

REKAYASA DAN UJI KINERJA PROTOTIPE DESTILATOR SKALA LABORATORIUM

Design and Performance Test of Distilator Prototype of Laboratory Scale

Suhardi^{1)*}

¹⁾Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember
Jalan Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Boto Jember
*E-mail: hardi.ftp@unej.ac.id

ABSTRACT

Laboratory equipment is quite expensive so amount of the equipment in the laboratory is very limited, considering the procurement of laboratory equipment is not always needs budgete annually by the college. It takes creativity laboratory manager to improve the performance of laboratory equipment so that the equipment can support educational activities. This research used two steps were: (1) design of destilator prototipe, include: functional and structural design, (2) performance test include: functional test, test alcohol produce, the rate of destilation, dan Efficiency of distillation. Desain and performance test was processed in agricultural engineering laboratory, agricultural technology faculty of Jember Univiersity. The result showed that as a functional and structural design it was can operate with dimensions were, bolier capacity 1 liter, height of destiltor prototipe 52cm. At the performance test of alcohol produced showed that the higher of alcohol produced without the perforated plate disc on factionating column was 82.5%. The higher of distilation rate with three the perforated plate discs was 5,75 ml/minute. The higher of distillation efficiency with three the perforated plate discs was 97.41%.

Keywords: *performance tests, efficiency of distillation, alcohol, distilator prototype*

PENDAHULUAN

Laboratorium merupakan tempat bagi dosen dan PLP untuk mendalami konsep, mengembangkan metode praktikum, dan mengembangkan kinerja peralatan. Laboratorium juga berfungsi sebagai tempat bagi mahasiswa untuk belajar memahami aplikasi teori melalui kegiatan praktikum dengan menggunakan peralatan laboratorium. Pada umumnya peralatan laboratorium tergolong mahal sehingga jumlah peralatan di laboratorium sangat terbatas, mengingat pengadaan peralatan laboratorium tidak selalu dianggarkan setiap tahun oleh pihak perguruan tinggi.

Tersedianya peralatan laboratorium yang memadai sangat berpengaruh terhadap keberhasilan kegiatan penelitian dosen maupun mahasiswa serta kegiatan

praktikum di laboratorium. Namun, menyediakan peralatan laboratorium yang memadai tidak semudah yang dibayangkan. Pengadaan peralatan laboratorium dari dana APBN memerlukan kajian yang sangat mendalam khususnya dalam menentukan skala prioritas kebutuhan peralatan masing-masing laboratorium. Berdasarkan kenyataan tersebut, diperlukan kreativitas pengelola laboratorium untuk merekayasa dan mempertahankan serta meningkatkan kinerja peralatan laboratorium agar peralatan tersebut dapat menunjang kegiatan pendidikan khususnya kegiatan penelitian dan praktikum. Kreativitas tersebut dapat diwujudkan melalui rekayasa peralatan atau uji kinerja peralatan yang telah ada di laboratium agar

berfungsi lebih baik dan efisien khususnya prototipe destilator.

Rekayasa dan uji kinerja prototipe destilator bertujuan untuk memenuhi kebutuhan peralatan destilasi di laboratorium sebagai sarana penunjang kegiatan penelitian maupun praktikum mahasiswa.

Pada proses rekayasa prototipe destilator diperlukan adanya analisis perancangan yang bertujuan untuk menentukan kebutuhan komponen-komponen yang digunakan dalam pembuatan destilator. Analisis ini terdiri dari analisis fungsional dan analisis struktural. Dalam analisis fungsional dilakukan penentuan komponen-komponen yang diperlukan untuk membuat prototipe destilator sedangkan analisis struktural menentukan bentuk dan komponen-komponen yang sesuai dengan besarnya kebutuhan bahan yang digunakan (Susilo, 2009).

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan antara lain 1 termometer, gelas ukur 50 ml dan 100 ml, alkoholmeter, dan kontrol suhu otomatis. Sementara bahan yang digunakan adalah alkohol 97% dan aquades.

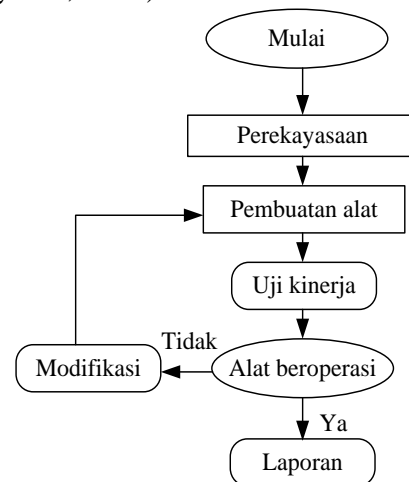
Tahapan Penelitian

Penelitian ini dibagi dalam dua tahap yaitu rekayasa prototipe destilator dan uji kinerja. Penentuan bentuk dan komponen dilakukan pada proses rekayasa, sementara untuk mengetahui kadar alkohol, laju dan efisiensi destilasi dilakukan pada proses uji kinerja. Adapun diagram alir penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.

Rekayasa prototipe destilator

Rekayasa destilator sederhana terdiri dari beberapa komponen, antara lain: (a) tungku pemasak (*boiler*) dilengkapi dengan termometer; (b) menara destilasi

yang dilengkapi termometer; (c) coil pendinginan; dan (d) perlengkapan lainnya yang mendukung peralatan destilator (Suryanto, 2009).



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Perekayasa prototipe dalam bentuk gambar dilakukan dengan menggunakan program Visio 2007. Rekayasa fungsional terdiri dari rekayasa boiler dengan pemanas listrik yang berfungsi sebagai penampung dan pemanas bahan destilat. Kolom fraksinasi dan kondensor dirakit menjadi satu kesatuan melalui proses pengelasan dan dapat dibongkar pasang pada *boiler*. Kolom fraksinasi berfungsi sebagai pemurni etanol dan kolom kondensor berfungsi sebagai penyerap panas uap etanol sehingga berubah menjadi cair melalui proses kondensasi. Pada bagian ujung kolom fraksinasi ditempatkan termokopel yang dihubungkan dengan *temperature controller*. *Temperature controller* ini berfungsi untuk mengatur suhu destilasi sekaligus sebagai pemutus arus listrik ke *boiler*, sehingga pada saat suhu di ujung kolom fraksinasi mendekati suhu hasil pengaturan *temperature controller* maka secara otomatis pemanas listrik pada *boiler* akan mati.

Proses rekayasa struktural prototipe destilator skala laboratorium ini meliputi: (a) rekayasa *boiler* berkapasitas 1 liter dengan pemanas listrik berdaya 180 watt; dan (b) rekayasa kolom fraksinasi dan

kolom kondensor yang dirakit menjadi satu kesatuan terbuat dari bahan pipa baja dengan diameter 6,35 cm dan tebal 0,20 cm. Pada kolom fraksinasi dilengkapi dengan plat besi berlubang dengan tebal 2 mm dan diameter 0,18 cm. Sementara pada bagian dalam kolom kondensor dilengkapi dengan lilitan pipa kuningan dengan panjang 20 cm.

Uji kinerja prototipe

Uji kinerja prototipe destilator dilakukan dengan perlakuan tanpa plat piringan berlubang dan menggunakan plat piringan berlubang yang terdiri dari 2 dan 3 plat piringan berlubang yang ditempatkan pada bagian kolom fraksinasi. Proses destilasi pada perlakuan menggunakan dan tanpa penggunaan plat berlubang dilakukan 2 kali ulangan dengan waktu destilasi 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit.

Pengujian kinerja alat destilasi ini bertujuan untuk mengetahui tingkat efisiensi destilasi dan laju destilasi. Susilo (2009) menyatakan bahwa parameter yang digunakan dalam pengujian alat destilasi meliputi:

1. Konsentrasi Etanol

Dalam pengujian alat menggunakan bahan etanol yang telah diketahui kadarnya, pada umumnya menggunakan alkohol 97% yang banyak tersedia di pasaran. Sebelum dilakukan destilasi, bahan etanol ini diencerkan dengan menambahkan aquades hingga diperoleh konsentrasi sesuai dengan perlakuan yang diinginkan. Penentuan konsentrasi awal bertujuan untuk mengetahui besarnya tingkat efisiensi dari alat ini untuk memurnikan bahan etanol.

2. Suhu

Suhu dalam proses destilasi sangat menentukan tingkat keberhasilan dalam proses pemurnian bahan. Titik didih etanol adalah 78.5°C sedangkan titik didih air yaitu pada 100°C. Dalam proses destilasi, suhu kolom bawah

harus dijaga agar tetap konstan yaitu pada titik didihnya sehingga air dalam campuran etanol tidak ikut menguap.

3. Laju Destilasi

Laju destilasi digunakan untuk mengetahui kecepatan proses destilasi yang terjadi. Cara perhitungannya adalah dengan membagi banyaknya etanol hasil destilasi dibagi dengan lamanya proses destilasi.

Prinsip pengujian kinerja prototipe destilator dilakukan dengan memisahkan cairan ke dalam fraksi-fraksi, yakni kelompok yang mempunyai kisaran titik didih tertentu (destilasi bertingkat), (Agustin *et al.* tanpa tahun).

Prosedur uji kinerja prototipe destilator sebagai berikut: (a) satukan bagian-bagian dari prototipe destilator; (b) masukkan piringan plat berlubang yang terdiri dari 2 piringan plat berlubang; (c) encerkan alkohol 97% dengan aquades sampai kadar alkohol menjadi 40%; (d) masukkan larutan alkohol 40% sebanyak 500 ml ke dalam boiler; (e) Atur suhu *temperature controller* pada suhu 78°C; (f) panaskan larutan alkohol tersebut, catat volume dan kadar alkohol hasil destilasi setiap 30 menit selama 2 jam; (g) catat dan ukur kadar alkohol hasil destilasi dengan alkoholmeter; (h) ulangi langkah a - f untuk kolom fraksinasi dengan 3 piringan plat berlubang dan tanpa piringan plat berlubang; dan (i) hitung laju destilasi dan efisiensi destilasi

Laju destilasi dengan rumus:

$$\text{Laju Destilasi} = \frac{\text{Volume hasil destilasi (ml)}}{\text{Waktu destilasi (menit)}} \dots(1)$$

Efisiensi destilasi dengan rumus (Marjoni, 2014):

$$\text{Efisiensi destilasi} = \frac{\text{Volume alkohol hasil destilasi (ml)}}{\text{Volume larutan terdestilat (ml)}} \times 100\% \dots(2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rekayasa Prototipe Destilator

Prototipe destilator ini terdiri dari boiler, kolom fraksinasi, dan kolom kondensor. Kapasitas prototipe destilator ini adalah 1 liter bahan destilat. Struktur prototipe meliputi:

1. Boiler

Boiler berfungsi untuk memanaskan air hingga menghasilkan uap panas dan selanjutnya mengalirkannya ke dalam kolom bawah melalui pipa spiral yang berfungsi sebagai koil pemanas. Sumber pemanas boiler adalah kompor listrik.

2. Kolom fraksinasi

Kolom fraksinasi terbuat dari pipa besi dengan diameter luar 6,35 cm, tebal 0.2 cm serta panjang 40 cm. Kolom fraksinasi dilengkapi dengan piringan yang terbuat dari bahan plat besi dengan ketebalan 0.2 cm yang disertai lubang-lubang kecil. Kolom fraksinasi berfungsi sebagai pemurni etanol dengan menggunakan sistem tray yang dipasang secara bertingkat-tingkat.

3. Kondensor

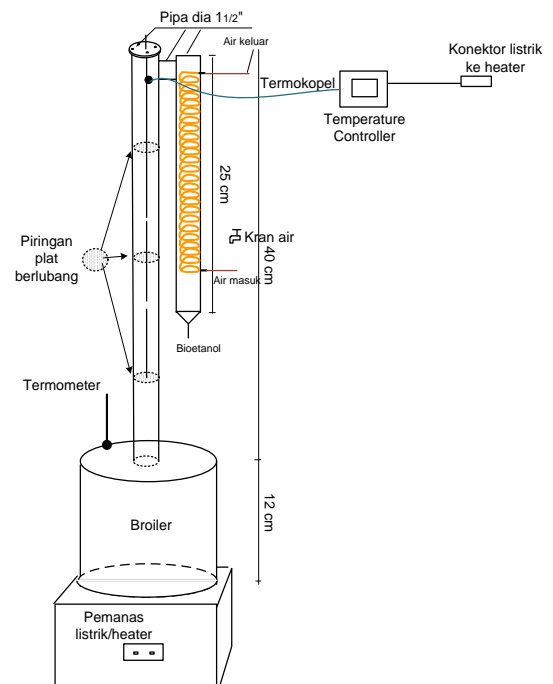
Kondensor terbuat dari bahan pipa besi dengan diameter luar 6,53 cm, tebal 0,2 cm dan panjang 25 cm. Kondensor berfungsi sebagai penukar panas yaitu dengan menyerap panas dari uap etanol ke air yang melewati kondensor sehingga terjadi proses kondensasi.

4. Kontrol suhu otomatis

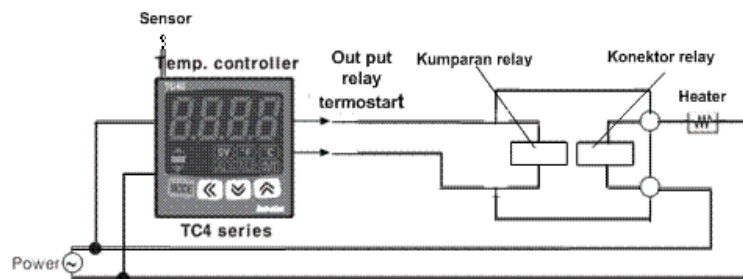
Untuk mengontrol suhu pada kolom fraksinasi secara otomatis, digunakan *temperature controller* yang telah dimodifikasi dengan penambahan termokopel dan rangkaian saklar listrik untuk memutuskan arus listrik ke power boiler. 1 unit kontrol suhu otomatis terdiri dari 1 unit termokopel, 1 unit *temperatur controller*, dan 1 unit saklar pemutus arus listrik. Sensor pada termokopel ditempatkan di ujung kolom fraksinasi dan mulut kondensator, kemudian kabel termokopel

dihubungkan dengan *temperatur controller*. Penghubung arus listrik menggunakan *temperatur controller* yang dilengkapi dengan konektor listrik dan saklar pemutus arus listrik. Konstruksi dan komponen dari prototipe destilator dapat dilihat pada Gambar 2, 3, 4.

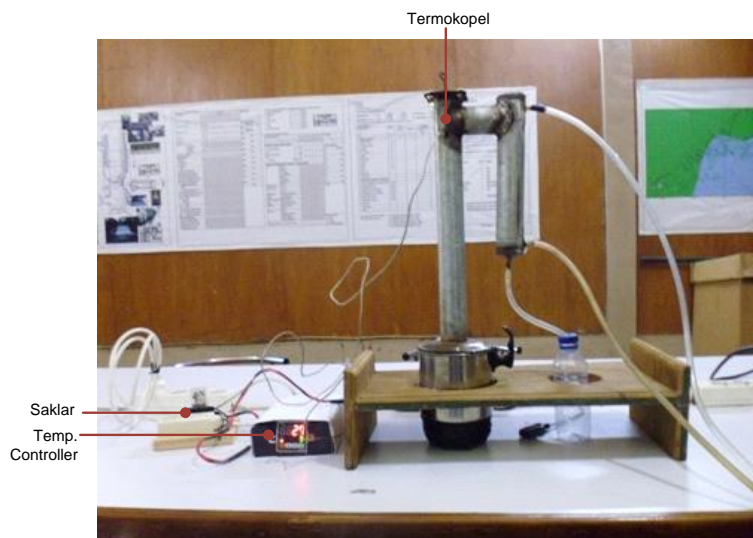
Pengujian secara fungsional prototipe destilator ini dilaksanakan di laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian. Hasil uji fungsional menunjukkan bahwa bagian dari komponen prototipe destilator telah berfungsi dengan baik sesuai dengan hasil rekayasa. *Boiler* dengan pemanas listrik akan mati secara otomatis apabila suhu pada *temperature controller* menunjukkan angka suhu lebih rendah atau lebih tinggi $\pm 3^{\circ}\text{C}$ dari hasil pengaturan yaitu 78°C dan hidup kembali apabila suhu turun, sehingga suhu pada boiler lebih stabil. Kolom fraksinasi dan kondensor telah berfungsi dengan baik pula, dimana pada proses uji fungsional ini prototipe destilator mampu menghasilkan bioetanol.



Gambar 2. Rangkaian prototipe destilator skala laboratorium



Gambar 3. Rangkaian kontrol suhu otomatis



Gambar 4. Prototipe destilator skala laboratorium

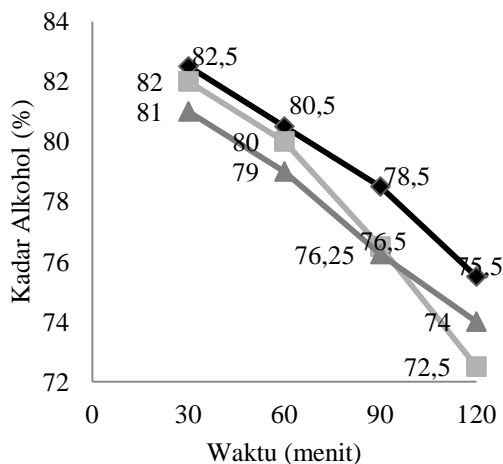
Uji Kinerja

Destilasi bertingkat (fraksinasi) digunakan untuk komponen yang memiliki titik didih berdekatan. Pada dasarnya sama dengan destilasi sederhana, hanya saja memiliki kondensor yang lebih banyak sehingga mampu memisahkan dua komponen yang memiliki perbedaan titik didih yang bertekanan. Pada proses ini akan didapatkan substansi kimia yang lebih murni, karena melewati kondensor yang banyak. Pemisahan dua jenis cairan yang sama-sama mudah menguap dapat dilakukan dengan destilasi bertingkat. Destilasi bertingkat sebenarnya adalah suatu proses destilasi berulang. Proses berulang ini terjadi pada kolom fraksional. Kolom fraksional terdiri atas beberapa plat dimana pada setiap plat terjadi pengembunan. Uap yang naik pada plat

yang lebih tinggi, banyak mengandung cairan yang lebih atsiri (mudah menguap) sedangkan cairan yang kurang atsiri lebih banyak dalam kondensat. Di puncak kolom, termometer digunakan untuk mengukur suhu fraksi pertama yang kaya dengan komponen yang lebih mudah menguap, (Nurhidayati, 2011).

Uji kinerja prototipe destilator ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dan tingkat keberhasilan alat dalam proses destilasi menggunakan 2 tingkat piringan plat berlubang, 3 tingkat piringan plat berlubang, dan tanpa piringan plat berlubang yang ditempatkan pada kolom fraksinasi. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sampel alkohol 97% yang telah diencer dengan aquades sampai kadar alkohol 40%. Uji kinerja prototipe destilator dilakukan dengan pengaturan

suhu destilasi 78°C pada *temperatur controller*. Sementara untuk waktu pengamatan dilakukan pada kurun waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit dengan parameter pengamatan meliputi kadar alkohol dan volume hasil destilasi. Hasil uji kinerja prototipe destilator dapat dilihat pada **Gambar 5, 6, 7**.



Gambar 5. Hubungan waktu dan rata-rata kadar alkohol hasil destilasi dengan 3 piringan (▲), 2 piringan (■) dan tanpa piringan (●) plat berlubang.

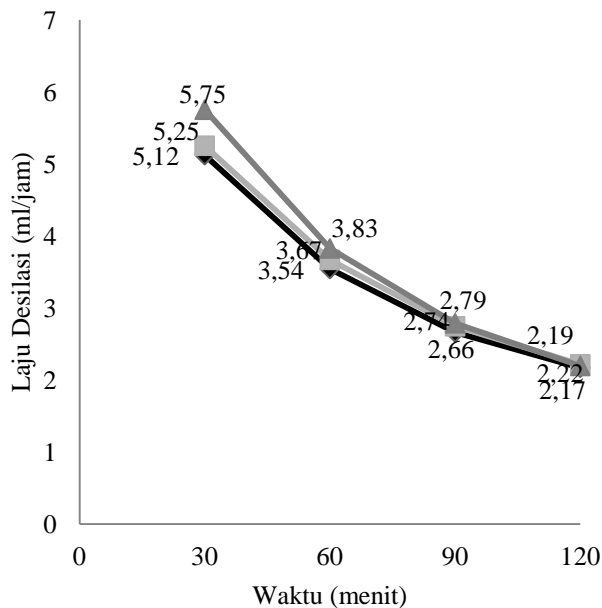
Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai rata-rata kadar alkohol dari hasil 2 kali pengulangan tertinggi terjadi pada proses destilasi tanpa piringan plat berlubang, sementara penggunaan piringan plat berlubang yang dipasang secara bertingkat (2 dan 3 tingkat) berpengaruh terhadap penurunan kadar alkohol. Hasil destilasi tanpa piringan plat berlubang pada kolom fraksinasi menghasilkan kadar alkohol rata-rata tertinggi yaitu 82,5% pada menit ke 30 dan cenderung menurun sampai 75,5% pada menit ke 120. Destilasi menggunakan piringan plat berlubang cenderung mengalami penurunan kadar alkohol seiring bertambahnya jumlah tingkat piringan plat berlubang pada kolom fraksinasi dan bertambahnya waktu destilasi. Pada destilasi dengan menggunakan 2 tingkat piringan plat berlubang kadar alkohol rata-rata yang

dihasilkan sebesar 82% dan cenderung menurun sampai 72,5% pada menit ke 120. Pada destilasi dengan menggunakan 3 tingkat piringan plat berlubang kadar alkohol rata-rata yang dihasilkan sebesar 81% dan cenderung menurun sampai 74% pada menit ke 120. Semakin lama proses destilasi berlangsung maka semakin menurun pula kadar alkohol yang dihasilkan seiring meningkatnya suhu pada boiler dan semakin banyaknya fase cair lain yang menguap bersama uap alkohol.

Penurunan kadar alkohol pada proses destilasi menggunakan piringan plat berlubang terjadi karena suhu pada boiler dan *temperature controller* sangat berbeda, dimana pada waktu destilasi 30 menit suhu boiler mencapai 85°C sementara pada *temperature controller* yang ditempatkan pada ujung kolom fraksinasi menunjukkan 77-78°C. Pada waktu destilasi 120 menit suhu boiler mencapai 98°C sementara pada *temperature controller* 80-81°C. Perbedaan suhu yang sangat tinggi antara suhu di boiler dan suhu di ujung kolom fraksinasi disebabkan karena proses perambatan panas berlangsung lama, mengingat penggunaan piringan plat berlubang selain berfungsi untuk memisah uap air dan alkohol lebih sempurna, juga berfungsi untuk menyerap panas dari uap air sehingga proses pemanasan pada kolom fraksinasi berlangsung secara bertahap. Pada kondisi dimana suhu boiler mendekati titik didid air, maka uap air akan semakin banyak terdorong ke kolom fraksinasi dan lolos melewati piringan plat berlubang sehingga kadar alkohol yang dihasilkan menjadi lebih rendah karena tercampur dengan uap air.

Sementara pada proses destilasi tanpa piringan plat berlubang, perbedaan suhu pada boiler dan ujung kolom fraksinasi tidak terlalu jauh berbeda yaitu berkisar 82-87°C pada boiler dan berkisar 77-81°C di ujung kolom fraksinasi, sehingga uap air yang ikut menguap bersama uap etanol cenderung lebih sedikit

bila dibandingkan dengan proses destilasi dengan menggunakan piringan plat berlubang.

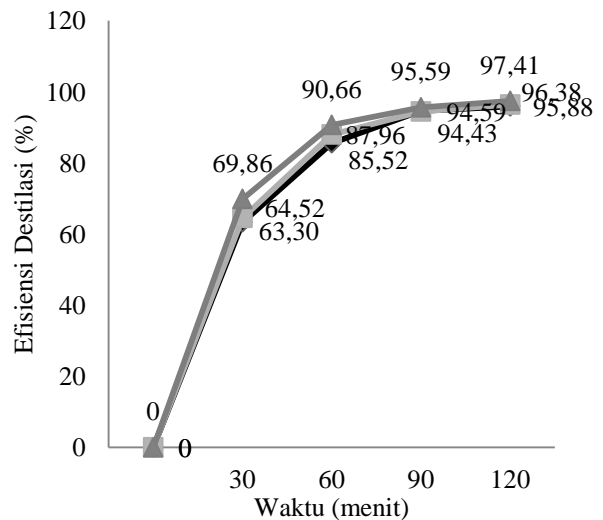


Gambar 6. Hubungan waktu dan rata-rata laju destilasi dengan 3 piringan (▲), 2 piringan (■), tanpa piringan (■) plat berlubang.

Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai laju destilasi rata-rata dari 2 kali pengulangan tertinggi terjadi pada proses destilasi dengan 3 tingkat piringan plat berlubang pada kolom fraksinasi, sementara proses destilasi tanpa plat berlubang pada kolom fraksinasi menunjukkan nilai laju destilasi paling rendah. Secara umum laju destilasi tertinggi terjadi pada waktu destilasi 30 menit sebesar 5,75ml/menit pada kolom fraksinasi dengan 3 tingkat piringan plat berlubang, 5,25ml/menit pada menit pada kolom fraksinasi dengan 2 tingkat piringan plat berlubang, dan 5,12 ml/menit pada kolom fraksinasi tanpa plat berlubang. Tingginya laju destilasi ini karena pada proses destilasi selama 30 menit, proses penguapan uap etanol berlangsung optimal karena suhu boiler masih berkisar 78-85°C dan suhu pada ujung kolom fraksinasi berkisar 79-81°C.

Pada proses destilasi selam 60 menit sampai dengan 120 menit berikutnya, laju

destilasi semakin menurun karena kandungan alkohol yang ada dalam larutan destilat semakin sedikit dan volume hasil destilasi cenderung menurun pula.



Gambar 7. Hubungan waktu dan rata-rata efisiensi destilasi dengan 3 piringan (▲), 2 piringan (■), tanpa piringan (■) plat berlubang

Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai rata-rata dari 2 kali ulangan efisiensi destilasi tertinggi terjadi pada proses destilasi dengan 3 tingkat piringan plat berlubang pada kolom fraksinasi sebesar 97,41%, sementara proses destilasi tanpa piringan plat berlubang pada kolom fraksinasi menunjukkan nilai efisiensi destilasi paling rendah yaitu 95,88%. Secara umum efisiensi destilasi tertinggi terjadi pada waktu destilasi 120 menit, karena pada proses destilasi selama 120 menit ini menghasilkan volume alkohol mendekati volume alkohol pada larutan destilat sebelum dilakukan destilasi. Pada destilasi dengan 3 tingkat piringan plat berlubang menghasilkan volume alkohol rata-rata sebesar 263,3 ml dengan kadar alkohol rata-rata 74%, sehingga volume alkohol murni rata-rata dari 2 kali ulangan sebesar 194,83 ml, sementara volume larutan destilat sebanyak 500 ml dengan kadar alkohol 40% menunjukkan pada

larutan ini kandungan alkohol murni sebanyak 200 ml.

Mengingat tujuan dari penggunaan kolom fraksinasi bertingkat dengan piringan plat berlubang adalah untuk memisahkan uap campuran senyawa cair yang titik didihnya hampir sama/tidak begitu berbeda, dan adanya penghalang dalam kolom fraksinasi menyebabkan uap yang titik didihnya sama akan sama-sama menguap atau senyawa yang titik didihnya rendah akan naik terus hingga akhirnya mengembun dan turun sebagai destilat, sedangkan senyawa yang titik didihnya lebih tinggi, jika belum mencapai harga titik didihnya maka senyawa tersebut akan menetes kembali ke dalam boiler, yang akhirnya jika pemanasan dilanjutkan terus akan mencapai harga titik didihnya. Senyawa tersebut akan menguap, mengembun dan turun/menetes sebagai destilat, sehingga penggunaan piringan plat berlubang pada kolom fraksinasi bertingkat dapat meningkatkan efisiensi destilasi. Berdasarkan hasil percobaan, penggunaan piringan plat berlubang dengan 3 tingkat akan menghasilkan efisiensi destilasi rata-rata dari 2 ulangan sebesar 97,41%; penggunaan piringan plat berlubang dengan 2 tingkat menghasilkan efisiensi destilasi rata-rata 96,38%; dan tanpa piringan plat berlubang menghasilkan rata-rata 95,88%.

KESIMPULAN

Uji kinerja prototipe destilator terhadap kadar alkohol yang dihasilkan menunjukkan bahwa destilasi tanpa adanya piringan plat berlubang pada kolom fraksinasi menghasilkan kadar alkohol rata-rata tertinggi yaitu 82,5%; sementara penggunaan piringan plat berlubang pada kolom fraksinasi cenderung mengalami penurunan kadar alkohol.

Uji kinerja prototipe destilator terhadap laju destilasi pada menit ke 30 menunjukkan bahwa destilasi dengan 3 tingkat piringan plat berlubang pada kolom

fraksinasi menghasilkan laju destilasi rata-rata tertinggi yaitu 5,75 ml/menit, sementara penggunaan 2 tingkat piringan plat berlubang pada kolom fraksinasi menghasilkan laju destilasi 5,25 ml/menit, dan 5,12 ml/menit pada destilasi tanpa piringan plat berlubang.

Uji kinerja prototipe destilator terhadap efisiensi destilasi pada menit ke 120 menunjukkan bahwa destilasi dengan 3 tingkat piringan plat berlubang pada kolom fraksinasi menghasilkan efisiensi destilasi rata-rata tertinggi yaitu 97,41 %, sementara penggunaan 2 tingkat piringan plat berlubang pada kolom fraksinasi menghasilkan efisiensi destilasi rata-rata 96,38%, dan 95,88% pada destilasi tanpa piringan plat berlubang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Ketua Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Jurusan Teknik Petanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang telah mendukung secara finansial terlaksananya penelitian yang berjudul Rekayasa dan Uji Kinerja Prototipe Destilator Skala Laboratorium, guna mendukung pengembangan kinerja peralatan khususnya prototipe destilator skala laboratorium ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, N., Wahyuningrum, L., Harjunowibowo, D. (Tanpa Tahun). "Rancang Bangun Teknologi Destilasi Bioetanol untuk Bahan Bakar Terbarukan". Surakarta: Laboratorium Pendidikan Fisika Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Sebelas Maret
- Marjoni, R. 2014. Pemurnian etanol hasil fermentasi kulit umbi singkong (*Manihot utilissima* Pohl.) dari limbah industri kerupuk sanjai di Kota Bukit Tiggi berdasarkan suhu dan waktu destilasi. *Parmaclana*, 4 (2): 193-200.
- Nurhidayati. 2011. Destilasi. Dalam <http://dayzsmileasrainbow.blogspot.com>

/2011/04/destilasi.html. [Diakses
Tanggal 7 Mei 2015].

Susilo, S. 2009. "Rancangan Dan Uji Kinerja Alat Distilasi Etanol Dengan Metode Rektifikasi". Skripsi. Departemen Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.

Suryanto. 2009. Penerapan Teknologi Bioethanol Berbahan Baku Singkong Sebagai Sumber Energi Alternatif. Laporan Akhir Program Iptek Bagi Masyarakat. Lembaga Pengabdian Kepada Masyarakat. Universitas Jember.