

## RANCANG BANGUN SISTEM PENGONTROL SUHU OTOMATIS DESTILATOR BIOETANOL KAPASITAS 5 LITER/JAM BERBASIS ARDUINO UNO

**Yoyok Adi Saputra<sup>1\*</sup>, Rochmad Winarso<sup>1</sup>, Rianto Wibowo<sup>2</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus  
Gondangmanis, PO Box 53, Bae, Kudus 59352

\*Email: Rochmad.Winarso@umk.ac.id

### Abstrak

*Bioetanol adalah salah satu energi terbarukan yang dihasilkan dari proses fermentasi dan distilasi. Sistem pendinginan distilator bioetanol yang ada sekarang dilakukan secara manual. Tujuan dari penelitian ini adalah terciptanya sistem pendinginan distilator bioetanol otomatis berbasis arduino uno. Metode yang digunakan dimulai dengan studi pustaka, pembuatan hardware, pembuatan software, pengujian, pengambilan data dan analisa. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian respon alat, pengujian software dan pengujian seluruh sistem.. Pengujian seluruh sistem terdiri dari pengujian perubahan suhu sampai pendinginan pertama, pengujian perubahan suhu selama pendinginan. Dari penelitian ini telah dihasilkan sistem pendinginan distilator bioetanol otomatis. Alat yang dihasilkan mampu bekerja sesuai standar destilasi. Alat bekerja pada suhu 75 °C sampai dengan 78 °C. Waktu yang dibutuhkan dalam menghasilkan 2,35 liter bioetanol selama 1 jam dengan kadar 91%.*

**Kata kunci:** distilator; kendali; otomatis; pendinginan; suhu

### 1. PENDAHULUAN

Kekayaan minyak bumi Indonesia kini tidak lagi menjadi sumber utama penghasilan negara. Sejak 1996 produksi minyak Indonesia menurun sama halnya dengan negara-negara penghasil minyak lainnya. Tabel 1 di bawah ini memperlihatkan negara-negara penghasil minyak mengalami penurunan jumlah produksi dan tidak dapat lagi meningkatkan produksi mereka. Hal ini terjadi di negara-negara seperti Amerika, Inggris dan Norwegia dan terjadi pula di Indonesia dan Venezuela yang merupakan anggota OPEC. Negara-negara tersebut telah kehilangan sepertiga kapasitas puncak produksinya. Walaupun di negara-negara tersebut dan di negara-negara lain juga ditemukan cadangan minyak namun secara persentase jumlahnya tidak lagi sebanyak dulu (Tsoskounoglu, Ayerides and Tritopoulou, 2008)

**Tabel 1. Puncak produksi minyak di Negara-negara penghasil minyak**

NEGARA	2006 (PRODUKSI 1000 BARREL/HARI)	PUNCAK TAHUN	PUNCAK PRODUKSI (1000 BARREL/HARI)	PENURUNAN (PERSEN)
USA	6871	1970	11297	-40persen
INDONESIA	1071	1991	1669	-32persen
UK	1636	1999	2909	-38persen
VENEZUELA	2824	1998	3510	-14persen
NORWEGIA	2778	2001	3418	-13persen
<b>Total</b>	<b>15180</b>		<b>22801</b>	

*Sumber: BP: 2007 diambil dari Tsoskounoglu, Ayerides dan Tritopoulou 2008, 3804*

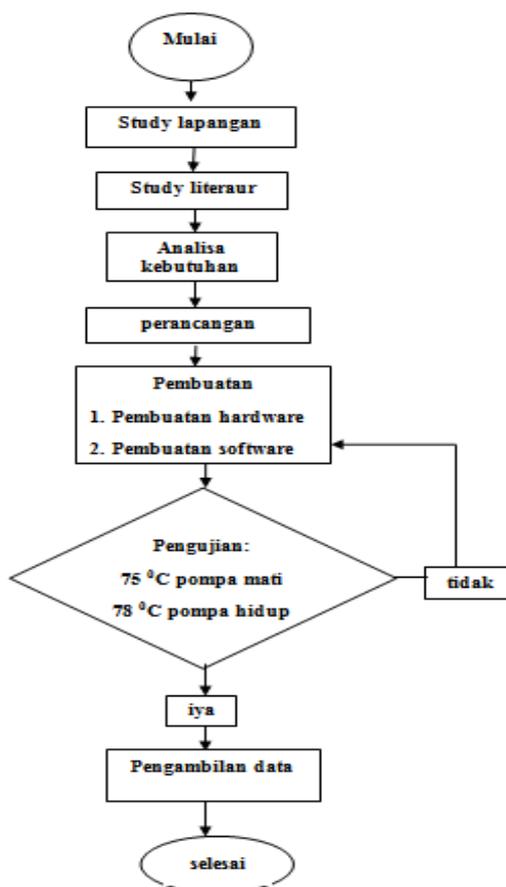
Salah satu penelitian dalam mengembangkan distilator bioetanol dilakukan oleh Rochmad Winarso dkk yaitu pengembangan alat distilator bioetanol model refluks bertingkat

dengan bahan baku singkong. Pada penelitian ini, dihasilkan distilator bioetanol yang disusun atas beberapa bagian utama yaitu tangki pemanas, menara refluks, kondensor, bak air pendingin dan pompa motor pendingin. Proses distilasi dilakukan pada singkong yang telah di fermentasi. Hasil fermentasi dimasukkan pada tangki pemanas akan menghasilkan uap panas. Uap panas pada tangki pemanas bersuhu  $210^{\circ}\text{C}$  selanjutnya di filter pada menara refluks yang selanjutnya dikondensasi menjadi etanol. Proses kondensasi dilakukan pada kondensor dengan bantuan air pendingin yang dipompa keatas dengan memperhatikan suhu pada menara refluks tetap terjaga pada  $75^{\circ}\text{C}$ . Kekurangan penelitian ini adalah distilator yang dihasilkan menggunakan pengaturan suhu secara manual. Hal ini membutuhkan operator manusia, padahal proses ini membutuhkan waktu yang lama. Disisi lain, pada penelitian ini belum dilakukan penelitian terhadap konsumsi daya listrik pada proses pendinginan (Winarso *et al*, 2014).

Berdasarkan uraian diatas, maka pengusul mengajukan permohonan penelitian dan pengembangan sistem pendinginan distilator bioetanol otomatis berbasis arduino. Pada penelitian ini proses pengaturan suhu yang awalnya dilakukan secara manual diubah menjadi sistem otomatis menggunakan sensor suhu termokopel dan kontrol arduino. Bertujuan agar suhu pada kolom refluks bisa terjaga pada harga  $78^{\circ}\text{C}$  untuk memastikan proses destilasi bioetanol dengan hasil yang maksimal.

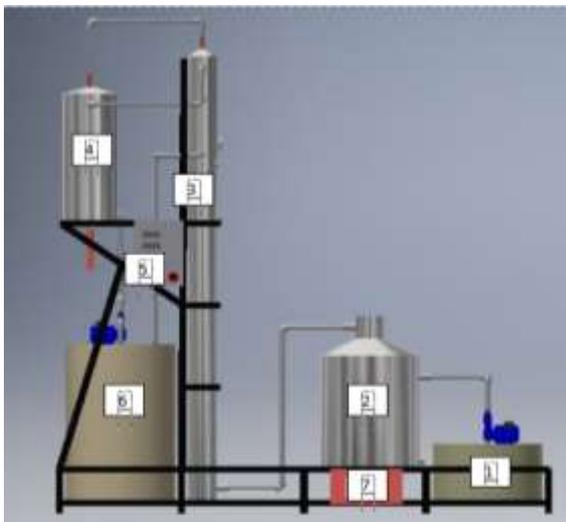
## 2. METODOLOGI

Metodologi penelitian ini di mulai dari observasi lapangan dan studi literatur, menganalisa kebutuhan serta membuat konsep, selanjutnya melakukan perancangan dan perhitungan. Metode yang digunakan di perlihatkan pada diagram alir yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Flowchart

Dari beberapa aspek pemilihan konsep yang mengacu pada penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa pemilihan konsep desain yang paling efisien adalah konsep sebagai berikut:

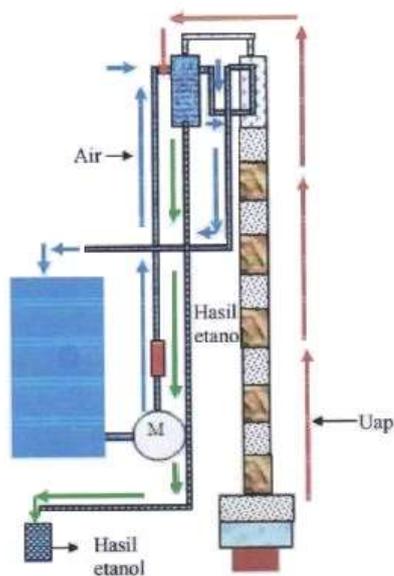


**Gambar 2. Sistem Keseluruhan**

Keterangan :

- 1) Tandon air ketel
- 2) Ketel pnyulingan
- 3) Menara refluk
- 4) Kondensor
- 5) Panel kontrol
- 6) Tandon pendingin
- 7) Kompor pemanas

### 2.1 Proses aliran air dan uap pada destilator



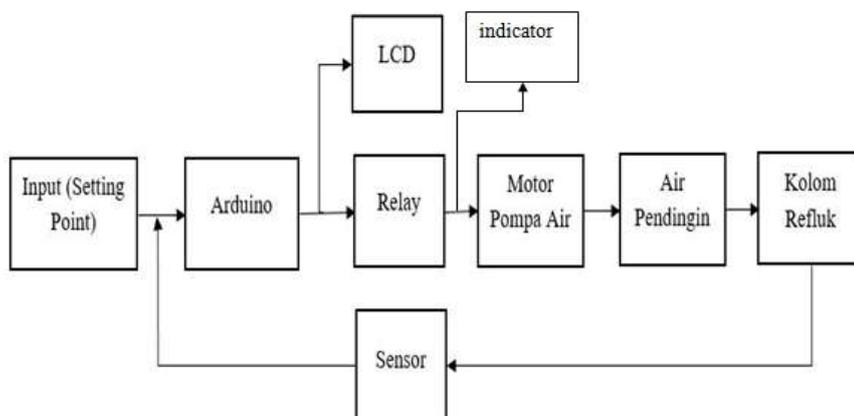
**Gambar 3. Proses aliran air dan uap pada destilator**

Keterangan :

-  : Aliran uap  
 : Aliran air pendingin  
 : Aliran etanol

Uap panas bertekanan mengalir dari ketel penyulingan keatas menuju refluks dan kondensor. Suhu pada refluks akan terbaca oleh termometer. Pada saat suhu mencapai 78°C, air pendingin dialirkan dari tangki air menuju kondensor dan refluks agar terjadi kondensasi uap. Hasil kondensasi uap berupa etanol cair mengalir dari kondensor.

Sistem pendinginan otomatis dilakukan dengan menggunakan arduino uno sebagai pengolah data. Arduino mendapatkan masukan *setting point* yang menjadi acuan adalah suhu 78°C pompa menyala dan suhu 75°C pompa mati. sebagai umpan balik berupa pembacaan suhu oleh sensor, sedangkan keluarannya berupa tampilan pada LCD dan perintah *On Off* pada pompa air pendingin. Pada penelitian sebelumnya proses pendinginan dilakukan secara manual dengan membaca termometer jarum pada refluks. Pada penelitian ini ditambahkan sensor *thermocouple* tipe K pada refluks sebagai pembaca suhu uap yang mengalir. Hasil pembacaan suhu oleh sensor berupa tegangan analog. Tegangan yang dihasilkan oleh sensor tipe ini sangat kecil sehingga dikuatkan oleh *driver sensor thermocouple* untuk memudahkan dalam pembacaan program pada arduino. Hasil pembacaan suhu setelah diolah arduino ditampilkan pada LCD. Pada saat suhu pada refluks naik mencapai 78°C, arduino uno memberikan perintah On pada pompa air pendingin. Setelah suhu kembali turun sampai 75°C arduino uno memberikan perintah Off pada pompa air. Aliran air dari pompa digunakan untuk mendinginkan kondensor dan refluks agar terjadi proses kondensasi.



**Gambar 4. Blok diagram sistem pendinginan distilator**

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Pengujian *Hardware*

Pengujian *hardware* dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap respon *actuator* atau keluaran program dari arduino uno. *Actuator* pada alat ini terdiri dari relay, Motor pompa dan lampu *indicator*. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian respon *actuator*.

**Tabel 2. Pengujian respon actuator**

Sinyal keluaran arduino	Actuator		Indicator	
	Relay	Motor Pompa	Merah	Hijau
High	On	Mati	Mati	Hidup
Low	Off	Hidup	Hidup	Mati

Dari tabel data di atas *Actuator* bisa di katakan baik jika sinyal keluaran pada arduino *high* dan kondisi relay posisi *on* sehingga mengakibatkan pompa pendinginan posisi mati dengan lampu *indicator* hijau menyala. karena pada saat tersebut proses pemanasan masih keadaan naik untuk mencapai suhu pendinginan di angka lebih dari 78 °C. terlihat pada gambar 5 tampilan panel pada saat belum mencapai proses pendinginan. Berbeda dengan pada saat *actuator* keadaan posisi *low* pada sinyal keluaran arduino dan kondisi pompa *off* sehingga mengakibatkan pompa pendinginan posisi hidup dengan lampu *indicator* menyala merah. Pada saat keadaan posisi seperti suhu pada kolom reflux mencapai lebih dari 78 °C sehingga proses pendinginan terjadi. Terlihat pada gambar 6 tampilan panel pada saat suhu mencapai proses pendinginan. dan *actuator* akan kembali keposisi *high*, relay *on*, pompa mati, lampu hijau pada saat suhu turun kurang dari 75°C.



**Gambar 5. Tampilan panel pada saat belum mencapai proses pendinginan**



**Gambar 6. Tampilan panel pada saat suhu mencapai proses pendinginan**

Dari pengujian dan pembahasan di atas respon *actuator* sudah di katakan kedalam kategori baik dengan respon pembacaan suhu sesuai yang di harapkan.

### 3.2 Pengujian Software

Pengujian *software* dilakukan dengan mengamati respon alat pada saat program di masukkan (*upload*). Selain itu, pada saat pembuatan program dilakukan proses *verify* atau *compiling* terlebih dahulu. Apabila terjadi kesalahan, maka akan muncul peringatan kesalahan

pada bagian bawah tampilan program arduino. Pada saat terjadi kesalahan dalam pemrograman, tampilan peringatan kesalahan muncul pada bagian bawah, tulisan pada bagian bawah menjadi berwarna kuning. Sedangkan apabila program yang dibuat berhasil, pada bagian bawah tampilan akan muncul tulisan berwarna putih. Gambar 7 menunjukkan proses *verify* yang telah berhasil dilakukan dan Gambar 8 Proses *verify* yang eror/tidak berhasil dilakukan.



Gambar 7. Proses *verify* yang telah berhasil dilakukan



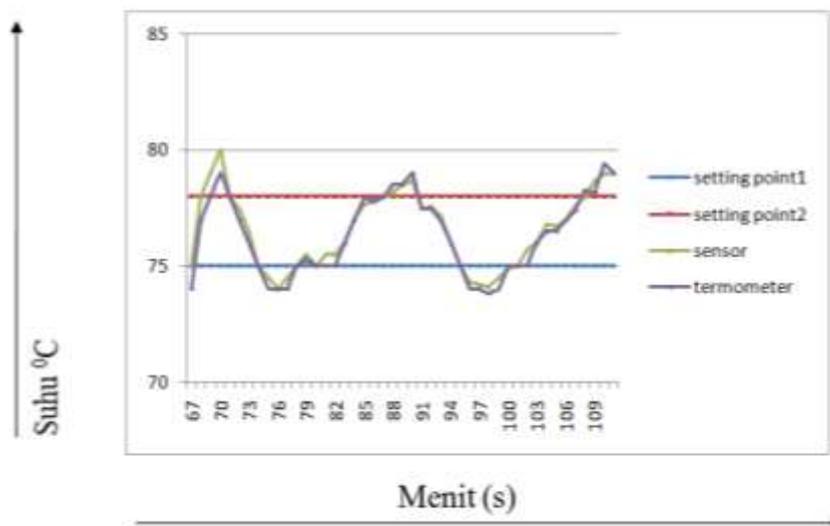
Gambar 8. Proses *verify* yang eror/tidak berhasil dilakukan

### 3.3 Pengujian suhu tertinggi dan terendah dari pengujian hasil pembacaan sensor

Pada pengujian ini suhu uap naik mencapai 80,00 °C. Pada saat yang sama, pompa air mulai menyala pada suhu 78,20 °C mengalirkan air pendingin ke dalam kolom refluks dan kondensator. Setelah terjadi pendinginan, suhu kembali turun. Saat suhu dibawah 75°C pompa air mati kembali. Pada saat pompa mati suhu refluks tetap menurun sampai titik 73,50 °C

**Tabel 3. Pengujian suhu tertinggi dan terendah dari pengujian hasil pembacaan sensor**

Waktu (menit ke)	Pengujian			
	Tampilan LCD ( $^{\circ}\text{C}$ ) (x)	Termometer jarum ( $^{\circ}\text{C}$ ) (y)	Simpangan (x-y)	Presentase Simpangan $(\frac{s}{x} \times 100)$
68	78,20	78	0,2	0,2557
69	79,40	79	0,4	0,5037
70	80,00	79	1	1,25
71	79,20	79	0,2	0,2525
72	78,50	78	0,5	0,6369
73	77,20	77	0,2	0,2590
74	76,20	76	0,2	0,2624
75	75,20	75	0,2	0,2659
76	74,50	74	0,5	0,6711
77	74,20	74	0,2	0,2695
Rata-rata	77,26	76,9	0,36	0,4626

**Gambar 9. Grafik suhu tertinggi dan terendah**

Dari data tabel 3 di dapatkan hasil nilai rata-rata pengujian sensor pada perubahan suhu selama proses pendinginan pada kolom refluks untuk. Rata-rata pembacaan sensor terhadap suhu refluks di menit 68-77 didapatkan hasil 77,26 dan rata-rata pembacaan suhu termometer 76,9 sedangkan simpangan yang terjadi dari pengujian ini di dapatkan hasil rata-rata 0,36 dan simpangan tertinggi di menit 70 pembacaan sensor 80,00  $^{\circ}\text{C}$  dan pembacaan termometer 79  $^{\circ}\text{C}$  sehingga terjadi simpangan tertinggi 1. sehingga, presentase simpangan rata-rata di dapatkan angka 0,4626 dan presentase simpangan tertinggi di angka 1,25 artinya presentasi simpangan terhadap pembacaan sensor di dibandingkan suhu ruangan sudah di katakan baik dan sesuai dengan yang di harapkan.

### 3.4 Data hasil pengujian

Dari proses fermentasi dan destilasi di dapatkan hasil akhir yaitu bioetanol dengan kadar kemurnian 91% dan volume 2,35 liter selama proses 1 jam.



**Gambar 10. Kadar etanol    Gambar 11. Hasil etanol**

## 4. PENUTUP

### 4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- (1) Telah dibuat sistem pendinginan distilator bioetanol otomatis berbasis arduino uno yang dapat bekerja sesuai standar destilasi bioetanol, yaitu mampu bekerja melakukan pendinginan uap panas hasil pemanasan pada tangki sebesar 120 °C yang mengalir pada kolom refluks untuk dijaga pada suhu 75 °C sampai dengan 78 °C.
- (2) Hasil pembacaan suhu oleh sensor memiliki nilai korelasi sebesar 0,99488. Nilai ini mendekati nilai 1, artinya sensor memiliki korelasi yang sangat kuat. Sedangkan nilai regresi yang diperoleh pada persamaan garis adalah  $y = -0,9158 + 1,0315x$ .
- (3) Nilai simpangan tertinggi pada pengujian suhu tertinggi dan terendah dari pengujian hasil pembacaan sensor pada menit 70 sebesar 1.

### 4.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan disadari masih banyak kekurangan, diharapkan adanya penelitian lanjutan :

- (1) Penggantian *coolend* selain air yang digunakan sebagai bahan pendinginan.
- (2) Pembuatan sistem tampilan banyaknya bioetanol yang telah dihasilkan.
- (3) Penggantian filter batu ziolit agar mempercepat waktu untuk proses pemanasan dan aliran uap panas sebelum didinginkan.
- (4) Api proses perebusan di perbesar untuk bisa mencapai hasil yang diinginkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Tsokounoglou, Ayerides and Tritopoulou (2008) 'The End of Cheap Oil', *Current Status and Prospects*, 36, pp. 3797–3806.
- Winarso, R. *et al.* (2014) 'Pengembangan Alat Destilator Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Alternatif', in *SNST*. Semarang: Universitas Wahid Hasyim, pp. 43–48.
- Winarso, R., Nugraha, B. S. and Santoso, T. (2014) 'Pengembangan Alat Destilator Bioetanol Model Refluks Bertingkat Dengan Bahan Baku Singkong', *Simetris*, 5, pp. 97–104.