



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

RANCANG BANGUN ALAT DESTILASI BIOETANOL BERBAHAN BAKU AMPAS TEBU

SKRIPSI



**RANDYANES SAPUTRA
0811112022**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG 2012**

**RANCANG BANGUN ALAT DESTILASI BIOETANOL
BERBAHAN BAKU AMPAS TEBU**

SKRIPSI

OLEH:

RANDYANES SAPUTRA
08 1111 2022

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



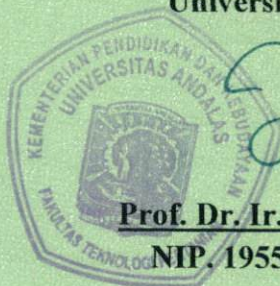
Prof. Dr. Ir. Santosa, MP
NIP. 196407281989031003

Dosen Pembimbing II



Mislaini R., S.TP, MP
199705142005012003

**Dekan Fakultas Teknologi
Pertanian
Universitas Andalas**



Prof. Dr. Ir. Fauzan Azima, MS
NIP. 195510131985031001




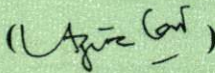
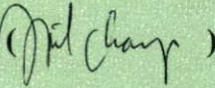
**Ketua Program Studi
Teknik Pertanian**



Ir. Moh Agita Tjandra, M.Sc, PhD
NIP. 196108171999031001



**Skripsi ini telah diuji dan dipertahankan di depan Sidang Panitia
Ujian Tugas Akhir Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Andalas Padang
pada tanggal 25 Oktober 2012**

No.	Nama	Tanda Tangan	Jabatan
1.	Dr. Ir. Eri Gas Ekaputra, MS		Ketua
2.	Dr. Ir. Sandra, MP		Sekretaris
3.	Prof. Dr. Ir. Santosa, MP		Anggota
4.	Moh Agita Tjandra, Ph. D		Anggota
5.	Omil Charmyn Chatib, S.TP, M.Si		Anggota

...Bismillahirrahmannirrahim...

Rasa Syukur sebesar-besarnya, hamba haturkan kepada Allah SWT, yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Atas kasih sayang-Nya lah hamba dapat merasakan Nikmat dan karunia yang begitu luas dan tak terhingga. Atas kasih sayang-Nya jualah, hamba dapat dipertemukan dengan orang-orang yang begitu baik memberikan pertolongan, sehingga karya kecil ini dapat terwujud. Semoga ilmu yang hamba pelajari selama ini menjadi jalan untuk selalu dekat dengan Mu ya Rabb, Amin.

Kupersembahkan karya kecil ini kepada kedua orang tua ku tercinta Arnes, Bac (alm) dan Dra. Lisharni, terima kasih banyak ma, pa, atas doa dan dukungan yang tak pernah henti-hentinya diberikan. Mama dan Papa juga telah mengajarkan banyak hal yang akan membimbing dan menjadi bekal dalam hidup Randy, Randy sangat sayang Mama&Papa, Randy menyadari kalau karya ini tidak ada apa-apanya dibandingkan dengan segala pengorbanan yang telah mama dan papa berikan selama ini. Randy berharap dengan karya kecil ini akan membuat mama dan papa tersenyum bahagia, Amin. Terima kasih sebesar2nya kepada dosen pembimbing ibu Prof. Dr. Ir. Santosa, MP n Ibu Mislaini R, S.TP, MP yang telah membimbing dan membantu Sekuat tenaga sehingga Randy dapat mengenyam Indahnya jadi Seorang Sarjana. Terima kasih untuk dosen-dosen ku yang telah bersedia membagi ilmunya sehingga dapat menjadi bekal untuk masa depan Randy Kelak, semoga ilmu tersebut dapat Randy pergunakan dengan sebaik mungkin, Amin.

Untuk uda, kakak dan adikku t'cinta Octarianes Saputra, Selly Harnesa putri & Vivi Savitri, terima kasih banyak atas segalanya. Semoga dengan apa yang telah kita lalui bersama akan membuat kita semakin kuat dan pantang menyerah menjalani kehidupan di dunia ini, semoga kita sekeluarga dipertemukan kembali di Surga-Nya di Akhirat kelak, Amin. Terima kasih banyak tuk keluarga besar ku (nenek, saudara² mama&Papa, cucu² ne2k; Sitti, Fadli, n'Sil, d'Tot, d'Bon, n'Vini, n'Li2, n'Zelfi, Ka2k, d'Nas, d'Wen, K'(Yen, Lin, Del, Eci), yang selalu memberikan dukungan dan petunjuk yang sangat bermanfaat untuk Randy.

Special untuk TP 08 thx a lot 4 all. Terima kasih banyak atas apa yang telah kita lalui bersama dalam kurun waktu 4 tahun ini. Thx 2 teman – teman seperjuangan 4S (kata orang – orang) Chris Eko Maulana, S.TP, Yudha Utama, S.TP dan Dodi Firman, S.TP. Tx2 Jerri Fendri S,TP, Anissa Ratna Sari, S.TP, Yunnisa Tri Suci, S.TP, Shinta Leonita, S.TP, Herna Permata Sari, S.TP, Eris Stianto, S.TP. Dan yang telah bnyak menolong hingga randy bisa jadi S.TP juga,, Dicky K, Wijaya (The Next S.TP), Rera Fridha (The Next S.TP), Qadhara fadhha (The Next S.TP), Fitriia Sukma Surya (The Next S.TP), Fandy Ahmad (The Next S.TP n calon musisi), Dendy Pratama (The Next S.TP) M.Rais Fathony (The Next S.TP). Terima kasih atas kebersamaan kita selama ini,, klo ngga ada kalian semua pasti kehidupan kampus bklan suram, saya berharap kebersamaan kita akan selalu terjaga sampai tua nanti, dan yang bentar lagi S.TP semangat teruzzz,,saya yakin kalian bisa dan saya menunggu kalian di pintu kesuksesan.

Buat anak – anak ABENK legy pratama (The Next S.TP) yang telah bnyak membantu dalam penelitian kemaren, Rudi aswandi (The Next S.TP) thanks gambarnya tiah. Ona CWW alias Aprima Zona (The Next S.TP), Eguh Alias Teguh Febrianto (The Next S.TP), Rafky Arga (The Next S.TP) dan teman teman mekan 08, junior 09, 010,011,012 terimakasih atas kebersamaan kita slama ini, jadilah yang terbaik untuk keluarga dan untuk MEKAN tercinta.

Thx2 Pemda Destroyer dan Stratones FC yang telah banyak membantu, dan buat anaq2 kost 46 (rossi punyo) buat andre,ade dan boy (1,2,3,4 lahih kalii) tx a lot!!!

BIODATA

Penulis dilahirkan di Padang Panjang pada tanggal 11 Oktober 1990 sebagai anak ketiga dari empat bersaudara dari Arnes, BAC (alm) dan Dra. Lisharni. Penulis telah menempuh jenjang pendidikan : Taman Kanak-Kanak (TK) di TK Dinniyyah Putri Kota Padang Panjang lulus pada tahun 1996, dilanjutkan dengan pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 04 Guguk Malintang, Padang Panjang pada tahun 1996 – 2002, Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) di SLTP Negeri 23 Padang pada tahun 2002-2005, Pendidikan penulis dilanjutkan pada Sekolah Menengan Atas (SMA) di SMA Negeri 9 Padang pada tahun 2005-2008. Pada tahun 2008 penulis melanjutkan studi Strata 1 di Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Andalas, Padang.

Padang, 12 November 2010

Randyanes Saputra, S.TP

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang selalu memberikan nikmat iman dan nikmat kesehatan hingga penulis bisa menyelesaikan penulisan proposal dengan judul **“Rancang Bangun Alat Destilasi Bioetanol Berbahan Dasar Ampas Tebu”** sebagai salah satu syarat untuk melaksanakan penelitian di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Andalas. Shalawat berangkai salam penulis hadiahkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai pemimpin dan tauladan terbaik umat manusia.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Santosa, MP selaku pembimbing I dan Ibu Mislaini R, S.TP, M.P selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyelesaian proposal penelitian ini. Terimakasih penulis ucapkan kepada Bapak Azrifirwan S.TP M.Eng yang telah memberikan arahan dan bimbingan hingga proposal ini selesai.

Terimakasih kepada ayahanda dan ibunda tercinta yang selalu memberikan semangat yang luar biasa hingga proposal ini selesai. Terimakasih pula kepada seluruh anggota keluarga atas dukungan dan motivasi yang diberikan dan terimakasih untuk seluruh teman-teman TEP angkatan 2008 yang sangat luar biasa dan seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian proposal penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan skripsi ini agar kelak bermanfaat untuk kita semua.

Padang, Oktober 2012

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Manfaat.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Bioetanol	3
2.2 Penggunaan Bioetanol.....	3
2.2.1 Bahan Bakar Kendaraan Bermotor	3
2.2.2 Bahan Bakar Rumah Tangga.....	5
2.3 Fermentasi	6
2.4 Destilasi	6
2.5 Kondensor	8
2.6 Ampas Tebu	8
2.7 Rancang Bangun	9
III. BAHAN DAN METODE PENELITIAN	10
3.1 Waktu dan Tempat	10
3.2 Bahan dan Alat	10
3.3 Metode Penelitian.....	10
3.3.1 Identifikasi Masalah	10
3.3.2 Inventarisasi Ide	11
3.3.3 Proses Perancangan	11
3.3.3.1. Analisis Rancangan Fungsional	11
3.3.3.2. Analisis Rancangan Struktural	12
3.3.4 Pelaksanaan Penelitian	13

3.3.4.1 Persiapan Penelitian	13
3.3.4.2. Tahapan Pembuatan Alat	13
3.3.4.3 Tahapan Pengujian Alat	14
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Analisis Rancangan	15
4.2 Uji Kerja Alat	18
4.2.1 Penyiapan Bahan Baku.....	18
4.2.2 Pengujian Alat	19
4.2.2.1 Pengujian Alat Ulangan Pertama	19
4.2.2.2 Pengujian Alat Ulangan Kedua.....	21
4.2.2.3 Pengujian Alat Ulangan Ketiga.....	23
4.2.3 Kapasitas dan Rendemen Alat.....	25
4.3 Rekapitulasi Data.....	27
V. KESIMPULAN DAN SARAN	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kompor Bioetanol	5
2. Ilustrasi Bagan Alir Destilator.....	7
3. Kerangka Kedudukan Alat.....	12
4. Alat Pengembun	12
5. Tabung Pendingin	12
6. Alat Pengembun Berbentuk Spiral.....	13
7. Alat Destilasi Bioetanol	15
8. Rangka Utama	15
9. Alat Penguap	16
10. Tabung Pendingin	17
11. Lilitan Alat Pengembun dalam Tabung Pendingin	18
12. Grafik Hubungan Tingkat Destilasi terhadap Jumlah Bioetanol pada Pengujian Alat Ulangan Pertama	20
13. Grafik Hubungan Tingkat Destilasi terhadap Kemurnian Bioetanol pada Pengujian Alat Ulangan Pertama.....	21
14. Grafik Hubungan Tingkat Destilasi terhadap Jumlah Bioetanol pada Pengujian Alat Ulangan Kedua.....	22
15. Grafik Hubungan Tingkat Destilasi terhadap Kemurnian Bioetanol pada Pengujian Alat Ulangan Kedua	23
16. Grafik Hubungan Tingkat Destilasi terhadap Jumlah Bioetanol pada Pengujian Alat Ulangan Ketiga.....	24
17. Grafik Hubungan Tingkat Destilasi terhadap Kemurnian Bioetanol pada Pengujian Alat Ulangan Ketiga	25

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil Pengujian Berbagai Bahan Bakar	4
2. Komposisi Penyusun Ampas Tebu	8
3. Hasil Destilasi Bioetanol pada Pengujian Alat Ulangan Pertama	19
4. Kemurnian Etanol Setiap Proses Destilasi pada Pengujian Alat Ulangan Pertama	20
5. Hasil Destilasi Bioetanol pada Pengujian Alat Ulangan Kedua	21
6. Kemurnian Etanol Setiap Proses Destilasi pada Pengujian Alat Ulangan Kedua	22
7. Hasil Destilasi Bioetanol pada Pengujian Alat Ulangan Ketiga	23
8. Kemurnian Etanol Setiap Proses Destilasi pada Pengujian Alat Ulangan Ketiga	25
9. Kapasitas Kerja Alat	26
10. Rendemen	26
11. Rekapitulasi Data Penelitian	27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Gambar Perspektif Alat Destilasi Bioetanol	31
2. Gambar Proyeksi Alat Destilasi Bioetanol.....	32
3. Perhitungan Kapasitas dan Rendemen Alat	33
4. Dokumentasi Penelitian.....	36

RANCANG BANGUN ALAT DESTILASI BIOETANOL BERBAHAN BAKU AMPAS TEBU

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Produksi dan Manajemen Alat dan Mesin Pertanian, Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas. Tujuan penelitian ini adalah melakukan rancang bangun alat destilasi bioetanol dan melakukan uji teknis terhadap alat destilasi bioetanol. Pada penelitian ini dilaksanakan perancangan alat destilasi bioetanol, kemudian dilakukan pengujian alat. Hasil penelitian didapatkan kapasitas alat destilasi bioetanol ini sebesar 0,2025 liter/jam dan rendemen alat destilasi bioetanol ini sebesar 14,6 %.

Kata Kunci : Bioetanol, Destilasi, Rancang bangun

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keperluan sumber energi alternatif saat ini menjadi hal yang cukup mendesak mengingat semakin menipisnya persediaan serta semakin melambungkannya harga minyak dunia. Hakikatnya banyak yang dapat dilakukan untuk mengelola dampak kenaikan harga BBM dengan cara menghasilkan cadangan energi Bahan Bakar Minyak (BBM) lewat energi alternatif diantaranya pembuatan bioetanol.

Etanol saat ini yang diproduksi umumnya berasal dari gula (tebu, *molases*) atau pati-patian (jagung, singkong) dan dari biomassa lignoselulosa. Bahkan saat ini peneliti dibelahan dunia sedang gencar mencari dan mengembangkan bioetanol, namun salah satu kendala adalah masalah bahan baku yang terbatas karena mereka mengalami 4 macam musim yang sebagian musim itu tidak mendukung produksi biomassa lignoselulosa. Biomassa yang cukup besar antara lain adalah jerami-jeramian (*wheat, oat, barley, corn*).

Sedangkan, Indonesia memiliki keunggulan dalam hal biomassa lignoselulosa dibandingkan dengan negara-negara beriklim dingin. Jika di luar negeri banyak yang mencari bahan baku tersebut, justru terjadi kebalikannya di Indonesia. Biomassa lignoselulosa di Indonesia melimpah, murah, tetapi juga banyak yang sia-sia.

Indonesia memiliki potensi limbah biomassa atau limbah pertanian yang sangat melimpah seperti ampas tebu (bagas). Berdasarkan data dari Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) ampas tebu yang dihasilkan sebanyak 32 % dari berat tebu giling. Sebanyak 60 % dari ampas tebu tersebut dimanfaatkan oleh pabrik gula sebagai bahan bakar, bahan baku untuk kertas, industri jamur, bahan baku industri kanvas rem dan lain-lain. Oleh karena itu, diperkirakan sebanyak 40 % dari ampas tebu tersebut belum dimanfaatkan. Bagas sebagian besar mengandung *ligno-cellulose*, bagas mengandung air 48 – 52 %, gula rata-rata 3,3 %, dan serat rata-rata 47,7 % (P3GI, 2008).

Dengan pembuatan bioetanol dari ampas tebu dan tidak hanya mengandalkan dengan tetes saja maka produksi etanol per hektar tebu akan meningkat 2-3 kali lipat. Bila hanya mengandalkan tetes, produksi etanol per

hektar tebu kira-kira 1.200 liter. Dengan konversi ampas dan trash akan dihasilkan lebih dari 2.500 liter etanol per hektarnya (P3GI, 2008).

Biasanya, untuk memproduksi bioetanol ini hanya dapat diproduksi oleh pabrikan, dengan menggunakan alat yang mahal dan dengan cara yang cukup rumit. Hal ini dapat menjadi penghambat dalam berkembangnya bioetanol di masyarakat.

Oleh karena itu, dibutuhkan suatu alat yang dapat memproduksi bioetanol dengan cara yang mudah, sehingga dapat menghasilkan bioetanol yang dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian dengan judul “ **Rancang Bangun Alat Destilasi Bioetanol Berbahan Baku Ampas Tebu**”.

1.2 Tujuan

1. Melakukan rancang bangun alat destilasi bioetanol sebagai alat pendestilasi dan penghasil bioetanol.
2. Melakukan uji teknis terhadap alat destilasi bioetanol serta melakukan pengamatan hasil kerja alat dan proses kerja alat.

1.3 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah :

Menghasilkan energi alternatif sebagai pengganti energi minyak bumi dan gas, yang berasal dari limbah pertanian terutama ampas tebu.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bioetanol

Etanol (C_2H_5OH) adalah cairan biokimia dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Bioetanol dibuat dengan bahan baku bahan bergula seperti tebu, nira aren, bahan berpati seperti jagung, dan ubi-ubian, bahan berserat yang berupa limbah pertanian masih dalam taraf pengembangan di negara maju (Prihandana dan Hendarko, 2007).

Etanol merupakan senyawa alkohol yang tidak bersifat racun. Etanol dapat diproduksi dari bahan baku tanaman yang mengandung pati atau dari bahan tanaman yang mengandung lignoselulosa, melalui proses fermentasi dengan bantuan mikroorganisme (Amutha dan Gunasekaran, 2001).

Hutrindo (2006) menyatakan bahwa bioetanol merupakan senyawa pengganti bensin yang terbentuk melalui proses fermentasi. Gasohol yang merupakan campuran 10 persen bioetanol dengan bensin menunjukkan karakteristik yang hampir sama dengan bensin pertamax. Bahkan hasil uji coba gasohol pada kendaraan bermesin bensin menunjukkan kualitas emisi gas hasil pembakarannya menjadi 30-40 persen lebih baik. Namun bioetanol hanya memiliki dua-pertiga energi bensin, karena itu penggunaan bioetanol murni pada kendaraan bermesin bensin akan menimbulkan masalah. Hal ini dapat diatasi dengan mengubah desain mesin dan reformulasi komposisi bahan bakar.

Alkohol merupakan bahan bakar yang bersih, hasil pembakaran menghasilkan CO_2 dan H_2O . Penambahan bahan yang mengandung oksigen pada sistem bahan bakar akan mengurangi emisi gas CO yang sangat beracun dari sisa pembakaran. Aditif *Methyl Tertiary Butyl Ether* (MTBE) pada mulanya dipergunakan untuk meningkatkan nilai oktan, namun saat ini dilarang dipergunakan. MTBE dapat dideteksi dan menyebabkan pencemaran pada air tanah sehingga alkohol merupakan alternatif yang menarik untuk mengurangi emisi gas CO. Penggunaan alkohol murni dibanding dengan bensin secara umum akan mengurangi kadar CO_2 . Seperti diketahui produk pertanian memerlukan gas CO_2 untuk metabolismenya (Hutrindo, 2006).

2.2 Penggunaan Bioetanol

Etanol memiliki banyak kegunaan yang mana diantaranya adalah :

2.2.1 Bahan Bakar Kendaraan Bermotor

Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar kendaraan bermotor bervariasi antara *blend* hingga bioetanol murni. Bioetanol sering disebut dengan notasi "Ex", dimana x adalah

persentase kandungan bioetanol dalam bahan bakar. Beberapa contoh penggunaan notasi “Ex” antara lain:

1. E100, bioetanol 100% atau tanpa campuran.
2. E85, campuran 85% bioetanol dan bensin 15% .
3. E5, campuran 5% bioetanol dan bensin 95% .

Pertamina telah menjual biopremium (E5) yang mengandung bioetanol 5% dan premium 95%. Bahan bakar E5 dapat digunakan pada kendaraan yang menggunakan bensin (*gasoline*) standar, tanpa modifikasi apapun. Namun, bahan bakar E15 ke atas atau persentase bioetanol lebih dari 15% harus memanfaatkan kendaraan dengan tipe *Flexible-Fuel Vehicle*. Brazil sebagai salah satu negara yang menggunakan bioetanol terbesar di dunia, telah mengadopsi bahan bakar E100, dimana kandungan bioetanol 100% (Panjiatmojo, 2010).

Bioetanol dengan kandungan 100% memiliki nilai oktan (*octane*) RON 116 – 129, yang relatif lebih tinggi dibandingkan bahan bakar premium dengan nilai oktan RON 88. Karena nilai oktan yang tinggi, bioetanol dapat digunakan sebagai pendongkrak oktan (*octane booster*) untuk bahan bakar beroktan rendah. Nilai oktan yang lebih tinggi pada bioetanol juga berpengaruh positif terhadap efisiensi dan daya mesin. Penggunaan bahan bakar E10 dan E20 memiliki performa (*power* dan *force*) yang lebih baik untuk mesin, seperti tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Berbagai Bahan Bakar

Fuel	E10	E20	Premium
Power (kWh)	41,23	42,52	30,97
Force (N)	1856,1	1913,3	1393,8
Konsumsi bahan bakar (l/jam)	30,39	31,24	31,08
Konsumsi bahan bakar / power (l/kWh)	0,737	0,735	1,002

Sumber: Lab BTMP-BPPT (2006)

Keterangan :

E10 : komposisi bioetanol 10% dan bensin 90%

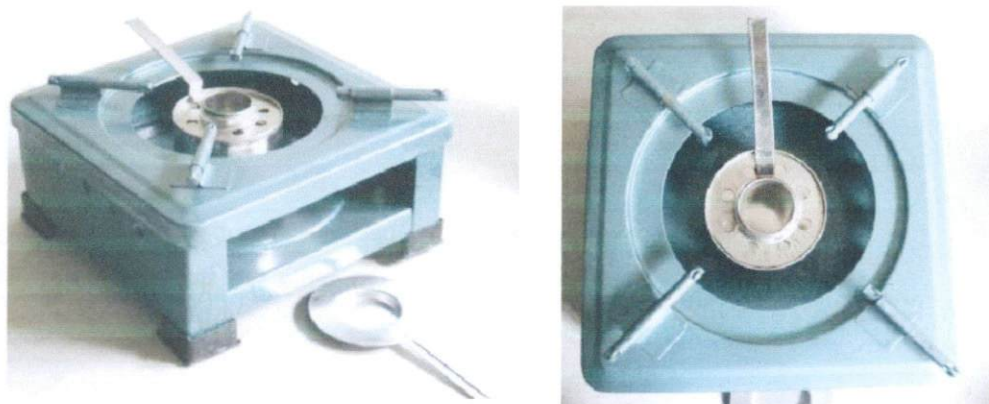
E20 : komposisi bioetanol 20% dan bensin 80%

Premium dan pertamax 100 %

Emisi yang dihasilkan pada kendaraan yang menggunakan bahan bakar dengan campuran bahan bakar bensin dan bioetanol yakni bioetanol mampu mengurangi emisi gas beracun (CO dan HC) yang umum ditemukan pada pembakaran bensin. Hal tersebut disebabkan oleh *air-fuel ratio* yang lebih baik pada bioetanol sehingga menyebabkan pembakaran bahan bakar yang lebih sempurna (Handayani, 2007).

2.2.2 Bahan Bakar Rumah Tangga

Bioetanol dapat dijadikan pengganti bahan bakar minyak tanah. Selain hemat, pembuatannya dapat dilakukan di rumah sendiri dengan mudah. Selain itu juga pengoperasian bioetanol lebih ekonomis dibandingkan menggunakan minyak tanah. Bila sehari menggunakan minyak tanah seharga Rp 16.000,-, maka dengan bioetanol dapat menghemat Rp 4.000,-. Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (LPPM) Institut Teknologi Surabaya (ITS) Surabaya dari kajiannya menyimpulkan bahwa kompor yang dirancang khusus untuk bioetanol (Gambar 1) terbukti lebih efisien dibandingkan kompor kerosin (minyak tanah/konvensional). Hal ini mendorong orang tersebut melakukan pengolahan bioetanol sendiri.



Gambar 1 Kompor Bioetanol

Untuk kompor rumah tangga, perbandingan (rasio) penggunaan bioetanol dan minyak tanah adalah 1:3. Artinya adalah dengan 3 liter minyak tanah efisiensi panas yang dihasilkan akan setara dengan satu liter bioetanol. Dengan volume 100cc bioetanol akan membuat api menyala sekitar 30 - 40 menit. Penggunaan bioetanol akan lebih efisien lagi karena satu liter bioetanol sama dengan sembilan liter minyak tanah (Nurhatika, 2008).

2.3 Fermentasi

Fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel dalam keadaan anaerobik (tanpa oksigen). Secara umum, fermentasi adalah salah satu bentuk respirasi anaerobik, akan tetapi, terdapat definisi yang lebih jelas yang mendefinisikan fermentasi sebagai respirasi dalam lingkungan anaerobik dan tanpa akseptor elektron eksternal (Dirmanto, 2006).

Fermentasi dapat diartikan sebagai perubahan gradual oleh enzim beberapa bakteri. Contoh perubahan kimia dari fermentasi adalah pengasaman susu, dekomposisi pati dan gula menjadi alkohol dan karbon dioksida, serta oksidasi senyawa nitrogen organik (Hidayat et al., 2006).

Reaksi dalam fermentasi berbeda – beda tergantung pada jenis gula yang digunakan dan produk yang dihasilkan. Secara singkat glukosa ($C_6H_{12}O_6$) yang merupakan gula yang paling sederhana, melalui fermentasi akan menghasilkan etanol ($2C_2H_5OH$). Reaksi fermentasi ini dilakukan oleh ragi, dan digunakan pada produksi makanan. Persamaan reaksi kimia yaitu :



Dijabarkan sebagai gula (glukosa, sukrosa, atau fruktosa) \rightarrow alkohol (etanol) + karbondioksida + energi (ATP).

2.4 Destilasi

Distilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap (volatilitas) bahan. Dalam penyulingan, campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu. Metode ini merupakan termasuk unit operasi kimia jenis perpindahan massa. Penerapan proses ini didasarkan pada teori bahwa pada suatu larutan, masing-masing komponen akan menguap pada titik didihnya. Bahan yang akan didestilasikan pada drum pemasakan tidak boleh penuh, melainkan harus menyediakan sedikitnya 10 % ruang kosong dari kapasitas penuh drum pemasakan pada drum pemasakan (Kister, 1992).

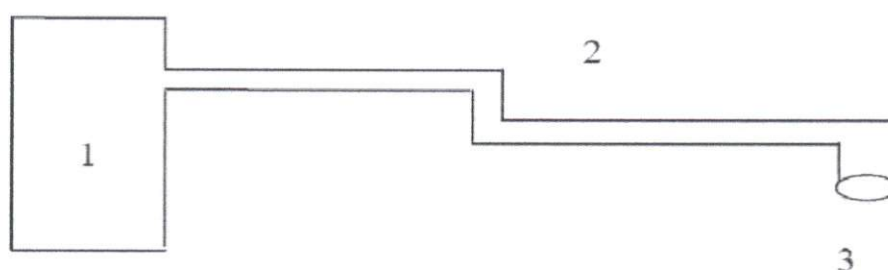
Destilator adalah alat yang digunakan dalam proses produksi bioetanol. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, alat ini bekerja berdasarkan perbedaan titik didih (air dan etanol).

Macam-macam destilasi :

1. Distilasi Sederhana, prinsipnya memisahkan dua atau lebih komponen cairan berdasarkan perbedaan titik didih yang jauh berbeda.

2. Distilasi Fraksionasi (Bertingkat), sama prinsipnya dengan distilasi sederhana, hanya distilasi bertingkat ini memiliki rangkaian alat kondensor yang lebih baik, sehingga mampu memisahkan dua komponen yang memiliki perbedaan titik didih yang berdekatan.
3. Distilasi Azeotrop : memisahkan campuran azeotrop (campuran dua atau lebih komponen yang sulit di pisahkan), biasanya dalam prosesnya digunakan senyawa lain yang dapat memecah ikatan azeotrop tersebut, atau dengan menggunakan tekanan tinggi.
4. Distilasi Kering : memanaskan material padat untuk mendapatkan fasa uap dan cairnya. Biasanya digunakan untuk mengambil cairan bahan bakar dari kayu atau batu bata.
5. Distilasi Vakum: memisahkan dua komponen yang titik didihnya sangat tinggi, metode yang digunakan adalah dengan menurunkan tekanan permukaan lebih rendah dari 1 atm, sehingga titik didihnya juga menjadi rendah, dalam prosesnya suhu yang digunakan untuk mendistilasinya tidak perlu terlalu tinggi (Van Winkel, 1967).

Ketika bahan dipanaskan, etanol akan terlebih dahulu menguap daripada air karena etanol mempunyai titik didih yang lebih kecil (78°C), sedangkan air mempunyai titik didih mencapai 100°C . Destilator ini terdiri atas tiga bagian utama yaitu tempat bahan, pipa aliran uap, dan pipa keluaran. Ilustrasinya disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi Bagan Alir Destilator

Keterangan :

1. Tempat bahan
2. Pipa aliran uap
3. Pipa keluaran

Dari ilustrasi di atas dapat dijelaskan bahwa ketika dipanaskan, etanol akan menghasilkan uap yang kemudian akan melewati pipa aliran. Hal ini dimaksudkan agar suhu etanol kembali menurun (mengkembun), sehingga kembali pada fase cair dan selanjutnya mengalir menuju pipa keluaran untuk ditampung. Dengan beberapa kali pengulangan akan diperoleh etanol berkadar 95 % - 95,5 %. Etanol dengan kadar ini sudah dapat digunakan

oleh berbagai industri alkohol. Alat yang paling sering digunakan untuk melihat kadar ini adalah hidrometer alkohol. Penggunaan alkohol meter sangat sederhana, pertama masukkan bioetanol ke dalam gelas ukur atau tabung atau botol yang tingginya lebih panjang dari panjang alkohol meter. Kemudian masukkan batang alkohol meter ke dalam gelas ukur. Alkohol meter akan tenggelam dan batas cairannya akan menunjukkan berapa kandungan alkohol di dalam larutan tersebut (Tjahjono dan Yudiarto, 2007).

2.5 Kondensor

Kondensor merupakan suatu alat yang digunakan untuk mendinginkan gas etanol yang menguap saat proses destilasi. Sehingga pada saat pengembunan, gas etanol tersebut akan mencair kembali menjadi etanol yang sudah bersifat murni seperti yang diharapkan. Dalam kondensor ini terjadi kondensasi dalam bentuk pipa yang melekok-melekok (spiral) dengan maksud untuk memperluas permukaan kondensor saat diberikan suhu dingin dari luar (Septian, 2010).

Prinsip kerja kondensor adalah setelah bahan dipanaskan, etanol yang menguap akan melalui pipa aliran uap. Agar uap kembali mencair, maka temperaturnya harus diturunkan. Penambahan kondensor (pendingin) dimaksudkan untuk mempercepat penurunan suhu agar proses pengembunan berlangsung dengan cepat (Suyanto dan Wargiono, 2006).

2.5 Ampas Tebu

Ampas tebu merupakan residu dari batang tebu setelah tebu dihancurkan dan diekstrak yang mengandung air, serat dan sejumlah kecil padatan terlarut. Ampas tebu yang dihasilkan dari proses penggilingan adalah sebanyak 32 % dari berat tebu giling. Ampas tebu mengandung air 48 – 52 %, gula rata-rata 3,3 %, dan serat rata-rata 47,7 % (P3GI, 2008).

Serat ampas tebu memiliki 2 – 6 jenis komponen yang tidak terlarut dalam air, terdiri dari selulosa, pentosa dan lignin. Selulosa merupakan polisakarida dengan rumus ($C_6H_{10}O_5$). Selulosa biasanya berkaitan dengan lignin, pentosa, gum, tanin, lemak, zat pewarna dan lain (peturau, 1982). Komposisi penyusun ampas tebu disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Penyusun Ampas Tebu

Penyusun Lignoselulosa	Komposisi (& berat)
Selulosa	38
Hemiselulosa	27
Lignin	20
Lain-lain	15

Sumber : Shleser (1994)

2.6 Rancang Bangun

Desain adalah penataan suku – suku alat yang menunjukkan beda susunan mesin dari tipe yang sama. Pabrik dapat mengeluarkan alat dengan merek yang sama, akan tetapi berbeda alat. Perbedaan dalam menyusun komponen–komponen inilah merupakan desain mesin (Smith dan Wilkes, 1990).

Metode rancangan alat meliputi kegiatan identifikasi masalah, inventarisasi ide dan analisis. Tahapan identifikasi masalah dilihat dari persoalan–persoalan apa yang akan terjadi terutama segi teknis, ekonomi dan sosial. Inventarisasi ide meliputi pengamatan terhadap perkembangan alat yang telah digunakan sebelumnya dan memikirkan kemungkinan yang dapat dipelajari. Penyempurnaan ide mulai membuat sketa dengan melakukan analisa baik fungsional dan struktural.

Dalam merancang juga harus diperhatikan hubungan manusia dengan mesin. Tiga faktor penting dalam produksi yaitu : tenaga kerja, alat kerja dan objek kerja. Posisi badan yang tidak sesuai, walaupun melakukan pekerjaan yang ringan akan berakibat jelek pada tubuh. Keamanan dan kesehatan kerja merupakan faktor yang sangat penting. Ada tiga prinsip yang harus diperhatikan yaitu : *Engineering* (pengemangan teknik untuk mesin yang aman), *Education* (pendidikan untuk memberikan pengetahuan keselamatan kerja kepada petani), *Enforcemen* (menjaga keamanan dengan standar kerja atau undang-undang) (Hayoshi dan Mandang, 1990).



III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan dengan dua tahap, yaitu tahap pembuatan alat dan tahap pengujian alat yang dilaksanakan pada bulan Mei - Juli 2012 di Laboratorium Produksi dan Manajemen Alat dan Mesin Pertanian, Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas, Padang.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu besi siku, besi strip, alat penguap, pipa PVC, alat pengembun, wadah plastik, lem plastik, serta bahan baku pembuatan bioetanol seperti ampas tebu, ragi dan asam sulfat encer. Alat yang digunakan yaitu gergaji besi, bor besi, peralatan las, gerinda, pemotong besi, *stopwatch*, serta peralatan yang mendukung.

3.3 Metode Penelitian

Pada penelitian ini dilaksanakan perancangan alat destilasi bioetanol untuk pengganti serta pencampur bahan bakar minyak, serta melakukan uji teknis terhadap alat destilasi bioetanol.

3.3.1 Identifikasi Masalah

Dalam identifikasi masalah, yang perlu diperhatikan adalah masalah teknis dan masalah ekonomi. Keduanya harus disesuaikan dengan kondisi masyarakat pemakai.

a. Masalah teknis

Ampas tebu sangat melimpah di Indonesia yakni sebagai limbah, Namun ini berpotensi sebagai jalan keluar dari permasalahan semakin melambungnya harga bahan bakar minyak (BBM), untuk itu penulis berusaha membuat suatu energi terbarukan yakni bioetanol yang berbahan dasar dari ampas tebu, serta mencoba membuat alat destilasi sederhana, yang diharapkan dapat membantu dalam penanganan krisis energi.

b. Masalah ekonomi

Identifikasi ekonomi bertujuan untuk melihat ekonomis atau tidaknya alat destilasi bioetanol ini.

3.3.2 Inventarisasi Ide

Ide untuk merancang alat destilasi ini timbul pada saat penulis melihat jurnal – jurnal tentang biodisel dari tanaman jarak, pembuatan minyak aksiri, asap cair dan penelitian lainnya. Semua penelitian tersebut menggunakan alat dengan prinsip kerja destilasi menggunakan pipa spiral dan menghasilkan energi alternatif.

Dari penelitian tersebut penulis mendapat ide untuk merancang alat yang dapat menghasilkan bioetanol yang merupakan salah satu energi alternatif. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan suatu alat yang dapat memproduksi bioetanol.

3.3.3 Proses Perancangan

Dalam pengambilan keputusan terhadap pembuatan alat ini, terlebih dahulu dilakukan pengambilan keputusan atas ide yang telah dikelompokkan menjadi satu konsep alat yang sesuai dengan tujuan dari penelitian, setelah itu dilakukan analisis rancangan struktural dan fungsional dari ide-ide yang telah didapat. Disamping itu juga harus mempertimbangkan aspek ekonomi dan teknis.

3.3.3.1 Analisis Rancangan Fungsional

Analisa Fungsional dilakukan untuk merancang fungsi dan letak komponen-komponen yang dibutuhkan alat destilasi bioetanol.

1. Kerangka Alat

Kerangka alat berfungsi sebagai pendukung komponen lainnya, yang terbuat dari besi strip dan besi siku.

2. Wadah Plastik

Wadah plastik digunakan sebagai media fermentasi bahan baku ampas tebu.

3. Alat Penguap

Alat penguap berfungsi untuk menguapkan cairan yang terdapat pada bahan baku yang telah difermentasikan sebelumnya.

4. Pipa PVC

Pipa PVC berguna sebagai tabung pendingin, yang akan mengembunkan uap menjadi cairan dengan bantuan air dingin.

5. Alat Pengembun

Alat pengembun yang akan menyalurkan uap ke tabung pendingin dan cairan dari tabung pendingin ke wadah penampungan.

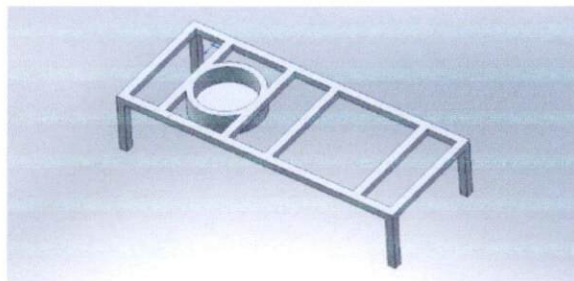
6. Lem Plastik

Lem plastik berguna sebagai perekat untuk menutupi kebocoran dalam sistem kerja alat destilasi ini.

3.3.3.2 Analisis Rancangan Struktural

1. Besi siku tebal 2 mm sepanjang 4 meter.

Besi siku ini digunakan sebagai kerangka kedudukan alat. Gambar kedudukan alat dapat dilihat pada Gambar 3.



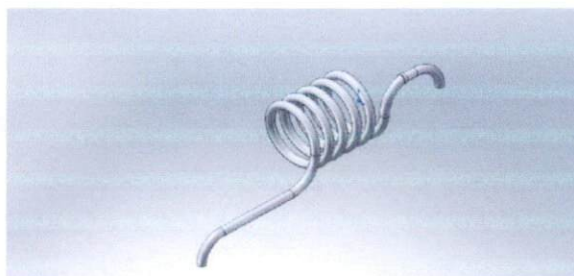
Gambar 3. Kerangka Kedudukan Alat

2. Besi strip tebal 2 mm sepanjang 3 meter

Besi strip ini digunakan sebagai penyangga / kedudukan alat seperti alat penguap dan tabung pendingin.

3. Alat pengembun 1 inci

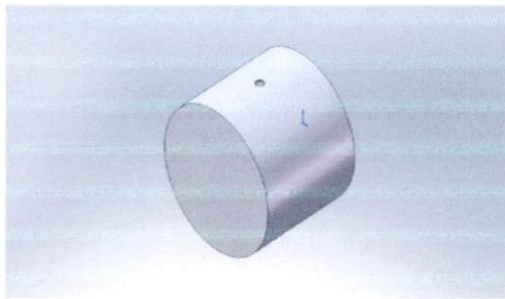
Alat pengembun digunakan untuk menyalurkan hasil destilasi dari input ke output. Gambar Alat pengembun dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Alat Pengembun

4. Pipa PVC panjang 25 cm, diameter 5 inci

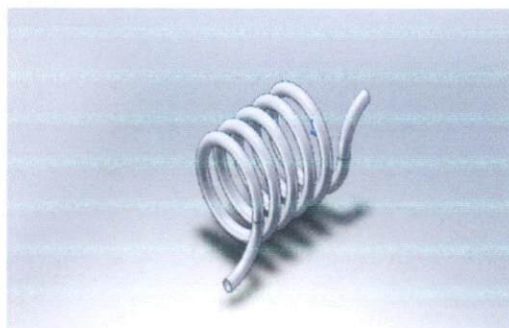
Pipa PVC ini digunakan untuk sebagai tabung pendingin. Gambar tabung pendingin dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Tabung Pendingin

5. Alat pengembun berbentuk spiral

Alat pengembun ini ditempatkan pada tabung pendingin untuk mengoptimalkan proses destilasi. Gambar Alat pengembun berbentuk spiral dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Alat Pengembun Berbentuk Spiral



6. Alat Penguap 1 liter.

Alat penguap ini digunakan untuk menguapkan bioetanol dari bahan.

Gambar perspektif alat destilasi bioetanol disajikan pada Lampiran 1, sedangkan gambar proyeksinya disajikan pada Lampiran 2.

3.3.4 Pelaksanaan Penelitian

Adapun kegiatan yang dilakukan dalam pelaksanaan Rancang Bangun Alat Destilasi Bioetanol Berbahan Dasar Ampas Tebu, yaitu :

3.3.4.1 Persiapan Penelitian

Sebelum penelitian dilaksanakan, terlebih dahulu dilakukan persiapan untuk penelitian yaitu merancang bentuk dan ukuran alat destilasi bioetanol, kemudian mempersiapkan bahan-bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini.

3.3.4.2 Tahapan Pembuatan Alat

Tahapan ini meliputi semua kegiatan tentang pembuatan alat dan perakitannya meliputi:

1. Kerangka kedudukan alat
2. Tabung pendingin

Prosedur pembuatan alat destilasi bioetanol sebagai berikut :

1. Terlebih dahulu merancang alat Destilasi Bioetanol dari bahan yang telah disiapkan.
2. Besi siku dengan ukuran 75 cm 2 buah, 30 cm 2 buah, dan 15 cm 4 buah dipotong, kemudian di-las menjadi seperti meja (kedudukan) dengan ukuran 75 x 30 x 15 cm.
3. Besi strip digunakan untuk membuat kedudukan alat penguap dan kedudukan tabung pendingin kemudian dilaskan ke meja sesuai dengan bentuk pada rancangan alat.
4. Alat pengembun yang terdapat pada alat penguap dipasang dan disambungkan pada tabung pendingin. Ujung alat pengembun tertuju ke tempat pengeluaran (output). Pastikan tidak ada kebocoran.

Prosedur penyiapan bahan, yaitu :

1. Ampas tebu dicacah – cacah hingga berukuran kecil
2. Ampas tebu direndam dengan kapur untuk membuka perlindungan ligninnya.
3. Setelah perlindungan ligninnya terbuka, ampas tebu dihidrolisis dengan cara dimasak dengan cairan asam sulfat encer.
4. Setelah hidrolisis selesai, bahan difermentasi menggunakan ragi roti.
Fermentasi dilakukan selama 2 hari pada suhu 30⁰ C.

3.3.4.3 Tahapan Pengujian Alat

Adapun tahapan pengujian adalah sebagai berikut:

1. Bahan baku yang telah difermentasikan tadi, dimasukkan ke dalam alat penguap.
2. Hidupkan alat penguap, atur suhunya antara 75 - 85⁰ C, agar hanya bioetanol saja yang menguap dan tidak mengandung banyak air lagi. Pastikan tidak terdapat kebocoran selama proses destilasi hingga ke output. Proses destilasi dilakukan secara bertingkat agar didapatkan etanol dengan kemurnian yang lebih tinggi.
3. Tampung keluaran (cairan) pada tempat penampungan (output).

$$\text{Kapasitas (Kp)} = \frac{\text{output (liter)}}{\text{waktu (jam)}} \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{output}}{\text{input}} \times 100 \% = \frac{\text{bioetanol (kg)}}{\text{ampas tebu (kg)}} \times 100 \% \dots (2)$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Rancangan

Alat Destilasi Bioetanol ini memiliki dimensi vertikal tertinggi 46 cm dan dimensi horizontal terpanjang 75 cm, lebarnya 30 cm. Bagian-bagian utama (fitur) penyusun Alat Destilasi Bioetanol adalah Rangka Utama, alat penguap, tabung pendingin, alat pengembun input dan alat pengembun output sebagaimana disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Alat Destilasi Bioetanol

Kerangka utama dari Alat berfungsi sebagai tempat penyangga dari seluruh komponen penyusun alat ini. Kerangka dibuat dari besi siku ukuran 2 cm dan ketebalan 2 mm. Selain itu juga digunakan besi strip 2 cm dan ketebalan 2 mm. Penggunaan besi siku ditujukan agar kerangka utama lebih kokoh, ukuran yang seimbang, serta mampu menahan komponen-komponen lain dari alat ini. Gambar rangka utama disajikan pada Gambar 8.

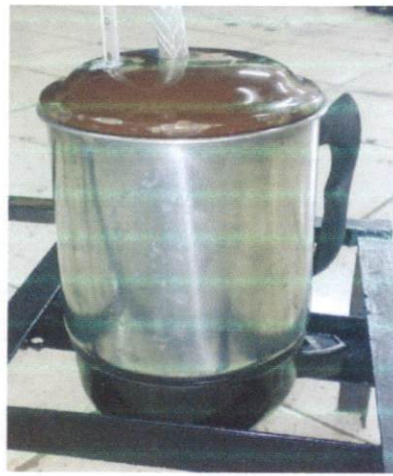


Gambar 8. Rangka Utama

Rangka utama ini memiliki ukuran panjang 75 cm, lebar 30 cm, dan tinggi kaki 15 cm. Untuk kedudukan alat penguap dibuat posisi dengan lebar 10 cm dan

panjang 20 cm. Sementara itu untuk penopang tabung pendingin digunakan besi strip dan besi siku. Kedudukan penopang tabung pendingin ini dibuat vertikal keatas dengan tinggi dari permukaan kerangka 15 cm.

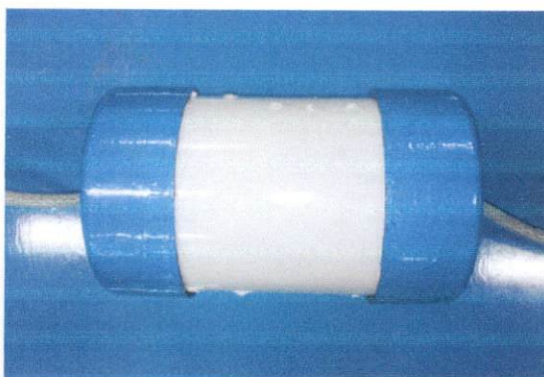
Alat penguap yang digunakan memiliki kapasitas 1 liter. Alat penguap ini terbuat dari besi tahan karat (*stainless steel*) agar dapat menahan panas saat proses destilasi berlangsung. Alat penguap ini mempunyai dimensi vertikal 15 cm dan diameter 10 cm. Gambar alat penguap disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Alat Penguap

Pada penutup alat penguap dilubangi dengan diameter 1 cm. Lubang ini bertujuan untuk meletakkan selang yang akan menyalurkan gas etanol dari alat penguap ke tabung pendingin. Alat penguap merupakan komponen alat yang akan menguapkan bahan-bahan yang nantinya akan menjadi etanol. Panas yang dihasilkan alat penguap ini memisahkan senyawa etanol dengan senyawa lainnya. Kedudukan alat penguap lebih rendah dari tabung pendingin karena uap yang keluar dari alat penguap akan mengalir keatas melalui alat pengembun dan masuk ke dalam tabung pendingin.

Tabung pendingin dibuat dari pipa dengan diameter 16 cm dan panjang 20 cm. Pemilihan pipa sebagai tabung pendingin ditujukan agar alat lebih efisien dan mudah dalam produksinya. Di kedua ujung tabung pendingin dipasang penutup pipa yang sesuai dengan ukuran tabung pendingin agar air tidak merembes keluar. Posisi tabung pendingin diletakkan secara horizontal agar aliran uap didalam tabung pendingin tersebut tidak terganggu. Gambar tabung pendingin disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Tabung Pendingin

Di dalam tabung pendingin ini dimasukkan air yang digunakan sebagai pendingin gas etanol yang menguap saat didestilasi. Sehingga gas etanol tersebut mencair kembali menjadi etanol yang bersifat murni seperti yang diharapkan. Penambahan tabung pendingin dimaksudkan untuk mempercepat penurunan suhu, agar proses pengembunan berlangsung dengan cepat (Suyamto dan wargiono, 2006). Pada bagian penutup pipa dilubangi sebagai tempat keluar alat pengembun input dan output. Untuk memaksimalkan kerja tabung pendingin ini pada bagian yang terbuka diberi lem plastik agar air yang terdapat di dalam tabung pendingin tidak tumpah keluar.

Alat pengembun yang digunakan mempunyai diameter 1 cm dan panjangnya 2 meter. Di dalam tabung pendingin selang dipasang berbentuk spiral dengan jumlah lilitan sebanyak 4 lilitan. Dalam tabung pendingin ini terjadi kondensasi dalam bentuk pipa yang melekok – lekuk (spiral) dengan maksud untuk memperluas permukaan tabung pendingin saat diberikan suhu dingin di luar (Septian, 2010).

Pemasangan jumlah lilitan ini berdasarkan beberapa variasi jumlah lilitan hingga diperoleh hasil 4 lilitan yang menghasilkan etanol yang diharapkan. Pada pemasangan lilitan dengan jumlah 3 lilitan, hasil yang keluar berupa cairan yang masih panas dan dengan uap yang masih keluar karena tidak cukup waktu untuk pencairannya secara sempurna. Sedangkan pemasangan lilitan yang lebih dari 4 lilitan, hasil keluaran terkurung didalam tabung pendingin karena tekanan dari alat penguap tidak cukup untuk mendorong keluar. Gambar lilitan alat pengembun di dalam tabung pendingin disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Lilitan Alat Pengembun Dalam Tabung Pendingin

Pemasangan lilitan alat pengembun pada tabung pendingin bertujuan agar pada pengembunan gas etanol mempunyai waktu yang cukup hingga etanol yang dihasilkan benar-benar seperti yang diharapkan. Alat pengembun di dalam tabung pendingin digunakan sepanjang 1,3 meter. ujung dari alat pengembun yang digunakan untuk input terdapat pada alat penguap sedangkan ujung alat pengembun yang digunakan untuk output terdapat pada wadah penampung bioetanol yang dihasilkan.

4.2 Uji Kerja Alat

4.2.1 Penyiapan Bahan Baku

Ampas tebu digunakan sebanyak 2.250 g. Ampas tebu dicacah hingga ukurannya 2 cm. Pencacahan dilakukan secara manual dengan menggunakan parang. Pencacahan dilakukan agar ampas tebu dapat dengan mudah bercampur dengan katalis.

Pada proses hidrolisis menggunakan asam sulfat encer H_2SO_4 10%. Hidrolisis dilakukan selama 45 menit. Setelah hidrolisis selesai didapat pH larutan sebesar 2. pH tersebut harus ditingkatkan agar proses fermentasi dapat berjalan dengan baik karena bakteri fermentasi dapat bertahan hidup dalam pH larutan 4,5 – 7 (Yulianingsih, 2010).

Fermentasi menggunakan ragi tape sebanyak 5 g. Fermentasi dilakukan selama 2 hari dalam suhu $30^{\circ}C$ karena bakteri fermentasi akan berkembang dengan baik pada suhu tersebut (Dirmanto, 2006).

4.2.2 Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan sebanyak 3 kali ulangan. Pada setiap ulangan, destilasi dilakukan secara bertingkat sebanyak 3 kali destilasi.

4.2.2.1. Pengujian Alat Ualngan Pertama

Destilasi dilakukan secara bertingkat sebanyak 3 kali destilasi. Hasil destilasi pada pengujian alat ulangan pertama dapat dilihat pada Tabel 3.

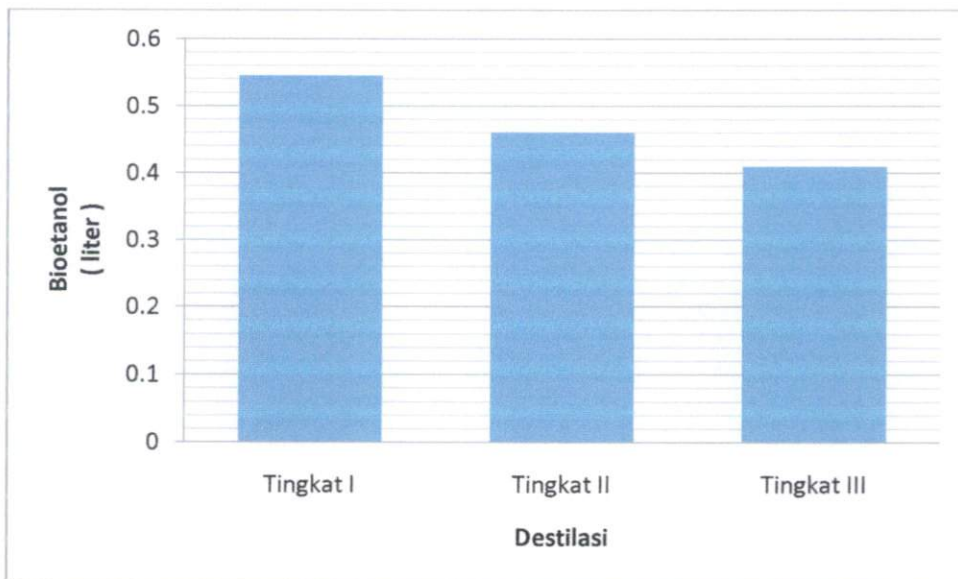
Tabel 3. Hasil Destilasi Bioetanol pada Pengujian Alat ulangan Pertama

Destilasi	Bahan		Waktu	Etanol (l)
	Berat (g)	Volume (l)		
Tingkat I	750		30 menit	0,183 liter
	750		30 menit	0,179 liter
	750		30 menit	0,184 liter
Tingkat II		0,546	15 menit	0,461 liter
Tingkat III		0,461	15 menit	0,410 liter

Pada proses destilasi tingkat pertama bahan dibagi tiga karena kapasitas dari alat penguap yang digunakan tidak memungkinkan untuk mendestilasi semua bahan secara langsung. Bahan dibagi menjadi sebanyak 750 gram untuk sekali destilasi. Waktu yang digunakan selama 30 menit untuk masing – masing bahan. Dari 3 kali destilasi pada destilasi pertama ini didapat etanol sebanyak 0,183 liter, 0,179 liter dan 0,184 liter. Jadi secara keseluruhan pada destilasi tingkat pertama didapat etanol sebanyak 0,546 liter.

Pada proses destilasi tingkat kedua 0,546 liter etanol yang dihasilkan pada destilasi pertama didestilasi lagi. Pada destilasi tingkat kedua ini jumlah etanol berkurang menjadi 0,461 liter.

Pada proses destilasi tingkat ketiga 0,461 liter etanol yang dihasilkan pada destilasi tingkat kedua didestilasi lagi dan didapatkan jumlah etanol berkurang menjadi 0,41 liter. Jumlah bioetanol yang dihasilkan pada setiap proses destilasi terus menurun. Hubungan tingkat destilasi terhadap jumlah bioetanol pada pengujian alat ulangan pertama dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik Hubungan Tingkat Destilasi terhadap Jumlah Bioetanol pada Pengujian Alat Ulangan Pertama

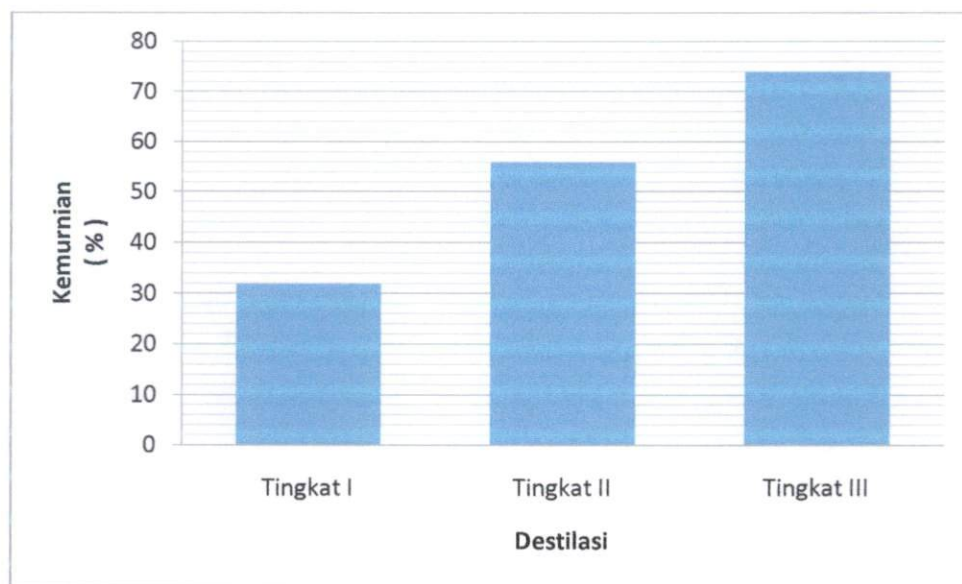
Penurunan jumlah etanol yang dihasilkan karena pada proses destilasi terjadi pemisahan etanol dengan air sehingga disetiap proses destilasi kandungan air pada etanol akan berkurang. Kemurnian etanol pada destilasi tingkat pertama lebih rendah dari kemurnian etanol pada destilasi tingkat kedua maupun tingkat ketiga. Karena pada etanol yang dihasilkan pada destilasi tingkat ketiga kandungan airnya lebih sedikit. Etanol dengan kemurnian 95 % dapat diperoleh melalui destilasi bertingkat dengan mengumpulkan hasil destilasi pertama ke unit destilasi selanjutnya (Anindyawati, 2009). Kemurnian etanol pada setiap proses destilasi pada pengujian alat pertama dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kemurnian Etanol Setiap Proses Destilasi Pada Pengujian Alat Ulangan Pertama

Destilasi	Kemurnian Etanol (%)
Tingkat I	32
Tingkat II	56
Tingkat III	74

Kemurnian etanol pada destilasi tingkat ketiga lebih tinggi dari kemurnian etanol pada destilasi tingkat pertama maupun tingkat kedua. Karena pada etanol yang dihasilkan pada destilasi tingkat ketiga kandungan airnya lebih sedikit. Kandungan etanol akan semakin tinggi apabila proses destilasi dilakukan secara bertingkat karena dengan destilasi bertingkat proses pemurnian etanol lebih

sempurna. Hubungan tingkat destilasi terhadap kemurnian etanol pada pengujian alat ulangan kedua dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik Hubungan Tingkat Destilasi terhadap Kemurnian Etanol pada Pengujian Alat Ulangan Pertama

4.2.2.2 Pengujian Alat Ulangan Kedua

Pada pengujian kedua ini destilasi dilakukan secara bertingkat sebanyak 3 kali destilasi. Hasil destilasi etanol pada pengujian alat kedua dapat dilihat pada Tabel 5.

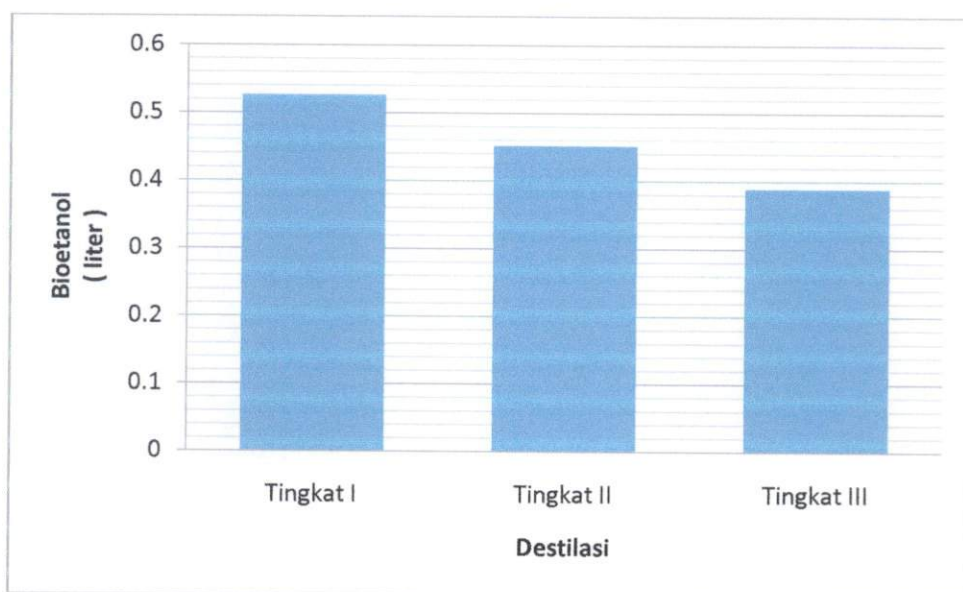
Tabel 5. Hasil Destilasi Bioetanol Pada Pengujian Alat Ulangan Kedua

Destilasi	Bahan		Waktu	Etanol (l)
	Berat (g)	Volume (l)		
Tingkat I	750		30 menit	0,175 liter
	750		30 menit	0,179 liter
	750		30 menit	0,173 liter
Tingkat II		0,527	15 menit	0,452 liter
Tingkat III		0,452	15 menit	0,390 liter

Pada pengujian alat ulangan kedua, dari 3 kali destilasi pada destilasi tingkat pertama ini didapat etanol sebanyak 0,175 liter, 0,179 liter dan 0,173 liter. Jadi secara keseluruhan pada destilasi tingkat pertama didapat etanol sebanyak 0,527 liter.

Pada proses destilasi tingkat kedua 0,527 liter etanol yang dihasilkan pada destilasi tingkat pertama didestilasi lagi. Pada destilasi tingkat kedua ini jumlah etanol berkurang menjadi 0,452 liter.

Pada proses destilasi tingkat ketiga 0,452 liter etanol yang dihasilkan pada destilasi tingkat kedua didestilasi lagi dan didapatkan jumlah etanol berkurang menjadi 0,390 liter. Jumlah bioetanol yang dihasilkan pada setiap proses destilasi terus menurun. Hubungan tingkat destilasi terhadap jumlah bioetanol pada pengujian alat kedua dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik Hubungan Tingkat Destilasi terhadap Jumlah Bioetanol pada Pengujian Alat Ulangan Kedua

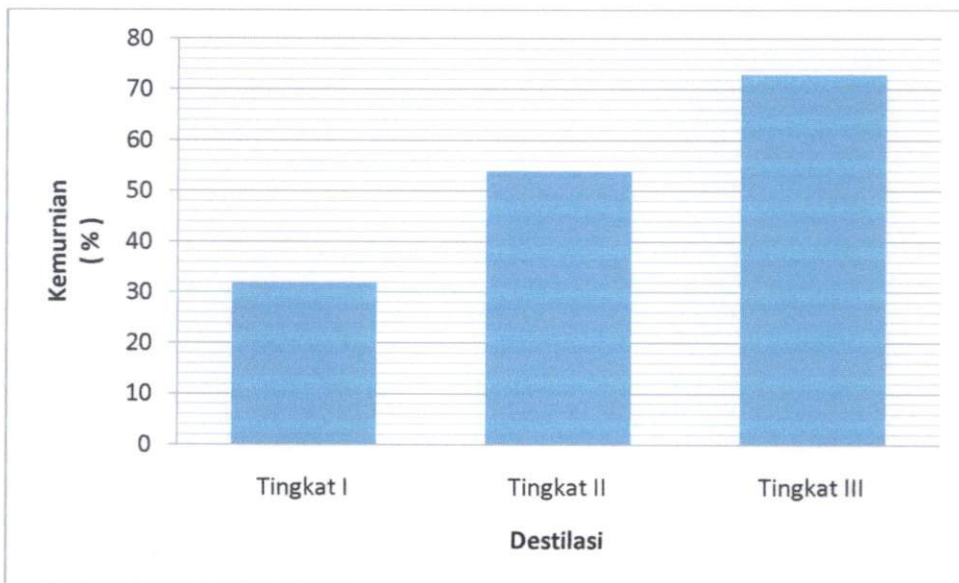
Kemurnian etanol pada setiap proses destilasi pada pengujian alat ulangan kedua dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kemurnian Etanol Setiap Proses Destilasi Pada Pengujian Alat Ulangan Kedua

Destilasi	Kemurnian Etanol (%)
Tingkat I	32
Tingkat II	54
Tingkat III	73

Kemurnian etanol pada destilasi tingkat pertama lebih rendah dari kemurnian etanol pada destilasi tingkat kedua maupun tingkat ketiga. Karena pada

etanol yang dihasilkan pada destilasi tingkat ketiga kandungan airnya lebih sedikit. Kandungan etanol akan semakin tinggi apabila proses destilasi dilakukan secara bertingkat karena dengan destilasi bertingkat proses pemurnian etanol lebih sempurna. Hubungan tingkat destilasi terhadap kemurnian etanol pada pengujian alat ulangan kedua dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Grafik Hubungan Tingkat Destilasi terhadap Konsentrasi Etanol pada Pengujian Alat Ulangan Kedua

4.2.2.3. Pengujian Alat Ulangan Ketiga

Pada pengujian ulangan ketiga ini destilasi dilakukan secara bertingkat sebanyak 3 kali destilasi. Hasil destilasi etanol pada pengujian alat ulangan ketiga dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Destilasi Bioetanol Pada Pengujian Alat Ulangan Ketiga

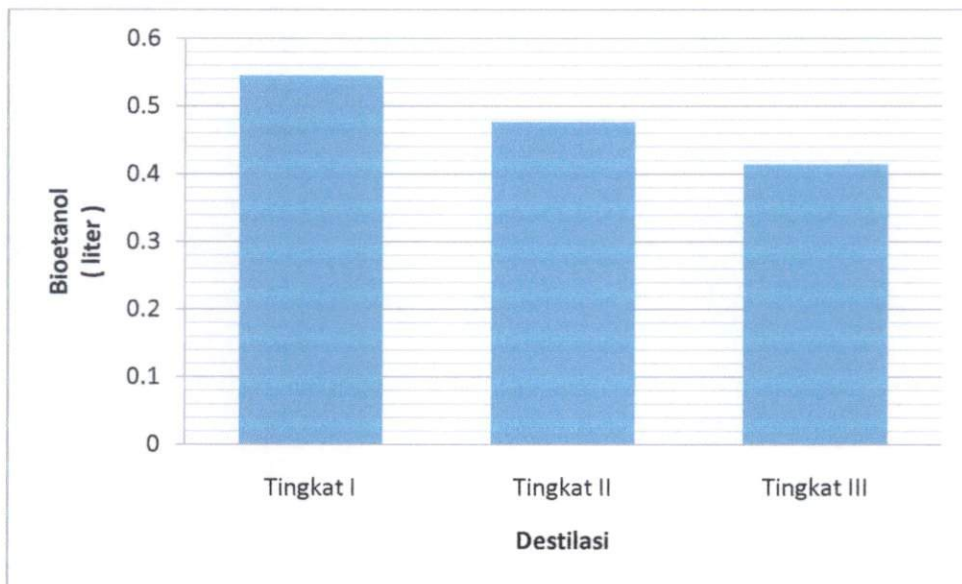
Destilasi	Bahan		Waktu	Etanol (l)
	Berat (g)	Volume (l)		
Tingkat I	750		30 menit	0,183 liter
	750		30 menit	0,185 liter
	750		30 menit	0,178 liter
Tingkat II		0,546	15 menit	0,477 liter
Tingkat III		0,477	15 menit	0,415 liter

Pada pengujian alat ulangan ketiga, dari 3 kali destilasi pada destilasi tingkat pertama ini didapat etanol sebanyak 0,183 liter, 0,185 liter dan 0,178 liter.

Jadi secara keseluruhan pada destilasi tingkat pertama didapat etanol sebanyak 0,546 liter.

Pada proses destilasi tingkat kedua 0,546 liter etanol yang dihasilkan pada destilasi tingkat pertama didestilasi lagi. Pada destilasi tingkat kedua ini jumlah etanol berkurang menjadi 0,477 liter.

Pada proses destilasi tingkat ketiga 0,477 liter etanol yang dihasilkan pada destilasi tingkat kedua didestilasi lagi dan didapatkan jumlah etanol berkurang menjadi 0,415 liter. Jumlah bioetanol yang dihasilkan pada setiap proses destilasi terus menurun. Hubungan tingkat destilasi terhadap jumlah bioetanol pada pengujian alat ulangan ketiga dapat dilihat pada Gambar 16.



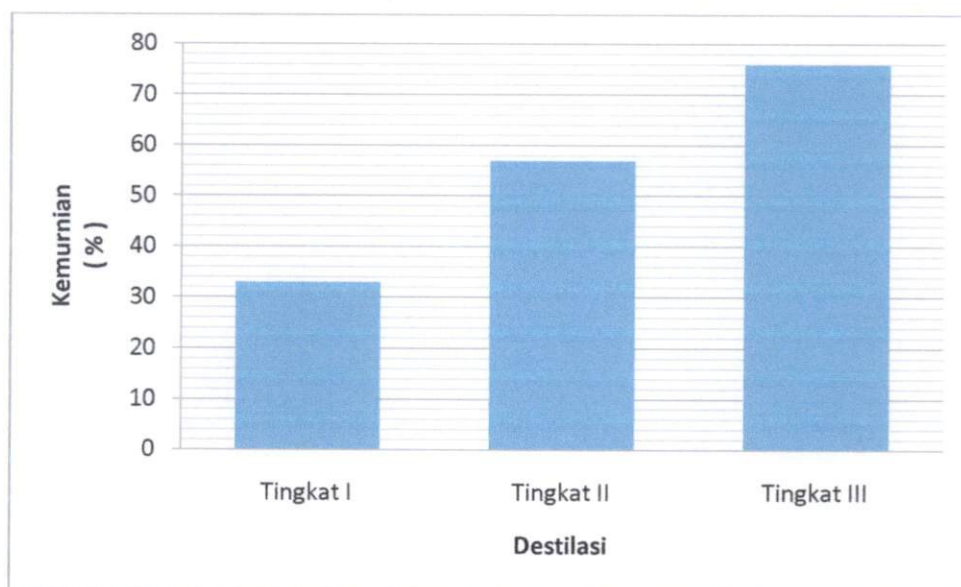
Gambar 16. Grafik Hubungan Tingkat Destilasi terhadap Jumlah Bioetanol pada Pengujian Alat Ulangan Ketiga

Pada pengujian alat ketiga penurunan jumlah etanol yang dihasilkan karena pada proses destilasi terjadi pemisahan etanol dengan air sehingga disetiap proses destilasi kandungan air pada etanol akan berkurang. Kemurnian etanol pada destilasi pertama lebih rendah dari kemurnian etanol pada destilasi kedua maupun ketiga. Karena pada etanol yang dihasilkan pada destilasi ketiga kandungan airnya lebih sedikit. Kemurnian etanol pada setiap proses destilasi pada pengujian alat ulangan ketiga dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Kemurnian Etanol Setiap Proses Destilasi Pada Pengujian Alat Ulangan Ketiga

Destilasi	Kemurnian Etanol (%)
Tingkat I	33
Tingkat II	57
Tingkat III	76

Kemurnian etanol pada destilasi tingkat pertama lebih rendah dari kemurnian etanol pada destilasi tingkat kedua maupun ketiga. Karena pada etanol yang dihasilkan pada destilasi tingkat ketiga kandungan airnya lebih sedikit. Kandungan etanol akan semakin tinggi apabila proses destilasi dilakukan secara bertingkat karena dengan destilasi bertingkat proses pemurnian etanol lebih sempurna. Hubungan jumlah destilasi terhadap kemurnian etanol pada pengujian alat ulangan ketiga dapat di lihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Grafik Hubungan Tingkat Destilasi terhadap Kemurnian Etanol pada Pengujian Alat Ulangan Ketiga

4.2.3 Kapasitas dan Rendemen Alat

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan didapatkan kapasitas kerja dari alat destilasi bioetanol, kapasitas kerja dari alat destilasi bioetanol dapat dilihat pada Tabel 9. Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 3.

Tabel 9. Kapasitas Kerja Alat

Ulangan	Kapasitas (liter/jam)
1	0,205
2	0,195
3	0,2075
Rata – rata	0,2025
Standar deviasi	0,0066
CV (%)	3,2

Kapasitas kerja alat pada ulangan pertama adalah 0,205 liter/ jam, pada ulangan kedua 0,195 liter/ jam dan pada ulangan ketiga 0,2075 liter/ jam. Jadi rata-rata kerja alat ini adalah 0,2025 liter/ jam. Kapasitas alat yang didapat kecil, hal ini dikarenakan ukuran alat yang kecil dan masih berskala labor sedangkan waktu yang digunakan dalam mendestilasi lama.

Berdasarkan ketiga pengujian yang dilakukan didapatkan rendemen dari alat destilasi bioetanol. Rendemen alat destilasi bioetanol ini dapat dilihat pada Tabel 10. Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 3.

Tabel 10. Rendemen Alat

Ulangan	Rendemen (%)
1	14,4
2	13,6
3	15,8
Rata - rata	14,6
Standar deviasi	1,1
CV (%)	7,5

Rendemen alat ini pada ulangan pertama sebesar 14,4 %, pada ulangan kedua 13,6 %, dan pada ulangan ketiga 15,8 %. Jadi rata-rata rendemen alat destilasi bioetanol ini adalah 14,6 %.

4.3 Rekapitulasi Data

Dari ketiga pengujian alat maka didapatkan rekapitulasi data, hasil rekapitulasi data penelitian dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Rekapitulasi Data Penelitian

No.	Parameter Pengamatan	Ulangan			Rata - rata
		1	2	3	
1	Destilasi Tingkat I	0,546 liter	0,527 liter	0,546 liter	0,539 liter
	Destilasi Tingkat II	0,461 liter	0,452 liter	0,477 liter	0,463 liter
	Destilasi Tingkat III	0,410 liter	0,390 liter	0,415 liter	0,405 liter
2	Kapasitas Alat	0,205 liter/jam	0,195 liter/jam	0,2075 liter/jam	0,2025 liter/jam
3	Rendemen	14,4 %	13,6 %	15,8 %	14,6 %

Pada proses destilasi tingkat I didapatkan rata – rata pada setiap ulangannya sebesar 0,539 liter, pada proses destilasi tingkat II pada setiap ulangannya didapatkan rata – rata sebesar 0,463 liter, dan pada proses destilasi tingkat III pada setiap ulangannya didapatkan rata – rata sebesar 0,405 liter. Sedangkan untuk kapasitas alat terbesar didapatkan pada ulangan ke-3 sebesar 0,2075 liter/jam, rendemen terkecil didapatkan pada ulangan ke-2 sebesar 13,6 %.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan :

1. Telah dilakukan rancang bangun alat destilasi bioetanol, dengan jumlah lilitan pada alat pngembun pada tabung pendingin didapatkan sebanyak 4 lilitan untuk tabung pendingin dengan panjang 20 cm dan diameter 16 cm. Alat penguap yang digunakan memiliki kapasitas 1 liter.
2. Pengujian alat yang dilakukan diperoleh nilai rata – rata kapasitas alat destilasi bioetanol ini adalah 0,2025 liter/jam, sedangkan diperoleh nilai rata-rata rendemennya adalah 14,6 %. Kapasitas alat ini sedikit karena ukuran alat ini yang kecil dan masih berskala laboratorium.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan disarankan agar perlu dibuat alat destilasi bioetanol dengan skala yang lebih besar untuk meningkatkan kapasitas kerja alat dan menekan biaya pokok pembuatan, sehingga dapat bersaing dengan harga bahan bakar minyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Amutha R. dan Gunasekaran P. 2001. Production of Ethanol from Liquefield Cassava Starch Using Co – Immobilized Cells of *Zymomonas mobilis* and *Sacharomy cesdiastaticus*. Department of MicrobialTechnology, School of Biological Sciences, Madurai Kamaraj University, Madurai 625 021, India.
- Anindyawati. 2009. *Prospek enzim dari limbah lignoselulosa untuk produksi Etanol*. BS, Vol. 44, No. 1, Juni 2009 : 49- 56.
- BPPT. 2006. Prospek Pertanian Biodiesel dan Bioetanol. <http://www.bppt.go.id> [8 November 2011].
- Dirmanto. 2006. *Fermentasi*. <http://www.dirmanto.co.id>. [15 Februari 2012]
- Handayani, Sri Utami . 2007 . *Pemanfaatan Bioethanol Sebagai Bahan Bakar Pengganti Bensin* . <http://www.d3-ft.undip.ac.id>. [24 Februari 2009]
- Hayosi, N. dan T. Mandang. 1990. *Pengantar Ketenagakerjaan di Bidang Pertanian*. Keteknikan Pertanian Tingkat Lanjut. IPB Hal 267. Bogor.
- Hidayat, N., M.C. Padaga, dan S. Suhartini. 2006. *Mikrobiologi Industri*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Hutrindo. 2006. *Bahan Bakar Nabati*. http://kelakar-kite.blogspot.com/2006_03_01_archive.html. [23 Februari 2012].
- Kister, Henry Z. (1992). *Distillation Design* (1st Edition ed.). McGraw-Hill. New York.
- Nurhatika, Sri. 2008. *Bioetanol*. <http://www.bio.its.ac.id/index.php/botani/101-ir-sri-nurhatika-m-p>. [18 Mei 2012].
- Panjiatmojo. 2010. *Bioetanol Bahan Bakar Nabati*. <http://panjiatmojo.blogspot.com/2010/09/bioetanol-bahan-bakar-nabati.html> [5 Juli 2012]
- Paturau, I. M. 1982. *By Product of the Cane Sugar Industry. An Introduction to Their Industrial Utilization*. Elsevier Scientific Publishing Co.,Amsterdam – Oxford, New York. Sugar Series.
- Prihandana, Rama dan Hendarko. 2007. *Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan*. Gramedia, Jakarta.
- Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI). 2008. *Konsep Peningkatan Rendemen Untuk Mendukung Program Akselerasi Industri Gula Nasional*. [<http://www.isri@telkom.net>]

- Septian. 2010. *Kondensor*. <http://septians09.student.ipb.ac.id/> [20 Maret 2012]
- Shleser, Robert. 1994. *Ethanol Production in Hawaii*. State of Hawaii.
- Smith, H.P. dan Wilkes, L. H. 1990. *Mesin dan Peralatan Usaha Tani Edisi Ke – 6* Diterjemahkan Oleh Purwadi. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Suyamto dan J. Wargiono. 2006. *Potensi dan Peluang Pengembangan Ubi kayu untuk Industri Bioetanol. Prosiding Lokakarya Pengembangan Ubi Kayu*. Balitkabi. Malang.
- Tjahjono, A. E. dan M. A. Yudiarto. 2007. *Pemilihan Bahan Baku dan Teknologi Pengolahan Bioetanol Skala Kecil dan Industri*. Trubus. Jakarta.
- Van Winkel .M. 1967. *Distillation*. McGraw-Hill, New York.
- Yulianingsih. 2010. *Hidrolisis Jerami dengan Asam Sulfat Menjadi Glukosa*. www.fp.unila.ac.id/index.php/penelitian/42 [27 Mei 2012]

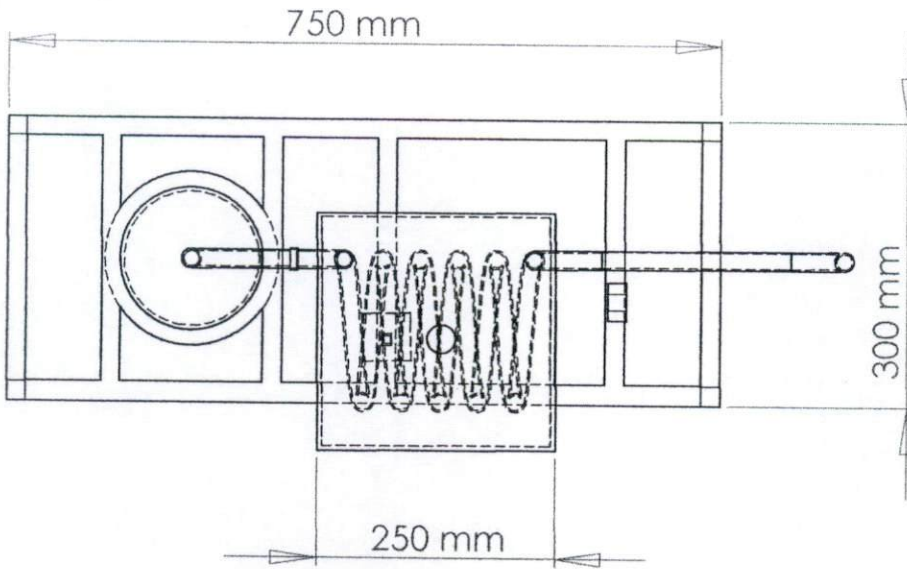
Lampiran 1. Gambar Perspektif Alat Destilasi Bioetanol



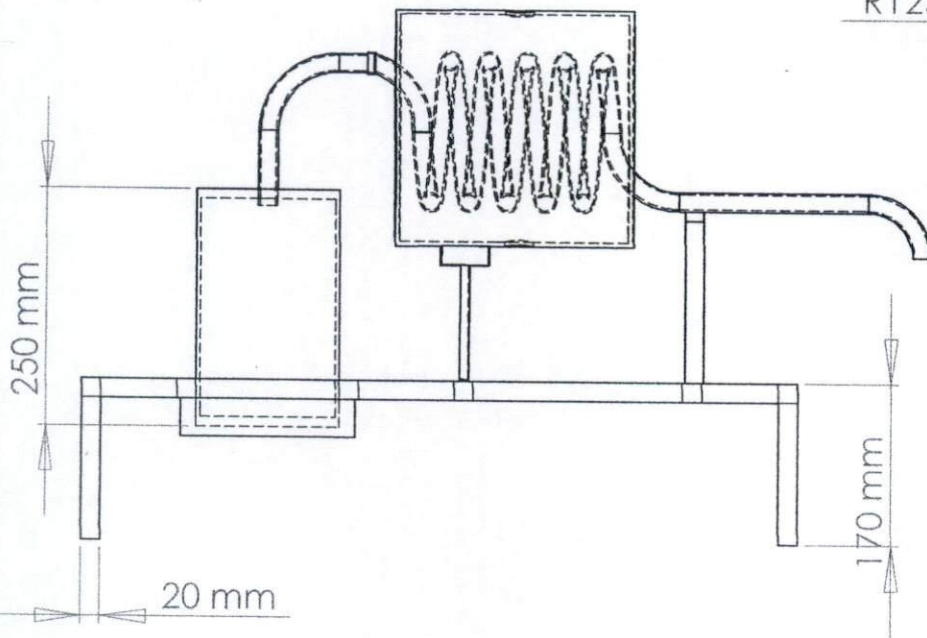
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
DRAWN: Rudi Aswandi			SIGNATURE		DATE		TITLE:				
CHKD: Prof. Dr. Ir. Santosa, MP											
APPVD:											
MFG:											
Q.A:					MATERIAL:		DWG NO:		A4		
					WEIGHT:		SCALE: 1:20		SHEET 1 OF 1		
								Destilasi Bioetanol			

Lampiran 2. Gambar Proyeksi Alat Destilasi Bioetanol

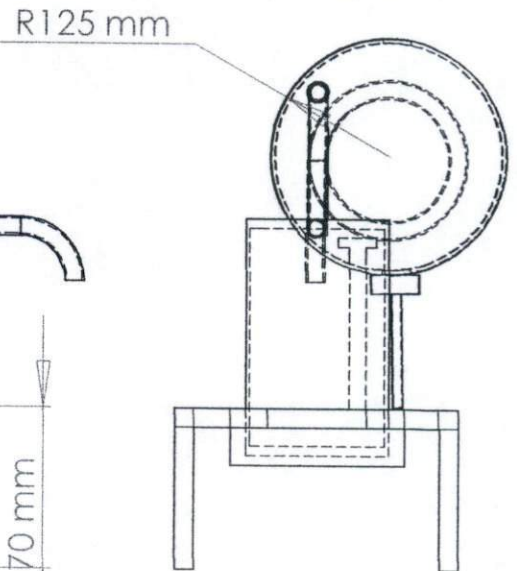
Tampak Atas



Tampak Depan



Tampak Samping



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME	SIGNATURE	DATE					TITLE:			
DRAWN Rudi Aswandi										
CHKD Prof. Dr. Ir. Santosa, MP										
APPVD										
MFG										
Q.A					MATERIAL:		DWG NO		Destilasi Bioetanol A4	
			WEIGHT:				SCALE:1:20		SHEET 1 OF 1	

Lampiran 3. Perhitungan Kapasitas dan Rendemen Alat

Kapasitas alat dapat dihitung dengan rumus :

- **Kapasitas(Kp)** = $\frac{\text{output (liter)}}{\text{waktu (jam)}}$

Output = etanol yang dihasilkan

Waktu = waktu yang diperlukan

$$Kp = \frac{0,41 \text{ liter}}{2 \text{ jam}}$$

$$= 0,205 \text{ liter/ jam}$$

- **Kapasitas (Kp)** = $\frac{\text{output (liter)}}{\text{waktu (jam)}}$

Output = etanol yang dihasilkan

Waktu = waktu yang diperlukan

$$Kp = \frac{0,39 \text{ liter}}{2 \text{ jam}}$$

$$= 0,195 \text{ liter/ jam}$$

- **Kapasitas (Kp)** = $\frac{\text{output (liter)}}{\text{waktu (jam)}}$

Output = etanol yang dihasilkan

Waktu = waktu yang diperlukan

$$Kp = \frac{0,415 \text{ liter}}{2 \text{ jam}}$$

$$= 0,2075 \text{ liter/ jam}$$

Ulangan	kapasitas
1	0,205
2	0,195
3	0,2075
Rata - rata	0,2025
Standard deviasi	0,0066
CV (%)	3,2

Lampiran 3.Lanjutan

Rendemen dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

- **Rendemen** = $\frac{\text{output (kg)}}{\text{input (kg)}} \times 100 \%$

Output = etanol yang dihasilkan

Input = banyak bahan baku yang dipakai

$$\text{Rendemen} = \frac{0,325 \text{ kg}}{2,25 \text{ kg}} \times 100 \%$$

$$= 14,4 \%$$

- **Rendemen** = $\frac{\text{output (kg)}}{\text{input (kg)}} \times 100 \%$

Output = etanol yang dihasilkan

Input = banyak bahan baku yang dipakai

$$\text{Rendemen} = \frac{0,307 \text{ kg}}{2,25 \text{ kg}} \times 100 \%$$

$$= 13,6 \%$$

- **Rendemen** = $\frac{\text{output (kg)}}{\text{input (kg)}} \times 100 \%$

Output = etanol yang dihasilkan

Input = banyak bahan baku yang dipakai

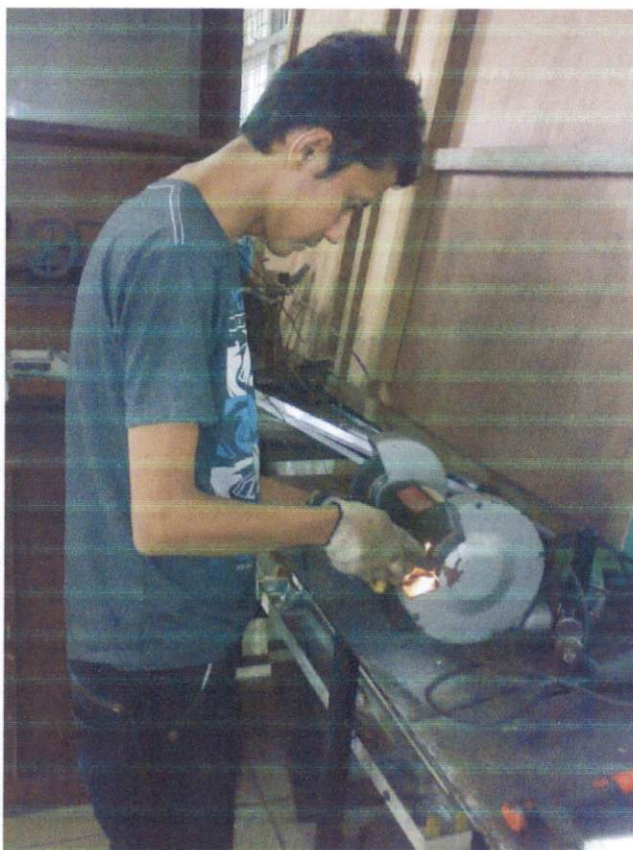
$$\text{Rendemen} = \frac{0,356 \text{ kg}}{2,25 \text{ kg}} \times 100 \%$$

$$= 15,8\%$$

Lampiran 3.Lanjutan

Ulangan	Rendemen (%)
1	14,4
2	13,6
3	15,8
Rata - rata	14,6
Standdard deviasi	1,1
CV(%)	7,5

Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian



Perakitan alat destilasi bioetanol



Proses hidrolisis bahan

Lampiran 4. Lanjutan

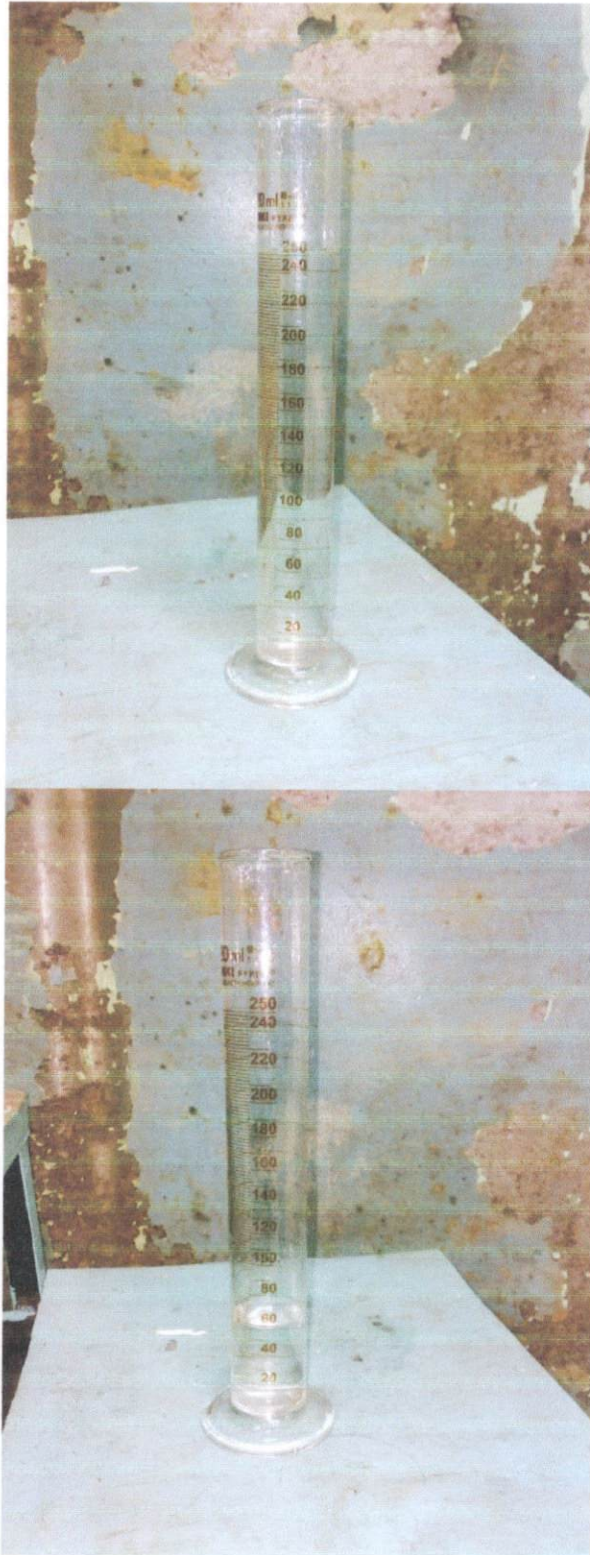


Proses fermentasi



Pengujian alat destilasi

Lampiran 4. Lanjutan



Pengukuran etanol yang didapat

Lampiran 4. Lanjutan



Bioetanol yang dihasilkan