dr. Agus Triono, S.T., M.T.  
NIP 19700807 200212 1 001

**Penguji**

Anggota I,

Anggota II,

Ir. FX. Kristianta, M.Eng.  
NIP 19650120 200112 1 001

Digdo Listyadi S., M.Sc.  
NIP 19680617 199501 1 001

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah M.UM.  
NIP 19661215 199503 2 001

## RINGKASAN

**Pengaruh Putaran dan Waktu terhadap Prestasi Mesin pada Proses Pembuatan Bioetanol menggunakan Mesin Sentrifugal;** Evanrizqi Aditya Kusumah, 131910101094; 2019: 57 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kebutuhan terhadap energi semakin hari semakin meningkat. Permasalahan keterbatasan energi timbul karena adanya laju pertumbuhan jumlah penduduk yang melebihi laju pertumbuhan pasokan energi dan peningkatan permintaan energi akibat kegiatan ekonomi. Energi alternatif seperti biomassa yang di konversi menjadi bioetanol adalah cara menanggulangi masalah kebutuhan energi. Dalam proses pembuatan bioetanol terdiri dari beberapa tahapan salah satunya adalah proses filtrasi atau penyaringan.

Penelitian ini dilakukan dengan cara menyaring bahan baku rumput laut yang telah di fermentasi menggunakan mesin sentrifugal. Proses penyaringan dilakukan dengan variasi waktu 60; 120; 180 sekon dengan variasi kecepatan 800; 1000; 1400 rpm dan variasi mesh nomor 20; 40; 80. Setelah itu dilakukan proses pengujian karakteristik bahan meliputi densitas dan kadar etanol.

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa daya tertinggi dihasilkan pada kecepatan 1400 rpm dengan nilai rata-rata sebesar 21 Watt. Torsi tertinggi berada pada kecepatan 800 rpm dengan nilai rata-rata sebesar 0.2 N.m. efisiensi mesin terbaik dihasilkan oleh variasi mesh 40 dengan kecepatan 1400 rpm sebesar 27%. Produktifitas yang optimal berada pada variasi kecepatan 1400 rpm dengan variasi waktu 180 detik dan variasi mesh 20 menghasilkan produktifitas sebesar 78%. Kadar etanol tertinggi dihasilkan dari variasi mesh 80 dengan kecepatan 1400 rpm dan waktu 120 detik sebesar 20.36%.

## SUMMARY

**Effect of Spin and Time on Machine Performance in the Bioethanol Making Process using a Centrifugal Machine;** Evanrizqi Aditya Kusumah, 131910101094; 2019: 57 pages; Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Jember.

The need for energy is increasing every day. Problems with energy limitations arise due to the growth rate of the population which exceeds the growth rate of energy supply and the increase in energy demand due to economic activities. Alternative energy such as biomass which is converted into bioethanol is a way to overcome the problem of energy needs. In the process of making bioethanol it consists of several stages, one of which is the process of filtration or filtration.

This research was conducted by filtering seaweed raw materials which have been fermented using centrifuges. The screening process is carried out with a time variation of 60; 120; 180 seconds with 800 speed variations; 1000; 1400 rpm and mesh variation number 20; 40; 80. After that the process of testing the characteristics of the material includes the density and ethanol content.

The conclusion of this study shows that the highest power is produced at a speed of 1400 rpm with an average value of 21 Watts. The highest torque is at a speed of 800 rpm with an average value of 0.2 N.m. the best engine efficiency is produced by a 40 mesh variation with a speed of 1400 rpm of 27%. Optimal productivity is at a speed variation of 1400 rpm with a variation of 180 seconds and mesh 20 variations produce productivity of 78%. the highest ethanol content is produced from variations of mesh 80 with speed of 1400 rpm and 120 seconds at 20.36%.

## PRAKATA

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Putaran dan Waktu terhadap Prestasi Mesin pada Proses Pembuatan Bioetanol menggunakan Mesin Sentrifugal”. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Hari Arbiantara, S.T, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Hary Sutjahjono, S.T, M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing Utama;
3. Bapak Dr. Agus Triono, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota;
4. Bapak Ir. FX. Kristianta, M.Eng, selaku Dosen Penguji Utama;
5. Bapak Digdo Listyadi S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Anggota;
6. Ayah, Ibu, kakak dan adik yang telah memberikan dukungan;
7. Seluruh warga Teknik Universitas Jember yang telah memberikan motivasi dan semangat;
8. Teman-teman “Bacod Family” (W. Aslamiyah, Miftahul Huda, Jefry Arditya K., Ardhino Okta Noerrian, Reza Selvyana) yang telah membagikan pengalaman, cerita, semangat, kebersamaan serta menemani dan membantu segala aspek dalam terselesaikannya skripsi ini.

Jember, 23 Mei 2019

Penulis

**DAFTAR ISI**

<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>PENGESAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>viii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4 Batasan Masalah</b> .....	<b>3</b>
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	<b>4</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 Rumput Laut</b> .....	<b>5</b>
2.1.1 Morfologi Rumput Laut .....	<b>5</b>
2.1.2 Rumput Laut Merah .....	<b>6</b>
2.1.3 Manfaat Rumput Laut .....	<b>6</b>
<b>2.2 Biomassa</b> .....	<b>7</b>
<b>2.3 Bioetanol</b> .....	<b>7</b>
2.3.1 Spesifikasi Bioetanol .....	<b>8</b>
2.3.2 Karakterisasi Bioetanol .....	<b>9</b>
<b>2.4 Proses Alur Produksi Bioetanol</b> .....	<b>10</b>

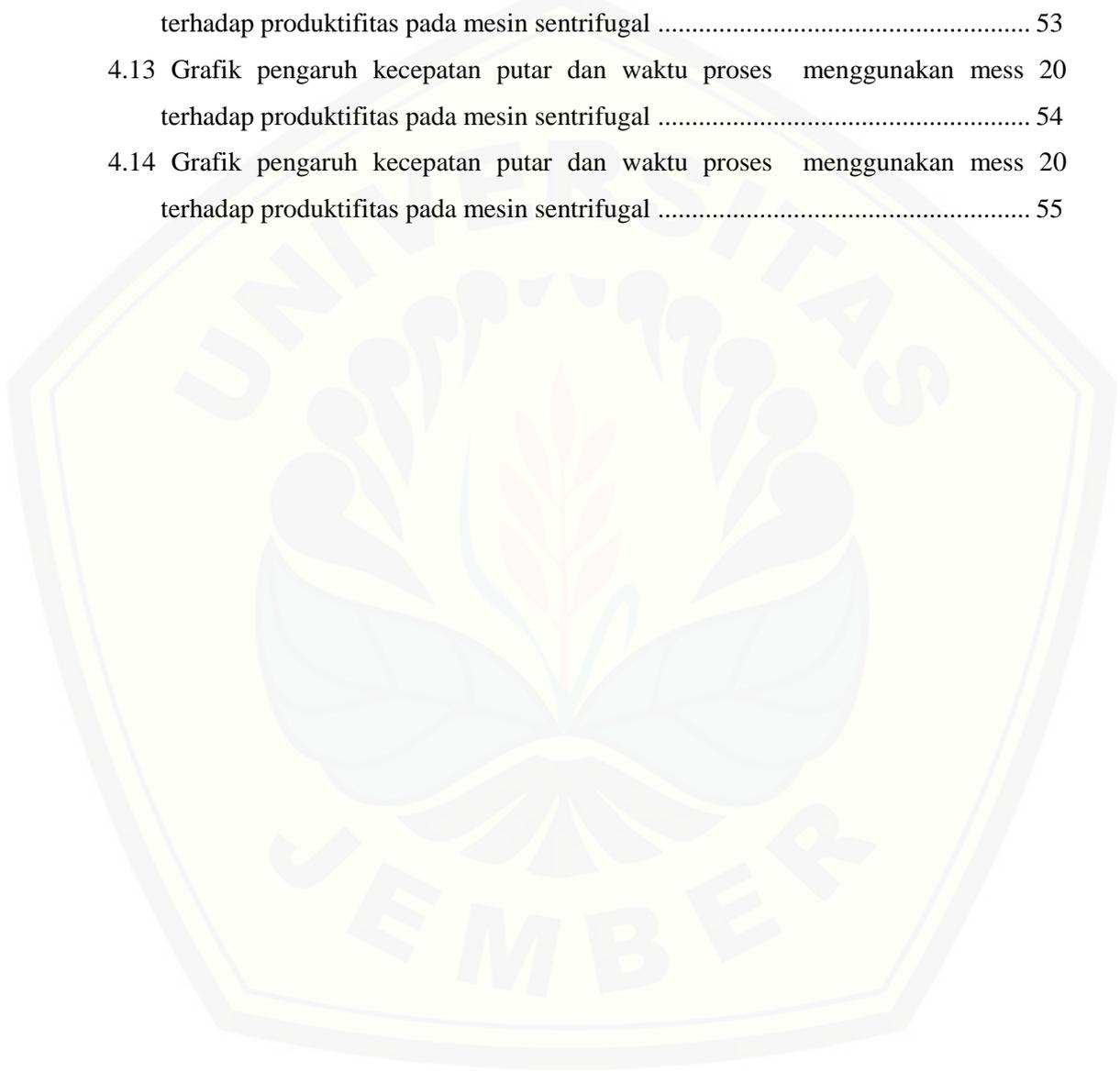
2.4.1	Proses Persiapan Bahan Baku .....	10
2.4.2	Proses Penyelepan Bahan Baku .....	10
2.4.3	Proses Pencampuran Bahan Baku .....	10
2.4.4	Proses Fermentasi.....	10
2.4.5	Proses Pemisahan .....	12
2.4.6	Distilasi.....	13
2.4.7	Dehidrasi .....	14
<b>2.5</b>	<b>Sistem Mesin Sentrifugal.....</b>	<b>14</b>
2.5.1	Mesin Sentrifugal .....	14
2.5.2	Gaya Sentrifugal.....	15
2.5.3	Daya.....	16
2.5.4	Torsi.....	16
2.5.5	Efisiensi Mesin .....	17
2.5.6	Produktivitas .....	18
<b>2.6</b>	<b>Dimmer .....</b>	<b>18</b>
<b>2.7</b>	<b>Wattmeter .....</b>	<b>19</b>
<b>2.8</b>	<b>Tacho Meter .....</b>	<b>19</b>
<b>2.9</b>	<b>Stopwatch .....</b>	<b>20</b>
<b>2.10</b>	<b>Neraca Ukur .....</b>	<b>21</b>
<b>2.11</b>	<b>Hipotesa .....</b>	<b>22</b>
<b>BAB 3.</b>	<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b>Metode Penelitian .....</b>	<b>24</b>
<b>3.2</b>	<b>Tempat dan Waktu Penelitian.....</b>	<b>24</b>
<b>3.3</b>	<b>Alat dan Bahan Penelitian .....</b>	<b>24</b>
3.3.1	Alat .....	24
3.3.2	Bahan.....	26
<b>3.4</b>	<b>Variabel Pengukuran .....</b>	<b>27</b>
<b>3.5</b>	<b>Prosedur Penelitian.....</b>	<b>28</b>
3.5.1	Persiapan dan Pemeriksaan alat bahan pengujian .....	28
3.5.2	Tahap Pengambilan Data.....	28
<b>3.6</b>	<b>Tabel Penyajian Data .....</b>	<b>31</b>

3.7 Skema Alat Uji .....	33
3.8 Diagram Alir Penelitian .....	34
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>35</b>
4.1 Data Hasil Penelitian .....	35
4.2 Analisa Data .....	35
4.2.1 Pengaruh Kecepatan Putar dan Waktu Proses terhadap Kadar Etanol Fluida Hasil Filtrasi.....	35
4.2.2 Pengaruh Kecepatan Putar dan Waktu Proses terhadap Densitas Fluida Hasil Filtrasi .....	37
4.2.3 Pengaruh Kecepatan Putar dan Waktu Proses terhadap Daya Mesin Sentrifugal .....	38
4.2.4 Pengaruh Kecepatan Putar dan Waktu Proses terhadap Torsi Mesin .....	43
4.2.5 Pengaruh Kecepatan Putar dan Waktu Proses terhadap Efisiensi Mesin .....	48
4.2.6 Pengaruh Kecepatan Putar dan Waktu Proses terhadap Produktifitas .....	53
<b>BAB 5 PENUTUP</b> .....	<b>57</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

**DAFTAR GAMBAR**

2.1 Rumput Laut Merah Kering .....	6
2.2 Struktur Etanol .....	8
2.3 Destilator .....	14
2.4 Mesin Sentrifugal .....	15
2.5 Gaya Pada Tangan dan Tali .....	15
2.6 Dimmer .....	18
2.7 Wattmeter .....	19
2.8 Tachometer .....	20
2.9 Stopwatch .....	20
2.10 Neraca Ukur .....	21
3.1 Skema Alat Uji .....	33
4.1 Grafik pengaruh kecepatan putar, waktu proses dan mess dengan produktifitas terbaik terhadap pengujian kadar etanol .....	36
4.2 Grafik pengaruh kecepatan putar, waktu proses dan mess dengan produktifitas terbaik terhadap pengujian densitas .....	37
4.3 Grafik pengaruh kecepatan putar dan waktu proses menggunakan mess 20 terhadap daya terbesar pada mesin sentrifugal .....	39
4.4 Grafik pengaruh kecepatan putar dan waktu proses menggunakan mess 40 terhadap daya terbesar pada mesin sentrifugal .....	40
4.5 Grafik pengaruh kecepatan putar dan waktu proses menggunakan mess 80 terhadap daya terbesar pada mesin sentrifugal .....	41
4.6 Grafik pengaruh kecepatan putar dan waktu proses menggunakan mess 20 terhadap torsi terbesar pada mesin sentrifugal .....	44
4.7 Grafik pengaruh kecepatan putar dan waktu proses menggunakan mess 40 terhadap torsi terbesar pada mesin sentrifugal .....	45
4.8 Grafik pengaruh kecepatan putar dan waktu proses menggunakan mess 80 terhadap torsi terbesar pada mesin sentrifugal .....	46
4.9 Grafik pengaruh kecepatan putar dan waktu proses menggunakan mess 20 terhadap efisiensi mesin pada mesin sentrifugal .....	49

4.10 Grafik pengaruh kecepatan putar dan waktu proses menggunakan mess 40 terhadap efisiensi mesin pada mesin sentrifugal .....	50
4.11 Grafik pengaruh kecepatan putar dan waktu proses menggunakan mess 80 terhadap efisiensi mesin pada mesin sentrifugal .....	51
4.12 Grafik pengaruh kecepatan putar dan waktu proses menggunakan mess 20 terhadap produktifitas pada mesin sentrifugal .....	53
4.13 Grafik pengaruh kecepatan putar dan waktu proses menggunakan mess 20 terhadap produktifitas pada mesin sentrifugal .....	54
4.14 Grafik pengaruh kecepatan putar dan waktu proses menggunakan mess 20 terhadap produktifitas pada mesin sentrifugal .....	55



**DAFTAR TABEL**

3.1 Tabel penyajian data .....	31
4.1 Hasil Pengujian Kadar Etanol pada Substrat .....	36
4.2 Hasil Pengujian Densitas pada Substrat .....	37
4.3 Hasil Rata-rata Pengujian Daya menggunakan Mess 20 .....	38
4.4 Hasil Rata-rata Pengujian Daya menggunakan Mess 40 .....	39
4.5 Hasil Rata-rata Pengujian Daya menggunakan Mess 80 .....	40
4.6 Hasil Rata-rata Pengujian Daya menggunakan Mess 20, Mess 40, dan Mess 80 .....	42
4.7 Hasil Rata-rata Pengujian Torsi menggunakan Mess 20 .....	43
4.8 Hasil Rata-rata Pengujian Torsi menggunakan Mess 40 .....	44
4.9 Hasil Rata-rata Pengujian Torsi menggunakan Mess 80 .....	45
4.10 Hasil Rata-rata Pengujian Daya menggunakan Mess 20, Mess 40, dan Mess 80 .....	47
4.11 Hasil Rata-rata Pengujian Efisiensi Mesin menggunakan Mess 20 .....	48
4.12 Hasil Rata-rata Pengujian Efisiensi Mesin menggunakan Mess 40 .....	49
4.13 Hasil Rata-rata Pengujian Efisiensi Mesin menggunakan Mess 80.....	50
4.14 Hasil Rata-rata Pengujian Efisiensi Mesin menggunakan Mess 20, Mess 40, dan Mess 80 .....	52
4.16 Hasil Rata-rata Pengujian Produktifitas menggunakan Mess 20 .....	53
4.16 Hasil Rata-rata Pengujian Produktifitas menggunakan Mess 40 .....	54
4.17 Hasil Rata-rata Pengujian Produktifitas menggunakan Mess 80 .....	55
4.18 Hasil Rata-rata Pengujian Produktifitas menggunakan Mess 20, Mess 40, dan Mess 80 .....	56

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan terhadap energi semakin hari semakin meningkat. Permasalahan keterbatasan energi timbul karena adanya laju pertumbuhan jumlah penduduk yang melebihi laju pertumbuhan pasokan energi dan peningkatan permintaan energi akibat kegiatan ekonomi. Pasokan energi di Indonesia belum bisa tersebar secara merata, terutama di daerah kepulauan yang terpencil dan jauh dari jangkauan (Nofriya, 2015). Ketidaksepadanan antara produksi dan pemakaian minyak mentah maupun BBM di Indonesia, menyebabkan ketergantungan terhadap impor. Ketergantungan terhadap impor disebabkan oleh infrastruktur kilang minyak masih sangat terbatas kapasitasnya, dan tidak semua kilang yang ada dapat memproses minyak mentah dari dalam negeri dan hanya dapat memproses minyak mentah impor. Adanya kekhawatiran mengenai ketahanan energi dan perubahan iklim, maka Indonesia berencana untuk meningkatkan pemanfaatan energi alternatif.

Indonesia memiliki sumber energi alternatif yang melimpah. Beberapa diantaranya seperti biomassa yang di konversi menjadi bioetanol dan biodiesel, tenaga panas bumi, mikrohydro, tenaga surya dan tenaga angin (Umam, 2007).

Salah satu energi alternatif yang berkembang pesat di Indonesia yaitu bioetanol. Bioetanol adalah salah satu jenis bahan bakar cair dari biomassa atau pengolahan tumbuhan. Beberapa jenis tumbuhan yang digunakan sebagai bahan baku bioetanol antara lain ubi kayu, ubi jalar, nirah aren, sagu, tetes tebu dan alga. Bahan baku untuk proses produksi bioetanol diklasifikasikan menjadi tiga kelompok, yaitu gula, pati dan selulosa. Bioetanol dihasilkan dari fermentasi glukosa atau gula yang dilanjutkan dengan proses distilasi. Proses distilasi dapat menghasilkan kadar 95% etanol. Untuk menjadi bahan bakar yang baik etanol harus dimurnikan lagi hingga 99% yang disebut *fuel great ethanol* (FGE) (Tazi, 2011).

Indonesia dikenal dunia sebagai negara maritim yang sebagian wilayahnya terdiri atas daerah perairan. Indonesia memiliki potensi sumber daya alam lautnya yang melimpah, Salah satunya adalah rumput laut (Gautam *et al.*, 2000). Rumput laut merupakan salah satu contoh biomassa. Rumput laut dapat dijadikan sumber energi alternatif sebagai suplemen bahan bakar terhadap bahan bakar minyak yang berasal dari fosil.

Rumput laut yang digunakan untuk produksi bioetanol adalah rumput laut jenis alga merah. Alga merah yang merupakan biomassa berlignoselulosa ini dapat dimanfaatkan menjadi bioetanol karena akan menghasilkan etanol apabila gula difermentasi. Proses pembuatan bioetanol dari rumput laut meliputi persiapan bahan baku, pencampuran bahan baku, fermentasi, filtrasi, destilasi, dan dehidrasi.

Pada proses filtrasi, substrat hasil fermentasi dipisahkan antara ampas berbentuk padatan dan cairan menggunakan mesin sentrifugal. Prinsip kerja mesin sentrifugal yaitu bubur atau substrat dimasukkan dalam keranjang ayakan berbentuk tromol yang dilengkapi dengan dinding saring dan poros putar. Pada waktu silinder tromol berputar, zat cair akan terdorong keluar melalui dinding saring. Zat cair keluar dari dinding saring akibat dari perbedaan densitas. Hasil dari proses filtrasi menggunakan mesin sentrifugal dipengaruhi oleh waktu proses, kecepatan putaran dan jenis dinding saring yang digunakan. Substrat cair yang sudah dipisahkan dengan ampasnya menggunakan mesin sentrifugal siap untuk dimurnikan di proses selanjutnya.

Dari hasil penelitian Wara (2013) dapat diketahui bahwa mesin sentrifugal gula dengan penggerak motor BLDC di hasilkan dengan putaran yang tepat dan efisiensi yang tinggi. Pengujian substrat juga menunjukkan bahwa gula yang di hasilkan mencapai tingkat kekeringan yang cukup baik. Torsi dan putaran mesin merupakan peranan penting dalam penelitian tersebut tanpa adanya pertimbangan pengaruh terhadap waktu proses sehingga tidak dapat diketahui pasti waktu optimalnya.

Oleh karena itu penelitian ini didasarkan pada proses pemisahan substrat hasil fermentasi rumput laut menggunakan mesin sentrifugal. Dengan cara

mengamati pengaruh putaran, waktu, dan mesh untuk mendapatkan fluida tanpa ampas yang selanjutnya dapat diproses distilasi menjadi bioetanol.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan hal-hal yang diungkap di atas, dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh waktu proses mesin sentrifugal terhadap proses filtrasi substrat hasil fermentasi?
2. Bagaimana pengaruh kecepatan putaran mesin sentrifugal terhadap proses filtrasi substrat hasil fermentasi?
3. Bagaimana efisiensi mesin terhadap produksi etanol dengan mengamati waktu dan kecepatan proses mesin sentrifugal?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini antara lain:

1. Untuk mendapatkan waktu proses yang optimal terhadap produksi etanol.
2. Untuk mendapatkan kecepatan putaran mesin sentrifugal yang optimal terhadap produksi etanol.
3. Untuk mendapatkan efisiensi mesin yang optimal.

## 1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak menyimpang dari permasalahan yang diteliti, maka perlu dibatasi permasalahannya yaitu :

1. Semua alat dan bahan dalam penelitian ini sesuai dengan standart dan dalam keadaan normal.
2. Proses dan prosedur pembuatan hanya terdiri dari proses filtrasi menggunakan mesin sentrifugal.
3. Hanya menggunakan waktu proses filtrasi.
4. Pengujian menggunakan jenis substrat dengan spesifikasi yang sama.
5. Penelitian ini hanya membahas tentang prestasi mesin sentrifugal.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Bagi pengembangan IPTEKS memudahkan berkembangnya energi alternatif dari biomassa.
2. Bagi masyarakat memberi alternatif energi yang ramah lingkungan sebagai suplemen BBM.
3. Mendorong peningkatan budi daya rumput laut pada masyarakat petani tambak.
4. Menambah ketahanan energi.
5. Mendorong peneliti lain untuk meneliti bioetanol dari rumput laut.
6. Menambah khazanah ilmu pengetahuan, khususnya sebagai sumber rujukan penelitian selanjutnya.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Rumput Laut

#### 2.1.1 Morfologi Rumput Laut

Dari segi morfologi rumput laut tidak memperlihatkan adanya perbedaan antara akar, batang, dan daun. Bentuk tersebut adalah thalus belaka. Bentuk thalus rumput laut bermacam-macam, antara lain bulat, pipih, gepeng dan bulat seperti kantong, rambut dan sebagainya. Berdasarkan jumlah sel yang menyusunnya alga ini ada yang tersusun *uniseluler* (satu sel) atau *multiseluler* (banyak sel). Pada makro alga, jenis percabangan antara lain adalah pectinate (berderet searah pada thalus utama), pinnate (bercabang dua-dua sepanjang thalus utama secara berselang-seling), ferticilate (cabangnya berpusat melingkari aksis atau sumbu utama) dan ada juga yang sederhana tidak bercabang. (Nofriya, 2015)

Rumput laut atau alga tumbuh hampir diseluruh bagian hidrofis sampai batas kedalaman sinar matahari masih dapat mencapainya. Beberapa jenis rumput laut hidupnya kosmopolit atau mendunia. Rumput laut hidup sebagai fitobenthos dengan menancapkan dirinya pada substrat lumpur, pasir dan seterusnya. Perkembangan rumput laut pada dasarnya ada dua macam, yaitu secara kawin (generatif) antara gamet jantan dengan gamet betina dan secara tidak kawin vegetatif, konjugatif dan peresponan. (Haslianti dkk., 2016)

Rumput laut terdiri dari air (27,8%), protein (5,4%), karbohidrat (33,3%), lemak (8,6%), serat kasar (3%) dan abu (22,25%). Selain karbohidrat, protein, lemak dan serat, rumput laut juga mengandung enzim, asam nukleat, asam amino, vitamin (A, B, C, D, E dan K) dan makro mineral seperti nitrogen, oksigen, kalsium dan selenium serta mikro mineral seperti zat besi, magnesium dan natrium.

Habitat rumput laut atau tempat hidup alga adalah di air, baik itu air tawar, payau, maupun laut, selain itu dapat pula di tanah yang lembab. Sebagian jenis alga hidupnya menempel pada tumbuhan lain, hewan, karang yang mati, potongan

karang, dan substrat keras lainnya, baik yang alami maupun buatan (artificial) yang biasa disebut periphyton.

### 2.1.2 Rumput Laut Merah (*Rhodophyta*)

Tempat hidupnya di air laut, mulai dari tepi pantai sampai laut yang agak dalam. Susunan tubuhnya, umumnya bersel banyak (multiseluler), tetapi ada juga yang bersel tunggal (misalnya *Porphyridium*) dan sering juga membentuk filamen.

Pigmentasi yang dimiliki alga merah antara lain, klorofil "a" dan "d". Cadangan makanannya berupa tepung florida. Berkembang biaknya secara vegetatif, yaitu dengan fragmentasi, sporik dan gametik.



Gambar 2.1 Rumput Laut Merah Kering (Sumber: Laboratorium Konversi Energi)

### 2.1.3 Manfaat Rumput Laut

Menurut Alamendah (2014) manfaat yang paling dikenal dari rumput laut adalah untuk pembuatan agar-agar. Namun di samping itu rumput laut ternyata mempunyai manfaat-manfaat lainnya. Berikut adalah manfaat rumput laut:

1. Penghasil agar-agar; manfaat yang paling dikenal ini berasal dari rumput laut jenis *Gracilaria spp*, *Gelidium spp.*, dan *Gelidiopsis spp*.
2. Penghasil peragian; proses kimia peragian dapat memanfaatkan rumput laut dari jenis *Eucheuma spp*.

3. Penghasil algin atau alginat; alginat dapat dihasilkan dari rumput laut berjenis seperti *Sargassum spp.*
4. Manfaat lainnya, antara lain sebagai obat tradisional, bahan makanan dan sayuran, bahan kosmetik dan kecantikan, penyerap karbondioksida, dan bahan bakar.

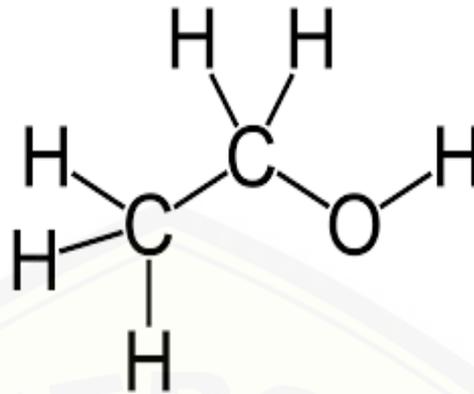
## 2.2 Biomassa

Biomassa dalam industri produksi energi, merujuk pada bahan biologis yang hidup atau baru mati yang dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar atau untuk produksi industrial. Biomassa mengandung energi tersimpan dalam jumlah cukup banyak. Umumnya biomassa merujuk pada materi tumbuhan yang dipelihara untuk digunakan sebagai biofuel, tetapi dapat juga mencakup materi tumbuhan atau hewan yang digunakan untuk produksi serat, bahan kimia, atau panas. Biomassa dapat pula meliputi limbah terbiodegradasi yang dapat dibakar sebagai bahan bakar. (Tajali, 2015)

Biomassa dalam kenyataannya tidak ramah lingkungan, karena biomassa dapat menyebabkan emisi gas rumah kaca yang besar (dari pembakaran kayu), bahkan lebih besar daripada gas rumah kaca yang berasal dari pembangkit listrik berbahan bakar batu bara.

## 2.3 Bioetanol

Bioetanol adalah etanol yang diproduksi dari bahan baku berupa biomassa ataupun limbahnya yang diproduksi dengan teknologi biokimia, melalui proses fermentasi bahan baku. Tidak ada perbedaan antara etanol dan bioetanol karena keduanya zat yang sama. Etanol atau etil alkohol memiliki struktur kimia  $C_2H_5OH$ . (Winarno, 2011)



Gambar 2.2 Struktur Etanol (Sumber: Winarno, 2011)

Bioetanol tidak berwarna dan tidak berasa, tetapi memiliki bau yang khas. Bioetanol jika diminum dapat memabukkan tapi tidak menyebabkan keracunan. Dalam farmasi, etanol banyak dipakai sebagai pelarut. Karakteristik etanol antara lain mudah terbakar, larut dalam air, biodegradable, dan tidak karsinogenik. Sifat fisik etanol:

Massa molekul relatif	: 46,07 g/mol
Titik didih	: 78,4°C
Titik leleh	: -114,3°C
Densitas	: 0,789 gr/cm <sup>2</sup>
Keasaman	: 15,9
Viskositas pada 20°C	: 1,200 cp
Tekanan uap	: 44 mmhg

### 2.3.1 Spesifikasi Bioetanol

Spesifikasi alkohol didasarkan pada kadar alkohol dibagi menjadi 3 tingkatan, yaitu:

1. Kadar 90-96,5% adalah bioetanol yang digunakan pada industri.
2. Kadar 96-99,5% adalah bioetanol yang digunakan pada farmasi sebagai bahan dasar.

3. Kadar 99,5-100% adalah alkohol yang digunakan sebagai bahan campuran bahan bakar untuk kendaraan, oleh sebab itu harus benar-benar kering dan anhydrous supaya mesin tidak korosif.

### 2.3.2 Karakteristik Bioetanol

Menurut Handayani (2006) mengungkapkan bahwa keunggulan etanol sebagai bahan bakar adalah sebagai berikut:

1. Gas emisi etanol lebih ramah lingkungan karena adanya gugus OH dalam susunan molekulnya. Oksigen yang terdapat dalam molekul etanol membantu menyempurnakan pembakaran didalam silinder antara udara dan bahan bakar. Selain itu etanol memiliki rentan keterbakaran yang lebar yakni 4,3-19 vol% dibandingkan dengan gasoline yang memiliki rentan keterbakaran 1,4-7,6 vol%, membuat pembakaran campuran udara dan bahan bakar etanol menjadi lebih baik.
2. Etanol merupakan energi alternatif yang dapat diperbarui, karena etanol diproduksi dari tanaman-tanaman yang mengandung biomassa. Oleh karena itu, tidak ada kekhawatiran akan kehabisan etanol.
3. Kandungan energi etanol lebih tinggi dari gasoline. Etanol memiliki panas penguapan yang tinggi yaitu 842 kJ/kg. Etanol memiliki nilai oktan 108,6. Nilai oktan etanol lebih tinggi dibandingkan nilai oktan gasoline jenis premium yang diproduksi oleh Pertamina.
4. Penggunaan etanol tidak rumit. Etanol yang diproduksi dapat dicampur dengan bensin dan digunakan tanpa memodifikasi mesin.

Kegunaan bioetanol selain sebagai bahan bakar yaitu:

1. Sebagai bahan dasar minuman beralkohol.
2. Sebagai bahan kimia dasar senyawa organik.
3. Sebagai antiseptik.
4. Sebagai anti dote beberapa racun.
5. Sebagai pelarut untuk parfum, cat, dan larutan obat.
6. Digunakan untuk pembuatan beberapa deodorant.
7. Sebagai obat bius.

## **2.4 Proses Alur Produksi Bioetanol**

### **2.4.1 Proses Persiapan Bahan Baku**

Proses persiapan bahan baku meliputi dari pencucian bahan baku berupa rumput laut bertujuan menghilangkan kotoran yang melekat yang mengganggu jalannya proses produksi bioetanol. Bahan baku baku basah setelah proses pencucian harus dikeringkan untuk mengurangi kadar air pada bahan baku. Proses pengeringan dilakukan secara konvensional dengan menjemur bahan baku dibawah sinar matahari selama akumulasi 24 jam.

### **2.4.2 Proses Penyelepan Bahan Baku**

Proses penyelepan bahan baku adalah proses dimana bahan baku kering diselep atau dirajang. Proses penyelepan menggunakan mesin selep dengan putaran mesin tertentu untuk mendapatkan ukuran dari bahan baku yang lebih kecil sesuai spesifikasi ukuran yang dibutuhkan.

### **2.4.3 Proses Pencampuran Bahan Baku**

Proses pencampuran bahan baku adalah proses dimana bahan baku untuk produksi bioetanol dicampur menjadi satu menggunakan blender dengan perbandingan jumlah bahan baku yang sudah ditentukan dan dibutuhkan air sebagai pelarutnya. Bahan baku yang dicampurkan yaitu bahan baku pokok, mikroorganisme dan air.

### **2.4.4 Proses Fermentasi**

Istilah fermentasi berkembang pada tahun 1857 yang awalnya dikenalkan oleh Louis Pasteur seorang zymologist dari Perancis. Secara sederhana fermentasi diartikan respirasi atau pernapasan tanpa udara. Fermentasi adalah suatu kultur mikroba atau berkembangnya mikroorganisme dalam kondisi optimum untuk menghasilkan produk berupa metabolit-metabolit, enzim atau produk lain seperti biomassa. Fermentasi etanol yang biasa juga disebut fermentasi alkohol adalah proses biologi dimana gula seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa dirubah menjadi

energi seluler dan menghasilkan etanol dan karbon dioksida sebagai metabolit samping.

Fermentasi dibedakan menjadi dua yaitu fermentasi media cair dan fermentasi media padat. Fermentasi pada proses pembuatan bioetanol menggunakan fermentasi media cair. Fermentasi media cair memiliki keunggulan pada substratnya yang tetap homogen selama proses fermentasi berlangsung. Sebelum dilakukan fermentasi, bahan baku di selep untuk memperkecil ukurannya. Bahan baku hasil selep di campur dengan air panas dan ragi. Proses fermentasi dilakukan pada tempat tertutup seperti inkubator ataupun bioreaktor. Tujuannya agar fermentasi dari mikroorganisme dapat bekerja secara maksimal agar tidak terkontaminasi dari lingkungan diluarnya. Waktu yang dibutuhkan proses fermentasi media cair lebih cepat dibandingkan dengan fermentasi media padat. Menurut Bourgaize (1999) fermentasi adalah upaya yang dilakukan untuk proses penguraian senyawa agar menjadi produk olahan baru. Untuk proses penguraian senyawa erat kaitannya dengan morfologi dari bahan baku, terutama pada ukuran. Semakin kecil ukuran dari bahan baku akan semakin cepat mikroorganisme melakukan fermentasi dibandingkan dengan bahan baku yang ukurannya besar, karena mikroorganisme akan lebih mudah menguraikan senyawa pada bahan baku yang ukurannya lebih kecil.

Rumput laut merupakan bahan baku biomassa yang mengandung selulosa. Pengkonversian selulosa menjadi etanol melalui beberapa tahapan. Bahan baku rumput laut kering di pretreatment dengan melakukan penggilingan menjadi tepung. Tepung ini memudahkan mikroorganisme untuk memecah selulosa dan hemiselulosa menjadi gula sederhana. Tepung yang berupa selulosa diberikan perlakuan termal dan selanjutnya difermentasi. Tujuan dari perlakuan termal agar selulosa berubah menjadi glukosa. Setelah bahan baku berbentuk glukosa dapat dikonversi menjadi etanol dengan proses fermentasi. Proses fermentasi dilakukan dalam keadaan anaerob menggunakan mikroorganisme pengurai. Mikroorganisme yang digunakan yaitu *saccharomyces cerevisiae*. Reaksi termokimia dengan persamaan kimia sebagai berikut:



#### 2.4.5 Proses Pemisahan

Proses pemisahan yaitu memisahkan substrat hasil fermentasi berupa endapan dan cairan. Menurut prinsip kerjanya filtrasi dapat dibedakan atas beberapa cara yaitu:

1. Gravity Filtration adalah filtrasi yang cairannya mengalir karena gaya berat.
2. Pressure Filtration adalah filtrasi yang dilakukan dengan menggunakan tekanan.
3. Vacum Filtration adalah filtrasi dengan cairan yang mengalir karena prinsip hampa udara.

Metode yang umum di pergunakan untuk memisahkan campuran antara lain dengan penyaringan (filtrasi), sentrifugasi, evaporasi, distilasi dan sublimasi. Penyaringan atau filtrasi merupakan teknik penyaringan yang dapat di gunakan untuk memisahkan campuran yang ukuran partikel zat-zat penyusun berbeda. Proses penyaringan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu manual dan menggunakan mesin. Proses penyaringan secara manual dapat menggunakan kertas saring atau kain saring dengan cara diperas. Proses penyaringan menggunakan mesin dilakukan dengan menggunakan mesin sentrifugal. Mesin sentrifugal berfungsi untuk memisahkan bahan baku dengan menggunakan gaya sentrifugal, dan mengubah bahan baku yang berbentuk cair seperti bubur menjadi cairan dan padatan. Proses pemisahan terjadi karena massa jenis dari fluida dan endapan yang berbeda. Karena kecepatan putaran mesin menyebabkan fluida melewati dinding saring akibat adanya gaya sentripental pada bahan baku dan meninggalkan ampas atau endapannya di dalam keranjang lontaran mesin sentrifugal.

Proses pemisahan menggunakan sentrifugasi yaitu dengan cara bahan baku dimasukkan ke dalam tabung suspensi di kunci pada gagang untuk mengitari sebuah alat lalu tabung berputar dengan kecepatan tertentu hingga substrat terpisah sesuai massa jenisnya.

Proses pemisahan menggunakan metode evaporasi dan distilasi dilakukan dengan cara penguapan hingga titik didih dari substrat. Sedangkan sublimasi

digunakan untuk memisahkan komponen yang dapat menyublim dari campurannya yang tidak menyublim.

#### 2.4.6 Distilasi

Secara sederhana distilasi adalah proses pemisahan bahan cairan berdasarkan perbedaan titik didihnya. Distilasi etanol berarti memisahkan etanol dengan air.

Air mendidih pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$ . Pada suhu ini air yang berada pada bentuk/fase cair akan berubah menjadi uap/fase gas. Meskipun kita panaskan terus suhu tidak akan naik (asal tekanan sama). Air akan terus berubah jadi uap dan lama kelamaan habis. Etanol mendidih pada suhu  $79^{\circ}\text{C}$ . Seperti halnya air, etanol berubah dari cair menjadi uap. Ada perbedaan suhu cukup besar dan ini dijadikan dasar untuk memisahkan etanol dari air.

Prinsip kerja distilasi etanol kurang lebih seperti ini. Pertama cairan fermentasi dipanaskan sampai suhu titik didih etanol. Kurang lebih  $79^{\circ}\text{C}$ , pada suhu  $80\text{-}81^{\circ}\text{C}$  etanol akan menguap dan uap etanol ditampung/dialurkan melalui tabung. Di tabung ini suhu uap etanol diturunkan sampai di bawah titik didihnya. Etanol akan berubah lagi dari fase gas ke fase cair. Selanjutnya etanol yang sudah mencair ditampung di bak-bak penampungan.

Termometer akan bergerak ke suhu kesetimbangan air-etanol, sekitar  $80^{\circ}\text{C}$ . Jarum termometer akan tetap pada suhu ini sampai kadar etanolnya berkurang. Jarum termometer akan bergerak naik, ini menunjukkan kalau kadar etanolnya mulai berkurang.

Proses ini pengaturan suhu adalah bagian paling penting. Kalau kita bisa mempertahankan suhu pada titik didih etanol, kadar etanol yang diperoleh akan semakin tinggi. Pertahankan suhu sebaik mungkin. Uap air akan selalu terbawa, ada sedikit air yang ikut menguap. Ini menyebabkan distilasi tidak bisa menghilangkan semua air. Kadar maksimal yang bisa diperoleh sekitar 95%. Sisa air yang 5% bisa dihilangkan dengan proses dehidrasi.



Gambar 2.3 Destilator

#### 2.4.7 Dehidrasi

Proses dehidrasi merupakan proses penyulingan etanol untuk menghilangkan kandungan air pada etanol hingga menjadi Fuel Grade Etanol (FGE). Kemurnian hasil dari proses dehidrasi yaitu 99,5% etanol. Proses dehidrasi ada 3 macam yaitu proses azeotropic distillation, mollecular sieve, dan membran pervoratioan.

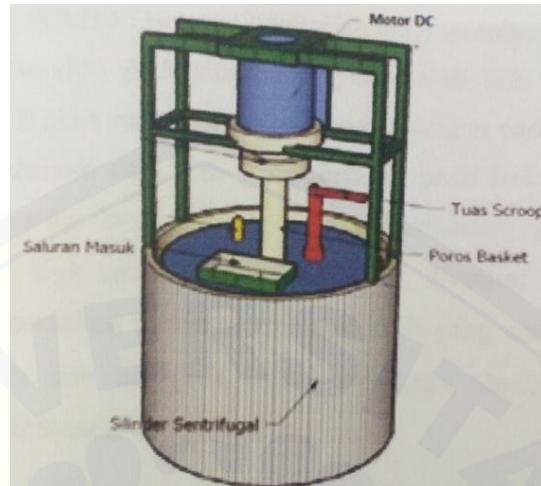
## 2.5 Sistem Mesin Sentrifugal

### 2.5.1 Mesin Sentrifugal

Mesin sentrifugal adalah sebuah mesin yang terdiri dari silinder, mesin penggerak, keranjang ayakan, wadah ayakan yang berfungsi untuk memisahkan substrat menjadi dua fase yaitu cairan dan padatan. Prinsip kerja mesin sentrifugal yaitu silinder keranjang ayakan bergerak secara sentrifugal akibat adanya gaya sentrifugal dari mesin penggerak, dan menyebabkan benda atau partikel yang berada didalam keranjang ayakan melakukan gerak melingkar karena adanya gaya sentripental hingga menjauhi titik pusat lingkaran. Akibat gaya sentripental dari benda atau partikel tersebut menyebabkan substrat berfase cair melewati lorong kecil-kecil dari ayakan meninggalkan padatan didalam keranjang ayakan.

Besar gaya sentrifugal sama dengan besar gaya sentripental, sedangkan arah gaya sentrifugal berlawanan dengan gaya sentripental. Hal ini dimaksudkan agar

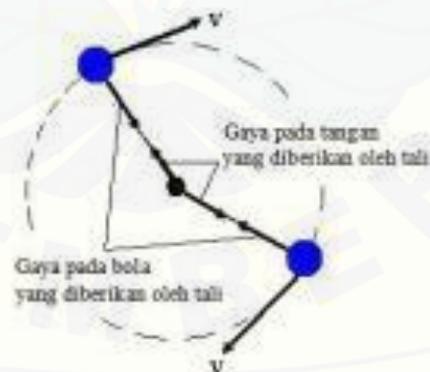
benda yang melakukan gerak melingkar berada dalam keadaan setimbang. (Wara, 2013)



Gambar 2.4 Mesin Sentrifugal (Sumber: Wara, 2013)

### 2.5.2 Gaya Sentrifugal

Gaya sentrifugal ( $F_s$ ) adalah gaya gerak melingkar yang berputar menjauhi pusat lingkaran dimana nilainya adalah positif. Gaya sentrifugal ini adalah kebalikan dari gaya sentripetal, yaitu mendekati pusat lingkaran.



Gambar 2.5 Gaya Pada Tangan dan Tali (Sumber: Wara, 2013)

Contoh sederhana penerapan gaya sentrifugal yaitu sewaktu kita memutar tali yang kita ikatkan batu atau benda dan kemudian bandul tersebut kita ayunkan berputar membentuk lingkaran maka gaya yang ditimbulkan oleh batu adalah gaya sentrifugal.

Besar gaya sentrifugal pada umumnya adalah  $F_s = m \cdot a_s$  dimana  $a_s = v^2 / r$  atau  $= \omega^4 \cdot r^3$  maka  $F_s = m \cdot v^2 / r$ . Dimana  $m$  adalah massa dan  $v$  adalah kecepatan sentrifugal dan  $r$  adalah jari-jari. Untuk dapat memahami gaya sentrifugal kita harus mampu menentukan segitiga kecepataannya. Segitiga kecepataannya dapat diketahui melalui vector kecepatan yang mengalami perubahan kecepatan akibat faktor-faktor tertentu.

### 2.5.3 Daya

Daya adalah salah satu parameter dalam menentukan performa motor. Pengertian daya listrik didefinisikan sebagai kecepatan aliran energi listrik pada satu titik jaringan listrik tiap satuan waktu. Dengan satuan watt atau joule per detik dalam SI, daya listrik menjadi besaran terukur adanya produksi energi listrik oleh pembangkit maupun adanya penyerapan energi listrik oleh beban listrik. Cara mengukur daya dapat menggunakan wattmeter.

### 2.5.4 Torsi

Torsi merupakan gaya yang digunakan untuk menggerakkan sesuatu dengan jarak dan arah tertentu. (Wara, 2013) Maka, rumusan dari torsi yaitu:

$$\tau = F \cdot l \quad (2.1)$$

Dimana:

$\tau$  = Torsi (N.m)

$F$  = Gaya penggerak (N)

$l$  = Jarak (m)

Sedangkan hubungan torsi terhadap daya pada sebuah motor yaitu:

$$P = \omega \cdot \tau \quad (2.2)$$

Dimana:

$\omega$  = Kecepatan sudut (rad/s)

$P$  = Daya (W)

$\tau$  = Torsi (N.m)

Untuk motor listrik, rumus kecepatan sudutnya adalah:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n/60 \quad (2.3)$$

Dimana:

- $\omega$  = Kecepatan sudut (rad/s)  
 $\pi$  = 3,14 atau  $\frac{22}{7}$   
 $n$  = Kecepatan putaran motor (rpm)

### 2.5.5 Efisiensi Mesin

Efisiensi motor merupakan suatu energi yang digunakan pada suatu motor listrik atau mesin menjadi energi mekanik atau energi lainnya dengan beban tertentu yang dapat berjalan secara efektif dengan tidak banyak kehilangan energi. Efisiensi motor ditentukan oleh kehilangan dasar yang dapat dikurangi hanya oleh perubahan pada rancangan motor dan kondisi operasi. Efisiensi motor dapat didefinisikan sebagai perbandingan keluaran daya motor yang digunakan terhadap keluaran daya totalnya (Wara, 2013).

$$\eta = \frac{PL}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.4)$$

Dimana :

- $\eta$  = Efisiensi (%)  
 $PL$  = Power on motor shaft (W)  
 $P_{in}$  = Power on motor (W)

Power on motor shaft didapat dari

$$PL = TL \cdot \omega \quad (2.5)$$

Dimana :

- $PL$  = Power on motor shaft (W)  
 $TL$  = Torsi on motor shaft (N.m)  
 $\omega$  = Rotor angular speed (rad/s)

Power on motor di dapat dari

$$P_{in} = I \cdot V \quad (2.6)$$

Dimana :

- $P_{in}$  = Power on motor (W)  
 $I$  = Current (A)  
 $V$  = Voltage (V)

### 2.5.6 Produktivitas

Produktivitas adalah aktivitas mengukur jumlah hasil produksi dalam periode tertentu dibandingkan dengan kapasitas produksi berdasarkan jumlah produksi yang ada.

$$\eta_p = \frac{m_{output}}{m_{input}} \times 100\% \quad (2.7)$$

Dimana:

$\eta_p$  = Produktivitas (%)

$m_{input}$  = Massa input (g)

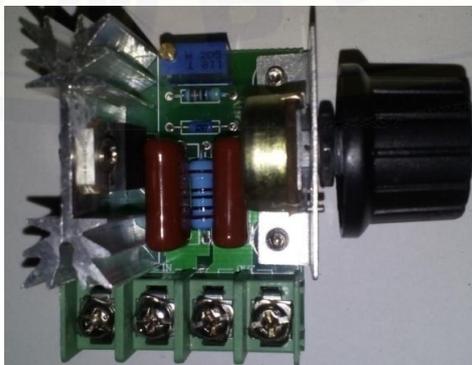
$m_{output}$  = Massa output (g)

## 2.6 Dimmer

Dimmer adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengatur besaran dan tingkatan tegangan input ke output dari sebuah rangkaian. Di dalam rangkaian dimmer ini terdapat 3 komponen penting guna mengatur kerja dimmer. Komponen TRIAC berfungsi untuk mengatur besaran tegangan AC dari input ke output. Sementara komponen DIAC dan VR berfungsi untuk mengatur bias TRIAC guna menentukan titik on dan off pada komponen TRIAC ini.

Dimmer AC 220 volt digunakan untuk mengatur kecepatan dari motor listrik mesin sentrifugal. Kapasitas maksimum dimmer hingga 1000 watt bekerja ada tegangan 150-240 volt AC.

Dimmer dilengkapi dengan optimizer, sehingga alat yang di kontrol dapat di posisikan pada putaran maksimum seperti tanpa dimmer. Jika dimmer di set posisi maksimum, maka kecepatan dan dayanya sama dengan kondisi tanpa dimmer.



Gambar 2.6 Dimmer (Sumber: Laboratorium Konversi Energi)

## 2.7 Wattmeter

Wattmeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur daya, arus, tegangan, dan konsumsi energi dari rangkaian, sirkuit, ataupun motor listrik yang kita gunakan. Pembacaan dari wattmeter sendiri terdiri dari watt, ampere, volt dan watt per hour. Menggunakan wattmeter memudahkan kita untuk mengetahui seberapa banyak energi yang telah kita gunakan.

Wattmeter dapat digunakan pada arus AC maupun DC.



Gambar 2.7 Wattmeter

(Sumber: Laboratorium Konversi Energi)

Pada joule meter terdapat 2 slot yang terdiri dari power input dan load. Wattmeter juga dilengkapi layar LED sebagai penunjuk penggunaan energi berguna dalam bentuk numerik.

## 2.8 Tacho Meter

Tachometer adalah sebuah alat pengujian yang di rancang untuk mengukur yang dilalui sebuah objek hingga satu menit lamanya dan dapat di hitung banyaknya putaran yang dihasilkan dari per menitnya.

Kata tachometer berasal dari bahasa Yunani yaitu *tachos* yang berarti kecepatan dan metron yang berarti untuk mengukur. Tachometer ada dua jenis yaitu, tachometer analog dan tachometer digital. Perbedaan dari kedua jenis tersebut terletak pada pembacaannya, dimana analog menggunakan dial jarum sedangkan digital menggunakan numerik.

Rentang pengukuran tachometer yaitu 2,5 rpm – 99999 rpm. Resolusi pengukuran untuk 0,1 rpm yaitu 2,5 rpm – 999,9 rpm dan untuk 1 rpm yaitu 1000

rpm – 99999 rpm. Akurasi pengukuran tachometer digital  $\pm 0,05\%$  rdg + 1 digital. Jarak pengukuran pengambilan data yaitu 50 mm – 500 mm. Kecepatan pengambilan data 0,5 sekon diatas 120 rpm.



Gambar 2.8 Tachometer (Sumber: Laboratorium Konversi Energi)

## 2.9 Stopwatch

Stopwatch adalah alat ukur besaran waktu yang dapat diaktifkan dan dimatikan. Stopwatch diaktifkan ketika pengukuran waktu akan dimulai dan pada akhir pengukuran bisa dihentikan atau dimatikan. Ketika dihentikan, jarum stopwatch menunjukkan waktu sesuai dengan selang waktu stopwatch diaktifkan, bukan kembali ke nol. Dengan demikian lama pengukuran dapat di baca dengan mudah ketika pengukuran kembali dilakukan cukup dengan menekan tombol untuk mengembalikan jarum ke posisi nol.



Gambar 2.9 Stopwatch

Stopwatch terbagi menjadi 2 jenis yaitu, stopwatch jarum dan stopwatch digital. Pada stopwatch jarum, gerakan jarum panjangnya menyatakan rentang waktu dalam detik. Sedangkan, jarum pendek stopwatch menyatakan rentang waktu dalam menit. Pembacaan kedua jarum stopwatch ini menunjukkan rentang waktu suatu peristiwa. Pada stopwatch digital langsung menggunakan angka-angka yang tertera pada badannya untuk menunjukkan lamanya rentang waktu suatu peristiwa.

Stopwatch digital memiliki skala ukur yaitu 2 digit menit, 2 digit detik, dan 2 digit milidetik. Stopwatch digital memiliki ketelitian yang lebih baik dibandingkan dengan stopwatch jarum. Stopwatch jarum memiliki tingkat ketelitian 0,1 sekon dan stopwatch digital memiliki tingkat ketelitian mencapai 0,01 sekon.

### 2.10 Neraca Ukur

Neraca ukur adalah alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran massa suatu benda. Neraca dikategorikan ke dalam system mekanik dan juga elektronik.



Gambar 2.10 Neraca Ukur (Sumber: Laboratorium Konversi Energi)

Neraca dengan bandul pemberat menimbang massa biasanya menggunakan massa pembanding yang lebih kecil dengan tuas yang panjang mengikuti hukum tuas.

Jenis-jenis timbangan dilihat dari cara kerjanya dibedakan atas timbangan manual, timbangan digital, dan timbangan hybrid. Sedangkan berdasarkan penggunaannya timbangan dibedakan menjadi timbangan badan, timbangan

gantung, timbangan rantai, timbangan duduk, timbangan meja, timbangan counting, timbangan digital gram, dan timbangan yang lainnya.

Skala ukur dari timbangan digital yaitu 1-10000gram. Akurasi dari timbangan digital yaitu 0,1 gram.

### **2.11 Hipotesa**

Semakin lama waktu proses mesin sentrifugal akan semakin banyak produksi bioetanol karena berpengaruh terhadap debit fluida yang melewati kisi dari mesin sentrifugal. Semakin tinggi kecepatan mesin sentrifugal pada proses pemisahan substrat, maka produksi bioetanol akan semakin banyak. Karena kecepatan putaran mesin sentrifugal berpengaruh terhadap debit fluida yang melewati kisi dari keranjang lontaran.

Kecepatan mesin sentrifugal yang terlalu tinggi pada proses pemisahan substrat menyebabkan produksi etanol berkurang dikarenakan fluida mengapung di dalam keranjang lontaran tidak keluar melalui kisi dan menyebabkan efisiensi mesin yang buruk. Waktu proses produksi yang terlalu lama menyebabkan efisiensi mesin yang buruk karena substrat sudah tidak memproduksi fluida.

### BAB 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yaitu bertujuan untuk menyelidiki kemungkinan hubungan sebab dan akibat dengan cara perbandingan peristiwa atau fenomena tertentu. Metode penelitian ini digunakan untuk melihat pengaruh dari suatu kondisi terhadap suatu kendala.

#### 3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember. Dan waktu penelitian berlangsung selama 40 hari yaitu dimulai dari bulan Oktober 2017 sampai dengan bulan November 2017.

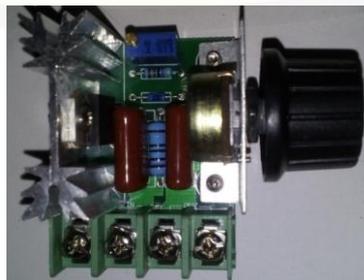
#### 3.3 Alat Dan Bahan Penelitian

##### 3.3.1 Alat

1. Mesin Sentrifugal jenis juicer merk Miyako speed tunggal,



2. Dimmer,



3. Wattmeter,



4. Neraca ukur,



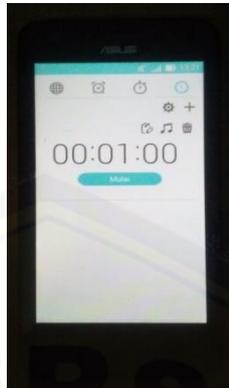
5. Gelas ukur,



6. Tachometer digital,



7. Stopwatch,



8. UV/VIS spectrophotometer



9. Mikropipet 10-100  $\mu$ L dan mikropipet 100-1000  $\mu$ L



### 3.3.2 Bahan

1. Sample rumput laut merah hasil fermentasi dengan berat 100 gram.



2. Reagent A, reagent B, dan Alkohol 10%



3. Aquades



### 3.4 Variabel Pengukuran

a. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang akan diteliti pengaruhnya terhadap variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kecepatan putar 800; 1000; 1400 rpm, waktu dari mesin sentrifugal selama 60; 120; 180 detik, dan mesh nomor 20; 40; 80.

b. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang menjadi titik pusat penelitian. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah:

1. Daya dan Torsi

2. Efisiensi mesin
3. Produktivitas
4. Karakteristik substrat bioetanol (densitas dan kadar etanol).

### **3.5 Prosedur Penelitian**

Rancangan penelitian

#### **3.5.1 Persiapan dan Pemeriksaan Alat dan Bahan Pengujian**

1. Merangkai komponen watt meter dan dimmer pada mesin sentrifugal.
2. Memasang mesh pada keranjang lontaran menggunakan lem besi.
3. Mengatur kecepatan putar mesin sentrifugal dengan kalibrasi menggunakan tachometer digital dan dikontrol menggunakan dimmer sesuai standar.
4. Pengukuran massa substrat menggunakan neraca ukur skala gram.

#### **3.5.2 Tahap Pengambilan Data**

Tahap pengambilan data dilakukan dengan cara mengukur variabel bebas dan variabel tetap saat pengujian. Tahapan yang dilakukan untuk pengambilan data adalah sebagai berikut:

- a. Pengujian filtrasi menggunakan mesin sentrifugal
  1. Menyalakan wattmeter.
  2. Memasukkan substrat kedalam keranjang lontaran mesin sentrifugal.
  3. Melakukan secara serentak yaitu menyalakan mesin sentrifugal dan menekan tombol start pada stopwatch.
  4. Putaran diamati menggunakan tachometer digital.
  5. Untuk waktu dan putaran dari mesin sentrifugal sesuai dengan variabel penelitian dilakukan sebanyak variabel yang telah ditentukan.
  6. Setelah selesai, matikan mesin sentrifugal, menekan tombol stop pada stopwatch, dan mematikan tachometer secara serentak.
  7. Mencatat konsumsi energi dari mesin sentrifugal yang tertera pada wattmeter.
  8. Membuka slot mesin sentrifugal, mengambil endapan di dalam keranjang lontaran lalu ditimbang menggunakan neraca ukur.

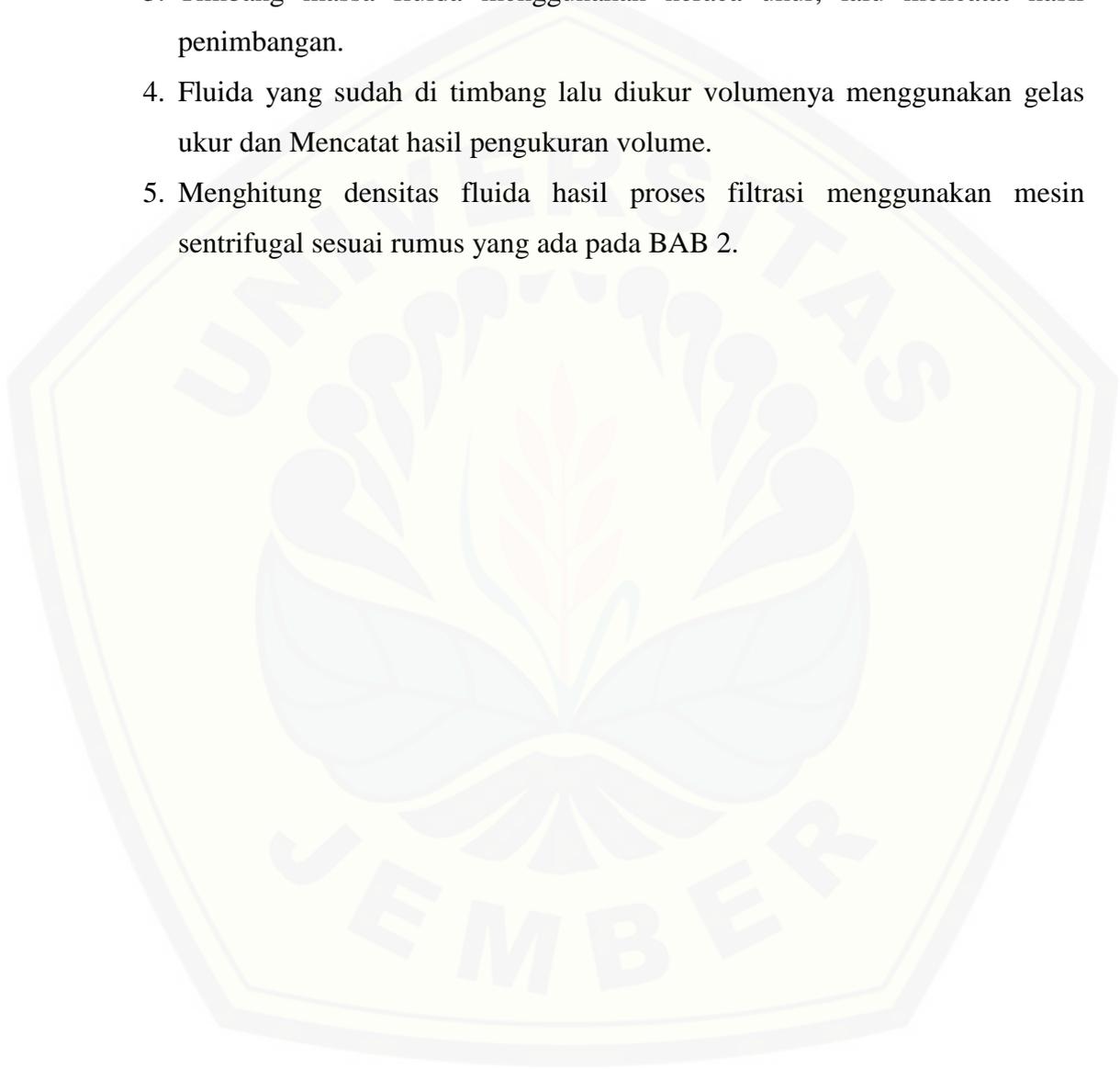
9. Mengukur jumlah substrat hasil proses pemisahan mesin sentrifugal menggunakan neraca ukur.
  10. Dilakukan 3 kali pengulangan pengujian pada variabel yang sama.
  11. Mengubah variabel mesh sentrifugal dan mengulangi tahap persiapan alat hingga pengambilan data kembali.
- b. Pengujian Kadar Etanol
- a. Kalibrasi spectrophotometer menurut BioAssay System (2007).
  - b. Fluida yang diuji adalah satu fluida dari tiap variasi mesh dengan produktivitas yang terbaik.
  - c. Melakukan penurunan kadar alkohol 10% menjadi 2%, 1% dan 0.5% dengan cara pengenceran yang dicampurkan aquades.
  - d. Fluida hasil filtrasi juga diencerkan menggunakan aquades.
  - e. Memindahkan 400  $\mu$ L alkohol dan 400  $\mu$ L sampel ke tabung sentrifuse 1,5 mL.
  - f. Tambahkan 400  $\mu$ L reagen A secara cepat ke setiap tabung dan putar sebentar untuk mencampur.
  - g. Inkubasi 8 hingga 30 menit pada suhu kamar. Tambahkan 400 $\mu$ L reagen b dengan cepat dan campur sebentar.
  - h. Pindahkan ke kuvet dan baca nilai spectrophotometer pada 570-600nm (puncak 580nm)
  - i. Nilai absorbansi dari kalibrasi awal UV/VIS spectrophotometer menggunakan alkohol untuk mendapatkan persamaan regresi linearnya. Persamaan regresi linear ini digunakan untuk menghitung kadar etanol dengan memasukkan nilai absorbansi dari fluida hasil proses filtrasi mesin sentrifugal.

note:

Untuk pengujian kurvette, direkomendasikan bahwa interval waktu diterapkan setiap penambahan, misalnya, reagen a ke tabung 1 dan 1 menit kemudian ke tabung 2 dll. setelah langkah inkubasi selesai, Tambahkan reagen yang terakhir yaitu reagen b ke tabung 1 dan 1 menit kemudian ke tabung 2 dll. Ini akan memastikan waktu inkubasi yang identik tiap tabung reaksi.

c. Pengujian Densitas

1. Siapkan fluida hasil filtrasi dari mesin sentrifugal.
2. Neraca ukur yang digunakan sesuai dengan standar massa dan gelas ukur yang digunakan sesuai dengan standar volume.
3. Timbang massa fluida menggunakan neraca ukur, lalu mencatat hasil penimbangan.
4. Fluida yang sudah di timbang lalu diukur volumenya menggunakan gelas ukur dan Mencatat hasil pengukuran volume.
5. Menghitung densitas fluida hasil proses filtrasi menggunakan mesin sentrifugal sesuai rumus yang ada pada BAB 2.

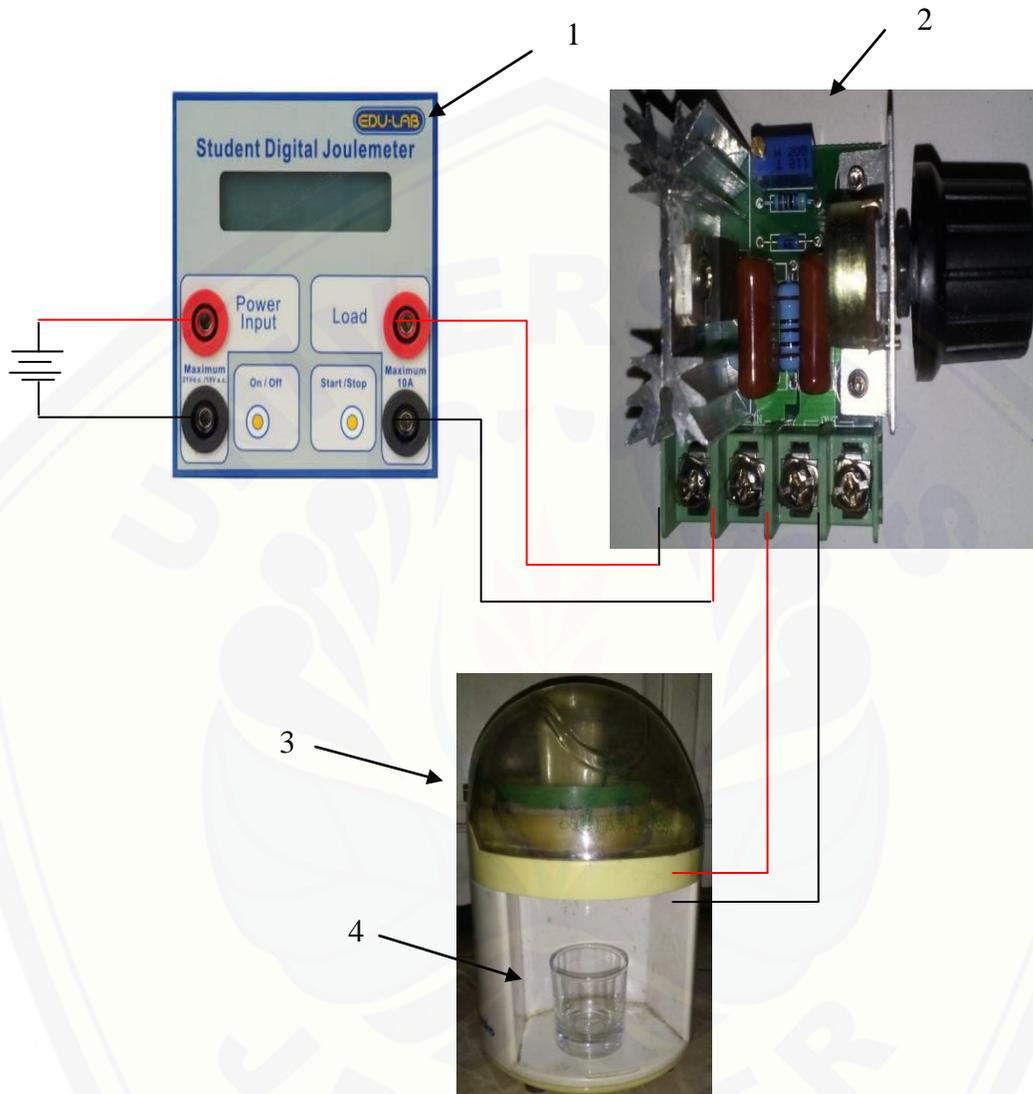


3.6 Tabel Penyajian Data

mesh	waktu (detik)	n (rpm)	P0 (watt)	Pt (watt)			m endapan (g)			m fluida (g)			Kuat Arus (A)	Tegangan (V)
				1	2	3	1	2	3	1	2	3		
20	60	800												
		1000												
		1400												
	120	800												
		1000												
		1400												
	180	800												
		1000												
		1400												
40	60	800												
		1000												
		1400												
	120	800												
		1000												
		1400												
	180	800												
		1000												
		1400												

mesh	waktu (detik)	n (rpm)	P0 (watt)	Pt (watt)			m endapan (g)			m fluida (g)			Kuat Arus (A)	Tegangan (V)
				1	2	3	1	2	3	1	2	3		
80	60	800												
		1000												
		1400												
	120	800												
		1000												
		1400												
	180	800												
		1000												
		1400												

### 3.7 Skema Alat Uji

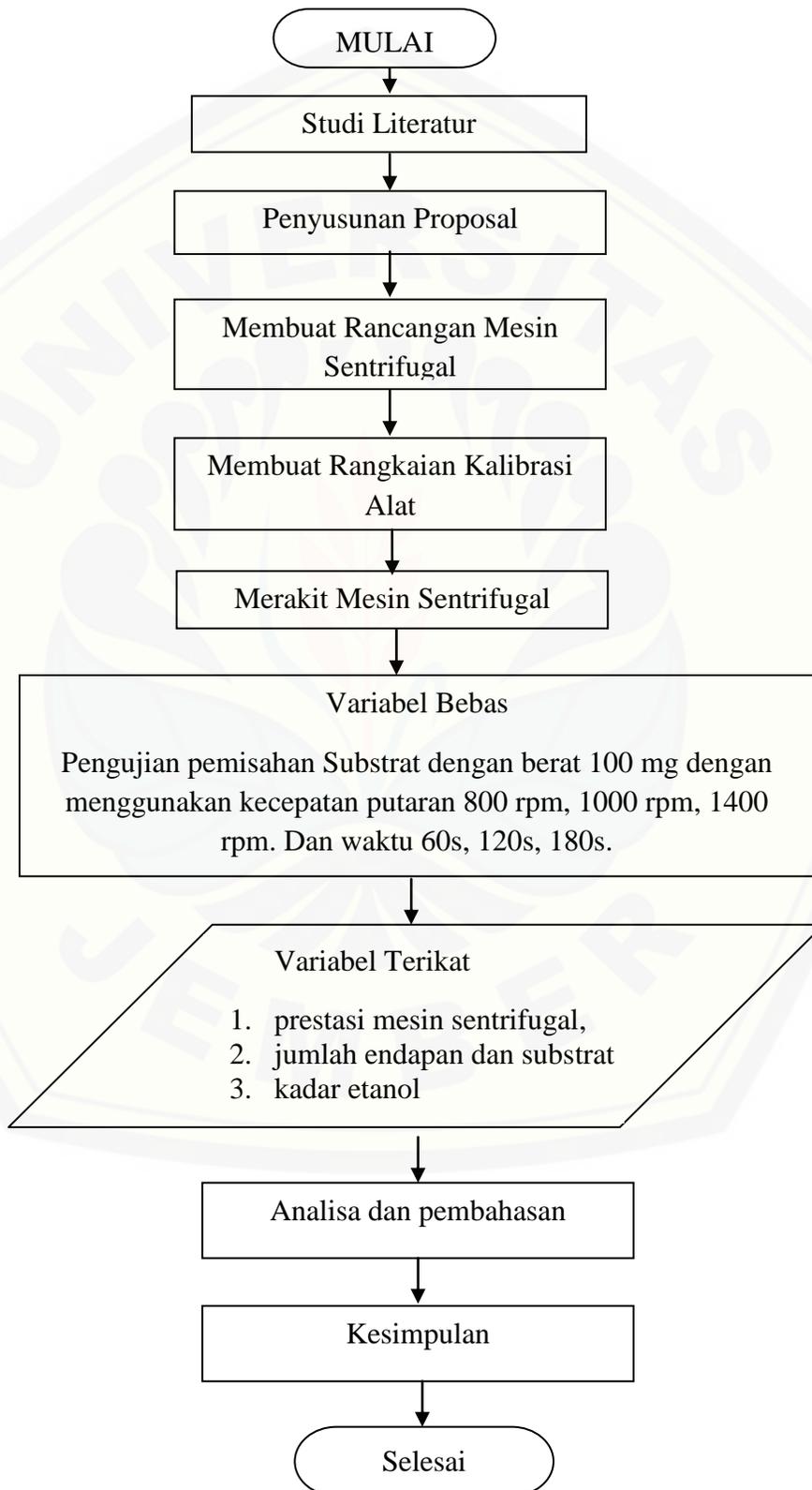


Gambar 3.1 Skema Alat Uji

Keterangan skema alat uji:

1. Joulemeter
2. Dimmer
3. Mesin sentrifugal
4. Gelas ukur

### 3.8 Diagram Alir Penelitian



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian dari proses perancangan hingga pengambilan dan pengolahan data tentang "Pengaruh Putaran dan Waktu terhadap Prestasi Mesin pada Proses Pembuatan Bioetanol menggunakan Mesin Sentrifugal" adalah :

1. Jumlah produksi fluida dari proses filtrasi substrat bioetanol dipengaruhi oleh waktu proses mesin sentrifugal. Pengaruh waktu terhadap jumlah produksi fluida diukur dengan produktivitas pembuatan bioetanol. Produktivitas yang optimal berada pada variasi waktu 180 detik menggunakan kecepatan putar 1400 rpm dengan variasi mesh 20 menghasilkan produktivitas sebesar 78%.
2. Kecepatan putar mesin sentrifugal sangat berpengaruh terhadap proses filtrasi substrat hasil fermentasi. Kecepatan putar yang optimal dari daya induksi yaitu kecepatan putar 1400 rpm pada mesh 80 dengan variasi waktu 60 dan 180 detik sebesar 21 Watt. Kecepatan putar yang optimal dari torsi yaitu kecepatan putar 800 rpm pada mesh 80 dengan variasi waktu 120 dan 180 detik sebesar 0.2 N.m.
3. Efisiensi mesin sentrifugal yang optimal adalah variasi mesh 40 pada semua variasi waktu menggunakan kecepatan putar 1400 rpm, menghasilkan efisiensi mesin tertinggi sebesar 27%.

### 5.2 Saran

Beberapa saran yang diberikan penulis dari hasil penelitian ini yaitu:

1. Diperlukan alat uji yang lebih sederhana dalam pengontrolan kecepatan atau dengan kata lain menggunakan otomasi.
2. Kepada peneliti selanjutnya dapat diberi variasi nilai mesh yang lebih tinggi untuk mendapatkan kemurnian substrat.
3. Perlu di simulasikan dalam skala produksi yang lebih besar untuk mendapatkan hasil produksi yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamendah. 2014. *Jenis dan Manfaat Rumput Laut di Indonesia*. <https://alamendah.org/2014/08/16/jenis-dan-manfaat-rumput-laut-di-indonesia/> [Diakses pada 20 Agustus 2017].
- BioAssay System, 2007. *QuantiChrom™ Ethanol Assay Kit (DIET-500)*. Hayward: BioAssay System.
- Bourgaize, D., T. T. Jewell, & R. G. Buiser. 1999. *Biotechnology Demystifying The Concepts*. Benjamin Cummings, San Fransisco: xvi + 416 hlm.
- Gautam, M., U. Lele, H. Kartodiharjo, A. Khan, I. Erwinsyah, dan R. Rama. 2000. *Indonesia The Challenges of Bank Involvement in Forest*. Operation Evaluation Departement. Evaluation Country Case Study Series, World Bank. Washington DC, USA.
- Handayani, S. U. 2006. Pemanfaatan Bioetanol sebagai Bahan Bakar Pengganti Bensin. *Gema Teknologi*. Vol. 15 (2): 99-102.
- Haslianti., M. F. Purnama, dan W. O. Piliانا. 2016. Potensi Industri Pengolahan Rumput Laut menjadi Bioetanol. *Jurnal Bisnis Perikanan FKIP UHO 3 (1)*.
- Nofriya. 2015. Penayagunaan Sumber Genetik Rumput Laut sebagai Sumber Energi Alternatif di Masa Depan. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*. Vol 12 (1): 38-47.
- Tajalli, A. 2015. *Panduan Penilaian Potensi Biomassa sebagai Sumber Energi Alternatif di Indonesia*. Panabulu Alliance.
- Tazi, I., dan Sulistiana. 2011. Uji Kalor Bahan Bakar Campuran Bioetanol dan Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Neutrino*. Vol. 3 (2).
- Umam, K. 2007. Analisis Potensi Energi Alternatif dan Implikasinya terhadap Sosial-Ekonomi Masyarakat Indonesia. *Ahli Madia*. Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
- Wara, N. G. B. 2013. Rancang Bangun Mesin Sentrifugal Gula High Grade Menggunakan Brushless Direct Current (BLDC) Motor. *Skripsi*. Jember: Program Sarjana Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Winarno, J. 2011. Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Bioetanol pada Bahan Bakar Pertamina terhadap Unjuk Kerja Mesin. *Jurnal Teknik*. Vol. 1 (1).

**LAMPIRAN DATA HASIL PENELITIAN**

**Lampiran 4.2.1 Tabel Pengujian Kadar Etanol**

Lampiran 1. Tabel hasil pengujian spectrophotometer kalibrasi etanol

Kadar Etanol (%)	absorbansi A	absorbansi B	Rata-rata
0.5	0.14	0.141	0.1405
1	0.196	0.197	0.1965
2	0.266	0.267	0.2665

Lampiran 2. Tabel hasil pengujian spectrophotometer fluida hasil filtrasi

Sample	absorbansi A	absorbansi B	Rata-rata
M20	0.142	0.143	0.1425
M40	0.167	0.168	0.1675
M80	0.177	0.178	0.1775

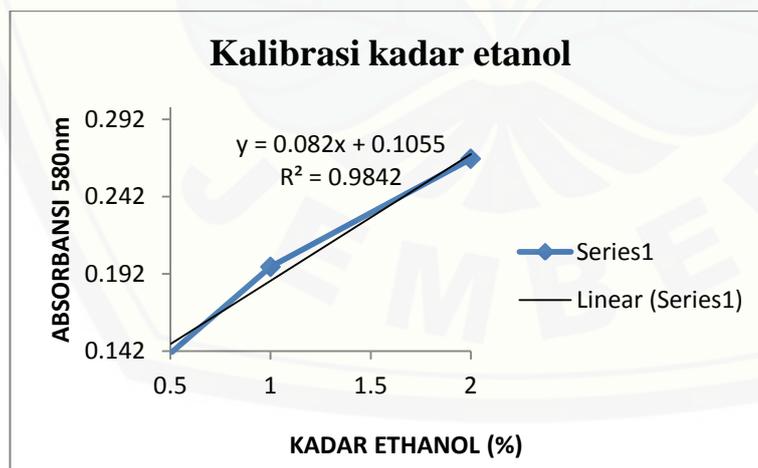
Dimana

M20 = variasi mesh 20, 1400 rpm dan waktu 180 detik

M40 = variasi mesh 40, 1400 rpm dan waktu 120 detik

M80 = variasi mesh 80, 1400 rpm dan waktu 120 detik

Lampiran 3. Grafik hasil kalibrasi pengujian etanol



Lampiran 4. Perhitungan kadar etanol hasil filtrasi mesin sentrifugal

Didapatkan persamaan linear dari grafik pada Lampiran 3.

$$y = 0.082x + 0.1055$$

$$x = (y - 0.1055)/0.082$$

$$\begin{aligned} 1. \text{ Mesh 20; 180 detik; 1400 rpm } x &= (y - 0.1055) \div 0.082 \\ &= \frac{(1.425 - 0.1055)}{0.082} \\ &= 16.09\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Mesh 40; 120 detik; 1400 rpm } x &= (y - 0.1055) \div 0.082 \\ &= \frac{(1.675 - 0.1055)}{0.082} \\ &= 19.14\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Mesh 80; 120 detik; 1400 rpm } x &= (y - 0.1055) \div 0.082 \\ &= \frac{(1.775 - 0.1055)}{0.082} \\ &= 20.36\% \end{aligned}$$

#### Lampiran 4.2.2 Tabel Pengujian Densitas

Lampiran 1. Tabel hasil pengujian densitas fluida hasil filtrasi

Sample	Massa(g)	Volume (ml)
M20	78	80
M40	67.33	69
M80	58.33	59

Dimana

M20 = variasi mesh 20, 1400 rpm dan waktu 180 detik

M40 = variasi mesh 40, 1400 rpm dan waktu 120 detik

M80 = variasi mesh 80, 1400 rpm dan waktu 120 detik

Lampiran 2. Perhitungan densitas hasil filtrasi mesin sentrifugal

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dimana

$\rho$  = densitas g/cm<sup>3</sup>

m = massa (g)

v = volume (ml) dikonversi ke (cm<sup>3</sup>)

$$\begin{aligned} 1. \text{ Mesh 20; 180 detik; 1400 rpm } \rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{78}{80} \\ &= 0.975 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Mesh 40; 120 detik; 1400 rpm } \rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{67.33}{69} \\ &= 0.976 \end{aligned}$$

$$3. \text{ Mesh 80; 120 detik; 1400 rpm } \rho = \frac{m}{v}$$

$$= \frac{58.33}{59}$$

$$= 0.99$$

### Lampiran 4.2.3 Tabel Data Pengujian Daya

Lampiran 1. Tabel hasil rata-rata pengujian daya menggunakan mesh 20

Waktu (detik)	n (rpm)	Percobaan	P <sub>in</sub> (Watt)	P <sub>out</sub> (Watt)
60	800	I	16.5	17.4
		II	16.5	17.5
		III	16.5	17.1
		RATA-RATA	16.5	17.33
	1000	I	18	18.2
		II	18	18.5
		III	18	18.4
		RATA-RATA	18	18.36
	1400	I	20.3	21
		II	20.3	21.1
		III	20.3	21.1
		RATA-RATA	20.3	21.07
120	800	I	16.5	17.3
		II	16.5	17.7
		III	16.5	17.6
		RATA-RATA	16.5	17.53
	1000	I	18	18.5
		II	18	18.5
		III	18	18.1
		RATA-RATA	18	18.36
	1400	I	20.3	21
		II	20.3	21.3
		III	20.3	21.3
		RATA-RATA	20.3	21.2
180	800	I	16.5	17.4
		II	16.5	17.4
		III	16.5	17.3
		RATA-RATA	16.5	17.37
	1000	I	18	18.2
		II	18	18.4
		III	18	18.5
		RATA-RATA	18	18.37
	1400	I	20.3	21.3
		II	20.3	21.1
		III	20.3	21.1
		RATA-RATA	20.3	21.17

Lampiran 2. Tabel hasil rata-rata pengujian daya menggunakan mesh 40

Waktu (detik)	n (rpm)	Percobaan	P <sub>in</sub> (Watt)	P <sub>out</sub> (Watt)
60	800	I	16.7	17.9
		II	16.7	17.9
		III	16.7	17.6
		RATA-RATA	16.7	17.8
	1000	I	18.2	18.5
		II	18.2	18.4
		III	18.2	18.5
		RATA-RATA	18.2	18.47
	1400	I	20.4	20.9
		II	20.4	21.1
		III	20.4	21.2
		RATA-RATA	20.4	21.07
120	800	I	16.7	17.7
		II	16.7	17.6
		III	16.7	17.7
		RATA-RATA	16.7	17.67
	1000	I	18.2	18.4
		II	18.2	18.5
		III	18.2	18.5
		RATA-RATA	18.2	18.47
	1400	I	20.4	20.8
		II	20.4	20.9
		III	20.4	21
		RATA-RATA	20.4	20.9
180	800	I	16.7	17.6
		II	16.7	17.5
		III	16.7	17.7
		RATA-RATA	16.7	17.6
	1000	I	18.2	18.3
		II	18.2	18.5
		III	18.2	18.5
		RATA-RATA	18.2	18.43
	1400	I	20.4	21.1
		II	20.4	21.2
		III	20.4	21
		RATA-RATA	20.4	21.1

Lampiran 3. Tabel hasil rata-rata pengujian daya menggunakan mesh 80

Waktu (detik)	n (rpm)	Percobaan	$P_{in}$ (Watt)	$P_{out}$ (Watt)
60	800	I	16.8	17.8
		II	16.8	17.7
		III	16.8	17.8
		RATA-RATA	16.8	17.77
	1000	I	18.3	18.7
		II	18.3	18.7
		III	18.3	18.6
		RATA-RATA	18.3	18.67
	1400	I	20.6	21
		II	20.6	21.3
		III	20.6	21.2
		RATA-RATA	20.6	21.17
120	800	I	16.8	17.8
		II	16.8	18
		III	16.8	17.8
		RATA-RATA	16.8	17.87
	1000	I	18.3	18.6
		II	18.3	18.8
		III	18.3	18.6
		RATA-RATA	18.3	18.67
	1400	I	20.6	21
		II	20.6	21.2
		III	20.6	21.2
		RATA-RATA	20.6	21.13
180	800	I	16.8	18
		II	16.8	17.9
		III	16.8	17.8
		RATA-RATA	16.8	17.9
	1000	I	18.3	18.6
		II	18.3	18.6
		III	18.3	18.5
		RATA-RATA	18.3	18.57
	1400	I	20.6	21.2
		II	20.6	21
		III	20.6	21.3
		RATA-RATA	20.6	21.17

**Lampiran 4.2.4 Perhitungan Torsi Mesin Sentrifugal**

Lampiran 1. Perhitungan torsi mesin sentrifugal

Diketahui rumus dari torsi yaitu :

$$\tau = P/\omega$$

dimana

 $\tau$  = torsi (N.m)

P = daya (Watt)

 $\omega$  = kecepatan sudut (rad/s)

Diketahui rumus dari kecepatan sudut:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n/60$$

dimana :

 $\omega$  = kecepatan sudut (rad/s)

n = kecepatan putar mesin sentrifugal (rpm)

perhitungan kecepatan sudut

$$\begin{aligned} 1. \quad \omega &= 2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60} \\ &= \frac{2.3,14.800}{60} \\ &= 83,73 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \quad \omega &= 2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60} \\ &= \frac{2.3,14.1000}{60} \\ &= 104,67 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \quad \omega &= 2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60} \\ &= \frac{2.3,14.1400}{60} \\ &= 146,53 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

Contoh perhitungan torsi pada mesh 20 waktu kalibrasi

$$\begin{aligned} 1. \quad 800\text{rpm} \quad \tau &= \frac{P}{\omega} \\ &= \frac{16,5}{83,73} \\ &= 0.197 \text{ N.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \quad 1000\text{rpm} \quad \tau &= \frac{P}{\omega} \\
 &= \frac{18}{104,67} \\
 &= 0.172 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \quad 1400\text{rpm} \quad \tau &= \frac{P}{\omega} \\
 &= \frac{20,3}{146,53} \\
 &= 0.139 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

Lampiran 2. Tabel hasil rata-rata pengujian torsi mesin sentrifugal mesin pada waktu kalibrasi

Mesh	n (rpm)	P (Watt)	$\omega$ (rad/s)	torsi (N.m)
20	800	16.5	83.73	0.197
	1000	18	104.67	0.172
	1400	20.3	146.53	0.139
40	800	16.7	83.73	0.199
	1000	18.2	104.67	0.173
	1400	20.4	146.53	0.139
80	800	16.8	83.73	0.201
	1000	18.3	104.67	0.175
	1400	20.6	146.53	0.141

Lampiran 3. Tabel hasil rata-rata pengujian torsi mesin sentrifugal mesin pada waktu 60 detik

Mesh	n (rpm)	P (Watt)	$\omega$ (rad/s)	torsi (N.m)
20	800	17.33	83.73	0.207
	1000	18.37	104.67	0.175
	1400	21.07	146.53	0.144
40	800	17.80	83.73	0.213
	1000	18.47	104.67	0.176
	1400	21.07	146.53	0.144
80	800	17.77	83.73	0.213
	1000	18.67	104.67	0.178
	1400	21.17	146.53	0.144

Lampiran 4. Tabel hasil rata-rata pengujian torsi mesin sentrifugal mesin pada waktu 120 detik

Mesh	n (rpm)	P (Watt)	$\omega$ (rad/s)	torsi (N.m)
20	800	17.53	83.73	0.209
	1000	18.37	104.67	0.175
	1400	21.20	146.53	0.145
40	800	17.67	83.73	0.211
	1000	18.47	104.67	0.176
	1400	20.90	146.53	0.143
80	800	17.87	83.73	0.213
	1000	18.67	104.67	0.178
	1400	21.13	146.53	0.144

Lampiran 5. Tabel hasil rata-rata pengujian torsi mesin sentrifugal mesin pada waktu 180 detik

Mesh	n (rpm)	P (Watt)	$\omega$ (rad/s)	torsi (N.m)
20	800	17.37	83.73	0.207
	1000	18.37	104.67	0.175
	1400	21.17	146.53	0.144
40	800	17.6	83.73	0.21
	1000	18.4	104.67	0.176
	1400	21.1	146.53	0.144
80	800	17.9	83.73	0.214
	1000	18.6	104.67	0.177
	1400	21.2	146.53	0.144

#### Lampiran 4.2.5 Perhitungan Efisiensi Mesin

Lampiran 1. Perhitungan kecepatan sudut mesin sentrifugal  
Diketahui rumus dari kecepatan sudut:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n / 60$$

Dimana :

$\omega$  = kecepatan sudut (rad/s)

n = kecepatan putar mesin sentrifugal (rpm)

$$\begin{aligned}
 1. \quad \omega &= 2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60} \\
 &= \frac{2,3,14 \cdot 800}{60} \\
 &= 83,73 \text{ rad/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \quad \omega &= 2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60} \\
 &= \frac{2,3,14 \cdot 1000}{60} \\
 &= 104,67 \text{ rad/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \quad \omega &= 2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60} \\
 &= \frac{2,3,14 \cdot 1400}{60} \\
 &= 146,53 \text{ rad/s}
 \end{aligned}$$

Lampiran 2. Contoh perhitungan efisiensi mesin  
Diketahui rumus dari efisiensi mesin yaitu:

$$\eta = Pl / Pin \times 100\%$$

dengan turunannya

$$Pl = \tau x \omega$$

Dan

$$Pin = I x V$$

Dimana :

$\tau$  = torsi (N.m)

$\omega$  = kecepatan sudut (rad/s)

I = kuat arus (A)

V = tegangan (V)

Perhitungan efisiensi mesin menggunakan mesh 20

$$\begin{aligned}
 1. \quad \mathbf{800rpm} \quad \eta &= \frac{Pl}{Pin} \times 100\% \\
 &= \frac{\tau x \omega}{(I x V)} x 100\% \\
 &= \frac{0,197 x 83,73}{0,32 x 224} x 100\% \\
 &= 23\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \quad 1000\text{rpm} \quad \eta &= \frac{Pl}{Pin} \times 100\% \\
 &= \frac{\tau \times \omega}{(I \times V)} \times 100\% \\
 &= \frac{0.172 \times 104,67}{0.37 \times 224} \times 100\% \\
 &= 22\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \quad 1400\text{rpm} \quad \eta &= \frac{Pl}{Pin} \times 100\% \\
 &= \frac{\tau \times \omega}{(I \times V)} \times 100\% \\
 &= \frac{0.139 \times 146,53}{0.35 \times 224} \times 100\% \\
 &= 26\%
 \end{aligned}$$

Lampiran 3. Tabel hasil rata-rata pengujian efisiensi mesin pada waktu kalibrasi

Mesh	n (rpm)	Kuat Arus (A)	Tegangan (V)	Torsi (N.m)	$\omega$ (rad/s)	$\eta$ (%)
20	800	0.32	224	0.197	83.73	23
	1000	0.37	224	0.172	104.67	22
	1400	0.35	224	0.139	146.53	26
40	800	0.34	224	0.199	83.73	22
	1000	0.34	220	0.174	104.67	24
	1400	0.35	219	0.139	146.53	26
80	800	0.34	225	0.201	83.73	22
	1000	0.33	222	0.175	104.67	25
	1400	0.37	227	0.141	146.53	25

Lampiran 4. Tabel hasil rata-rata pengujian efisiensi mesin pada waktu 60 detik

Mesh	n (rpm)	Kuat Arus (A)	Tegangan (V)	Torsi (N.m)	$\omega$ (rad/s)	$\eta$ (%)
20	800	0.35	225	0.207	83.73	22
	1000	0.37	225	0.175	104.67	22
	1400	0.35	224	0.143	146.53	27
40	800	0.3	222	0.213	83.73	27
	1000	0.33	220	0.176	104.67	25
	1400	0.35	220	0.144	146.53	27
80	800	0.34	225	0.212	83.73	23
	1000	0.36	221	0.178	104.67	23
	1400	0.37	226	0.144	146.53	25

Lampiran 5. Tabel hasil rata-rata pengujian efisiensi mesin pada waktu 120 detik

Mesh	n (rpm)	Kuat Arus (A)	Tegangan (V)	Torsi (N.m)	$\omega$ (rad/s)	$\eta$ (%)
20	800	0.35	226	0.209	83.73	22
	1000	0.35	225	0.175	104.67	23
	1400	0.36	225	0.145	146.53	26
40	800	0.33	224	0.211	83.73	24
	1000	0.33	221	0.176	104.67	25
	1400	0.35	219	0.143	146.53	27
80	800	0.34	224	0.213	83.73	23
	1000	0.35	222	0.178	104.67	24
	1400	0.37	226	0.144	146.53	25

Lampiran 6. Tabel hasil rata-rata pengujian efisiensi mesin pada waktu 180 detik

Mesh	n (rpm)	Kuat Arus (A)	Tegangan (V)	Torsi (N.m)	$\omega$ (rad/s)	$\eta$ (%)
20	800	0.36	225	0.207	83.73	21
	1000	0.34	225	0.175	104.67	24
	1400	0.35	225	0.144	146.53	27
40	800	0.34	224	0.21	83.73	23
	1000	0.33	221	0.176	104.67	25
	1400	0.35	220	0.144	146.53	27
80	800	0.35	225	0.213	83.73	23
	1000	0.35	221	0.177	104.67	24
	1400	0.37	227	0.144	146.53	25

**Lampiran 4.2.6 Tabel Data Hasil Pengujian Produktivitas Produksi**

Lampiran 1. Tabel hasil rata-rata massa substrat dan fluida menggunakan mesh 20

Waktu (detik)	n (rpm)	Percobaan	m substrat (gram)	m fluida (gram)
60	800	I	57	43
		II	59	41
		III	56	44
		RATA-RATA	57.33	42.67
	1000	I	39	61
		II	37	63
		III	39	61
		RATA-RATA	38.33	61.67
	1400	I	28	72
		II	27	73
		III	28	72
		RATA-RATA	27.67	72.33
120	800	I	51	49
		II	50	50
		III	48	52
		RATA-RATA	49.67	50.33
	1000	I	33	67
		II	35	65
		III	35	65
		RATA-RATA	34.33	65.67
	1400	I	24	76
		II	22	78
		III	23	72
		RATA-RATA	23	75.33
180	800	I	47	53
		II	46	54
		III	48	52
		RATA-RATA	47	53
	1000	I	35	67
		II	34	66
		III	34	66
		RATA-RATA	34.33	66.33
	1400	I	23	77
		II	21	79
		III	22	78
		RATA-RATA	22	78

Lampiran 2. Tabel hasil rata-rata massa substrat dan fluida menggunakan mesh 40

Waktu (detik)	n (rpm)	Percobaan	m substrat (gram)	m fluida (gram)
60	800	I	64	36
		II	64	36
		III	60	40
		RATA-RATA	62.67	37.33
	1000	I	51	49
		II	48	52
		III	50	50
		RATA-RATA	49.67	50.33
	1400	I	36	64
		II	38	62
		III	36	64
		RATA-RATA	36.67	63.33
120	800	I	55	45
		II	57	43
		III	55	45
		RATA-RATA	55.67	44.33
	1000	I	43	57
		II	43	57
		III	42	58
		RATA-RATA	42.67	57.33
	1400	I	32	68
		II	33	67
		III	33	67
		RATA-RATA	32.67	67.33
180	800	I	51	49
		II	52	48
		III	54	46
		RATA-RATA	52.33	47.67
	1000	I	43	57
		II	41	59
		III	42	58
		RATA-RATA	42	58
	1400	I	31	69
		II	32	68
		III	34	66
		RATA-RATA	32.33	67.67

Lampiran 3. Tabel hasil rata-rata massa substrat dan fluida menggunakan mesh 80

Waktu (detik)	n (rpm)	Percobaan	m substrat (gram)	m fluida (gram)
60	800	I	68	32
		II	67	30
		III	70	28
		RATA-RATA	68.33	30
	1000	I	53	47
		II	50	50
		III	52	48
		RATA-RATA	51.67	48.33
	1400	I	42	58
		II	44	56
		III	45	55
		RATA-RATA	43.67	56.33
120	800	I	64	36
		II	60	40
		III	62	38
		RATA-RATA	62	38
	1000	I	52	48
		II	50	50
		III	52	48
		RATA-RATA	51.33	48.67
	1400	I	42	58
		II	42	58
		III	41	59
		RATA-RATA	41.67	58.33
180	800	I	56	44
		II	58	42
		III	58	42
		RATA-RATA	57.33	42.67
	1000	I	52	48
		II	49	51
		III	50	50
		RATA-RATA	50.33	49.67
	1400	I	46	54
		II	43	57
		III	42	58
		RATA-RATA	43.67	56.33

## Lampiran 4. Contoh Perhitungan produktivitas

Diketahui rumus dari produktivitas yaitu

$$\eta_p = m_{out} / m_{in} \times 100\%$$

dimana

$\eta_p$  adalah produktivitas dengan satuan %

$m_{in}$  adalah massa input dengan satuan gram

$m_{out}$  adalah massa output dengan satuan gram

Perhitungan produktivitas menggunakan mesh 20 pada Waktu 60 detik

$$\begin{aligned} 1. \quad 800\text{rpm}\eta_p &= \frac{m_{out}}{m_{in}} \cdot 100\% \\ &= \frac{42,67}{100} \cdot 100\% \\ &= 42,67\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \quad 1000\text{rpm}\eta_p &= \frac{m_{out}}{m_{in}} \cdot 100\% \\ &= \frac{1,67}{100} \cdot 100\% \\ &= 61,67\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \quad 1400\text{rpm}\eta_p &= \frac{m_{out}}{m_{in}} \cdot 100\% \\ &= \frac{72,33}{100} \cdot 100\% \\ &= 72,33\% \end{aligned}$$

## Lampiran 5. Tabel data hasil perhitungan produktivitas menggunakan mesh 20

t (detik)	n (rpm)	$m_{in}$ (g)	$m_{out}$ (g)	$\eta_p$ (%)
60	800	100	42.67	42.67
	1000	100	61.67	61.67
	1400	100	72.33	72.33
120	800	100	50.33	50.33
	1000	100	65.67	65.67
	1400	100	75.33	75.33
180	800	100	53	53
	1000	100	66.33	66.33
	1400	100	78	78

Lampiran 6. Tabel data hasil perhitungan produktivitas menggunakan mesh 40

t (detik)	n (rpm)	$m_{in}$ (g)	$m_{out}$ (g)	$\eta_p$ (%)
60	800	100	37.33	37.33
	1000	100	50.33	50.33
	1400	100	63.33	63.33
120	800	100	44.33	44.33
	1000	100	57.33	57.33
	1400	100	67.33	67.33
180	800	100	47.67	47.67
	1000	100	58	58
	1400	100	66	66

Lampiran 7. Tabel data hasil perhitungan produktivitas menggunakan mesh 80

t (detik)	n (rpm)	$m_{in}$ (g)	$m_{out}$ (g)	$\eta_p$ (%)
60	800	100	30	30
	1000	100	48.33	48.33
	1400	100	56.33	56.33
120	800	100	38	38
	1000	100	48.67	48.67
	1400	100	58.33	58.33
180	800	100	42.67	42.67
	1000	100	49.67	49.67
	1400	100	56.33	56.33

**Lampiran 4.2 Gambar Alat dan Bahan Penelitian**

Lampiran 1. Gambar Mesin Sentrifugal



(a)



(b)



(c)

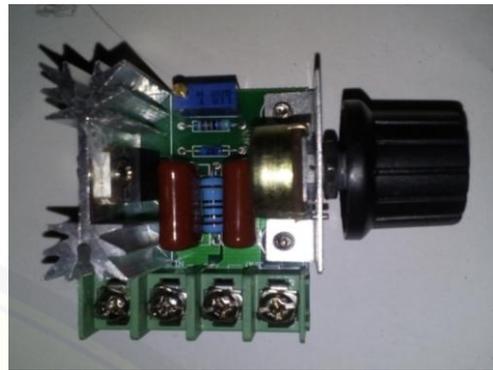


(d)

Lampiran 2. (A) Gambar Tutup Kernjang Lontaran (B) Gambar Keranjang Lontaran menggunakan Mesh 20 (C) Gambar Keranjang Lontaran menggunakan Mesh 40 (D) Gabar Keranjang Lontaran menggunakan Mesh 80



(a)



(b)



(c)



(d)

Lampiran 3. (a) Gambar Wattmeter (b) Gambar Dimmer (c) Gambar Timbangan dan Botol specimen (d) Gambar Gelas Ukur



Lampiran 4. Gambar Mikropipet 10-100  $\mu\text{L}$



Lampiran 5. Gambar Mikropipet 100-1000  $\mu\text{L}$



(a)



(b)



(c)

Lampiran 6. (a) Gambar Corong Pipet 100  $\mu$ L (b) Gambar Corong Pipet 1000  $\mu$ L  
(c) Gambar UV/VIS Specmatografi



(a)



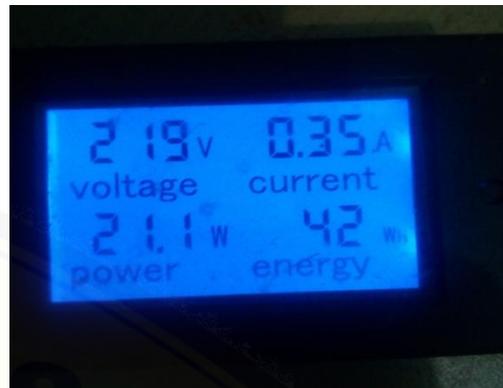
(b)

Lampiran 7. (a) Gambar Reagent A, B, dan Alkohol 10% (b) Gambar Aquades

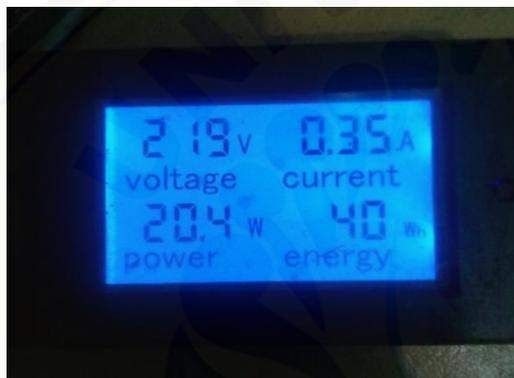
## Lampiran 4.2 Gambar Dokumentasi Pengujian



(a)



(c)



(b)



(d)

Lampiran 1. Gambar Pengambilan Data Daya, Tegangan dan Kuat Arus dari Alat Ukur Wattmeter

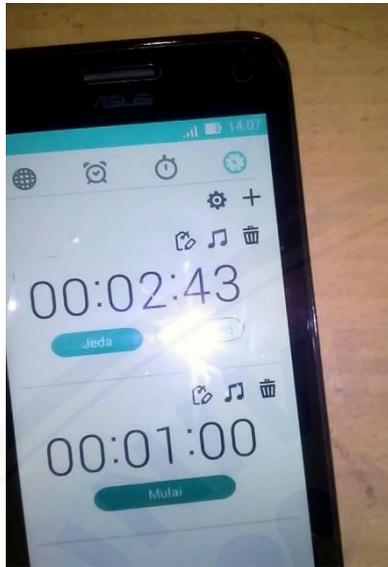


(a)



(b)

Lampiran 2. (a) Gambar Pengontrolan Putaran Mesin Sentrifugal menggunakan Tachometer Digital pada 1000 rpm (b) Gambar Pengontrolan Putaran Mesin Sentrifugal menggunakan Tachometer Digital pada 800 rpm



(a)



(b)



(c)

Lapiran 3. (a) Gambar Pengontrolan Waktu menggunakan Stopwatch dengan Variasi Waktu 120 Detik (b) Gambar Pengontrolan Waktu menggunakan Stopwatch dengan Variasi Waktu 180 Detik (c) Gambar Pengontrolan Waktu menggunakan Stopwatch dengan Variasi Waktu 60 Detik



(a)



(b)

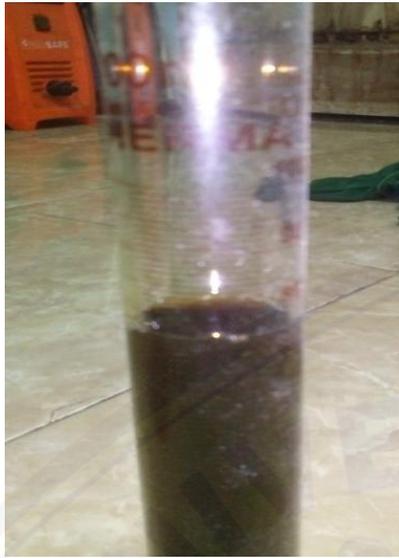


(c)

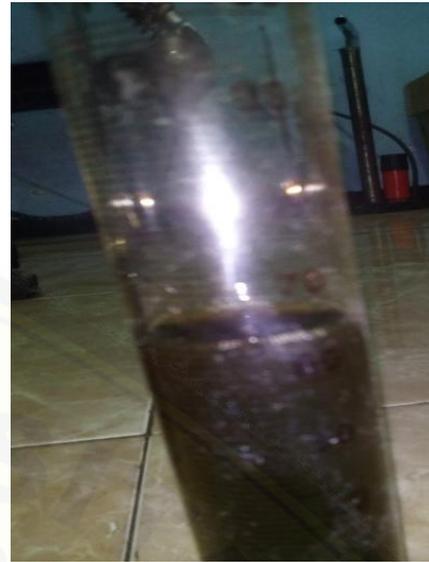
Lampiran 4. (a), (b) dan (c) Gambar Pengukuran Massa Hasil Filtrasi menggunakan Neraca Ukur atau Timbangan



Lampiran 5. Gambar Pipet berisi Fluida Hasil Filtrasi Siap Untuk diuji Spektometri



(a)



(b)



(c)



(d)

Lampiran 6. (a), (b), (c) dan (d) Gambar Pengukuran Volume Fluida Hasil Filtrasi menggunakan Gelas Ukur