

Unjuk Kerja *Compact Distillator Low Grade Bioetanol* dengan Memanfaatkan Gas Buang Sepeda Motor

Bambang Sugiarto^{a*} dan Dedi Suntoro^b

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Telephone: (021) 727 0032, 786 4089, Faximile: (021) 727 0033
Kampus UI Depok 16424
Email: ^abangsugi@eng.ui.ac.id, ^bdedisunt@yahoo.com

Abstrak

Penelitian dan pengembangan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar minyak terus dilakukan. Untuk memperoleh high grade bioetanol sesuai standar bahan bakar kendaraan bermotor, bioetanol hasil fermentasi dimurnikan dengan cara distilasi. Pada penelitian ini dikembangkan sistem distilasi dengan memanfaatkan gas buang sepeda motor sebagai sumber panasnya yang disebut dengan compact distillator. Sistem ini berupa sistem distilasi sederhana dengan bentuk compact terdiri dari komponen evaporator, separator dan kondenser yang dipasang pada saluran gas buang sepeda motor dan diharapkan dapat menghasilkan bioetanol kadar tinggi sehingga hasilnya dapat langsung digunakan sebagai bahan bakar campuran sepeda motor itu sendiri. Tujuan dari studi ini untuk mengetahui unjuk kerja compact distillator dengan jarak antar tray 100mm dan jarak antar tray 70mm dengan cara memvariasikan putaran mesin sepeda motor sebagai sumber panasnya. Hasil pengujian menunjukkan kadar etanol distilat yang dihasilkan maksimal sebesar 96,91%v/v dengan putaran mesin 3600 rpm pada compact distillator dengan jarak antar tray 100mm. Sedangkan laju distilasi maksimal sebesar 197ml/jam pada compact distillator dengan jarak antar tray 70mm dengan putaran mesin 3600rpm. Kadar etanol distilat lebih tinggi pada compact distillator dengan jarak antar tray 100mm dibandingkan dengan 70mm, namun laju ditilasi lebih tinggi pada compact distillator dengan jarak antar tray 70mm dibanding jarak antar tray 100mm.

Kata kunci : bioetanol, compact distillator

Latar belakang

Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar telah diteliti oleh banyak peneliti. Saat ini telah mulai dikembangkan pemanfaatan bioethanol 95,6% (*hydrous ethanol*) sebagai campuran bahan bakar mengingat biaya produksi dehidrasi alkohol hingga 99,5% cukup tinggi. Berdasarkan hasil penelitian torsi dan brake mean effective pressure (BMEP) lebih tinggi pada penggunaan campuran gasoline-ethanol pada kecepatan mesin rendah sedangkan penggunaan hydrous ethanol menghasilkan daya tinggi pada mesin kecepatan tinggi. Hydrous ethanol menghasilkan efisiensi termal lebih tinggi dibanding campuran gasoline-ethanol. Hydrous ethanol menurunkan emisi CO dan HC namun meningkatkan CO₂ dan NO_x [1].

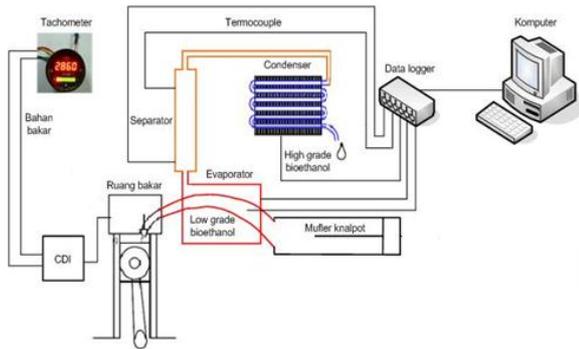
Pada penelitian ini dilakukan pengembangan kolom distilasi batch sederhana bioetanol dengan memanfaatkan gas buang sepeda motor yang disebut dengan sistem compact distillator sebagai penyempurnaan desain sebelumnya[2]. Pada motor pembakaran dalam seperti sepeda motor, sebanyak 34% energinya terbuang lewat exhaust gas buang sehingga masih dapat dimanfaatkan kembali untuk proses yang lain[3]. Pemakaian energi gas buang untuk distilasi dapat menghemat

energi sekaligus menyediakan bahan bakar alternatif untuk sepeda motor itu sendiri.

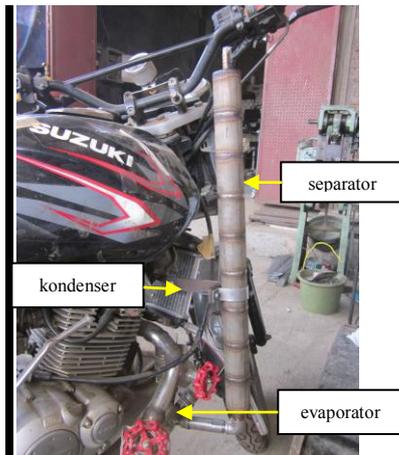
Proses destilasi adalah metode pemisahan campuran yang didasarkan pada perbedaan tingkat volatilitas[4]. Beberapa peneliti telah melakukan penelitian mengenai karakteristik dan unjuk kerja kolom distilasi. Bonsfills dan Puigjaner melakukan studi simulasi dan eksperimen distilasi batch untuk memisahkan campuran air dengan metanol dan memisahkan campuran cyclohexane-toluene-chlorobenzene[5]. Elgue et al meneliti dan mengembangkan model matematika untuk mengetahui karakteristik operasi start-up kolom distilasi campuran air-metanol sehingga diketahui profil temperatur pada start-up distilasi[6]. Studi ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja compact distillator dengan mengatur putaran mesin sepeda motor sebagai sumber panasnya.

Metodologi

Pada eksperimen ini dilakukan pengujian compact distillator yang terpasang pada saluran gas buang (mufler knalpot) sepeda motor Suzuki Thunder 125 tahun 2007. Skema pengujian disajikan pada Gambar 1 sedangkan instalasi compact distillator ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 1. Skema Pengujian



Gambar 2. Instalasi compact distillator pada sepeda motor

Sistem compact distillator terdiri dari tiga komponen yaitu evaporator, separator dan kondenser. Spesifikasi komponen compact distillator disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter compact distillator

Item	Parameter
Evaporator	
diameter tabung dalam	Ø 88,9 mm
diameter tabung luar	Ø 90,2 mm
jumlah pipa Ø 14 mm	2 buah
kapasitas kolom	1,2 liter
Material	SS 316L
Separator	
diameter luar	Ø 48,3 mm
diameter dalam	Ø 40,94 mm
tinggi separator	900 mm
jumlah tray	8 buah
diameter lubang tray	Ø 1 mm
jumlah lubang per tray	128
jenis tray	sieve tray
jarak antar tray	70 mm dan 100 mm
material	SS 316L
Kondenser	
jenis	radiator motor
lebar	140 mm

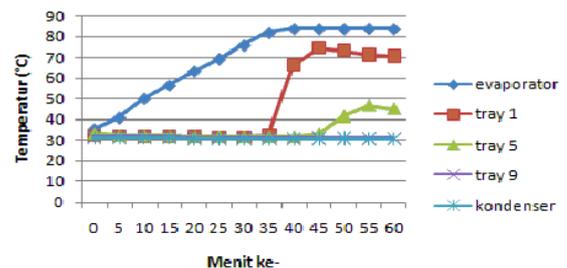
tinggi 180 mm
Material Aluminium

Temperatur fluida didalam evaporator, separator dan kondenser diukur menggunakan termocouple yang terhubung dengan data logger. Volume distilat yang dihasilkan ditampung di gelas ukur sehingga setiap waktu bisa dilihat penambahan volumenya. Distilat hasil pengujian diukur kadar alkoholnya dengan alat densitometer sedangkan putaran mesin sepeda motor diukur dengan tachometer.

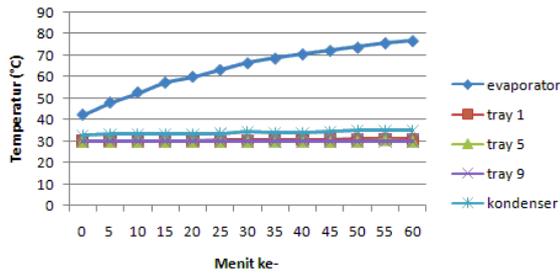
Pengujian dimulai dengan memasukkan low grade bioetanol (30%) sebanyak 1 liter ke dalam evaporator. Kemudian mesin dinyalakan dan diatur putaran mesinnya agar konstan. Putaran mesin divariasikan pada 1800 rpm, 3600 rpm dan 5400 rpm. Selama pengujian temperatur evaporator dikontrol agar temperaturnya tidak lebih dari 90°C dengan cara membuka valve bypass pada saluran gas buang dan menutup valve yang menuju evaporator. Pengujian dilakukan selama satu jam pada compact distillator dengan jarak antar tray 70 mm dan jarak antar tray 100 mm. Pengujian juga dilakukan dengan memvariasikan volume umpan low grade bioetanol pada evaporator yaitu dengan umpan 1000ml, 900ml dan 800ml dan juga memvariasikan kadar low grade bioetanol pada evaporator yaitu dengan 30%, 20% dan 10%.

Hasil dan Pembahasan

Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan perbandingan profil start-up temperatur fluida bioetanol didalam compact distillator dengan jarak antar tray 70 mm (separator A) dan 100 mm (separator B) dengan variasi putaran mesin 1800 rpm, 3600 rpm dan 5400 rpm. Putaran mesin berhubungan dengan kapasitas panas yang dihasilkan tiap satuan waktu semakin tinggi rpm berarti semakin besar pula kapasitas panas yang dihasilkan.

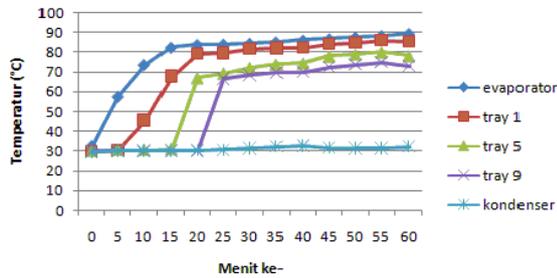


Gambar 3. Profil temperatur fluida untuk tray 70 mm dan putaran mesin 1800 rpm

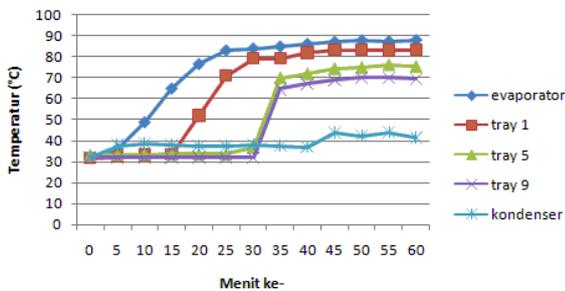


Gambar 4. Profil temperatur fluida untuk tray 100 mm dan putaran mesin 1800 rpm

Pada Gambar 3 dan 4 terlihat bahwa pada putaran mesin 1800 rpm, temperatur separator A lebih cepat panas dibanding separator B. Pada satu jam pertama temperatur di tray 1 dan tray 5 sudah mulai naik pada separator A sedangkan pada separator B belum ada kenaikan temperatur. Pada separator A maupun separator B sampai dengan menit ke 60 di tray 9 belum ada kenaikan temperatur. Sehingga uap yang terbentuk pada evaporator akan mengembun dan kembali ke evaporator. Temperatur pada evaporator keduanya telah mencapai di atas 80°C atau diatas titik didih etanol (78,4°C) namun demikian kapasitas panas yang dihasilkan putaran mesin 1800 rpm belum mampu untuk menguapkan etanol di dalam evaporator hingga sampai dengan tray 9. Oleh karena itu pada separator A dan separator B belum dihasilkan distilat.



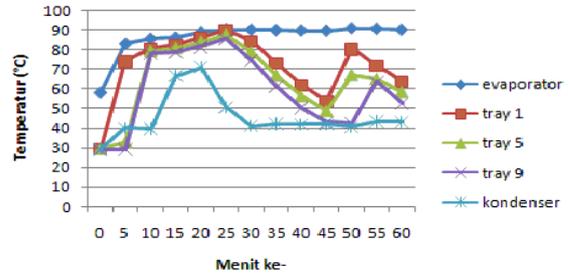
Gambar 5. Profil temperatur fluida untuk tray 70 mm dan putaran mesin 3600 rpm



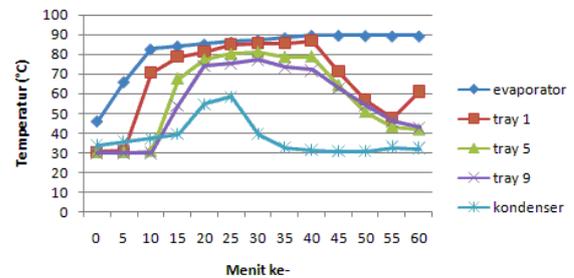
Gambar 6. Profil temperatur fluida untuk tray 100 mm dan putaran mesin 3600 rpm

Pada putaran mesin 3600 rpm, ditunjukkan oleh Gambar 5 dan 6, pada menit ke-35 temperatur pada separator A dan B baik di evaporator, tray 1, tray 5 dan tray 9 telah mengalami kenaikan. Temperatur evaporator naik mendekati 90°C dan kemudian relatif konstan.

Hal ini dapat dimengerti pada temperatur kontan tersebut panas yang diserap evaporator dari gas buang digunakan untuk menguapkan etanol. Jika dibandingkan antara separator A dan separator B, kenaikan temperatur lebih cepat dicapai oleh separator A sehingga lebih cepat pula menghasilkan distilat etanol.



Gambar 7. Profil temperatur fluida untuk tray 70 mm dan putaran mesin 5400 rpm



Gambar 8. Profil temperatur fluida untuk tray 100 mm dan putaran mesin 5400 rpm

Pada Gambar 7 dan 8, temperatur pada komponen compact distillator lebih cepat mengalami kenaikan. Temperatur pada evaporator mencapai 90°C dengan cepat. Pada pengujian ini, temperatur evaporator dikontrol agar tetap terjaga dibawah 90°C karena dikawatirkan air ikut menguap bersama etanol. Oleh karenanya pada grafik terlihat temperatur pada tray 1, tray 5, tray 9 dan kondenser mengalami penurunan setelah valve ditutup. Temperatur pada separator A lebih cepat mengalami kenaikan dibanding pada separator B dikarenakan dimensi separator A lebih pendek sehingga perpindahan panas menjadi lebih cepat dan tekanan yang dihambat juga kecil.

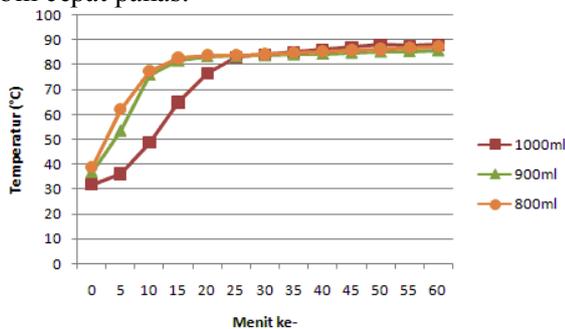
Tabel 2. Perbandingan laju distilasi dan kadar distilat antara separator A dan separator B

Jarak antar tray (mm)	Laju distilasi		Kadar etanol distilat (%v/v)
	sebelum valve ditutup (ml/jam)	laju distilasi total (ml/jam)	
3600 rpm	540	360	540
70	197	364	197
			184
			88.
			74.

					27	12		
100	71	188	71	143	93. 36	81. 81		

Tabel 2 menunjukkan laju distilasi sebelum valve Penutupan valve mengakibatkan laju distilasi berhenti sehingga volume distilat tetap. Berdasarkan Tabel 2, laju distilasi separator A lebih cepat dibanding separator B. Berdasarkan putaran mesin, laju distilasi dengan putaran mesin lebih tinggi, lebih cepat dibanding putaran mesin lebih rendah. Laju distilasi maksimum dengan penutupan valve adalah 197 ml/jam pada pengujian separator A dan putaran mesin 3600 rpm. Sedangkan laju distilasi sebelum penutupan valve maksimum terjadi pada pengujian separator A dan putaran mesin 5400 rpm sebesar 364 ml/jam. Separator B menghasilkan distilat etanol dengan kadar yang lebih tinggi dibanding separator A. Putaran mesin yang lebih tinggi menurunkan kadar etanol distilat baik pada separator A dan separator B seperti ditunjukkan oleh Gambar 10.

Gambar 9 menunjukkan profil temperatur dengan variasi volume umpan 800 ml, 900 ml dan 1000 ml pada putaran mesin 3600 rpm. Terlihat bahwa volume umpan yang lebih sedikit terlihat lebih cepat panas.



Gambar 9. Profil temperatur fluida pada evaporator dengan variasi volume umpan

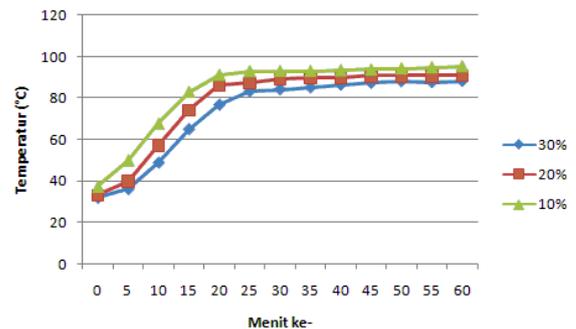
Tabel 3. Laju distilasi dan kadar etanol distilat dengan variasi volume umpan

Volum e umpan (ml)	Laju distilasi sebelum valve ditutup (ml/jam)		laju distilasi total (ml/jam)		Kadar etanol distilat (%v/v)	
	3600 rpm	5400 rpm	3600 rpm	5400 rpm	3600 rpm	5400 rpm
800	83	274	83	170	96. 91	88. 97
900	37	250	37	198	95.	90.

					44	8		
1000	71	188	71	143	93. 36	81. 81		

Laju distilasi meningkat untuk volume umpan yang semakin sedikit seperti terlihat pada Tabel 3. Hal ini disebabkan oleh temperatur fluida yang lebih cepat panas sehingga bioetanol dalam evaporator lebih cepat menguap. Pada putaran mesin 5400 rpm laju distilasi juga ditentukan oleh waktu buka tutup valve sehingga laju distilasi terlihat naik turun. Berdasarkan Tabel 3, semakin sedikit volume umpan cenderung kadar etanolnya semakin tinggi. Jika dilihat profil temperatur pada Gambar 9 temperatur dengan umpan volume lebih tinggi temperaturnya lebih tinggi. Kadar etanol maksimum sebesar 96,91% terjadi saat putaran mesin 3600 rpm dengan volume umpan 800ml.

Gambar 10 menunjukkan profil temperatur fluida bioetanol dengan variasi kadar etanol umpan 10%, 20% dan 30% pada putaran 3600 rpm.



Gambar 10. Profil temperatur fluida pada evaporator dengan variasi kadar etanol umpan

Berdasarkan grafik profil temperatur dengan variasi kadar etanol umpan, umpan dengan kadar etanol lebih rendah, temperaturnya lebih tinggi meskipun perbedaannya sangat kecil. Hal ini dikarenakan panas yang diterima compact distillator dengan umpan kadar tinggi digunakan untuk penguapan lebih banyak daripada umpan kadar rendah dimana pada proses penguapan tersebut tidak terjadi perubahan temperatur. Pada Tabel 4. ditunjukkan laju distilasi yang menurun seiring dengan menurunnya kadar etanol umpan baik pada putaran mesin 3600 rpm maupun 5400 rpm.

Tabel 4. Laju distilasi dan kadar etanol distilat dengan variasi kadar etanol umpan

Kadar etanol umpan (%v/v)	Laju distilasi sebelum valve ditutup (ml/jam)		laju distilasi total (ml/jam)		Kadar etanol distilat (%v/v)	
	3600 rpm	5400 rpm	360 rpm	540 rpm	360 rpm	540 rpm
10	11	117	11	79	85.65	77.16
20	43	160	43	81	92.99	87.09
30	71	188	71	143	93.36	81.81

Kadar etanol distilat cenderung menurun seiring dengan semakin rendahnya kadar etanol umpan seperti ditunjukkan oleh Tabel 4. Kadar etanol dipengaruhi oleh profil temperatur yang terlihat pada Gambar 10, dimana temperatur dengan kadar etanol umpan lebih sedikit memiliki temperatur lebih tinggi karena kandungan air yang dipanaskan lebih banyak.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian separator compact distillator dengan jumlah kolom sama untuk jarak antar tray 70 mm memiliki laju distilasi lebih tinggi dibanding jarak antar tray 100 mm namun kadar etanol distilat yang dihasilkan lebih tinggi untuk separator dengan jarak antar tray 100 mm dibanding jarak antar tray 70 mm. Semakin sedikit volume umpan maka laju distilasinya cenderung naik demikian juga dengan kadar etanol distilat yang dihasilkan. Semakin rendah kadar etanol umpan laju distilasinya semakin menurun begitu juga dengan kadar etanol distilat juga semakin menurun. Kadar etanol distilat yang dihasilkan maksimum sebesar 96,91% v/v dicapai oleh separator dengan jarak antar tray 100 mm dan putaran mesin 3600 rpm. Laju distilasi total maksimum sebesar 197 ml/jam dicapai pada putaran mesin 3600 rpm dengan separator jarak antar traynya 70 mm. Laju distilasi maksimum sebelum penutupan valve sebesar 364 ml/jam dicapai pada putaran mesin 5400 rpm dengan separator jarak antar traynya 70 mm.

Referensi

[1] Costa, R.C. and J.R. Sodr , Hydrous ethanol vs. gasoline-ethanol blend: Engine performance and emissions. *Fuel*, 2010. **89**(2): p. 287-293.

[2] Palasro, D. Desain dan optimasi compact distillator low-grade bioethanol pada sepeda motor. Tesis Program Magister Fakultas Teknik UI, Depok, 2013.

[3] Saidur, R., et al., Technologies to recover exhaust heat from internal combustion engines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2012. **16**(8): p. 5649-5659.

[4] Mujtaba, I.M., *Batch Distillation - Design and Operation* Imperial College Press, London, 2004.

[5] Bonsfills, A. and L. Puigjaner, *Batch distillation: simulation and experimental validation*. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 2004. **43**(10): p. 1239-1252.

[6] Elgue, S., et al., Dynamic models for start-up operations of batch distillation columns with experimental validation. *Computers & Chemical Engineering*, 2004. **28**(12): p. 2735-2747.