



**RANCANG BANGUN DESTILATOR ELEKTRIK UNTUK
DESTILASI BIOETANOL RUMPUT LAUT
*EUCHEUMA COTTONII***

SKRIPSI

Oleh

**Fathan Edi Purwanto
NIM 141710201007**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**RANCANG BANGUN DESTILATOR ELEKTRIK UNTUK
DESTILASI BIOETANOL RUMPUT LAUT
*EUCHEUMA COTTONII***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Pertanian (S1)

Oleh

Fathan Edi Purwanto
NIM 141710201007

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

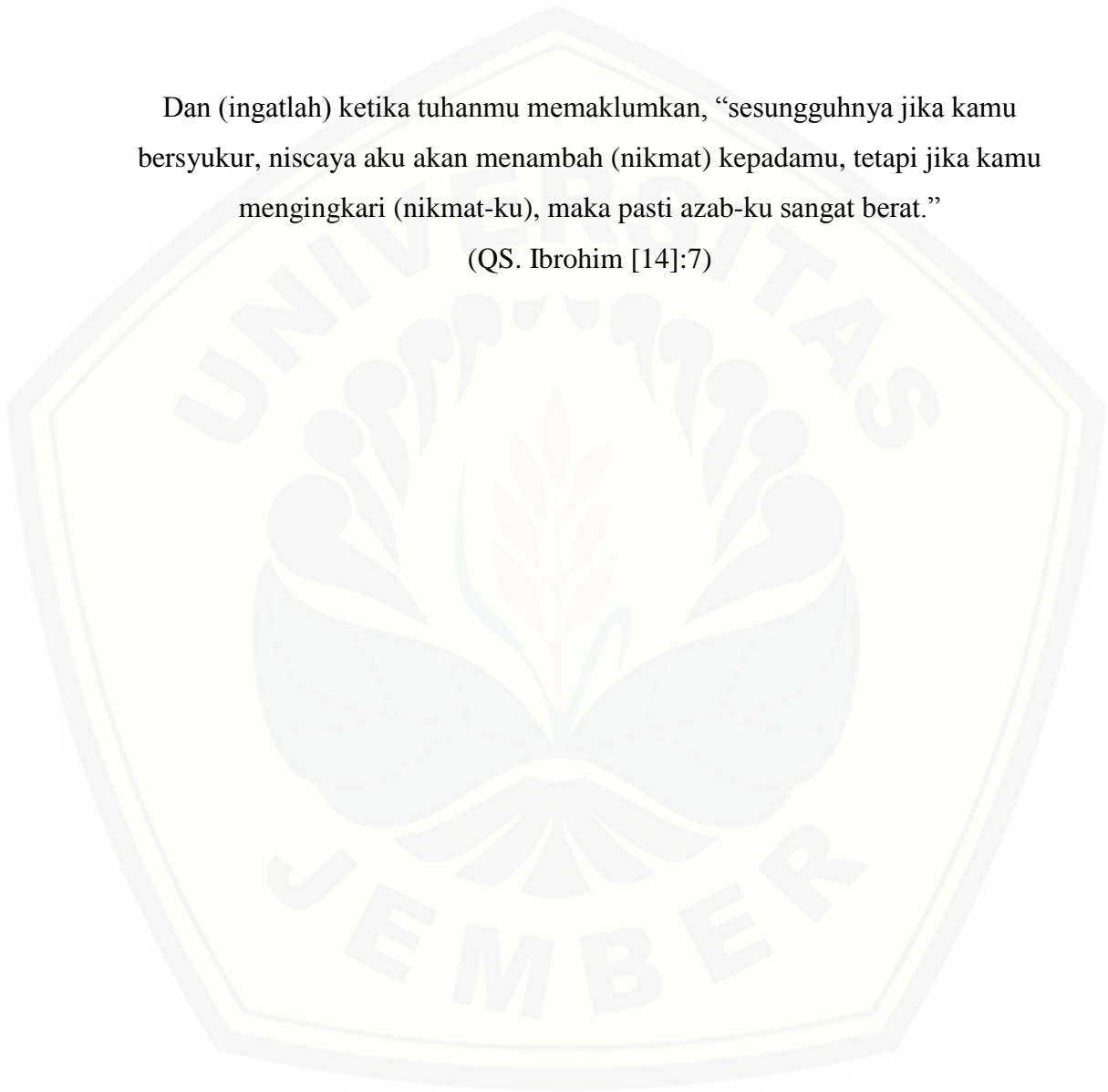
1. Kedua orang tua saya Ibunda Siti Aisyah dan Ayahanda Sutrisno tercinta;
2. adik saya Anita Dwi Yuliatin, beserta keluarga besar Sartiban dan keluarga besar Alm. Kusman;
3. guru-guru saya sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
4. Almamater Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

MOTTO

Ilmu adalah peninggalan yang mulia, adab adalah perhiasan yang selalu baru dan pemikiran adalah kaca cermin yang jernih (Ali bin Abi Tholib رضي الله عنه)

Dan (ingatlah) ketika tuhanmu memaklumkan, “sesungguhnya jika kamu bersyukur, niscaya aku akan menambah (nikmat) kepadamu, tetapi jika kamu mengingkari (nikmat-ku), maka pasti azab-ku sangat berat.”

(QS. Ibrahim [14]:7)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Fathan Edi Purwanto

NIM : 141710201007

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Rancang Bangun Destilator Elektrik untuk Destilasi Bioetanol Rumput Laut *Eucheuma Cottonii*” adalah benar-benar 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 sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 15 Juni 2018

Yang menyatakan,

(Fathan Edi Purwanto)

NIM 141710201007

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN DESTILATOR ELEKTRIK UNTUK
DESTILASI BIOETANOL RUMPUT LAUT
*EUCHEUMA COTTONII***

Oleh

Fathan Edi Purwanto

NIM 141710201007

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Soni Sisbudi Harsono, M.Eng., M.Phil.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Bambang Marhaenanto, M.Eng.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Rancang Bangun Destilator Elektrik untuk Destilasi Bioetanol Rumput Laut *Eucheuma Cottonii*” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Dr. Soni Sisbudi Harsono, M.Eng., M.Phil.

Dr. Bambang Marhaenanto, M.Eng.

NIP. 196412311989021040

NIP. 196312121990031002

Tim Penguji

Ketua

Anggota

Dian Purbasari S.Pi., M.Si

Dr. Ir. Jayus

NIP. 760016795

NIP. 196805161992031004

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian

Universitas Jember

Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng.

NIP. 196809231994031009

RINGKASAN

Rancang Bangun Destilator Elektrik untuk Destilasi Bioetanol Rumput Laut *Eucheuma Cottonii*; Fathan Edi Purwanto, 141710201007; 2018: 36 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Cadangan bahan bakar minyak, khususnya dari bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbarui menuntut manusia untuk mencari sumber bahan bakar alternatif yang dapat diperbarui. Mengantisipasi kondisi diatas, maka dibutuhkan adanya sumber energi yang dapat diperbarui dan bersifat berkelanjutan (*renewable and sustainable energy*). Bahan yang dapat dijadikan bahan baku bioetanol adalah rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* dan *Eucheuma spinosum*. Pembuatan bioetanol melibatkan proses destilasi yaitu zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu. Dalam hal ini etanol mempunyai titik didih sebesar 79°C. Sehingga perlu untuk mengontrol temperatur saat proses destilasi berlangsung. Perlu adanya introduksi teknologi untuk mengatasi masalah tersebut. Upaya yang dilakukan dalam produksi bioetanol adalah menggunakan destilator elektrik dengan sistem kontrol temperatur. Penelitian ini merancang bangun destilator elektrik dan menguji kinerja hasil rancangan dengan pengamatan laju destilasi dan kadar alkohol yang dihasilkan. Penelitian ini dilaksanakan di Bengkel Mesin Peralatan Pertanian yang berlokasi di Jalan Danau Toba VII Blok 2 No. 173A Jember. Perancangan, konstruksi dan uji kinerja destilator elektrik dimulai pada 7 Desember 2017 sampai dengan 15 April 2018. Uji kinerja destilator elektrik yaitu uji kinerja otomatisasi alat untuk menghasilkan bioetanol. Dalam pengujian alat distilasi variabel yang perlu diamati adalah suhu, laju destilasi, dan kadar etanol rumput laut. Prosedur uji kinerja dari destilator yaitu mengukur berat bahan (kg) terfermentasi yang akan didestilasi, atur suhu maksimal pada termokontroller sebesar 80°C, mengamati waktu keluar cairan pertama kali, serta mengukur laju destilasi. Hasil penelitian ini yaitu kadar alkohol pada setiap sampel bahan adalah 42% v/v pada sampel 24 jam, 31% v/v pada sampel 48 jam, dan 45% v/v pada sampel 72 jam. Berdasarkan uji kinerja, rata-rata laju destilasi sebesar 0,70 ml/menit. Nilai laju destilasi berturut-turut dari bahan terfermentasi 24, 48, dan 72 jam adalah 0,72, 0,61, dan 0,77 ml/menit. Rendemen yang dihasilkan oleh destilator elektrik ini adalah 8% pada percobaan pertama, 7% pada percobaan kedua dan 9% pada percobaan ketiga.

SUMMARY

Designed Electrical Destilator to Destilating *Eucheuma Cottonii* Seaweed Bioethanol; Fathan Edi Purwanto, 141710201007; 2018: 36 pages; Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology University of Jember.

Oil fueled reserves, especially from non-renewable fossil fueled, require humans to look for alternative renewable fuel sources. Anticipating the above conditions, there is a need for renewable and sustainable energy sources (*renewable and sustainable energy*). Materials that can be used as raw materials of bioethanol are seaweed species *Eucheuma cottonii* and *Eucheuma spinosum*. Making bioethanol involves a distillation process that is a substance that has a lower boiling point will evaporate first. In this case ethanol has a boiling point of 79 ° C. So it is necessary to control the temperature during the distillation process takes place. One of the ingredients that can be used as bioethanol are seaweed species such as *Eucheuma cottonii* and *Eucheuma spinosum*. Bioethanol involves distillation process. Needing for introduction of technology to solve the problem. One effort that can be made in the production of bioethanol is using an electric destilator with a temperature control system. This research will designs an electric destilator and performance test of the design by observing the rate of distillation and the resulting alcohol content. This research was conducted at Agricultural Machinery Equipment Workshop at Danau Toba Street VII Block 2 No. 173A Jember. The design, construction and performance test of electric destilator will begin on 7th December 2017 until 15th April 2018. Electrical destilator performance test is a performance automation test tool to produce bioethanol. In testing the distillation apparatus variables that needs to be observed are temperature, distillation rate, and seaweed ethanol content. Performance test procedure of the distillator is to measure the weight of the fermented (kg) material to be distilled, regulate the maximum temperature on the thermocontroller by 80°C, observe the first liquid discharge time, and measure the rate of distillation. The results of this research were alcohol content in each sample of the material was 42% v/v on the sample 24 hours, 31% v/v on the sample 48 hours, and 45% v/v in the sample 72 hours. The average distillation rate is 0.70 ml/min. The values of the respirable distillation rates is 24, 48, and 72 hour fermented materials were 0.72, 0.61, and 0.77 ml/min. The yield produced by this electric destilator was 8% in the first experiment, 7% in the second experiment and 9% in the third experiment.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Destilator Elektrik untuk Destilasi Bioetanol Rumput Laut *Eucheuma Cottonii*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Dr. Soni Sisbudi Harsono, M.Eng., M.Phil., selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Dr. Bambang Marhaenanto, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si., komisi bimbingan yang telah memberikan pengarahan dalam perbaikan skripsi ini;
3. Ibu Dian Purbasari S.Pi., M.Si., selaku penguji yang telah menguji dan memberikan pengarahan perbaikan skripsi ini;
4. Dr. Ir. Jayus., selaku penguji yang telah menguji dan memberikan pengarahan perbaikan skripsi ini;
5. Dr. Heru Ernanda, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
6. segenap Dosen dan Staff Fakultas Teknologi Pertanian Universitas yang memberikan dukungan sarana dan prasarana dalam penyelesaian penelitian serta penyusunan skripsi;
7. tim ALSINTAN yaitu Bagus, Dila, Ikhsan, Fajar, Ade, Faisal yang selalu memberi semangat dan dukungan atas penyelesaian Karya Tulis Ilmiah;
8. pengurus UKM Kependudukan tahun 2017 yang telah banyak memberikan saran kepada penulis selama menjadi mahasiswa;

9. teman-teman kamar 9 Pondok Pesantren Al Jauhar yang selalu memberikan peringatan dan saran untuk menyelesaikan penelitian;
10. teman-teman KKN 35 Asebagus UNEJ 2017 atas bantuan dan dukungannya kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian;
11. teman-teman TEP A 2014 dan teman-teman TEP 2014 yang telah banyak memberikan bantuan, kakak-kakak dan adik-adik angkatan Fakultas Teknologi Pertanian UNEJ yang telah banyak berbagi pendapat dan pengalaman;
12. teman-teman seluruh Indonesia yang pernah berkompetisi dalam lomba karya tulis ilmiah yang telah memberikan pengalaman dan ilmu dalam penyusunan skripsi
13. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulsi juga menerima segala kritik dan saran dari pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Penulis

Jember, 20 Juni 2018

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|----------|
| HALAMAN SAMPUL | i |
| HALAMAN JUDUL | ii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | iii |
| HALAMAN MOTTO | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN..... | v |
| HALAMAN PEMBIMBINGAN..... | vi |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | vii |
| RINGKASAN | viii |
| SUMMARY | x |
| PRAKATA | xii |
| DAFTAR ISI | xiii |
| DAFTAR TABEL | xvii |
| DAFTAR GAMBAR | xviii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xix |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Tujuan | 3 |
| 1.5 Manfaat | 3 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1 Bioetanol | 4 |
| 2.2 Mutu Etanol..... | 4 |
| 2.3 Proses Fermentasi | 4 |
| 2.4 Proses Destilasi | 5 |
| 2.5 Rumput Laut <i>Eucheuma Cottonii</i> | 5 |
| 2.6 Perancangan | 6 |
| 2.6.2 Baja Tahan Karat (<i>Stainless Steel</i>)..... | 6 |

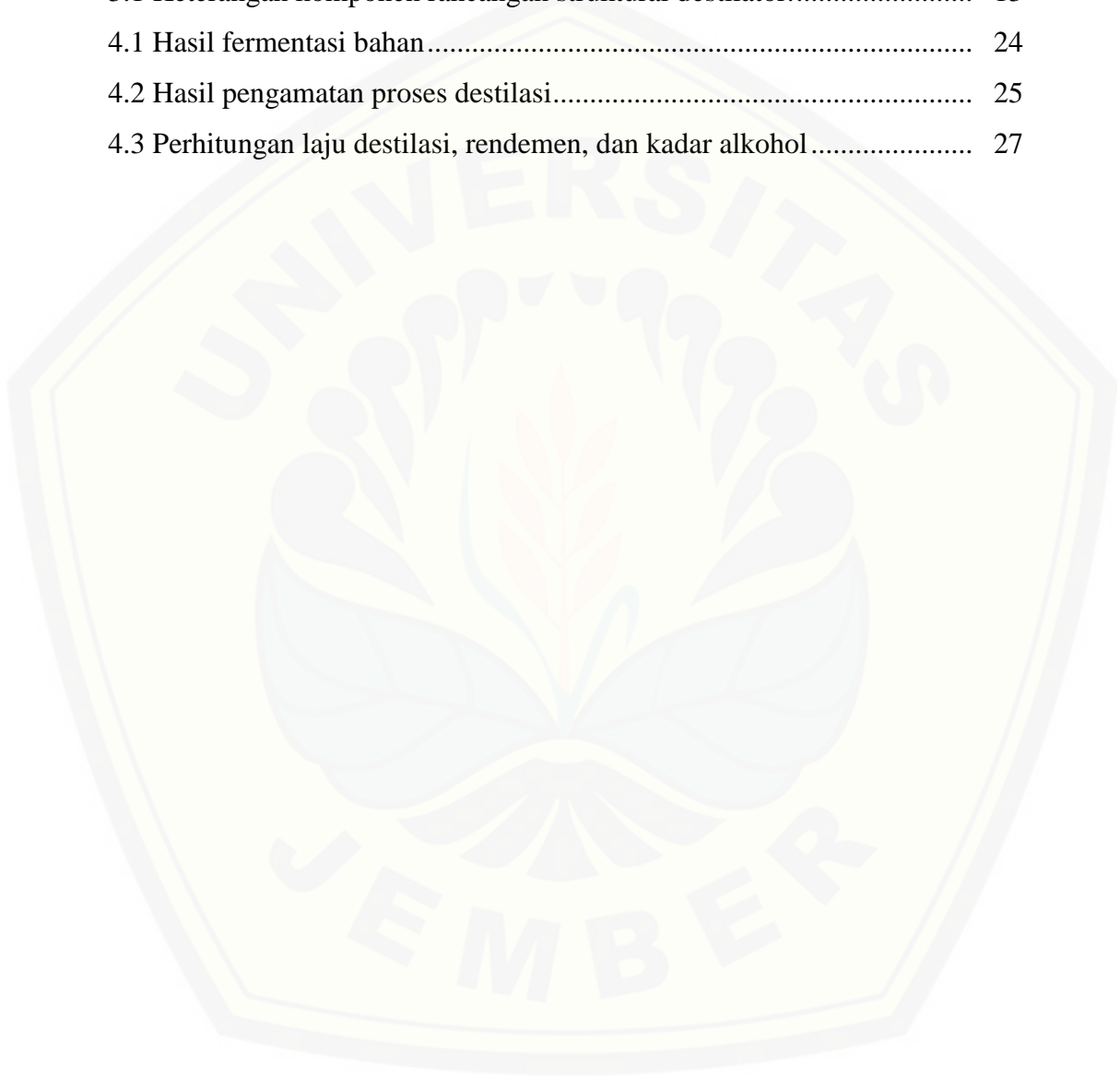
| | |
|---|-----------|
| 2.6.2 Elemen Pemanas | 7 |
| 2.6.3 Sistem Kontrol | 7 |
| BAB 3. METODE PENELITIAN | 8 |
| 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian | 8 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 8 |
| 3.3 Prosedur Penelitian | 8 |
| 3.3.1 Identifikasi Masalah | 9 |
| 3.3.2 Studi Literatur | 9 |
| 3.3.3 Rancangan Fungsional | 10 |
| 3.3.4 Rancangan Struktural | 12 |
| 3.3.5 Fermentasi Bahan | 14 |
| 3.3.6 Pengujian Alat Destilasi | 14 |
| 3.3.7 Analisa data | 15 |
| BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN | 16 |
| 4.1 Hasil Rancangan Struktural | 16 |
| 4.1.1 Tabung Bahan Destilasi | 16 |
| 4.1.2 <i>Heater</i> | 17 |
| 4.1.3 Kran <i>Output</i> Limbah Cair atau Residu | 18 |
| 4.1.4 Selang Indikator Ketinggian Air | 18 |
| 4.1.5 Sistem Kontrol | 19 |
| 4.1.6 <i>Valve</i> dan <i>Hopper</i> Input Cairan | 20 |
| 4.1.7 Penutup Tabung | 21 |
| 4.1.8 Pengunci Tutup dengan Tabung | 21 |
| 4.1.9 Kondensor dan Pipa Sirkulasi Air | 22 |
| 4.1.10 Pompa Air dan Tandon Air | 23 |
| 4.1.11 Lubang Destilat | 23 |
| 4.2 Hasil Fermentasi | 23 |
| 4.3 Uji Fungsional | 24 |
| 4.4 Uji Kinerja | 24 |
| BAB 5. PENUTUP | 29 |
| 5.1 Kesimpulan | 29 |

| | |
|-----------------------------|-----------|
| 5.2 Saran | 29 |
| DAFTAR PUSTAKA | 30 |
| LAMPIRAN..... | 32 |



DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|---------|
| 3.1 Keterangan komponen rancangan struktural destilator..... | 13 |
| 4.1 Hasil fermentasi bahan..... | 24 |
| 4.2 Hasil pengamatan proses destilasi..... | 25 |
| 4.3 Perhitungan laju destilasi, rendemen, dan kadar alkohol..... | 27 |



DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|---------|
| 3.1 Diagram alir rancang bangun alat destilasi elektrik dan uji kinerja..... | 9 |
| 3.2 Rancangan fungsional destilator elektrik | 10 |
| 3.3 Rancangan komponen sistem kontrol | 11 |
| 3.4 Mekanisme sistem kontrol | 11 |
| 3.5 Rancangan struktural destilator elektrik | 12 |
| 4.1 Bangunan destilator elektrik: (a) komponen utama destilator; (b) rangkaiian sistem kontrol suhu | 16 |
| 4.2 Bagian tabung bahan destilator: (a) bagian sisi luar tabung; (b) bagian dalam tabung | 17 |
| 4.3 Pemanas (<i>band heater</i>) pada destilator | 18 |
| 4.4 Kran pengeluaran limbah dari tabung bahan | 18 |
| 4.5 Selang indikator ketinggian air | 19 |
| 4.6 Sistem kontrol suhu: (a) bagian dalam box; (b) bagian luar box | 20 |
| 4.7 <i>Valve</i> dan <i>hopper input</i> cairan..... | 20 |
| 4.8 Penutup tabung destilator | 21 |
| 4.9 Pengunci tutup tabung dengan tabung | 21 |
| 4.10 Kondensor | 22 |
| 4.11 Pompa air dan tandon air..... | 23 |
| 4.12 Lubang Output Destilat | 23 |
| 4.13 Hasil pengamatan suhu pada ketiga sampel bahan | 26 |
| 4.14 Laju destilasi pada tiap sampel percobaan | 28 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Halaman |
|---|---------|
| A. Perhitungan laju destilasi dan rendemen pada masing masing sampel .. | 33 |
| A1. Perhitungan laju destilasi..... | 33 |
| A2. Perhitungan rendemen hasil destilasi | 33 |
| B. Pengamatan suhu destilator yang telah beroperasi dengan pada ketiga sampel bahan | 35 |
| B1. Hasil pengamatan suhu pada sampel 1 | 35 |
| B2. Hasil pengamatan suhu pada sampel 2 | 36 |
| B3. Hasil pengamatan suhu pada sampel 3 | 36 |
| C. Dokumentasi kegiatan | 37 |
| D. Gambar teknik | 39 |

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan bahan bakar minyak yang tidak dapat diperbarui semakin meningkat, hal ini menuntut manusia untuk mencari sumber bahan bakar alternatif yang dapat diperbarui. Peningkatan jumlah penduduk di Indonesia juga mengakibatkan peningkatan konsumsi bahan bakar minyak (BBM), hal ini berbanding terbalik dengan ketersediaan minyak bumi yang semakin menurun. Kebutuhan energi yang semakin meningkat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya peningkatan jumlah penduduk, peningkatan taraf hidup masyarakat, jumlah kendaraan yang semakin meningkat dan jumlah industri semakin pesat sehingga menyebabkan konsumsi energi yang meningkat.

Untuk mengantisipasi kondisi diatas, maka dibutuhkan adanya sumber energi yang dapat diperbarui dan bersifat berkelanjutan (*Renewable and Sustainable Energy*). Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (BBN) atau *biofuel* sebagai sumber energi yang dapat diperbaharui dapat merupakan salah satu pilihan untuk membantu mengatasi besarnya tekanan kebutuhan BBM. Untuk mempercepat pengembangan bahan bakar nabati dikeluarkan Instruksi Presiden No. 1 Tahun 2006 tentang penyediaan dan pemanfaatan BBN sebagai bahan bakar lain dan ditindaklanjuti dengan pembentukan Tim Nasional Pengembangan Bahan Bakar Nabati (BBN). Bahan bakar nabati tersebut selanjutnya disebut dengan bioetanol (Kementerian PPN/BAPPENAS, 2015). Bioetanol adalah istilah yang digunakan untuk etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi gula reduksi, untuk membedakannya dari etanol yang dihasilkan dengan cara sintesis. Bioetanol merupakan etanol (C_2H_5OH) yang diproduksi dari biomassa melalui fermentasi menggunakan yeast/khamir. Bioetanol ini memiliki keunggulan yaitu mudah terurai dan aman bagi lingkungan. Bioetanol telah dikenal sejak lama, senyawa ini juga merupakan bahan bakar alternatif dan terbarukan. Sebagai bahan bakar, bioetanol dapat digunakan langsung atau dicampur dengan bahan bakar lain, terutama *gasoline*, dan campurannya dikenal sebagai gasohol.

Bioetanol yang digunakan sebagai bahan bakar mempunyai beberapa

kelebihan, diantaranya murah dan ramah lingkungan karena bahan bakar tersebut memiliki nilai oktan 92, lebih tinggi dari Premium (88), sedangkan Pertamina memiliki nilai oktan 94. Hal ini menyebabkan bioetanol dapat menggantikan fungsi zat aditif yang sering ditambahkan untuk memperbesar nilai oktan tanpa bersifat toksik sehingga merupakan bahan bakar alternatif potensial untuk dikembangkan (Agustin *et al.*, 2015).

Rumput laut merupakan salah satu jenis bahan yang potensial untuk dijadikan bahan baku dalam produksi bioetanol. Produktivitas rumput laut setiap tahunnya dapat menghasilkan 19.000 liter bioetanol per hektar. Produktivitas tersebut lima kali lebih besar jika dibandingkan dengan jagung dan dua kali lebih besar dibandingkan dengan tebu. Rumput laut hanya membutuhkan kurang dari 3% dari perairan pesisir dunia untuk menghasilkan rumput laut yang cukup untuk menggantikan 60 miliar galon bahan bakar fosil (Sanglap, 2012). Salah satu bahan yang dapat dijadikan bahan baku bioetanol adalah rumput laut jenis *Eucheuma cottonii*. Jenis bahan tersebut mengandung karbohidrat 68,48% (Setyobudiandi *et al.*, 2009), selain itu menurut Winarno (1996), jenis rumput laut tersebut memiliki nilai ekonomis dan sudah dibudidayakan di hampir seluruh perairan Indonesia.

Pembuatan bioetanol melibatkan proses destilasi. Destilasi adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap (*volatilitas*) bahan. Campuran zat yang dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali kedalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu. Dalam hal ini etanol mempunyai titik didih sebesar 79°C. Sehingga perlu untuk mengontrol temperatur saat proses destilasi berlangsung (Hariyanto, 2012; Prihardana, *et al.* 2007).

Berdasarkan penjabaran di atas, perlu adanya introduksi teknologi untuk mengatasi masalah tersebut. Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam produksi bioetanol adalah menggunakan destilator elektrik dengan sistem kontrol temperatur yang dapat disesuaikan, sistem kontrol ini memakai peralatan elektrik diantaranya adalah termokontroler yang memanfaatkan termokopel dalam

pengaturan suhu, sehingga dapat mempermudah produksi etanol. Penelitian ini akan merancang bangun destilator elektrik dan menguji kinerja hasil rancangan dengan pengamatan laju destilasi dan kadar alkohol yang dihasilkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, didapatkan rumusan masalah yaitu bagaimana proses desain dan rancang bangun destilator elektrik, serta uji kinerja destilator elektrik melalui produksi bioetanol rumput laut.

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian yang dilakukan adalah melakukan desain rancangan dan pembuatan alat destilator. Output yang ingin dihasilkan adalah rancangan alat destilator yang dapat memproduksi bioetanol rumput laut menggunakan kontrol suhu otomatis, mengukur laju destilasi dan mengetahui kadar alkohol rumput laut, dengan menggunakan alkoholmeter.

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan, tujuan dari penulisan karya ilmiah ini adalah sebagai berikut:

- a. mendesain dan merancang bangun destilator elektrik;
- b. menguji kinerja destilator elektrik hasil desain secara fungsional;
- c. mengukur laju destilasi dan kadar alkohol hasil destilasi rumput laut *Eucheuma cottonii*.

1.5 Manfaat

Manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ilmiah ini bagi masyarakat dan lingkungan yaitu:

- a. pengembangan wawasan dan pengetahuan dalam bidang keteknikan pertanian;
- b. memberikan metode untuk mengolah hasil budidaya rumput laut sebagai upaya diversifikasi produk rumput laut *Eucheuma cottonii*.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Bioetanol

Menurut Hutrindo dalam Susilo (2009) bioetanol (C_2H_5OH) adalah cairan biokimia dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Bioetanol dibuat dengan bahan baku yang memiliki kandungan gula seperti tebu, nira aren, jagung, ubi-ubian, bahan berserat yang berupa limbah pertanian.

Menurut Prihardana *et al.* (2007), bahan bakar bioetanol harus bebas dari endapan dan zat terlarut secara visual, sehingga terlihat jernih dan terang pada suhu kamar.

2.2 Mutu Etanol

Menurut Prihardana *et al.* (2007), etanol dikategorikan dalam dua kelompok utama yaitu yang pertama, etanol 95-96%, disebut etanol berhidrat yang dibagi dalam tiga *grade* yaitu:

- a. *Technical/raw spirit grade*, digunakan untuk bahan bakar spiritus, minuman, desinfektan, dan pelarut;
- b. *Industrial Grade*, yang digunakan untuk bahan baku industri dan pelarut;
- c. *Potable Grade*, yang digunakan untuk minuman berkualitas tinggi.

Kedua yaitu etanol $> 99,5\%$, yang digunakan untuk bahan bakar. Jika dimurnikan lebih lanjut dapat digunakan untuk keperluan farmasi dan pelarut di laboratorium analisis. Etanol ini disebut *fuel grade ethanol* (FGE) atau *anhydrous ethanol* (etanol anhidrat) atau etanol kering, yaitu etanol yang bebas air atau hanya mengandung air minimal.

2.3 Proses Fermentasi

Menurut Judoamidjojo, *et al.* (1992), fermentasi berasal dari kata latin yaitu *ferfere* yang artinya mendidihkan. Fermentasi merupakan proses mikrobiologi yang dikendalikan oleh manusia untuk memperoleh produk yang

berguna, dimana terjadi pemecahan karbohidrat dan asam amino secara anaerob. Peruraian dari kompleks menjadi sederhana dengan bantuan mikroorganisme sehingga menghasilkan energi.

Fermentasi dapat diartikan juga sebagai perubahan gradual oleh enzim beberapa bakteri, khamir dan jamur. Contoh perubahan kimia dari fermentasi meliputi pengasaman susu, dekomposisi pati dan gula menjadi alkohol dan karbondioksida, serta oksidasi senyawa nitrogen organik. Perubahan gula pereduksi menjadi etanol dilakukan oleh enzyme invertase, yaitu enzim kompleks yang terkandung dalam ragi (Judoamidjono, *et al.*,1992).

2.4 Proses Destilasi

Menurut Brown dalam Hariyanto (2012), destilasi adalah metoda untuk pemisahan suatu campuran homogen yang berdasarkan pada perbedaan titik didih komponen-komponen yang ada di dalam campuran. Dalam prakteknya ada berbagai macam proses destilasi. Hal ini disebabkan oleh keadaan-keadaan tertentu untuk pemisahan komponen dalam suatu campuran seperti perbedaan titik didih antar komponen yang cukup besar atau kecil dan tingkat kemurnian yang diinginkan terhadap produk yang dihasilkan. Proses-proses destilasi yaitu proses destilasi normal, proses destilasi bertingkat, dan proses destilasi vakum.

Proses destilasi normal yaitu suatu proses destilasi dengan menggunakan tekanan atmosfer. Proses destilasi bertingkat yaitu suatu proses destilasi dengan letak pengambilan hasil bertingkat-tingkat atau setelah didestilasi hasilnya didestilasi lebih lanjut untuk memperoleh konsentrasi yang lebih baik. Proses destilasi vakum yaitu suatu proses destilasi dengan menggunakan tekanan yang sangat rendah (vakum), pada proses ini titik didih campuran yang akan dipisahkan mendekati, sehingga pemisahannya menjadi sulit.

2.5 Rumput Laut *Eucheuma cottonii*

Menurut Setyobudiandi *et al.* (2009), rumput laut dibedakan berdasarkan perbedaan kandungan pigmen yang dimiliki. Rumput laut merah didominasi oleh pigmen yang menimbulkan warna merah yaitu *fikoeretin* dan *fikosianin*. Salah

satu jenis rumput laut merah adalah rumput laut *Eucheuma cottonii* yang termasuk dalam *Filum Rhodophyta*.

Klasifikasi rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* adalah sebagai berikut:

| | |
|---------|-----------------------------|
| Kingdom | : Plantae |
| Divisi | : Rhodopyta |
| Kelas | : Rhodophyceae |
| Ordo | : Gigartinales |
| Familia | : Solieriaceae |
| Genus | : <i>Eucheuma</i> |
| Spesies | : <i>Eucheuma alvarezii</i> |

Umumnya *Eucheuma cottonii* tumbuh dengan baik di daerah pantai terumbu (*reef*). Habitat khasnya adalah daerah yang memperoleh aliran air laut. kondisi perairan yang sesuai untuk budidaya rumput laut *Eucheuma cottonii* yaitu perairan terlindung dari terpaan angin dan gelombang yang besar, kedalaman perairan 7,65 – 9,72 m, salinitas 33-35 ppt, suhu air laut 28-30 °C, kecerahan 2,5 –5,25 m, pH 6,5 – 7,0 dan kecepatan arus 22-48 cm/detik. Rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* mengandung kadar abu 19,92 %, protein 2,80 %, lemak 1,78 %, serat kasar 7,02 % dan mengandung karbohidrat yang cukup tinggi yaitu sekitar 68,48 % (Setyobudiandi *et al.*, 2009).

2.6 Perancangan

Perencanaan mesin mencakup semua perencanaan mesin, berarti perencanaan dari sistem dan segala yang berkaitan dengan sifat mesin, elemen mesin, struktur dan instrumen. Sehingga didalamnya menyangkut seluruh disiplin teknik mesin (Ahmad, 1999).

2.6.1 Baja Tahan Karat (*Stainless Steel*)

Istilah baja tahan karat (*stainless steel*) menandai tingkat ketahanan korosi yang tinggi. Sesuai dengan namanya, *stainless steel* merupakan paduan kromium dan besi yang mempunyai ketahanan korosi sangat baik. ketahanan korosi akibat terbentuknya lapisan oksida kromium. Kandungan kromium minimum 30%, 12% untuk membentuk lapisan, dan 18% untuk ketahanan korosi udara. Elemen lain

misal nikel, aluminium, silikon, dan *molybdenum*. Baja tahan karat digunakan dalam kimia proses, peralatan proses minyak, perpipaan, dan sebagainya (Mott, 2009)

2.6.2 Elemen Pemanas

Elemen pemanas merupakan piranti yang mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui proses *Joule Heating*. Prinsip kerja elemen panas adalah arus listrik yang mengalir pada elemen menjumpai resistansinya, sehingga menghasilkan panas pada elemen. Pemanasan diperlukan dalam proses destilasi bahan. Panas termal pada proses destilasi memerlukan adanya pengendalian agar dapat optimal dalam memisahkan bahan. (Kuswandi, 2007).

2.6.3 Sistem Kontrol

Sistem kontrol adalah pengaturan ataupun pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (*variabel, parameter*) sehingga benda pada suatu harga atau suatu rangkuman (*range*) tertentu. Ada 3 parameter yang harus diperhatikan pada sistem kontrol proses yaitu cara kerja sistem kontrol, keterbatasan pengetahuan operator dalam pengontrolan proses dan peran instrumentasi dalam membantu operator pada pengontrolan proses. Empat langkah yang harus dikerjakan oleh seorang operator yaitu mengukur, membandingkan, menghitung, dan mengkoreksi (Bolton, 2006).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Perancangan dan konstruksi destilator elektrik dimulai sejak tanggal 7 Desember 2017. Adapun untuk pengujian kinerja destilator dilaksanakan pada tanggal 30 Maret 2018 sampai dengan 15 April 2018. Penelitian ini dilaksanakan di Bengkel Mesin Peralatan Pertanian yang berlokasi di Jalan Danau Toba VII Blok 2 No. 173A Jember.

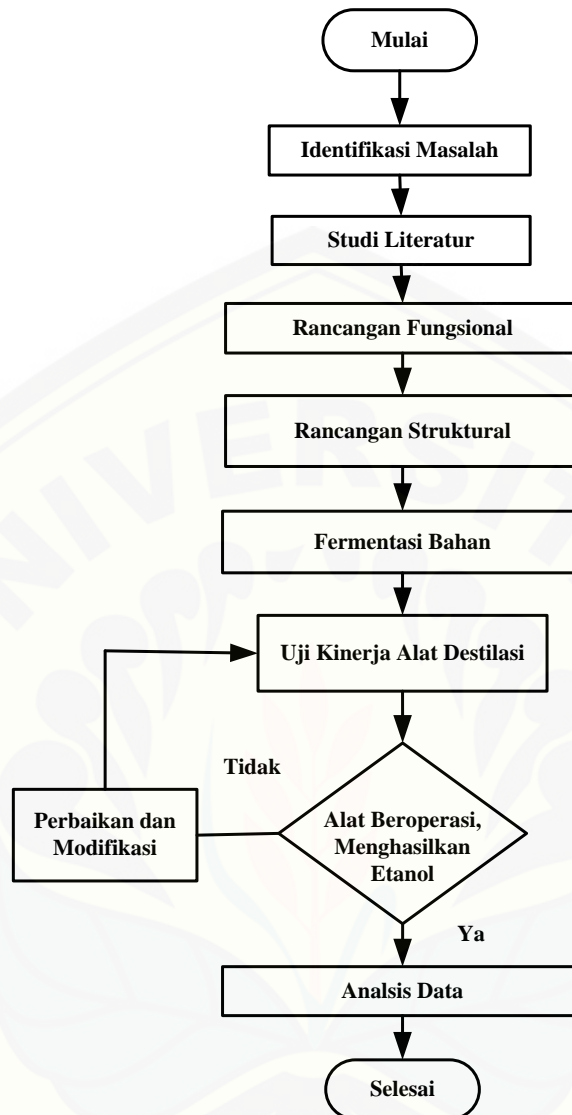
3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah komputer dan *Software Autocad*, mesin las listrik tipe Nordika 3250 merk Telwin, gerinda potong tipe Maltek merk Makita, bor duduk, bor tangan merk Krisbow, kunci pas, obeng, tang alat tulis menulis, kamera digital, alkoholmeter, termometer, dan stopwatch.

Bahan yang digunakan untuk konstruksi alat destilasi elektrik dalam penelitian ini yaitu baja tahan karat (*stainless steel*), valve, selang elastis, *double naple*, termokontroler, pompa air. Sedangkan bahan pengujian yang digunakan untuk penelitian ini adalah rumput laut jenis *Euchema cottoni* yang telah difermentasi.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur dalam penelitian ini dibagi dalam dua tahap yaitu rancang bangun destilator elektrik dan uji kinerja destilator yang telah selesai dibangun. Diagram alir prosedur penelitian ini meliputi: identifikasi masalah, studi literatur, analisis perancangan, rancang bangun alat destilasi elektrik, fermentasi bahan, uji kinerja alat destilasi elektrik, analisa data, dan penyusunan laporan. Sebagaimana yang tersaji pada Gambar 3.1 adalah diagram alir prosedur penelitian.



Gambar 3.1 Diagram alir rancang bangun alat destilasi elektrik dan uji kinerja

3.3.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah memberikan gambaran hipotesa awal sebelum merancang alat yang ditentukan, masalah-masalah yang muncul pada penggunaan alat destilasi. Tujuan dari identifikasi masalah ini yaitu agar alat yang telah dirancang dan dibangun dapat diimplementasikan dengan baik.

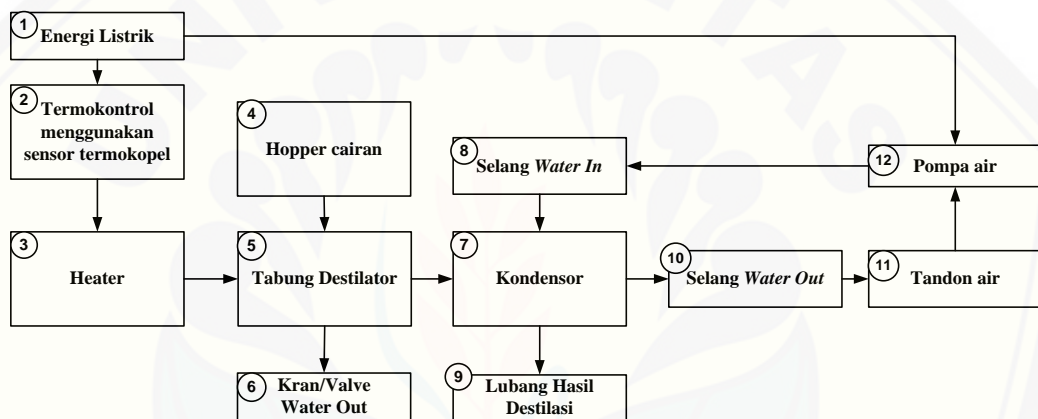
3.3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai peninjau mengenai destilasi dan sumber energi terbarukan jenis etanol. Studi literatur juga dapat memberikan gambaran-

gambaran mengenai destilator elektrik dengan berbagai elemen bahan yang digunakan serta kinerjanya sehingga dapat digunakan dalam proses rancang bangun destilator elektrik. Literatur yang dijadikan referensi meliputi buku, karya ilmiah, dan jurnal.

3.3.3 Rancangan Fungsional

Rancangan fungsional menjelaskan mengenai fungsi-fungsi apa saja dari alat yang akan dibangun, rancangan fungsional dapat berupa diagram alir kemudian diberi keterangan. Seperti yang disajikan pada Gambar 3.2 adalah diagram rancangan fungsional.

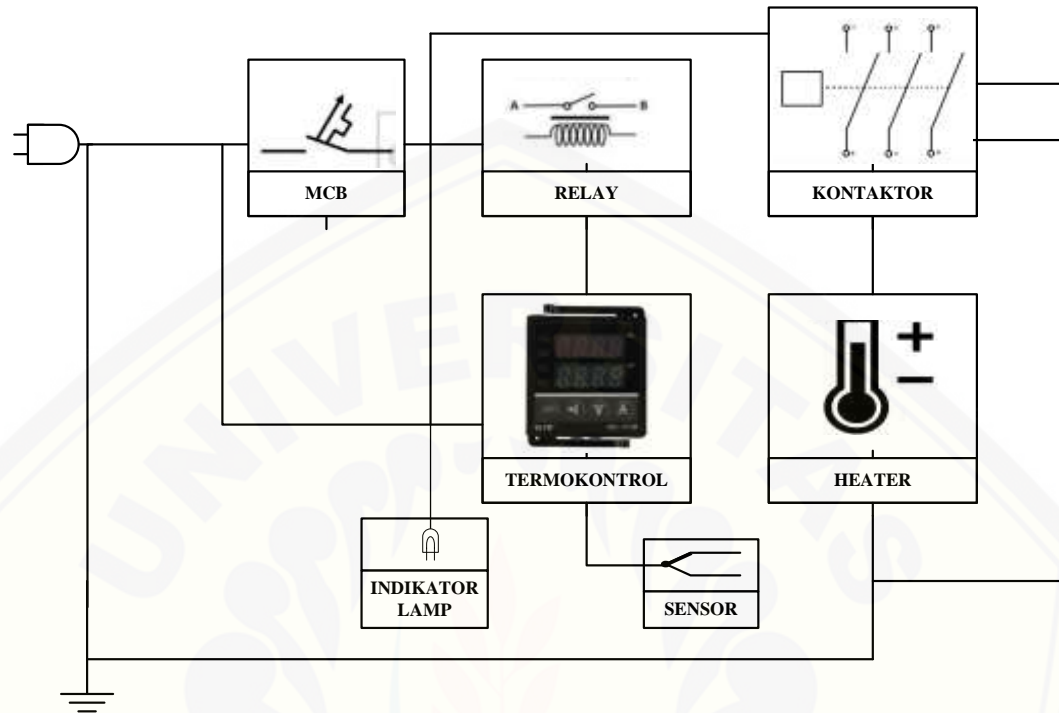


Gambar 3.2 Rancangan fungsional destilator elektrik

Berikut merupakan uraian dari Gambar 3.2.

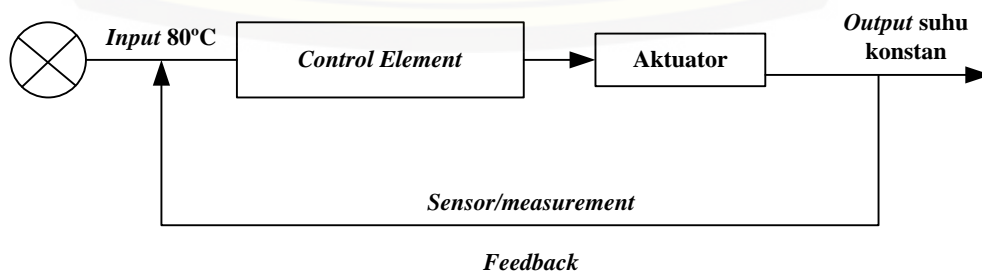
1. Energi listrik, berfungsi sebagai sumber energi untuk mengoperasikan destilator;
2. Sistem kontrol (termokontrol), berfungsi untuk mengendalikan suhu pada range yang dikehendaki secara otomatis, sistem ini menggunakan sensor termokopel yang dipasang pada tabung bagian dalam destilator. Komponen sistem kontrol terdiri dari beberapa bagian yaitu termokontrol RKC rex-C100, kontaktor S-N10 20A, MCB (*Miniature Circuit Breakers*) Schneider Domae 230V, relay Omron MK2P-1 220V, *panel box*, kabel NYA 0,75 mm, sensor termokopel 2 m WRNT-01 K serta lampu indikator Bossecom merah (ON) dan hijau (OFF). Rangkaian sistem kontrol tersebut diletakkan dalam

box panel ukuran 25x25 cm, dioperasikan melalui energi listrik dan dipasang di rangka batang *stainless steel* setinggi 0,85 m dengan lebar 0,25 m.



Gambar 3.3 Rancangan komponen sistem kontrol

Sistem kontrol temperatur bergantung pada controller, yang menerima sensor suhu dari termokopel sebagai masukan untuk membandingkan suhu sebenarnya untuk kontrol suhu yang diinginkan atau *setpoint*, dan menyediakan *output* untuk mengontrol elemen. Salah satu manfaat dari temperatur kontrol adalah sebagai *switch* on/off. Controller on/off akan beralih *output* hanya ketika suhu melintasi *setpoint*. Pada sistem ini *output* adalah pada saat suhu berada di bawah *setpoint*, dan off atas *setpoint*. Aktuator pada sistem ini adalah *band heater* elektrik. Diagram mekanisme sistem kontrol pada Gambar 3.4.

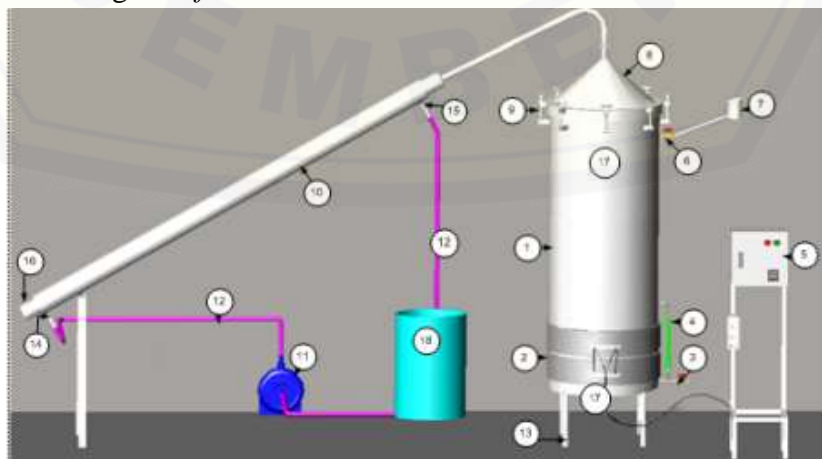


Gambar 3.4 Mekanisme sistem kontrol

3. *Heater*, berfungsi sebagai pemanas yang menempel di tabung destilator untuk memanaskan bahan yang akan didestilasi;
4. *Hopper* cairan, berfungsi untuk memasukkan cairan ketika destilator beroperasi;
5. Tabung destilator berfungsi untuk menampung bahan bahan yang akan didestilasi;
6. Kran/*valve water out*, berfungsi sebagai pembuangan limbah cairan atau residu setelah proses destilasi;
7. Kondensor berfungsi sebagai pendingin uap panas proses destilasi, untuk dicairkan kembali dengan sirkulasi air yang ada di kondensor;
8. Selang *water in* menghubungkan antara pompa air dengan kondensor, untuk memasukkan air dingin dari tandon air.
9. Lubang hasil destilasi adalah tempat keluarnya cairan destilat;
10. Selang *water out* menghubungkan antara pompa air dengan kondensor, untuk mengeluarkan air dingin dari tandon air;
11. Tandon air berfungsi sebagai tempat penampung dan sirkulasi air dari dan menuju kondensor;
12. Pompa air berfungsi untuk menyedot dan menyemprotkan air untuk sirkulasi ke kondensor.

3.3.4 Rancangan Struktural

Gambar 3.4 adalah bagian-bagian atau komponen alat destilator elektrik yang didesain dengan *Software Autocad 2002*.



Gambar 3.5 Rancangan struktural destilator elektrik

Keterangan mengenai komponen destilator dari Gambar 3.4 disajikan pada Tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1. Keterangan komponen rancangan struktural destilator.

| No | Komponen | Material | Ukuran |
|----|---|--|--|
| 1 | Tabung bahan destilasi | <i>Stainless steel</i> | diameter 50 cm tinggi 100 cm |
| 2 | <i>Heater</i> | <i>Stainless steel</i> | diameter 50 cm tinggi 30 cm |
| 3 | Kran output limbah/residu | Besi | - |
| 4 | Selang indikator ketinggian air | Selang elastis | diameter 2 cm panjang 55 cm |
| 5 | Sistem kontrol | Temokontrol RKC Rex-C 100, kontaktor, MCB, relay, box panel, kabel NYA 0,75 mm, lampu indikator merah dan hijau, sensor termokopel | lebar 25 cm tinggi 84 cm |
| 6 | Valve input cairan | Besi | - |
| 7 | <i>Hopper input</i> cairan | <i>Stainless steel</i> | diameter 7 cm tinggi 9 cm |
| 8 | Tutup tabung | <i>Stainless steel</i> | diameter 50 cm tinggi 32 cm |
| 9 | Pengunci tutup tabung | Mur dan <i>stainless steel</i> | tinggi 10 cm panjang 5 cm |
| 10 | Kondensor | <i>Stainless steel</i> | diameter 10 cm panjang 200 cm, terdapat pipa kecil bagian dalam kondensor sebanyak 6 buah dengan ukuran diameter 1 cm panjang 200 cm |
| 11 | Pompa air | - | - |
| 12 | Selang air penghubung pompa dan kondensor | Selang elastis | diameter 5/8 inchi panjang 600 cm |
| 13 | Kaki tabung | <i>Stainless steel</i> | diameter 3 cm panjang 40 m |
| 14 | <i>Water in</i> pada kondensor | <i>Stainless steel</i> | diameter 1 cm panjang 5 cm |
| 15 | <i>Water out</i> pada kondensor | <i>Stainless steel</i> | diameter 1 cm panjang 5 cm |
| 16 | <i>Output</i> bahan terdestilat | <i>Stainless steel</i> | diameter 8 cm panjang 8 cm |
| 17 | Lubang sensor termokopel | Mur | diameter 0,5 cm |
| 18 | Tandon air | Plastik | - |

3.3.5 Fermentasi Bahan

Proses fermentasi bahan untuk pembuatan bioetanol dilaksanakan dengan cara fermentasi anaerob. Adapun bahan penelitian yang dibutuhkan untuk proses fermentasi pembuatan bioetanol adalah sebagai berikut:

1. Rumput laut *eucheuma cottonii* kering dengan berat 3 kg;
2. *Saccaromyces cereviseae* 3% dari bahan;

Menurut Goebol dalam Wiratmaja, *et al.* (2011), *Sacharomyces Cereviceae* merupakan mikroorganisme unggul yang digunakan dalam proses fermentasi etanol. Dalam melakukan proses fermentasi, *S. cerevisiae* dipengaruhi oleh faktor tumbuh yang meliputi pH pertumbuhan antara 2,0-8,6 dengan pH optimum antara 4,5-5,0. Laju fermentasi gula oleh *Saccharomyces cerevisiae* relatif intensif pada pH 3,5-6,0. *Saccharomyces cerevisiae* dapat memfermentasi glukosa, sukrosa, galaktosa serta rafinosa dan merupakan top yeast tumbuh cepat dan sangat aktif memfermentasi pada suhu 20°C. *Saccharomyces cerevisiae* dapat toleran terhadap alkohol yang cukup tinggi, tahan terhadap kadar gula yang tinggi dan tetap aktif melakukan fermentasi pada suhu 24-32°C.

Sedangkan alat yang dibutuhkan dalam proses fermentasi timba/baskom yg memiliki penutup rapat, dan termometer. Proses fermentasi dilakukan selama 24, 48 dan 72 jam.

3.3.6 Pengujian Alat Destilasi

Pengujian alat destilasi meliputi uji fungsional dan uji kinerja. Uji fungsional dilakukan dengan cara mengamati dan menguji komponen yang digunakan pada alat sehingga dapat diketahui apakah alat berfungsi dengan baik untuk tetap menjaga bahan yang terfermentasi dan menghasilkan produk bioetanol.

Sedangkan uji kinerja destilator elektrik ini adalah uji kinerja otomasi alat untuk menghasilkan bioetanol. Jika alat belum beroperasi dengan baik untuk mengasilkan bioetanol, maka akan dilakukan perbaikan dan dilakukan pengujian kembali. Dalam pengujian alat distilasi variabel yang perlu diamati adalah suhu, laju destilasi, dan kadar etanol rumput laut.

Prosedur uji kinerja dari destilator yaitu sebagai berikut:

- a. mengukur berat bahan (kg) terfermentasi yang akan didestilasi;
- b. mengatur suhu maksimal pada termokontroller sebesar 80°C;
- c. mengamati waktu keluar cairan pertama kali dari lubang destilat;
- d. mengukur laju destilasi dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Laju Destilasi} = \frac{\text{Berat Destilat}}{\text{Waktu}} \dots\dots\dots (3.1)$$

- e. mengukur kadar etanol terdestilasi menggunakan alat alkoholmeter;
- f. melakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

Parameter yang digunakan untuk mengetahui keberhasilan destilator elektrik ini adalah apabila dapat menghasilkan bioetanol rumput laut dengan kontrol suhu otomatis.

3.3.7 Analisa data

Analisa data dan kesimpulan berfungsi untuk menganalisa dan menyimpulkan apakah penelitian sesuai dengan tujuan yang diharapkan atau tidak. Apabila telah sesuai dengan tujuan yang diharapkan, maka penelitian dilanjutkan dengan pengambilan data dan penyusunan laporan dengan menggunakan tabel dan grafik yang diolah oleh program *Ms. Excel*.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Rancang bangun destilator elektrik menghasilkan rata-rata kadar alkohol 39% v/v, pada proses destilasi selama 6 jam menggunakan bahan baku rumput laut *Eucheuma cottonii* yang difermentasi secara sederhana selama 24, 48, dan 72 jam. Kadar alkohol yang dihasilkan pada setiap sampel bahan adalah 42% v/v pada sampel 24 jam, 31% v/v pada sampel 48 jam, dan 45% v/v pada sampel 72 jam.
2. Berdasarkan uji kinerja, diketahui bahwa rata-rata laju destilasi sebesar 0,70 ml/menit. Nilai laju destilasi berturut-turut dari bahan terfermentasi 24, 48, dan 72 jam adalah 0,72, 0,61, dan 0,77 ml/menit.
3. Rendemen yang dihasilkan oleh destilator elektrik ini adalah 8% pada percobaan pertama, 7% pada percobaan kedua dan 9% pada percobaan ketiga.

5.2 Saran

Perlu adanya penambahan sistem pemanas lain seperti kompor otomatis untuk mempercepat dan mengoptimalkan waktu destilasi, karena menggunakan *heater* elektrik waktu operasional menjadi lama yaitu rata-rata 159 menit dalam menguapkan bahan, perlu adanya uji kinerja mesin menggunakan kapasitas maksimal serta bioetanol hasil destilasi dari alat ini perlu dimurnikan kembali. Destilator elektrik ini dapat digunakan untuk bahan baku lain yang mempunyai karakteristik dapat didestilasi. Penelitian elektrifikasi dan konsumsi energi dari destilator ini dapat dikembangkan agar dapat memperoleh hasil yang efektif dan efisien. Dimensi destilator dapat dibuat lebih portabel, agar dapat memudahkan dalam pengoperasiannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, N., Wahyuningrum, L., dan Harjunowibowo, D. (2015). Rancang Bangun Teknologi Destilasi Bioetanol untuk Bahan Bakar Terbarukan. Nasional. Retrieved from http://lppm.uns.ac.id/kinerja/files/pemakalah/lppm-pemakalah-201214082013942_51.pdf [diakses 25 April 2017].
- Ahmad, Z. 1999. *Elemen Mesin-I*. Bandung: PT. Refika Aditama.
- Bolton, W. 2006. *Sistem Instrumentasi dan Sistem Kontrol*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Hariyanto, D. (2012). Rancang Bangun Kontrol Panas Evaporator Pada Compact Destilator. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia.
- Instruksi Presiden Republik Indonesia. 2006. Tentang penyediaan pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai bahan bakar lain. Serial Online <http://www.hubdat.dephub.go.id/kepres-inpres-perpres/instruksi-presiden/62-inpres-no-1-tahun-2006-ttg-penyediaan-dan-pemanfaatan-bahan-bakar-nabati-biofuel/download.pdf> [diakses pada 30 April 2017].
- Kementerian PPN/BAPPENAS. 2015. Kajian Pengembangan Bahan Bakar Nabati (BBN). Serial Online http://www.bappenas.go.id/files/7414/7546/9950/Kajian_Pengembangan_BBN_2015.pdf [diakses pada 27 April 2017].
- Kuswandi, S. 2007. *Kendali Cerdas, Teori dan Aplikasi Praktisnya*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Mott, L. R. 2009. *Elemen-Elemen Mesin dalam Perancangan Mekanis 1*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Novanti, J. 2009. *Perancangan Dan Uji Coba Alat Evaporator Nira Aren*. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan
- Poedjiadi, A., dan Supriyanti, T. 2006. *Dasar-dasar Biokimia*. Jakarta: UI Press
- Prihardana, R., Noerjiwan, K., Adinurani, G., Setyaningsih, D., Setiadi, S., & Hendoko, R. (2007). *Bioetanol Ubi Kayu: Bahan Bakar Masa Depan*. Jakarta: PT. Agromedia Pustaka.
- Setyobudiandi, I., Soekendari, E., Juariah, U., Bahtiar, dan Hari, H. (2009). *Rumput Laut Indonesia Jenis dan Upaya Pemanfaatannya*. Kendari: Unhalu Press.

- Judoamidjojo, M., Darwis, A. A., dan Sa'id, E. G. 1992. *Teknologi Fermentasi*. Jakarta: Rajawali.
- Sanglap, R. 2012. Seaweed to Ethanol Breakthrough. [http:// au. ibtimes.com/ articles/288304/ 20120127/seaweed-ethanol-breakthrough.html](http://au.ibtimes.com/articles/288304/20120127/seaweed-ethanol-breakthrough.html). [27 Juli 2018]
- Susilo, S. (2009). Rancangan dan Uji Kinerja Alat Distilasi Etanol Dengan Metode Rektifikasi. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007. *Tentang Energi*. Serial Online <http://pome.ebtke.esdm.go.id/uploads/doc/uu-30-2007.pdf> [Diakses pada 25 April 2017].
- Winarno, F. G. (1996). *Teknologi Pengolahan Rumput* (1st ed.). Jakarta: Pustaka Sinar Harapan.
- Wiratmaja, I. G., Kusuma, I. G. B. W., dan Winaya, I. N. S. 2011. *Pembuatan Etanol Generasi Kedua dengan Memanfaatkan Limbah Rumput Laut Eucheuma Cottonii sebagai Bahan Baku*. Universitas Udayana. Jurnal Ilmiah Vol. 5 No. 1.

LAMPIRAN A. PERHITUNGAN LAJU DESTILASI DAN RENDEMEN PADA MASING-MASING SAMPEL

A1. Perhitungan Laju Destilasi

Sampel 1

$$\begin{aligned}\text{Laju Destilasi} &= \frac{\text{Volume hasil destilasi (ml)}}{\text{waktu destilasi (menit)}} \\ &= \frac{260 \text{ ml}}{360 \text{ menit}} \\ &= 0,72 \text{ ml/menit}\end{aligned}$$

Sampel 2

$$\begin{aligned}\text{Laju Destilasi} &= \frac{\text{Volume hasil destilasi (ml)}}{\text{waktu destilasi (menit)}} \\ &= \frac{220 \text{ ml}}{360 \text{ menit}} \\ &= 0,61 \text{ ml/menit}\end{aligned}$$

Sampel 3

$$\begin{aligned}\text{Laju Destilasi} &= \frac{\text{Volume hasil destilasi (ml)}}{\text{waktu destilasi (menit)}} \\ &= \frac{280 \text{ ml}}{360 \text{ menit}} \\ &= 0,77 \text{ ml/menit}\end{aligned}$$

A2. Perhitungan Rendemen Hasil Destilasi

Sampel 1

$$\begin{aligned}\text{Rendemen} &= \frac{\text{Jumlah hasil destilasi (ml)}}{\text{Jumlah bahan sebelum destilasi (kg)}} \times 100\% \\ &= \frac{260 \text{ ml}}{3 \text{ kg}} \times 100\% \\ &= \frac{0,26 \text{ kg}}{3 \text{ kg}} \times 100\% \\ &= 8,6 \%\end{aligned}$$

Sampel 2

$$\begin{aligned}\text{Rendemen} &= \frac{\text{Jumlah hasil destilasi (ml)}}{\text{Jumlah bahan sebelum destilasi (kg)}} \times 100\% \\ &= \frac{220 \text{ ml}}{3 \text{ kg}} \times 100\% \\ &= \frac{0,22 \text{ kg}}{3 \text{ kg}} \times 100\% \\ &= 7,33 \%\end{aligned}$$

Sampel 3

$$\begin{aligned}\text{Rendemen} &= \frac{\text{Jumlah hasil destilasi (ml)}}{\text{Jumlah bahan sebelum destilasi (kg)}} \times 100\% \\ &= \frac{280 \text{ ml}}{3 \text{ kg}} \times 100\% \\ &= \frac{0,28 \text{ kg}}{3 \text{ kg}} \times 100\% \\ &= 9,33 \%\end{aligned}$$

LAMPIRAN B. PENGAMATAN SUHU DESTILATOR YANG TELAH BEROPERASI DENGAN PADA KETIGA SAMPEL BAHAN

B1. Hasil Pengamatan Suhu pada Sampel 1

| No | Pengamatan (Waktu) | Suhu (°C) | menit ke- |
|----|--------------------|-----------|-----------|
| 1 | 11.42 | 25 | 0 |
| 2 | 12.12 | 30 | 30 |
| 3 | 12.42 | 42 | 60 |
| 4 | 13.12 | 54 | 90 |
| 5 | 13.42 | 61 | 120 |
| 6 | 14.12 | 71 | 150 |
| 7 | 14.42 | 80 | 180 |
| 8 | 15.12 | 77 | 210 |
| 9 | 15.42 | 79 | 240 |
| 10 | 16.12 | 80 | 270 |
| 11 | 16.42 | 78 | 300 |
| 12 | 17.12 | 80 | 330 |
| 13 | 17.42 | 80 | 360 |

B2. Hasil Pengamatan Suhu pada Sampel 2

| No | Pengamatan (Waktu) | Suhu (°C) | menit ke- |
|----|--------------------|-----------|-----------|
| 1 | 05.50 | 25 | 0 |
| 2 | 06.20 | 33 | 30 |
| 3 | 06.50 | 45 | 60 |
| 4 | 07.20 | 62 | 90 |
| 5 | 07.50 | 70 | 120 |
| 6 | 08.20 | 80 | 150 |
| 7 | 08.50 | 79 | 180 |
| 8 | 09.20 | 80 | 210 |
| 9 | 09.50 | 75 | 240 |
| 10 | 10.20 | 79 | 270 |
| 11 | 10.50 | 75 | 300 |
| 12 | 11.20 | 79 | 330 |
| 13 | 11.50 | 80 | 360 |

B3. Hasil Pengamatan Suhu pada Sampel 3

| No | Pengamatan (Waktu) | Suhu (°C) | menit ke- |
|----|-----------------------|-----------|--------------|
| 1 | 06.19 | 25 | 0 |
| 2 | 06.49 | 31 | 30 |
| 3 | 07.19 | 43 | 60 |
| 4 | 07.49 | 57 | 90 |
| 5 | 08.19 | 62 | 120 |
| 6 | 08.49 | 70 | 150 |
| 7 | 09.19 | 80 | 180 |
| 8 | 09.49 | 75 | 210 |
| 9 | 10.19 | 80 | 240 |
| 10 | 10.49 | 79 | 270 |
| 11 | 11.19 | 75 | 300 |
| 12 | 11.49 | 77 | 330 |
| 13 | 12.19 | 80 | 360 |

LAMPIRAN C. DOKUMENTASI KEGIATAN



Lokasi Budidaya Rumput Laut yang dijadikan Sampel



Pengukuran Berat Sampel



Pengukuran Suhu Fermentasi



Pengukuran Kadar Alkohol menggunakan Alkoholmeter



Sampel Rumput Laut Terfermentasi



Destilat Bioetanol Rumput Laut



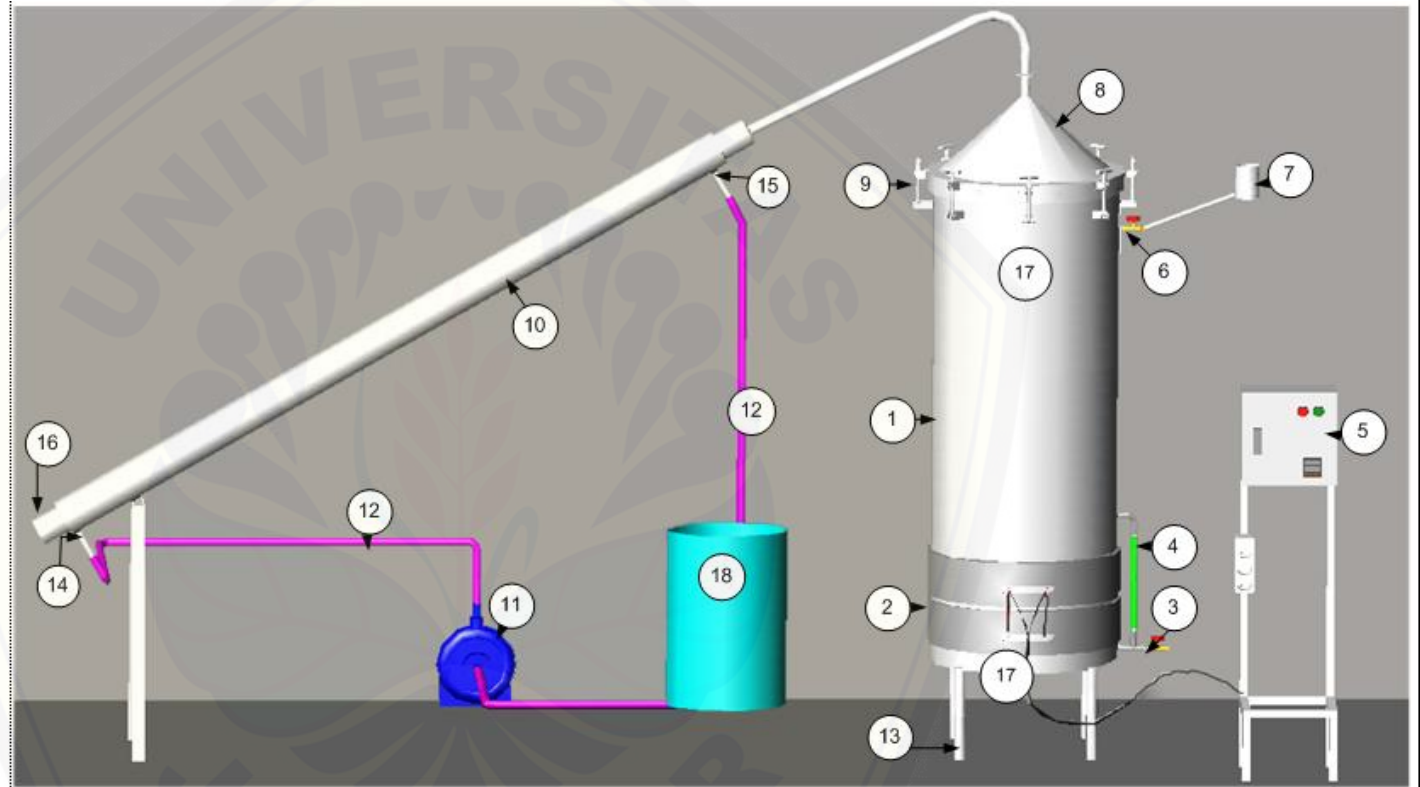
Proses Rancang Bangun Destilator



Batas Setpoint saat destilator beroperasi



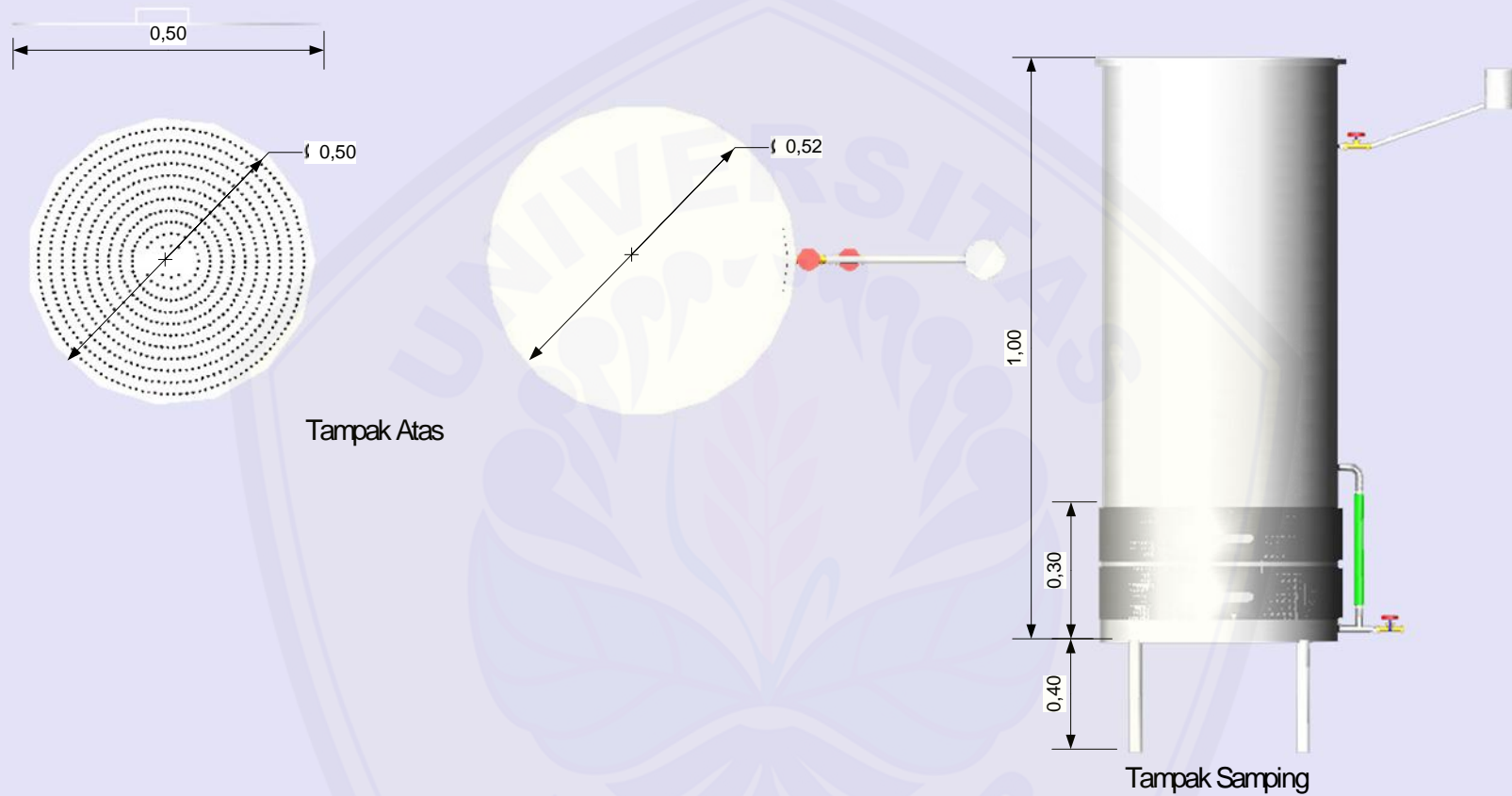
LAMPIRAN D. GAMBAR TEKNIK DESTILATOR ELEKTRIK




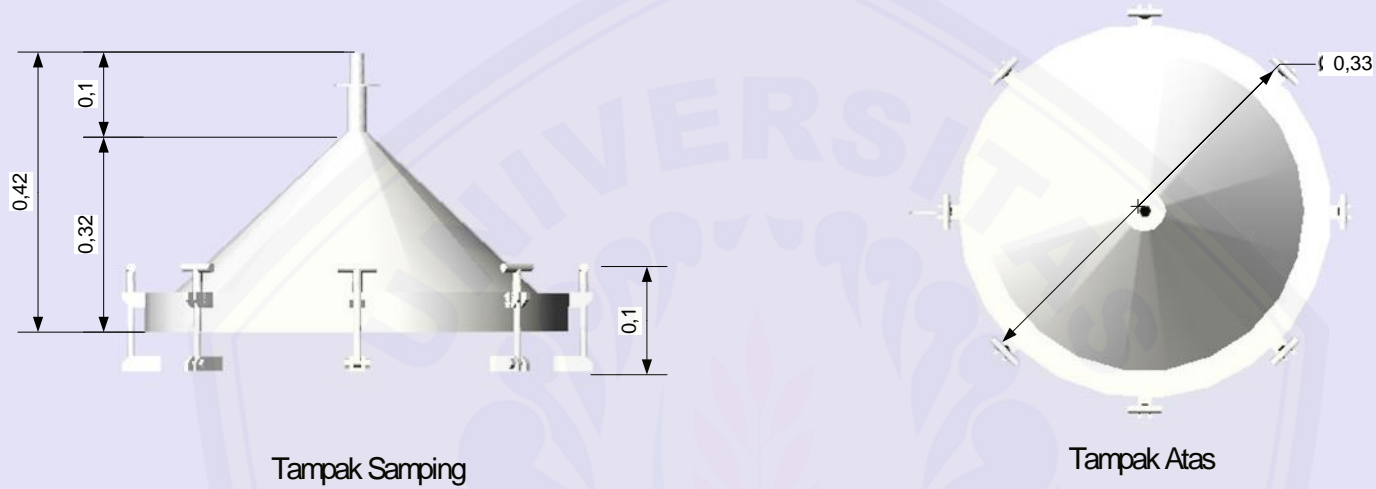
| Item | Part No | Material |
|----------------------------|---------|---|
| Tabung bahan destilasi | 1 | Stainless steel |
| Heater | 2 | Stainless steel |
| Kran output limbah residu | 3 | Besi |
| Selang pengukur ketinggian | 4 | Selang elastis |
| Sistem kontrol | 5 | Termokontrol RKC Rex C 100, kontroler, MCB, relay, box panel, kabel NYA 0,75 mm, lampu indikator merah dan hijau, sensor termokopel |
| Valve input cairan | 6 | Besi |
| Logper input cairan | 7 | Stainless steel |
| Tutup rohmig | 8 | Stainless steel |
| Pengunci tutup tabung | 9 | Mur dan stainless steel |

| | | |
|---|----|-----------------|
| Kondensat | 10 | Stainless steel |
| Pompa air | 11 | Shimizu |
| Selang air penghubung pompa dan kondensat | 12 | Selang elastis |
| Kaki tabung | 13 | Stainless steel |
| Water in pada kondensat | 14 | Stainless steel |
| Water out pada kondensat | 15 | Stainless steel |
| Output bahan terdestilasi | 16 | Stainless steel |
| Tiang sensor termokopel | 17 | Mur |
| Tandon air | 18 | plastik |

| | | | | |
|------------------|----------------------------|--------|--------|--|
| | DESTILATOR ELEKTRIK | | | |
| | FATHAN EDI PURWANTO | | | |
| SIZE | FSOM NO | DWG NO | REV | |
| M | | 1 | | |
| SCALE | 1:10 | SHEET | 1 OF 5 | |
| NIM 141710201007 | | | | |



| | | | | | | | |
|--|--|------|---------|---------------------|--------|--|--|
|  | | | | DESTILATOR ELEKTRIK | | | |
| | | | | TABUNG BAHAN | | | |
| FATHAN EDI PURWANTO | | SIZE | FSCM NO | DWG NO | REV | | |
| NIM 141710201007 | | M | | 2 | | | |
| SCALE | | 1:10 | SHEET | | 2 OF 5 | | |



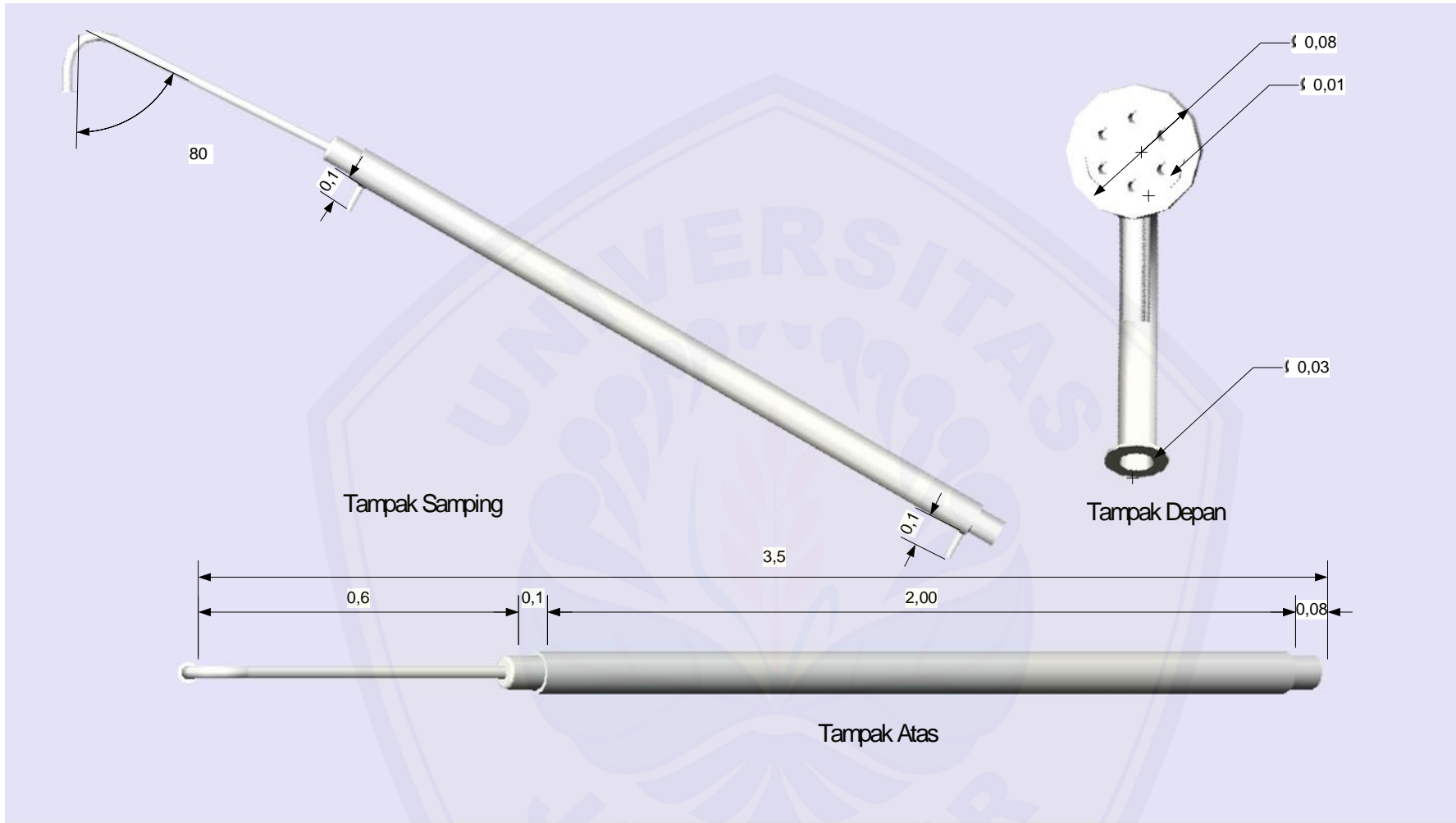
FATHAN EDI PURWANTO

NIM 141710201007

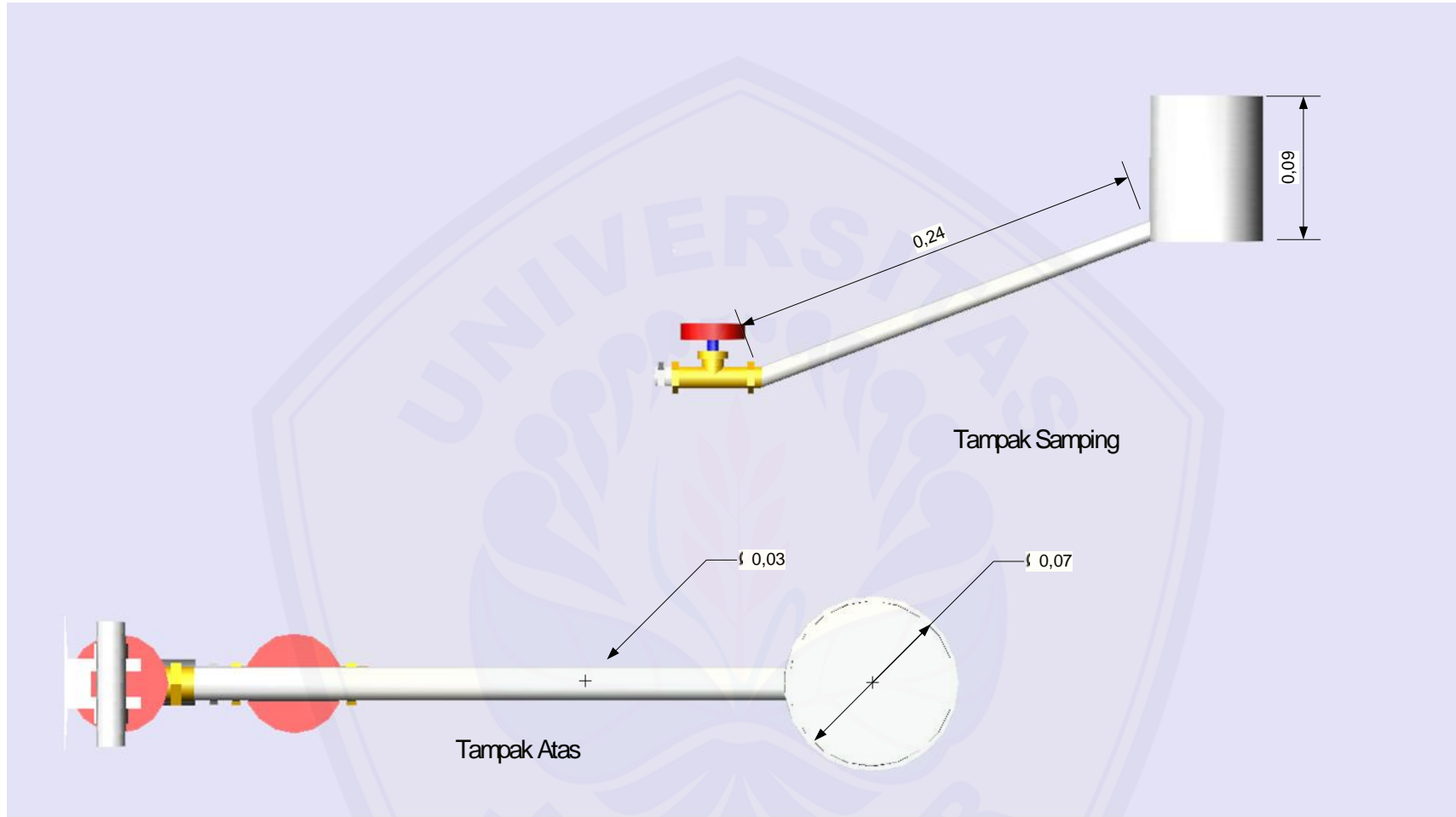
DESTILATOR ELEKTRIK

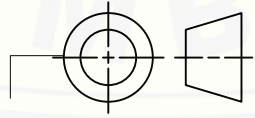
TUTUP TABUNG

| | | | |
|-------|--------|-------|--------|
| SIZE | FSCMNO | DWGNO | REV |
| M | | 3 | |
| SCALE | 1:10 | SHEET | 3 OF 5 |



| | | | | | |
|---------------------|--|---------------------|--------|-------|--------|
| | | DESTILATOR ELEKTRIK | | | |
| | | KONDENSOR | | | |
| FATHAN EDI PURWANTO | | SIZE | FSCMNO | DWGNO | REV |
| NIM 141710201007 | | M | | 4 | |
| | | SCALE | 1:10 | SHEET | 4 OF 5 |



| | | | | | |
|--|--|---------------------|--------|-------|--------|
|  | | DESTILATOR ELEKTRIK | | | |
| | | HOPPER INPUT CAIRAN | | | |
| FATHAN EDI PURWANTO | | SIZE | FSCMNO | DWGNO | REV |
| NIM 141710201007 | | M | | 5 | |
| | | SCALE | 1:10 | SHEET | 5 OF 5 |