AgriTechno
Jurnal Teknologi Pertanian

Jurnal Agritechno, Vol. 19, No. 2, Oktober 2026
http://agritech.unhas.ac.id/ojs/index.php/at
ISSN Online : 2656-2413
ISSN Print : 1979-7362

PERALATAN DAN MESIN DISTILASI DALAM INDUSTRI PANGAN: TINJAUAN SISTEMATIS TERHADAP TEKNOLOGI, KINERJA, DAN EFISIENSI

(*Distillation Equipment and Machinery in the Food Industry: A Systematic Review of Technology, Performance, and Efficiency*)

Ahmad Abdul Rauf Kurniawan[1)], Rasyid Kemal Ashary[2)], Refiansyah Riyadi Saputra[3)], Wildan Al Malik[4)], dan Dewi Nur Azizah[5*)]

[1)] Program Studi Pendidikan Teknologi Agroindustri, Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri, Universitas Pendidikan Indonesia, Jawa Barat

[*)] email korespondensi: dewinurazizah@upi.edu

ABSTRACT

Distillation is one of the most important separation processes in the food and agroindustrial sectors, especially for essential oil production, ethanol purification, flavor recovery, and postharvest value addition. This study aimed to describe distillation equipment and machinery in the food industry based on technological development, performance indicators, and process efficiency. The method used was a descriptive study with a systematic literature approach. The literature was selected from scientific articles related to steam distillation, water and steam distillation, distillation condensers, integrated drying-distillation systems, reflux control, and smart extraction technology. The review shows that the performance of distillation machinery is strongly determined by the design of the boiler or evaporator, distillation vessel, condenser, cooling water system, separator, material selection, operating temperature, vapor flow, and process control. Helical and spiral condensers improve heat transfer and reduce processing time, while integrated and sensor-based systems can increase yield, maintain volatile compounds, and reduce energy losses. Studies on DryStilla, recurrent water and steam distillation, and Industry 4.0-based extraction indicate that automation, cooling-water control, and endpoint detection are promising strategies for improving productivity, quality, and sustainability. Overall, efficient distillation machinery requires not only appropriate mechanical design but also stable thermal management, hygienic material selection, and process monitoring suitable for small- and medium-scale food industries.

Keywords: Condenser, Distillation, Efficiency, Food Industry, Steam Distillation.

ABSTRAK

Distilasi merupakan salah satu proses pemisahan penting dalam industri pangan dan agroindustri, terutama pada produksi minyak atsiri, pemurnian etanol, pemulihan senyawa aroma, dan peningkatan nilai tambah hasil pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan peralatan dan mesin distilasi dalam industri pangan berdasarkan perkembangan teknologi, indikator kinerja, dan efisiensi proses. Metode yang digunakan adalah metode deskriptif dengan pendekatan studi literatur sistematis. Literatur dipilih dari artikel ilmiah yang membahas distilasi uap, distilasi air dan uap, kondensor distilasi, sistem pengering-distilasi terintegrasi, pengaturan rasio refluks, dan teknologi ekstraksi cerdas. Hasil kajian menunjukkan bahwa kinerja mesin distilasi sangat ditentukan oleh desain boiler atau evaporator, ketel suling, kondensor, sistem air pendingin, separator, pemilihan material, suhu operasi, aliran uap, dan sistem kendali proses. Kondensor helikal dan spiral mampu meningkatkan perpindahan panas dan memperpendek waktu proses, sedangkan sistem terintegrasi dan berbasis sensor dapat meningkatkan rendemen, menjaga senyawa volatil, dan menurunkan kehilangan energi. Kajian pada DryStilla, *recurrent water and steam distillation*, dan ekstraksi berbasis *Industry* 4.0 menunjukkan bahwa otomatisasi, pengendalian air pendingin, dan penentuan titik akhir proses

AgriTechno
Jurnal Teknologi Pertanian
Jurnal Agritechno, Vol. 19, No. 2, Oktober 2026
http://agritech.unhas.ac.id/ojs/index.php/at
ISSN Online : 2656-2413
ISSN Print : 1979-7362

menjadi strategi penting untuk meningkatkan produktivitas, kualitas, dan keberlanjutan. Secara keseluruhan, mesin distilasi yang efisien tidak hanya membutuhkan desain mekanik yang tepat, tetapi juga manajemen panas yang stabil, pemilihan material higienis, dan pemantauan proses yang sesuai untuk industri pangan skala kecil hingga menengah.

Kata Kunci: Distilasi, Efisiensi, Industri Pangan, Kondensor, Mesin Distilasi.

PENDAHULUAN

Industri pangan membutuhkan proses pemisahan yang mampu menghasilkan produk bernilai tambah tanpa merusak komponen penting di dalam bahan. Salah satu proses yang banyak digunakan adalah distilasi, yaitu pemisahan komponen berdasarkan perbedaan titik didih, volatilitas, dan tekanan uap. Pada bidang pangan dan agroindustri, distilasi tidak hanya digunakan untuk pemurnian cairan, tetapi juga untuk mengambil senyawa volatil seperti minyak atsiri, aroma rempah, flavor alami, dan etanol hasil fermentasi. Proses ini menjadi penting karena banyak bahan pertanian Indonesia, seperti serai, cengkih, kapulaga, jeruk purut, kayu putih, nilam, dan nira aren, memiliki potensi besar untuk diolah menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi lebih tinggi.

Penggunaan distilasi pada pengolahan minyak atsiri sangat berkaitan dengan kebutuhan industri makanan dan minuman, kosmetik, farmasi, dan aromaterapi. Minyak atsiri dari tanaman rempah dan herbal memiliki senyawa volatil yang mudah menguap, sehingga proses distilasi harus dikendalikan agar senyawa aroma tidak banyak hilang selama pemanasan. Titahelu *et al*. (2023) menjelaskan bahwa sistem distilasi minyak atsiri pada umumnya terdiri atas ketel, kondensor, tangki pendingin, separator, dan reservoir minyak. Komponen tersebut harus bekerja sebagai satu sistem karena kegagalan pada salah satu bagian, terutama kondensor, dapat menurunkan jumlah kondensat dan memperpanjang waktu proses.

Permasalahan yang masih sering ditemukan pada proses distilasi skala kecil dan menengah adalah penggunaan alat yang sederhana, kendali suhu yang kurang stabil, sistem pendingin yang belum optimal, pemilihan material yang belum higienis, dan rendahnya efisiensi energi. Pada industri penyulingan minyak atsiri daun cengkih, misalnya keterbatasan teknologi penyulingan menyebabkan kapasitas produksi relatif rendah, dan kualitas produk sulit meningkat (Mardiansyah *et al*., 2025). Permasalahan serupa juga terlihat pada pengolahan kapulaga skala desa, ketika proses pengeringan dan distilasi masih dilakukan secara terpisah, sehingga waktu proses lebih lama dan senyawa volatil lebih mudah hilang (Hawa *et al*., 2025).

Perkembangan terbaru menunjukkan bahwa peralatan distilasi tidak lagi hanya berfokus pada pemanasan dan pengembunan, tetapi juga pada efisiensi energi, pengendalian proses, dan keberlanjutan. Machado *et al*. (2024) menunjukkan bahwa penerapan teknologi berbasis *Industry* 4.0 pada distilasi minyak atsiri dapat meningkatkan rendemen dan kualitas produk melalui sensor, pengendalian *channeling*, pengaturan suhu air kondensasi, dan penentuan titik akhir ekstraksi secara otomatis. Hal ini menunjukkan bahwa pembaruan teknologi pada mesin distilasi menjadi kebutuhan penting agar proses produksi pangan dan agroindustri tidak hanya menghasilkan produk, tetapi juga lebih hemat energi, stabil, aman, dan berkelanjutan.

Berdasarkan uraian di atas, artikel ini disusun untuk meninjau peralatan dan mesin distilasi dalam industri pangan melalui kajian literatur yang menekankan pada aspek teknologi, kinerja, dan efisiensi. Kajian ini diharapkan dapat memberi gambaran mengenai jenis peralatan distilasi yang digunakan, faktor teknis yang memengaruhi keberhasilan proses, dan arah pengembangan mesin distilasi yang sesuai untuk industri pangan skala kecil hingga menengah.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji peralatan dan mesin distilasi dalam industri pangan berdasarkan studi literatur, khususnya pada aspek teknologi yang digunakan, parameter kinerja alat, dan efisiensi proses. Secara lebih khusus, kajian ini bertujuan untuk:

a. Mengidentifikasi jenis teknologi distilasi yang digunakan pada pengolahan bahan pangan dan agroindustri.
b. Mendeskripsikan komponen utama mesin distilasi, seperti ketel, evaporator, kondensor, sistem pendingin, separator, dan sistem kendali.
c. Menganalisis indikator kinerja mesin distilasi, meliputi rendemen, waktu proses, efektivitas kondensor, suhu operasi, dan kualitas produk.
d. Merumuskan arah pengembangan mesin distilasi yang lebih efisien, higienis, mudah dioperasikan, dan sesuai untuk industri pangan skala kecil hingga menengah.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan studi literatur sistematis. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan perkembangan teknologi, komponen mesin, indikator kinerja, dan efisiensi proses distilasi berdasarkan hasil-hasil penelitian terdahulu. Studi literatur sistematis dilakukan melalui tahapan identifikasi, seleksi, pengelompokan, dan sintesis artikel yang relevan dengan topik peralatan dan mesin distilasi dalam industri pangan dan agroindustri.

Sumber data yang digunakan adalah artikel ilmiah yang membahas rancang bangun alat distilasi, kondensor, distilasi minyak atsiri, distilasi bioetanol, sistem distilasi terintegrasi, optimasi rasio refluks, dan teknologi distilasi berbasis kendali. Literatur yang digunakan meliputi penelitian tentang kondensor helikal minyak atsiri sereh (Titahelu *et al*., 2023), perancangan kondensor minyak serai wangi (Anwar *et al*., 2023), analisis kondensor minyak atsiri daun cengkih (Mardiansyah *et al*., 2025), mesin distilasi minyak atsiri dengan pendingin kontinyu (Ikhwanudin *et al*., 2025), sistem DryStilla pada kapulaga (Hawa *et al*., 2025), *recurrent water and steam distillation* pada minyak atsiri (Pipatpaiboon *et al*., 2025), teknologi distilasi berbasis *Industry* 4.0 (Machado *et al*., 2024), optimasi rasio refluks kolom distilasi etanol (Fitriah & Sari, 2023), dan beberapa studi rancang bangun destilator skala kecil dan menengah.

Kriteria inklusi pada kajian ini adalah artikel yang membahas proses distilasi pada bahan pangan, rempah, minyak atsiri, etanol, atau bahan agroindustri; memuat informasi mengenai desain alat, komponen mesin, kinerja, atau efisiensi; dan memiliki keterkaitan dengan pengembangan mesin distilasi. Artikel yang hanya membahas teori umum tanpa hubungan langsung dengan peralatan atau artikel yang kurang relevan dengan industri pangan, tidak dijadikan rujukan utama. Data yang diperoleh, kemudian dianalisis secara deskriptif-kualitatif dengan menekankan pada kesamaan temuan, perbedaan teknologi, keunggulan dan kelemahan sistem, serta implikasinya terhadap pengembangan mesin distilasi dalam industri pangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknologi Distilasi dalam Industri Pangan dan Agroindustri

Berdasarkan hasil kajian, teknologi distilasi yang banyak ditemukan pada pengolahan bahan pangan dan agroindustri meliputi distilasi air, distilasi air dan uap, distilasi uap langsung, distilasi kolom dengan refluks, dan sistem distilasi terintegrasi. Distilasi air umumnya lebih sederhana karena bahan dicampur langsung dengan air dan dipanaskan. Metode ini mudah diterapkan, tetapi kurang sesuai untuk bahan yang komponennya mudah mengalami hidrolisis atau kerusakan akibat kontak langsung dengan air panas. Distilasi air dan uap menempatkan bahan di atas air, sehingga bahan tidak sepenuhnya terendam. Metode ini banyak digunakan pada penyulingan minyak atsiri karena mampu menghasilkan uap yang relatif stabil dan alatnya masih cukup sederhana untuk skala kecil (Porawati & Kurniawan, 2019).

Distilasi uap langsung memiliki efisiensi proses yang lebih tinggi karena uap dialirkan langsung ke bahan. Akan tetapi, metode ini membutuhkan peralatan lebih kompleks, sistem tekanan yang lebih aman, dan kendali operasi yang lebih baik. Pada penyulingan minyak atsiri, pemilihan metode sangat dipengaruhi oleh karakter bahan, kapasitas produksi, ketersediaan energi, dan target kualitas minyak. Mardiansyah *et al*. (2025) menjelaskan bahwa metode air dan uap efektif digunakan pada daun cengkih karena memungkinkan kontak uap dengan bahan, sehingga proses penguapan minyak dapat berlangsung lebih cepat.

Pada industri yang membutuhkan kemurnian distilat, seperti pemulihan etanol, distilasi kolom dengan pengaturan rasio refluks menjadi lebih dominan. Fitriah dan Sari (2023) menunjukkan bahwa rasio refluks berpengaruh terhadap kemurnian etanol dan kebutuhan panas reboiler. Rasio refluks yang terlalu rendah dapat menghasilkan pemisahan yang kurang baik, sedangkan rasio yang terlalu tinggi meningkatkan konsumsi energi dan membuat proses menjadi kurang efisien. Temuan ini memperlihatkan bahwa efisiensi distilasi tidak hanya ditentukan oleh bentuk alat, tetapi juga oleh pengaturan parameter operasi.

Komponen Utama Mesin Distilasi

Mesin distilasi pada dasarnya tersusun atas beberapa komponen utama, yaitu sumber panas, boiler atau evaporator, ketel suling, jalur uap, kondensor, sistem air pendingin, separator, dan wadah penampung. Pada skala kecil, sistem pemanas dapat menggunakan LPG atau pemanas listrik, sedangkan pada skala yang lebih besar dapat digunakan boiler dan sistem uap. Komponen ketel atau tabung distilasi berfungsi sebagai tempat bahan dipanaskan atau dikontakkan dengan uap. Pemilihan material pada bagian ini penting karena berhubungan dengan keamanan pangan, ketahanan korosi, dan umur pakai alat.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa *stainless steel* menjadi material yang banyak direkomendasikan karena relatif tahan korosi dan lebih higienis. Tanaiyo *et al*. (2022) menggunakan *stainless steel* pada alat distilasi bioetanol nira aren, termasuk pada tabung, pipa, dan kondensor. Lazuardi, Yudisworo, dan Ifan (2024) juga menekankan bahwa pemilihan komponen mesin distilasi minyak sereh perlu mempertimbangkan efisiensi, biaya, ketersediaan material, kemudahan perawatan, ergonomi, dan keselamatan kerja. Dengan demikian, perancangan mesin distilasi tidak cukup hanya berdasarkan kemampuan menghasilkan distilat, tetapi juga harus mempertimbangkan aspek penggunaan jangka panjang.

Kondensor merupakan komponen kunci karena berfungsi mengubah uap menjadi cairan melalui proses perpindahan panas. Jika kondensor tidak mampu membuang panas secara efektif, maka sebagian uap minyak atau uap air tidak terkondensasi sempurna, sehingga menurunkan rendemen. Pada mesin distilasi minyak serai wangi kapasitas 5 kg, Anwar *et al*. (2023) merancang kondensor spiral tipe *counter flow* dengan tabung berdiameter 20 cm, tinggi 60 cm, panjang pipa spiral 10,3 m, diameter pipa 11 mm, dan kebutuhan air pendingin 139,75 L. Desain spiral dipilih karena memperpanjang lintasan uap dan memperbesar area perpindahan panas.

Kinerja Kondensor dan Perpindahan Panas

Kinerja kondensor sangat dipengaruhi oleh luas permukaan perpindahan panas, jenis aliran, debit air pendingin, perbedaan suhu uap dan air pendingin, serta bahan pipa. Titahelu *et al*. (2023) menunjukkan bahwa penggantian pipa lurus menjadi pipa helikal koil pada kondensor distilasi minyak atsiri sereh mampu meningkatkan efektivitas. Efektivitas maksimum kondensor mencapai 69,99% pada laju alir volumetrik air pendingin 3,66 *liter per menit* (LPM), sedangkan efektivitas minimum sebesar 44,39% terjadi pada 0,72 LPM. Pada kondisi laju alir 3,66 *liter per menit* (LPM), waktu distilasi minimum mencapai 120 menit dengan volume kondensat 8 ml. Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan debit air pendingin dapat mempercepat pembuangan panas dan memperpendek waktu distilasi.

Analisis serupa pada kondensor minyak atsiri daun cengkih kapasitas 200 kg juga menunjukkan pentingnya parameter perpindahan panas. Mardiansyah *et al*. (2025)

memperoleh bilangan Reynolds sebesar 73.308 yang menunjukkan aliran turbulen, *Log Mean Temperature Difference* (LMTD) sebesar 127,61 K, dan koefisien perpindahan panas keseluruhan sebesar 179,53 W/m2.K. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kondensor memiliki kemampuan perpindahan panas yang cukup baik untuk sistem distilasi air dan uap. Dalam konteks ini, metode *Log Mean Temperature Difference* (LMTD) menjadi penting karena mampu memberikan gambaran perbedaan suhu efektif antara fluida panas dan fluida dingin sepanjang kondensor.

Peningkatan kinerja kondensor juga berkaitan dengan bentuk geometri pipa. Pipa helikal atau spiral memberikan keuntungan karena luas kontak termal lebih besar dan mampu membentuk aliran sekunder akibat kelengkungan pipa. Aliran sekunder tersebut membantu meningkatkan koefisien konveksi, sehingga perpindahan panas lebih baik dibandingkan dengan pipa lurus. Hal ini penting bagi industri pangan skala kecil karena peningkatan efektivitas kondensor dapat dilakukan melalui modifikasi desain tanpa selalu memperbesar ukuran alat.

Rendemen, Mutu Produk, dan Stabilitas Operasi

Kinerja mesin distilasi juga dapat dilihat dari rendemen dan mutu produk yang dihasilkan. Ikhwanudin *et al*. (2025) mengembangkan mesin distilasi minyak atsiri dengan sistem pendingin kontinyu di Laboratorium Rekayasa Pangan. Alat tersebut digunakan untuk menyuling daun dan ranting kayu putih, daun serai wangi, serta daun dan ranting jeruk purut. Rendemen minyak atsiri yang dihasilkan, yaitu 0,208% untuk serai wangi, 0,370% untuk kayu putih, dan 0,575% untuk jeruk purut. Pengujian mutu dilakukan melalui bau, warna, bobot jenis, indeks bias, dan GC-MS, sehingga kinerja alat tidak hanya diukur dari jumlah minyak, tetapi juga dari kesesuaian kualitas produk.

Hasil berbeda ditemukan pada pengujian alat distilasi minyak sereh kapasitas 10 kg oleh Lazuardi, Yudisworo, dan Putrawan (2024). Pada tiga kali percobaan, rendemen yang diperoleh sebesar 0,03%, 0,04%, dan 0,15%, dengan rata-rata 0,07%. Rendemen yang relatif rendah menunjukkan bahwa kapasitas alat, metode pemanasan, kondisi bahan, proses pencacahan, waktu distilasi, dan efektivitas kondensor sangat memengaruhi hasil akhir. Perbedaan hasil antarpenelitian menunjukkan bahwa mesin distilasi perlu diuji dalam beberapa kondisi operasi agar parameter optimal dapat ditentukan secara lebih akurat.

Pada distilasi bioetanol dari nira aren, Tanaiyo *et al*. (2022) memperoleh 200 mL bioetanol berkadar alkohol 55% dari 5000 mL bahan dasar setelah proses fermentasi selama tiga hari dan distilasi pada suhu 78-80°C. Hasil tersebut menunjukkan bahwa alat dapat bekerja, tetapi proses distilasi belum sempurna untuk menghasilkan kadar alkohol yang lebih tinggi. Pada konteks industri pangan dan agroindustri, temuan ini penting karena menunjukkan bahwa perlunya kontrol suhu, perbaikan desain kondensor, dan kemungkinan penggunaan kolom fraksinasi atau refluks jika targetnya adalah kemurnian yang lebih tinggi.

Efisiensi Energi dan Inovasi Sistem Terintegrasi

Efisiensi mesin distilasi dipengaruhi oleh penggunaan energi panas, kehilangan panas ke lingkungan, penggunaan air pendingin, dan lamanya proses. Sistem konvensional sering mengalami pemborosan energi karena pemanasan tidak terkontrol, kondensor kurang efektif, dan proses berlangsung lebih lama dari kebutuhan sebenarnya. Oleh karena itu, inovasi pada mesin distilasi mulai diarahkan pada integrasi proses dan pemantauan parameter operasi.

Hawa *et al*. (2025) mengembangkan DryStilla, yaitu sistem distilasi uap dan pengering terintegrasi berbasis kendali elektronik untuk pengolahan kapulaga. Alat ini mampu mempersingkat waktu pengeringan dari 2-3 hari menjadi 6-8 jam, meningkatkan rendemen minyak atsiri lebih dari 50%, dan menurunkan kehilangan senyawa volatil. Selain itu, DryStilla mencapai *Technology Readiness Level* (TRL) 7-8, yang menunjukkan bahwa alat telah diuji secara stabil pada lingkungan operasional nyata. Integrasi pengeringan dan distilasi menjadi penting karena kedua proses menggunakan

energi panas, sehingga pemanfaatan panas dapat dibuat lebih efisien.

Pipatpaiboon *et al*. (2025) memperkenalkan *recurrent water and steam distillation* pada *prototipe* mesin distilasi minyak atsiri 500 L. Metode tersebut mampu meningkatkan jumlah minyak atsiri jeruk nipis sebesar 53,69% dibandingkan dengan *water and steam distillation* biasa. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa konfigurasi grid bahan baku memengaruhi distribusi suhu, jumlah minyak yang dihasilkan, dan efisiensi eksergi. Temuan ini menegaskan bahwa efisiensi tidak hanya berkaitan dengan sumber panas dan kondensor, tetapi juga dengan cara bahan disusun di dalam ketel.

Inovasi berbasis *Industry* 4.0 juga menjadi arah penting dalam pengembangan mesin distilasi. Machado *et al*. (2024) menerapkan sensor suhu, sistem pengendalian channeling, air kondensasi terkontrol, chiller, *Programmable Logic Controller* (PLC), *Supervisory Control and Data Acquisitio*n (SCADA), dan pengolahan citra (image processing) untuk menentukan titik akhir ekstraksi. Pada 19 percobaan distilasi minyak atsiri serai, sistem tersebut meningkatkan rendemen sebesar 24%, meningkatkan kualitas sebesar 10%, dan menurunkan waktu proses lebih dari 50%. Hasil ini memperlihatkan bahwa pengukuran dan kendali otomatis dapat membantu mengurangi keputusan yang hanya berdasarkan perkiraan operator.

Berdasarkan hasil kajian literatur, beberapa penelitian menunjukkan bahwa kinerja mesin distilasi dipengaruhi oleh desain kondensor, sistem pendingin, pengaturan proses, dan teknologi kendali yang digunakan. Ringkasan temuan utama dari beberapa literatur yang digunakan dalam artikel ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sintesis Temuan Utama Literatur

Fokus Kajian	Teknologi/Komponen	Temuan Utama	Implikasi
Kondensor helikal minyak sereh	Pipa helikal koil vertikal	Efektivitas maksimum 69,99% pada 3,66 LPM; waktu distilasi 120 menit (Titahelu *et al*., 2023).	Debit pendingin dan bentuk pipa menentukan kecepatan kondensasi
Kondensor minyak cengkeh 200 kg	Kondensor pipa heliks	Reynolds 73.308, LMTD 127,61 K, U 179,53 W/m2.K (Mardiansyah *et al*., 2025).	Perhitungan termal dibutuhkan untuk desain kondensor yang layak
Distilasi minyak atsiri laboratorium pangan	Sistem pendingin kontinyu	Rendemen serai 0,208%, kayu putih 0,370%, jeruk purut 0,575% (Ikhwanudin *et al*., 2025).	Evaluasi alat perlu mencakup rendemen dan kualitas minyak
DryStilla kapulaga	Distilasi uap dan pengering terintegrasi	Waktu pengeringan turun menjadi 6-8 jam; rendemen meningkat >50% (Hawa *et al*., 2025).	Integrasi proses dapat meningkatkan efisiensi energi dan nilai tambah
Ekstraksi cerdas minyak atsiri	Sensor, PLC, SCADA, *image processing*	Rendemen meningkat 24%, kualitas 10%, dan waktu proses turun >50% (Machado *et al*., 2024).	Otomatisasi membantu stabilitas proses dan keberlanjutan

Tabel 1 menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi mesin distilasi tidak hanya ditentukan oleh kapasitas alat, tetapi juga oleh efektivitas kondensor, kestabilan suhu, sistem pendingin, dan penggunaan teknologi kendali. Oleh karena itu, pengembangan mesin distilasi industri pangan perlu diarahkan pada desain yang lebih hemat energi, mudah dikendalikan, dan sesuai untuk skala kecil hingga menengah.

Arah Pengembangan Mesin Distilasi Industri Pangan

Berdasarkan sintesis literatur, arah pengembangan mesin distilasi dalam industri pangan perlu menekankan lima aspek utama. Pertama, desain kondensor harus disesuaikan dengan kapasitas bahan, debit uap, debit air pendingin, dan kebutuhan perpindahan panas. Kondensor spiral atau helikal dapat menjadi pilihan karena lebih kompak dan memiliki performa perpindahan panas yang baik. Kedua, material alat sebaiknya menggunakan bahan yang tahan korosi, mudah dibersihkan, dan aman untuk kontak dengan produk pangan, seperti *stainless steel*. Ketiga, sistem pemanas perlu dilengkapi pengendali suhu dan tekanan agar proses berlangsung stabil serta tidak merusak senyawa volatil. Keempat, sistem pendingin perlu dirancang sebagai sistem sirkulasi yang mampu mempertahankan suhu air pendingin. Air pendingin yang terlalu panas akan menurunkan kemampuan kondensasi dan dapat menyebabkan kehilangan senyawa volatil. Kelima, mesin distilasi modern perlu mulai mengadopsi sensor, pencatatan data, dan kendali otomatis sederhana. Teknologi ini tidak harus selalu mahal, tetapi dapat dimulai dari termometer digital, pengukur debit, pengendali suhu, dan indikator titik akhir proses. Dengan cara tersebut, mesin distilasi dapat lebih mudah dioperasikan oleh pelaku industri kecil dan menengah, tetapi tetap menghasilkan produk yang stabil.

Secara umum, mesin distilasi yang cocok untuk industri pangan adalah mesin yang mampu menjaga keseimbangan antara produktivitas, mutu, efisiensi, dan kemudahan penggunaan. Mesin yang terlalu sederhana dapat menyebabkan rendemen rendah dan kualitas tidak konsisten, sedangkan mesin yang terlalu kompleks dapat sulit diadopsi oleh pelaku usaha kecil. Oleh karena itu, desain yang tepat guna, mudah dirawat, hemat energi, dan berbasis kebutuhan bahan lokal menjadi pendekatan paling realistis untuk pengembangan mesin distilasi pangan di Indonesia.

KESIMPULAN

Peralatan dan mesin distilasi dalam industri pangan memiliki peran penting dalam pemisahan senyawa volatil, produksi minyak atsiri, pemurnian etanol, dan peningkatan nilai tambah bahan hasil pertanian. Hasil kajian menunjukkan bahwa teknologi distilasi yang banyak digunakan meliputi distilasi air, distilasi air dan uap, distilasi uap langsung, distilasi kolom dengan refluks, dan sistem distilasi terintegrasi. Komponen utama yang menentukan keberhasilan proses adalah ketel atau evaporator, sistem pemanas, kondensor, bak air pendingin, separator, material alat, dan sistem kendali operasi.

Kinerja mesin distilasi sangat dipengaruhi oleh efektivitas kondensor, laju alir air pendingin, suhu operasi, waktu proses, susunan bahan, dan stabilitas pemanasan. Kondensor helikal dan spiral terbukti mampu meningkatkan perpindahan panas dan memperpendek waktu distilasi. Sementara itu, sistem terintegrasi seperti DryStilla dan *recurrent water and steam distillation* mampu meningkatkan rendemen dan efisiensi proses. Penerapan sensor, pengendalian *channeling*, pengaturan suhu air kondensasi, dan penentuan titik akhir proses secara otomatis menjadi arah pengembangan penting untuk meningkatkan produktivitas, kualitas produk, dan keberlanjutan. Dengan demikian, mesin distilasi industri pangan perlu dirancang secara tepat guna, higienis, hemat energi, mudah dioperasikan, dan sesuai dengan kebutuhan industri kecil hingga menengah.

DAFTAR PUSTAKA

Anwar, Z., Hasanuddin, S., & Dipa, D. M. (2023). Perancangan Kondensor pada Mesin Distilasi Minyak Serai Wangi

Kapasitas 5 kg. Jurnal Teknik Mesin dan Industri (JuTMI), 2(1), 48-52.

Fitriah, F., & Sari, D. A. (2023). Optimization of Distillation Column Reflux Ratio for Distillate Purity and Process Energy Requirements. International Journal of Basic and Applied Science, 12(2), 72-81.

Hawa, S. D., Prasetyono, R. N., Syauqi, A., & Prayogi, S. (2025). Uji Technology Readiness Level Sistem Distilasi Uap dan Pengering (DryStilla) Terintegrasi Berbasis Kendali Elektronik. Journal of Electronic and Electrical Power Application, 334-340.

Ikhwanudin, A. H., Widadi, N., Guntoro, Abidin, A. Z., & Oktanuriawan, J. (2025). Rancang Bangun Mesin Distilasi Minyak Atsiri dengan Sistem Pendingin Kontinu sebagai Sarana Praktikum dan Produksi Essential Oil di Laboratorium Rekayasa Pangan. Jurnal Pengembangan Potensi Laboratorium, 4(1), 28-40.

Lazuardi, D., Yudisworo, W. D., & Ifan. (2024). Pemilihan Komponen dan Pembuatan Alat Distilasi Minyak Serai dengan Kapasitas 10 kg. Teknik Mesin, Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon, 134-140.

Lazuardi, D., Yudisworo, W. D., & Putrawan, P. (2024). Analisis Hasil Pengujian Alat Distilasi Minyak Serai dengan Kapasitas 10 kg. Teknik Mesin, Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon, 149-154.

Machado, C. A. T., Hodel, K. V. S., Lepikson, H. A., & Machado, B. A. S. (2024). Distillation of Essential Oils: An Innovative Technological Approach Focused on Productivity, Quality and Sustainability. PLOS ONE, 19(2), 1-20.

Mardiansyah, Z., Supraytno, A., Subekhi, T. U. A., & Abdulah, A. (2025). Analisis Kinerja Kondensor Distilasi Minyak Atsiri dengan Bahan Baku Daun Cengkeh Kapasitas 200 kg. Jurnal Teknologika, 15(2), 942-949.

Pipatpaiboon, N., Parametthanuwat, T., Bhuwakietkumjohn, N., Ding, Y., Li, Y., & Sichamnan, S. (2025). Improving the Efficiency of Essential Oil Distillation via Recurrent Water and Steam Distillation: Application of a 500-L Prototype Distillation Machine and Different Raw Material Packing Grids. AgriEngineering, 7, 175.

Porawati, H., & Kurniawan, A. (2019). Rancang Bangun Alat Penyuling Minyak Atsiri Tumbuhan Nilam Metode Distilasi Air dan Uap. Jurnal Inovator, 2(1), 20-23.

Sriwijayasih, I., Sumardiono, & Auliya, P. K. (2024). Performance Review of Distillation Equipment Using an Evaporator. Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material, 8(2), 175-181.

Tanaiyo, D., Antu, E. S., & Akuba, S. (2022). Rancang Bangun Alat Distilasi Bioetanol Berbahan Dasar Nira Aren. Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo, 7(1), 22-27.

Titahelu, N., Pelupessy, D. S., Tupamahu, C. S. E., & Rumagutawan, A. F. (2023). Meningkatkan Efektivitas Kondensor Vertikal Pipa Helikal Koil untuk Distilasi Minyak Atsiri Serai. Jurnal Rekayasa Mesin, 14(1), 235-249.