Perancangan Kontrol Suhu Air Sirkulasi *Shell* Kondensor Pada *Prototype* Distilasi *Essential Oil*

Arradea Murbha Ardhana[1], Astrie Kusuma Dewi[1*], Enrico Jossy Handoko[1], Cellin Dhea Pratiwi[2]

[1] Teknik Instrumentasi Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu Jawa Tengah, Indonesia, 55312

[2] PT. Patra Niaga Pertamina RJBT, Jl Pemuda No. 114, Semarang, Indonesia, 50132

ABSTRAK

Artikel ini membahas perancangan sistem kontrol suhu air sirkulasi pada kondensor dalam *prototype* distilasi minyak atsiri. Besarnya potensi Indonesia dalam produksi minyak atsiri, memerlukan implementasi teknologi yang dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas ekstraksi. Proses distilasi yang efisien memerlukan pengendalian suhu yang tepat, yang dicapai melalui sistem berbasis PLC dan sensor RTD PT-100. Penambahan radiator dan kipas radiator bertujuan untuk mempercepat pendinginan dan menjaga suhu yang optimal, mengurangi risiko *overheating*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini efektif dalam memaksimalkan kinerja kondensor, menjaga suhu air sirkulasi pada tingkat optimal, dan meningkatkan kualitas minyak atsiri yang dihasilkan. Disarankan untuk mengganti sistem pendinginan dengan *cooling tower* untuk efisiensi yang lebih baik di masa mendatang.

Kata Kunci: Kondensor, PLC, RTD PT-100, Radiator, Minyak Atsiri

astrie.dewi@esdm.go.id

1. Pendahuluan

Indonesia mempunyai tingkat penghasilan minyak atsiri yang sangat tinggi. Saat ini sedang dikembangkan ekspor minyak atsiri dari tanaman nilam [1], biji pala [2], akar wangi [3], lada [4], bunga kenanga [5], kayu cendana [6], cengkeh [7], dan serai [8]. Minyak atsiri dapat diekstraksikan dari bagian tanaman seperti akar, batang, daun, bunga, buah, dan biji, karena mudah menguap[9]. Minyak kayu putih, yang disebut *Melaleuca cajuputi*, merupakan salah satu jenis minyak atsiri yang sering digunakan dalam industri dan obat-obat-an. Minyak atsiri memiliki peran penting, meskipun rendaman yang dihasilkan relatif kecil, sekitar 1–8% dari berat tumbuhan. Dalam dunia industri minyak ini memiliki nilai jual cukup tinggi, sehingga sangat penting untuk menerapkan metode dan teknologi ekstraksi yang dapat meningkatkan rendaman dan kualitas minyak atsiri [10].

Metode yang digunakan untuk menghasilkan minyak atsiri dari berbagai tanaman diantaranya adalah distilasi, atau penyulingan. Ada tiga metode distilasi yaitu distilasi air *(water distillation)*, distilasi air-uap *(water and steam distillation)*, dan distilasi uap *(steam destillation)* [11]. Industri ekstraksi menggunakan proses distilasi minyak atsiri, yang bertujuan untuk mengekstraksikan senyawa aromatik

dari berbagai sumber tanaman. Pengendalian suhu yang tepat dalam proses ini sangat penting untuk mendapatkan hasil terbaik dan menjaga kualitas produk. Proses distilasi yang optimal diatur pada suhu 100ºC [12].

Setelah dihasilkan uap, proses selanjutnya adalah kondensasi, untuk mengubah uap menjadi cairan. Proses kondensasi dapat dilakukan dengan alat yang bernama kondensor. Sirkulasi air dalam kondensor telah terbukti dapat meningkatkan efisiensi penghilangan panas untuk menjaga suhu pada tingkat yang diinginkan[13]. Lamanya proses kondensasi akan memengaruhi jumlah bahan bakar yang dikonsumsi dan jumlah kalor yang harus diserap kondensor. Akibatnya, jumlah media penukar lamanya proses penyulingan akan menentukan jumlah kalor yang digunakan oleh kondensor. Suhu air pendingin kondensor dipengaruhi oleh jumlah kalor yang diserap olehnya. Jika suhu air pendingin kondensor naik, itu akan mempengaruhi laju kondensasi bahan. Diharapkan bahwa laju penyerapan kalor yang lebih tinggi akan mempercepat proses kondensasi, sehingga laju kondensasi semakin tinggi. Oleh karena itu, sangat penting untuk mempertahankan perbedaan suhu yang signifikan antara kedua air pendingin kondensor[14]. Kondensor merupakan alat pendingin yang sangat penting yang berfungsi untuk memaksimalkan efisiensi pada mesin pendingin. Pada kondensor ini terjadi pelepasan kalor secara kondensasi. Pada umumnya kondensor menggunakan tipe kondensor ini merupakan jenis *shell-tube* pendingin disirkulasikan melalui *tube*, Dalam desain alat ini menggunakan jenis kondensor *shell-and-tube*, aliran cairan pendingin mengalir melalui *shell* yang mengelilingi tabung, efisiensi pendinginan sangat penting untuk keberhasilan proses distilasi.

Untuk proses penyulingan minyak tentunya harus mempunyai alat yang mampu memisahkan air dan minyak atsiri tersebut. Maka perlu dibuatlah alat separator (pemisah air dan minyak) dimana separator tersebut berfungsi sebagai alat pemisah antara air suling dan minyak dimana Jumlah volume air suling selalu lebih besar dari jumlah minyak [15]. Untuk bekerja sesuai dengan objektif yang diinginkan, kondensor membutuhkan kontroler.

Pada penelitian sebelumnya digunakan distilasi elektrik untuk mengetahui kualitas kandungan alkohol dalam bioethanol yang diproses [16]. Uji kinerja dan fungsional adalah bagian dari pengujian destilator elektrik. Perbedaan penelitian saat ini adalah desain dari penyulingan minyak atsiri menggunakan tipe distilasi uap dan air yang dilengkapi dengan sistem kendali kontrol suhu air yang menggunakan bahan baku kayu putih dan kompor gas LPG sebagai pemanasnya. Penelitian lain menyangkut alat peraga pengendalian suhu kondensor pada proses distilasi dengan kendali PID telah dilakukan dan menghasilkan grafik respon *plant* dengan tingkat efektif suhu *setpoint* air kondensor [17]. Design peralatan pada penelitian saat ini juga untuk mengetahui tingkat keefektifan suhu dengan *setpoint* air sirkulasi *shell* kondensor dengan range suhu 35^0 - 40^0 dan pengaturan kecepatan kipas radiator. Berbeda dengan Sumarjianto, Rubiono, dan Qiram, dimana penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah pengisi sekat dan sudut kemiringan dari *opening valve* terhadap efisiensi kerja menara pendingin [18].

Dalam penelitian ini, dirancang sistem kontrol suhu pada kondensor berbasis PLC. Sensor RTD PT100 digunakan sebagai *sensing element* yang berfungsi memberikan umpan balik dalam sistem kontrol. Sebuah radiator dirancang untuk meningkatkan kinerja dari kondensor. Kecepatan putar kipas kondensor dipantau untuk memastikan kinerja radiator tersebut. Desain sistem kontrol suhu telah dibuat sehingga proses kondensasi uap menjadi cair dapat berjalan secara optimal. Semua parameter penting dirancang agar dapat dipantau secara *online* melalui sistem SCADA berbasis *Internet of Things*.

2. Metode

Pada penelitian ini dirancang sebuah alat untuk mengatur suhu air sirkulasi yang mengalir melalui kondensor pada proses distilasi

essential oil. Tujuan dari sistem ini adalah untuk menjaga suhu air sirkulasi pada bak penampung yang optimal.

2.1 Peralatan

Pada penelitian perancangan *prototype* ini bahan-bahan dan alat yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

a. Tabung Kondensor

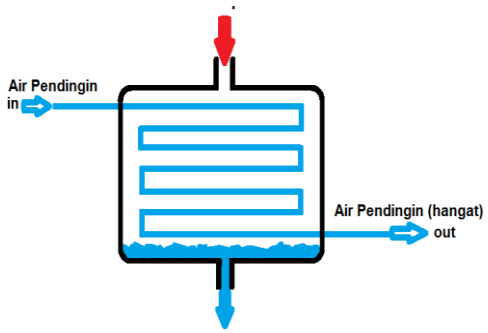
Kondensor adalah bagian pendingin yang sangat penting untuk meningkatkan efisiensi mesin pendingin untuk mendinginkan uap dan memudahkan proses pelepasan kalor melalui kondensasi. Ketika uap jenuh bersentuhan dengan permukaan yang bersuhu lebih rendah, maka proses kondensasi akan berlangsung. Selama proses ini, panas dari sistem dilepaskan, dan uap menjadi cairan [19].

Desain sistem kontrol suhu sistem yang dimaksudkan untuk mengendalikan suhu kondensor ditunjukkan pada Gambar 1. Salah satu tujuan sistem ini adalah untuk memastikan bahwa proses kondensasi uap menjadi cair berjalan secara lebih efisien. Pengatur aliran berfungsi untuk mengatur aliran pendingin agar suhu tetap dalam kondisi sesuai dengan yang diinginkan. Sesuai dengan data yang dikumpulkan oleh sensor, alat tersebut akan dapat melakukan perubahan. Proses kondensasi sistem akan mendinginkan uap yang masuk ke kondensor. Pengaturan suhu yang tepat akan dapat mengubah suhu pendingin uap menjadi cair secara efektif, sehingga proses kondensasi dapat dimaksimalkan. Optimalisasi proses risiko *overheating* dapat diminimalkan dan efisiensi energi meningkat dengan sistem kontrol yang dirancang dengan baik. Hal ini dapat meningkatkan kinerja sistem pendinginan secara keseluruhan.

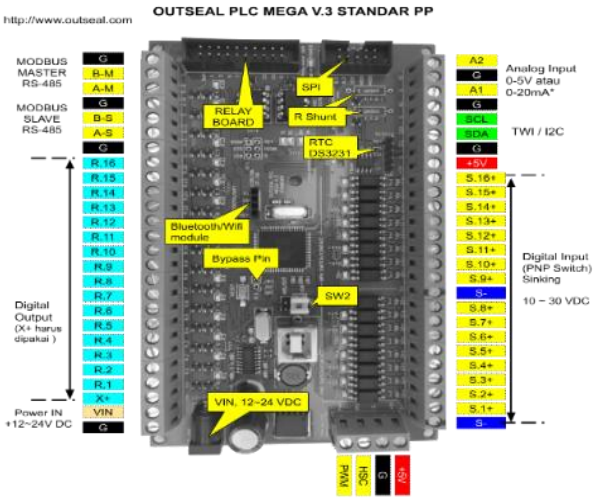
b. *Programmable Logic Controller* (PLC)

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan memudahkan proses pengontrolan suhu air sirkulasi pada bak penampung berbasis PLC [20]. Penggunaan PLC sebagai pusat kontrol dalam sistem kendali suhu air pada bak penampung adalah pendekatan yang efisien untuk mengelola suhu air sirkulasi *shell* kondensor untuk mengatur kipas radiator. PLC merupakan alat elektronik yang dapat diprogram untuk menjalankan alat secara otomatis, termasuk pengendalian suhu air sirkulasi *shell* kondensor.

Gambar 2. menunjukkan kontroler PLC *Outseal*, yang merupakan komponen utama PLC dan berfungsi sebagai unit prosesor yang dapat menjalankan program dan mengolah data. Terminal input/output (I/O), yang menghubungkan sensor dan aktuator, memungkinkan PLC untuk menerima sinyal dan mengirim perintah. Antarmuka pengguna, juga dikenal sebagai layar atau panel kontrol, adalah alat yang memungkinkan pengguna untuk mengatur dan mengawasi sistem.



Gambar 1. Kondensor



Gambar 2. PLC *Outseal*

c. Radiator

Sistem distilasi termodifikasi, adalah penambahan bak penampungan air yang dilengkapi dengan pompa untuk mendorong air masuk ke dalam kondensor dan ke radiator set. Air yang melewati kondensor mengalami kenaikan suhu karena mengalami pertukaran panas dengan uap air, kemudian melewati radiator set yang dilengkapi dengan kipas dan sirip pendingin. Selanjutnya, air yang masuk ke radiator set mengalami penurunan suhu karena mengalami pertukaran panas dengan uap air. Pada rangkaian ini, rangkaian air pendingin terpisah dari rangkaian air baku yang berfungsi untuk mengisi pemanas [21].

Gambar 3 adalah radiator mobil yang berfungsi untuk memaksimalkan kinerja kondensor dan mempercepat proses pendinginan. Fungsi utama radiator adalah mengalirkan panas dari mesin ke udara luar, sehingga menjaga suhu kondensor tetap pada tingkat yang ideal. Radiator biasanya terbuat dari tembaga atau aluminium dan terdiri dari beberapa pipa serta sirip. Air dingin mengalir melalui pipa, sementara udara mengalir melalui sirip untuk menghilangkan panas.



Gambar 3. Radiator

d. *Extra Fan*

Extra fan membantu mengeluarkan panas berlebih dari sistem pendingin mesin mobil. Mesin mobil menghasilkan banyak panas saat beroperasi, dan sistem pendingin bertugas menjaga suhu mesin tetap di bawah batas aman. Kipas radiator menjadi komponen kunci dalam sistem pendinginan ini dengan fungsi-fungsi utama.

Diharapkan bahwa perancangan pada penelitian ini akan dimasukkan *fan* tambahan ke dalam sistem sirkulasi air *shell* kondensor distilasi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Dengan meningkatkan aliran udara di sekitar kondensor, yang sangat penting untuk menurunkan suhu air yang mengalir di dalam shell, ekstra *fan* ini dapat meningkatkan kinerja proses distilasi, mencegah dan memastikan bahwa proses berlaju.



Gambar 4. Extra Fan

e. RTD PT 100

Detektor suhu resistensi (RTD) adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu cairan, atau suhu pada reaktor. Sebagai alat, RTD dapat dibaca oleh pengatur hingga pengaturan akhir. Setiap proses memiliki keadaan yang berlangsung, pengendalian harus dilakukan dengan alat yang memastikan keadaan yang diinginkan. RTD PT 100 [22] adalah salah satu jenis RTD yang paling umum digunakan karena merupakan resistansi RTD plat platinum (Pt) yang memiliki resistansi 100 Ohm pada suhu 0°C dan mengalami perubahan resistansi secara linear seiring suhu. PT 100 dibuat dengan elemen *sensing* platinum yang dilapisi pada substrat atau platina, yang mengalami perubahan resistansi seiring suhu.

Gambar 5. menunjukan sensor suhu RTD PT-100. Prinsip Kerja RTD PT-00 yaitu perubahan resistansi dalam rentang suhu tertentu, hubungan ini dapat diprediksi secara linier, pengukuran suhu dapat menghitung suhu dengan sangat akurat dengan mengukur resistansi. Penggunaan dalam sistem kontrol sensor umpan balik PT-100 membantu sistem

kontrol suhu menyesuaikan dan mengkontrol proses secara *real-time* dengan mengumpulkan data. Pengendalian otomatis sensor ini sering digunakan dalam aplikasi industri untuk menjaga suhu pada tingkat yang dinginkan oleh PLC atau sistem kontrol otomatis lainnya. Keunggulan RTD PT-100 yaitu akurasi tinggi sensor ini mampu mengukur suhu dengan sangat akurat, sehingga cocok untuk aplikasi yang membutuhkan pengendalian suhu yang akurat. Stabilitas pembacaan PT-100 dapat memberikan hasil pengukuran yang konsisten karena stabil dalam waktu lama.

e. Temperature Gauge

Temperature gauge merupakan alat ukur untuk pengukuran suhu suatu zat cair ataupun gas. Alat ini akan menampilkan suhu dengan range tertentu yang memiliki jarum penunjuk dengan angka yang terusun melingkar. Gambar 6 merupakan *temperature gauge bimetal* menggunakan prinsip dua *strip* logam lurus yang berbeda diikat bersama dan dipanaskan, strip yang dihasilkan akan menekuk ke arah sisi logam dengan laju ekspansi yang lebih rendah. Kombinasi dari metal yang biasanya digunakan adalah perpaduan nikel dan baja (64% Fe, 36% Ni). Termometer bimetal industri biasanya menggunakan koil heliks. Elemen tersebut dikelilingi oleh tabung pelindung atau *thermowell*. Perangkat dapat dipasang untuk mengukur suhu gas atau cairan di dalam saluran. Desainnya juga sering digunakan pada tungku pemanas.



Gambar 5. RTD PT 100



Gambar 6. *Temperature Gauge*

f. Rotary Encoder

Rotary encoder [23] biasanya dikenal sebagai salah satu sensor kecepatan karena bentuk fisiknya adalah lempengan berbentuk lingkaran dengan celah di salah satu busurnya. Digunakan untuk memutus sinyal dalam bentuk cahaya karena lempengan ini berada di tengah antara sumber cahaya dan penerima cahaya. Ini berarti bahwa setiap lempengan berputar dalam satu kali periode putaran penuh, sehingga sumber cahaya akan mengenai penerima cahaya. Waktu yang dibutuhkan lempengan untuk mengenai cahaya ini akan dihitung dalam perhitungan kecepatan.

Gambar 7. menunjukan alat *Rotary Encoder* dapat mengukur sudut rotasi kipas radiator. *Rotary encoder* tersebut dibantu oleh *coupling* untuk menyambungkan as kipas radiator dengan sensor tersebut. Alat ini memungkinkan sistem untuk mengoptimalkan kinerja pendinginan dengan mengetahui kecepatan dan arah putaran kipas. Kipas radiator berfungsi untuk mengalirkan udara melalui kondensor, mendukung proses pendinginan mesin dan sistem lainnya. Koneksi yang terlihat menghubungkan *rotary encoder* ke sumber daya dan sistem kontrol. Pada proses ini, data dari encoder dikirim ke kontroler untuk dianalisis. Menggunakan data dari pemrograman kipas, sistem dapat secara otomatis menyesuaikan kecepatan kipas, meningkatkan efisiensi kondensor dengan memungkinkan kipas bekerja pada kecepatan yang ideal sesuai dengan kebutuhan pendinginan.

g. Pompa

Ada bagian pompa air yang disebut *impeller* yang berputar. Fungsinya adalah menghisap air dari sumbernya melalui pipa masuk dan kemudian didorong keluar melalui pipa keluar dengan tekanan tertentu. Sebuah tabung berfungsi sebagai akumulator sebelum air keluar dari pipa *discharge.* Akumulator ini menyimpan air saat tekanan pompa tinggi dan mengeluarkannya saat tekanannya turun [24].



Gambar 7. Rotary Encoder

2.2 Metode

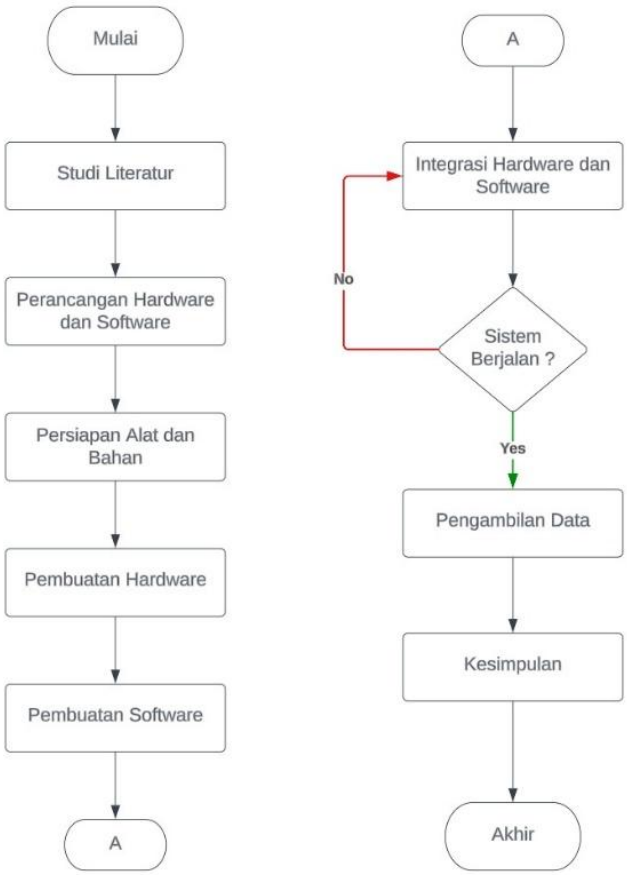
Rincian langkah-langkah yang akan diambil dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 9. Proses distilasi uap-air menggunakan uap bertekanan rendah untuk memisahkan bahan campuran. Uap air dan minyak mengembun ditampung dalam wadah pemisah yang dirancang berdasarkan berat jenis. Prinsip distilasi uap-air dapat dilakukan dengan cara bahan dimasukkan ke dalam wadah yang ukurannya hampir sama dengan pengukus. Mesin distilasi dengan metode uap air adalah sebuah metode yang sesuai untuk menghasilkan minyak atsiri dengan waktu lebih cepat. Serai merupakan jenis tumbuhan rumput-rumputan yang digunakan sebagai bahan baku utama. Gambar 8, menunjukan rencana pompa yang akan digunakan untuk mengalirkan air dari tangki penyimpanan ke dalam kondenser secara kontinu. Hal bertujuan agar air di dalam bak tersirkulasi dengan lancar. Pompa ini memiliki kemampuan untuk mendorong sumber air karena adanya komponen *impeller* yang memutar di dalam *casing*. Pemasangannya diletakkan di bagian luar dari *storage tank*, sehingga air yang digunakan sesuai dengan kecepatan aliran yang diinginkan.



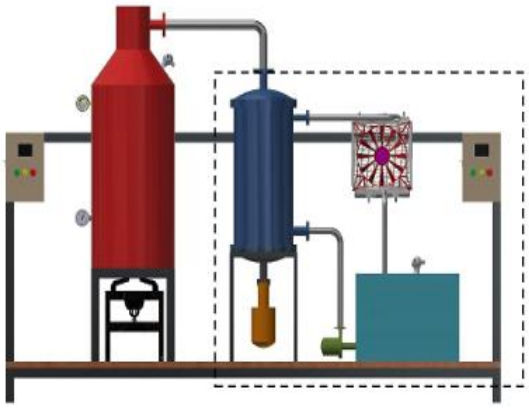
Gambar 8. Pompa

Penyulingan uap air dengan metode distilasi air-uap selalu basah, jenuh, dan tidak terlalu panas [25].

Gambar 10 menjelaskan dengan metode distilasi uap-air. Proses distilasi minyak atsiri sangat penting untuk efisiensi dan kualitas ekstraksi. Sistem pengendalian suhu mengatur suhu dan aliran air secara otomatis dengan memanaskan campuran bahan baku, mengkondensasi uap, dan memisahkan minyak atsiri dari air. Operator dapat melihat dan mengontrol proses secara *real-time* melalui antarmuka grafis yang disediakan. Mereka juga dapat menyimpan data untuk evaluasi dan pengembangan sistem di masa mendatang.



Gambar 9. *Flowchart*



Gambar 10. Distilasi Uap-Air

3. Hasil

Langkah awal dalam perancangan ini merupakan desain awal kondensor yang dibuat secara keseluruhan. Komponen yang dirancang untuk kondensor terdiri dari membran atau tabung kondensor, pipa, pompa kondensor, dan bak penampungan air pendingin. Pipa yang digunakan berbentuk spiral dengan tujuan dapat meningkatkan kehilangan panas dan mempercepat pengembunan. Sistem ini dipergunakan untuk memastikan proses kondensasi uap menjadi cair agar dapat berjalan

secara lebih efisien. Pengatur aliran berfungsi untuk mengatur aliran pendingin agar suhu tetap dalam kondisi sesuai dengan yang diinginkan. Sesuai dengan data yang dikumpulkan oleh sensor, alat tersebut akan dapat melakukan perubahan. Proses kondensasi sistem akan mendinginkan uap yang masuk ke kondensor. Pengaturan suhu yang tepat dapat mengubah suhu pendingin uap menjadi cair secara efektif, sehingga proses kondensasi mendapatkan hasil yang maksimal. Optimalisasi proses risiko *overheating* dapat diminimalkan dan efisiensi energi meningkat dengan menggunakan sistem kontrol yang dirancang dengan baik. Hal ini dapat meningkatkan kinerja sistem pendinginan secara keseluruhan.

a. Kondensor

Penelitian ini merancang sebuah tabung kondenser yang terbuat dari pipa *steinless steel* 304 dengan tebal 2 mm. Fungsi kondensor ini adalah mengondensasikan uap minyak atsiri menjadi cairan. Kondensor ini memiliki diameter 30 cm dan tinggi 50 cm dengan kapasitas 35 liter, seperti ditunjukkan Gambar 11. Air yang digunakan dalam kondensor berfungsi sebagai media pendingin. Media pendingin menggunakan ukuran setengah inci pada bagian inlet dan outlet dan akan dialirkan dari bak penampungan air melalui pompa.



Gambar 11. Kondensor

b. Pipa Spiral

Pipa spiral seperti pada Gambar 12 terbuat dari tembaga yang sesuai standar *ASTM B280* dan dipasang di bagian dalam kondensor dengan spesifikasi seperti pada Tabel 1. Pipa ini dialiri uap minyak atsiri yang tercampur dengan air, dan air pendingin mengalir ke bagian luar pipa spiral. Tabel 1 merupakan spesifikasi dari pipa spiral.



Gambar 12. Pipa Spiral

Tabel 1. Spesifikasi Pipa Spiral

Keterangan	Spesifikasi
Brand	Brassco Pipa Tembaga ASTM B280
Ukuran	½ inci
Diameter Dalam	12.70 mm
Panjang Pipa Spiral	8.8 mm
Ketebalan	0.81 mm
Max Temperature	150^0C

c. Bak Penampung

Sebuah tangki terbuka yang digunakan dalam perencanaan penelitian ini memiliki ukuran tinggi 39 cm, panjang 68 cm, dan lebar 40 cm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13. Tangki sumber air berkapasitas 106 liter dan dibuat dari pipa *stainless steel* 304 setebal 2 mm, tangki ini dibuka untuk mempercepat proses pendinginan air hasil keluaran dari kondensor setelah bersinggungan dengan pipa spiral yang melewati uap panas dari ketel distilasi.



Gambar 13. Bak Penampung

d. Radiator

Radiator mobil berfungsi untuk memaksimalkan kinerja kondensor dan mempercepat ter-

jadinya proses pendinginan. Fungsi utama radiator adalah mengalirkan panas dari kondensor ke udara luar, sehingga menjaga suhu kondensor tetap pada tingkat yang ideal. Radiator biasanya terbuat dari tembaga atau aluminium dan terdiri dari beberapa pipa serta sirip. Air dingin mengalir melalui pipa, sementara udara mengalir melalui sirip untuk menghilangkan panas. Radiator seperti pada Gambar 14 dibuat dengan dimensi 39 x 48 x 43 cm dengan bahan tembaga.



Gambar 14. Radiator

e. Kipas Radiator

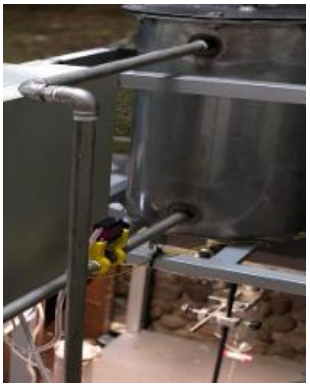
Kipas radiator berfungsi mengalirkan air ke dalam bak penampung untuk proses pendinginan. Ketika sensor suhu RTD PT-100 mendeteksi bahwa suhu air sirkulasi *shell* kondensor melebihi *set point* yang telah ditetapkan, Kipas radiator akan segera aktif dengan kecepatan yang telah diatur oleh kontroler. Di radiator, air akan didinginkan hingga mencapai suhu yang sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan. Begitu suhu air dalam bak penampung mencapai nilai *setpoint,* sensor akan mengirim data ke kontroler, kemudian memberikan perintah kepada pompa untuk mengurangi aliran air keluar dari kondensor. Tindakan ini bertujuan untuk menjaga suhu air sirkulasi tetap stabil pada nilai *setpoint* yang telah ditetapkan sebelumnya. Kipas radiator se-perti pada Gambar 15 memiliki dimensi 15 x 15 x 15 cm dengan bahan plastik.



Gambar 15. Kipas Radiator

f. Pipa *stainless steel* 304 SCH 10

Pada perencanaan penelitian, bak penampung air dibuat sesuai Gambar 16 dan spesifikasi pada Tabel 2. Pipa *stainless steel* 304 SCH 10 dengan ukuran ½ inci dipasang pada bagian luar kondensor untuk mengalirkan air yang berada di dalam kondensor ke bak penampung air. Untuk menghubungkan komponen pendukung ke drat dalam, pipa *stainless steel* ini dipasang pada drat luar NPT ½ inci.



Gambar 16. Bak Penampung Air

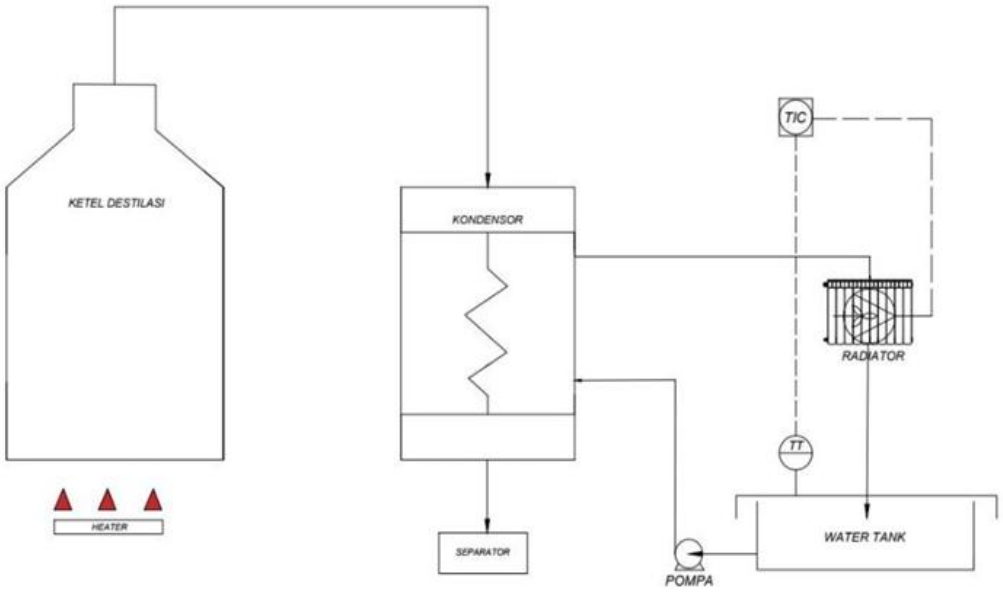
Tabel 2. Spesifikasi Pipa *Stainless Steel* 304 SCH 10

Keterangan	**Spesifikasi**
Grade	*Stainless 310S*
Spesifikasi	*ASTM A312/SA312*
Ukuran	½ inci
Tensile Requirement	*TAPI 304*

Gambar 17 menunjukkan alir proses sistem distilasi minyak atsiri. Proses diawali dengan Ketel Destilasi yaitu tempat di mana campuran bahan baku dipanaskan untuk menghasilkan uap. Uap panas dari ketel di alirkan ke kondensor, di mana uap tersebut bersentuhan dengan air dingin yang mengalir di dalamnya. Proses ini mengubah uap menjadi campuran cairan minyak atsiri dan air. Setelah kondensasi, campuran cairan di alirkan ke separator. Di sini, minyak atsiri yang lebih ringan akan mengapung di atas air, dan katup penguras digunakan untuk mengeluarkan minyak atsiri dari permukaan. Pompa berfungsi mengalirkan air dingin ke dalam sistem, khususnya ke kondensor untuk mendinginkan uap panas. Sedangkan *Water Tank* berfungsi menyediakan pasokan air untuk sistem pendingin yang digunakan dalam kondensor.

Gambar 17 menunjukkan alur kerja sistem distilasi, mulai dari pemanasan bahan baku hingga pemisahan produk akhir, dengan fokus pada peran setiap komponen dalam menjaga efisiensi dan efektivitas proses distilasi merupakan beberapa komponen dan prinsip yang termasuk dalam rancangan sistem kontrol suhu air sirkulasi *shell* kondensor menggunakan radiator pendingin. Sistem ini menggunakan RTD PT-100 sebagai sensor suhu yang terpasang pada bak penampung untuk mendapatkan data suhu pada air sirkulasi, yang berfungsi untuk mengendalikan aliran pendingin dan dapat mengalir melalui kipas radiator. Aktuator pada alat ini dapat menghidupkan kipas radiator untuk mendinginkan air sirkulasi *shell* kondensor. Dengan mengendalikan aktuator, sistem dapat mengatur suhu air sirkulasi dengan meningkatkan proses pendinginan, *Outseal* PLC ini merupakan inti dari sistem kontrol. Kontroler akan menerima pembacaan sensor suhu, membandingkannya dengan *setpoint* suhu yang ditentukan, dan menghasilkan sinyal keluaran yang mengendalikan kipas radiator.

Kontroler akan terus memantau suhu dan mengoreksi keluarannya secara otomatis untuk menjaga suhu air sirkulasi pada tingkat yang diinginkan, kipas radiator berfungsi sebagai pendingin utama dalam sistem. Pendingin, seperti air atau udara, akan mengalir melalui kipas radiator untuk menyerap panas dari air sirkulasi yang mengalir di dalamnya. Radiator dirancang dengan efisiensi tinggi untuk memastikan pendinginan yang optimal.



Gambar 17. P&ID *Prototype* Distilasi *Essential Oil*

Tabel 3 menunjukkan hasil pembacaan suhu dari dua jenis sensor yang berbeda, *yaitu temperature gunt* dan RTD PT-100, serta perhitungan kesalahan (*error*) antara nilai-nilai yang diukur. Gambar 18 merupakan pembacaan dari *Temperature Gunt* (dalam °C). Pada pengukuran pertama, suhu yang tercatat adalah 27.3°C, dan pada pengukuran kedua adalah 35.1°C.

Error merupakan selisih antara pembacaan *temperature gunt* dan RTD PT-100. Pada pengukuran pertama, *error* sebesar 0.3°C menunjukkan perbedaan kecil antara kedua alat. Pada pengukuran kedua, tidak ada *error* yang tercatat, karena kedua alat menun-jukkan suhu yang sama (35°C). Hal ini menunjukkan bahwa sensor bekerja dengan tepat sesuai pengukuran manual.

Tabel 3 Pembacaan Sensor RTD PT-100

No.	Pembacaan *Thermometer gunt* (^{0}C)	*Temperature Gauge* (^{0}C)	Pembacaan RTD PT-100 (^{0}C)	*Error* (^{0}C)
1.	27.3	27	27	+0.3
2.	35.1	35	35	+0.1



Gambar 18. Pembacaan *Temperature Gunt*

Pada gambar 19 tampak pembacaan sensor suhu menunjukan suhu pendinginan dalam rentang waktu dari 21:10 hingga 21:35. Terlihat bahwa suhu pembacaan mulai dari 39°C secara bertahap menurun hingga suhu pembacaan pada nilai 34°C. Penurunan suhu yang signifikan terjadi antara pukul 21:15 dan 21.30, menunjukan bahwa sistem pen-dinginan berfungsi dengan efektif dalam menjaga suhu dibawah *set point* yang ditetapkan. Grafik ini memberi respons sistem terhadap pengendalian suhu secara *real-time*.



Gambar 19. Grafik Sensor RTD PT-100

4. Simpulan

Prototype distilasi minyak atsiri yang menggunakan perancangan untuk mengontrol suhu air yang mengalir melalui *shell* kondensor telah menunjukkan bahwa alat ini dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses. Dengan menggunakan radiator mobil sebagai bagian pendinginan tambahan, proses pendinginan dapat dipercepat dan memungkinkan sistem beroperasi dalam rentang suhu yang lebih stabil, yang dapat menstabilkan kualitas minyak atsiri yang dihasilkan dan mengurangi risiko *overheating* yang dapat merusak komponen sistem. Suhu air sirkulasi tetap ideal dan kinerja total kondensor meningkat. Selain itu, menambahkan kipas tambahan ke radiator memungkinkan aliran udara yang lebih baik, yang memastikan proses pendinginan yang optimal dan memastikan bahwa perangkat tetap berfungsi dengan baik dalam jangka panjang. Hasil dari pembacaan sensor suhu menunjukkan perbandingan pembacaan suhu antara *thermometer gunt, temperature gauge*, dan RTD PT-100, dengan hasil yang menunjukkan kesalahan kecil pada setiap pembacaan. *Error* yang terukur adalah +0.3 ℃ pada pembacaan pertama dan +0.1 ℃ pada pembacaan kedua, menunjukkan akurasi yang baik dari alat ukur yang digunakan. Pada penelitian selanjutnya, disarankan agar ditambahkan *cooling tower* pada sistem pendingin untuk meningkatkan efisiensi dibandingkan dengan sistem pendingin saat ini yang menggunakan kipas radiator.

Daftar Pustaka

[1] S. Bahri, "4179-10557-1-Sm," Formulasi Sediaan Gel Miny. Atsiri Tanam. Nilam (Pogostemon Cablin Benth) Sebagai Antiseptik Tangan (Hand Sanitizer)", vol. 1, no. Mei, pp. 87–99, 2021.

[2] M. Maryati, W. Keliobas, and D. E. Kuliahsari, "Pengaruh Penambahan Minyak Atsiri Biji Pala terhadap Karakteristik Organoleptik Abon Ikan Bubara (Caranx sexfasciatus)," *J. Teknol. Pengolah. Pertan.*, vol. 5, no. 1, p. 33, 2023, doi: 10.35308/jtpp.v5i1.7028.

[3] M. Malik Mutoffar, "Pemurnian Minyak Atsiri Akar Wangi Menggunakan Distilasi Tambahan Bahan Kaca," *J. Masy. Mandiri*, vol. Vol. 5, No, no. e-ISSN 2614-5758, p-ISSN 2598-8158, pp. 869–876, 2021, [Online]. Available: https://doi.org/10.31764/jmm.v5i3.4396

[4] E. Sampepana, A. Rinaldi, T. Nurwidayati, and S. H. Saputro, "Kadar

Air, Piperin dan Minyak Atsiri Lada Produk UKM Samboja, UKM Bontang dan di Pasaran Samarinda," *J. Ris. Teknol. Ind.*, vol. 14, no. 2, p. 275, 2020, doi: 10.26578/jrti.v14i2.6672.

[5] A. In and H. Sanitizer, "POTENSI MINYAK ATSIRI BUNGA KENANGA (Cananga Odorata) SEBAGAI ANTIBAKTERIA DALAM SEDIAAN HAND SANITIZER GEL Program Studi Kimia , FMIPA , Universitas Pakuan PENDAHULUAN Penelitian tentang kimia bahan alam ini semakin banyak dieksploitasi sebagai bahan o," vol. 20, pp. 88–94, 2020.

[6] Y. Cendana, K. A. Adrianta, and N. M. D. S. Suena, "Formulasi Spray Gel Minyak Atsiri Kayu Cendana (Santalum album L.) sebagai Salah Satu Kandidat Sediaan Anti Inflamasi," *J. Ilm. Medicam.*, vol. 7, no. 2, pp. 84–89, 2021.

[7] J. Elisa Loppies, R. Wahyudi, E. Sri Rejeki, and dan Aulia Winaldi Jl Abdurahman Basalamah No, "Diterbitkan oleh Balai Besar Industri Hasil Perkebunan KUALITAS MINYAK ATSIRI DAUN CENGKIH YANG DIHASILKAN DARI BERBAGAI WAKTU PENYULINGAN Quality of Clove Leaf Essential Oil Produced from Various Distilation Times," *J. Ind. Has. Perkeb.*, vol. 16, no. 2, pp. 89–96, 2021.

[8] Sefriyanti, A. Jayuska, and A. H. Alimuddin, "Uji Aktivitas Antibakteri Minyak Atsiri Sereh Wangi (Cymbopogon bernadus L .) terhadap Bakteri Escherichia coli dan Staphylococcus aureus," *J. Kim. Khatulistiwa*, vol. 8, no. 4, pp. 1–4, 2020.

[9] F. Siswantito dkk "Produksi Minyak Atsiri melalui Ragam… (Siswantito, dkk) 178 PRODUKSI MINYAK ATSIRI MELALUI RAGAM METODE EKSTRAKSI DENGAN BERBAHAN BAKU JAHE," *Inov. Tek. Kim.*, vol. 8, no. 3, pp. 178–184, 2023.

[10] A. Agustina dkk., "Kajian Kualitas Minyak Serai Wangi (Cymbopogon winterianus Jowitt .) pada CV AB dan PT . XYZ Jawa Barat Quality Study of Citronella Oil (Cymbopogon winterianus Jowitt .) in CV AB and PT . XYZ West Java," vol. 4, no. 1, pp. 63–71, 2021, doi: 10.37637/ab.v4i1.681.

[11] C. H. Nirwana and W. Zamrudy, "Studi Literatur Karakteristik Minyak Cengkeh (Clove Oil) Dari Beberapa Metode Distilasi," *DISTILAT J. Teknol. Separasi*, vol. 7, no. 2, pp. 561–569, 2023, doi: 10.33795/distilat.v7i2.271.

[12] J. A. Sari, W. Wusnah, and A. Azhari, "PENGARUH SUHU DAN WAKTU TERHADAP PROSES PENYULINGAN MINYAK SEREH WANGI (Cimbopogon nardus l.)," *Chem. Eng. J. Storage*, vol. 1, no. 1, p. 22, 2021, doi: 10.29103/cejs.v1i1.1493.

[13] A. Yudha Yuga and S. Kuncoro, "Modification of Design and Condensation of Sea Water to Get Pure Water," *J. Agric. Biosyst. Eng.*, vol. 1, no. 4, pp. 446–454, 2022, [Online]. Available: https://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/ABE/index

[14] D. Lazuardi and W. D. Yudisworo, "PEMILIHAN KOMPONEN DAN PEMBUATAN ALAT DISTILASI MINYAK SEREH DENGAN KAPASITAS 10 KG," pp. 134–140, 1945.

[15] B. Bujaeromy and D. A. Sari, "Studi Pergantian Material Tube Dari Carbon Steel Menjadi 309 Stainless Steel Pada Penukar Panas Kondenser Shell and Tube," *SINERGI POLMED J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 12–18, 2024, doi: 10.51510/sinergipolmed.v5i2.1555.

[16] W. Sehwantoro, F. Hindarti, and M. Oktivina, "Rancang Bangun Dan Uji Kinerja Destilator Elektrik Sebagai Alat Destilasi Pada Proses Pembuatan Bioethanol," Sainstech J. Penelit. Dan Pengkaj. Sains Dan Teknol., vol. 31, no. 2, pp. 1–9, 2022, doi: 10.37277/stch.v31i2.1125.

[17] Muhammad Mahardika Despandi, Aidi Finawan, Azhar Azhar, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN PENGENDALIAN TEMPERATUR KONDENSOR PADA PROSES DISTILASI BERBASIS MIKROKONTROLLER", Jurnal Tektro Vol 5 No. 2, 2021, DOI:

http://dx.doi.org/10.30811/tek-tro.v5i2.3088

[18] I. H. S. Pratama, Lunda Tori, "Rancang bangun dan uji kinerja kondensor tipe pipa 12u dengan variasi jumlah baris pipa terhadap produksi minyak gasifikasi," vol. 11, pp. 127–136, 2023.

[19] S. F. Karo Karo, D. Darianto, and M. Idris, "Jurnal Ilmiah Teknik Mesin dan Industri (JITMI) Analisis Efektivitas Perpindahan Panas Kondensor pada Proses Distilasi Daun Serai Wangi Analysis of the Effectiveness of Heat Transfer in the Condenser of Lemongrass Distillation Process," *J. Ilm. Tek. Inform. dan Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 31–40, 2023, doi: 10.31289/jitmi.v2i1.1951.

[20] F. A. K. Yudha, "Rancang Bangun Trainer Otomasi PLC Outseal 16 I/O," *J. Mech. Eng. Mechatronics*, vol. 7, no. 1, p. 51, 2022, doi: 10.33021/jmem.v7i1.3377.

[21] M. Marjuni, O. Minarto, and S. C. Wahyono, "Modifikasi Sirkulasi Air Pendingin Alat Distilasi pada Proses Pembuatan Akuades," *J. Fis. Flux J. Ilm. Fis. FMIPA Univ. Lambung Mangkurat*, vol. 18, no. 1, p. 16, 2021, doi: 10.20527/flux.v18i1.8888.

[22] D. I. Habibie *et al.*, "RANCANG BANGUN TEMPERATURE TRANSMITTER PADA SISTEM," pp. 714–725, 2024.

[23] D. Susilo and A. M. Maghfiroh, "Sensor Pengukur Kecepatan Putaran Motor Berbasis Mikrokontroller AT-Mega 8535," *ELECTRA Electr. Eng. Artic.*, vol. 3, no. 01, p. 43, 2022, doi: 10.25273/electra.v3i01.13983.

[24] K. Tampubolon, Alinur, Elazhari, A. Ermawy, and R. S. Manurung, "Penyuluhan Tentang Mengenal Mesin Pompa Air dan Cara Perawatannya di Serikat Tolong Menolong Nurul Iman (STMNI) Kelurahan Timbang Deli Kecamatan Medan Amplas," *J. Liaison Acad. Soc.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–8, 2021, [Online]. Available: http://j-las.lemkomindo.org/index.php/J-LAS/issue/view/J-LAS/showToc

[25] V. Mierza, A. Ravelliani, B. Al Bara, Marisah, and N. Sa'diyyah, "Isolasi Senyawa Limonen Pada Minyak Atsiri Menggunakan Metode Uji Hidrodistilasi, Distilasi Uap dan Distilasi Air-Uap," *J. Farmasetis*, vol. 12, no. 1, pp. 15–20, 2023.