

Sistem Monitoring dan Pengontrolan Pemanas Air Asupan untuk Boiler Destilasi

Syamsul¹, Hanafi¹, Suherman¹, Akhyar¹

¹ *Jurusan Teknologi Informasi dan Komputer Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA*

¹syamsul@pnl.ac.id

Abstrak—Fokus penelitian ini adalah pada boiler destilasi minyak atsiri, di mana boiler ini adalah sebagai penghasil uap. Pada boiler yang menggunakan bahan bakar gas, biaya produksi menjadi mahal, disebabkan harga gas yang terus meningkat. Solusi alternatif adalah memanfaatkan kedua sumber energi yaitu pemanasan air pada boiler menggunakan gas dan pemanasan air asupan pada boiler menggunakan elemen pemanas listrik. Pada penelitian ini, asupan air pada boiler menggunakan air yang sudah mendidih. Pemanasan air pada ketel air menggunakan listrik dari tenaga surya. Pada penelitian ini, boiler destilasi dan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) sudah ada. Boiler destilasi dengan kapasitas pemanasan 0.3 m³ atau 300 Liter air. PLTS yang tersedia menghasilkan daya 1800 Wjam. Permasalahan pada penelitian ini adalah kapasitas uap pada boiler destilasi minyak atsiri dipengaruhi volume air pada boiler, seiring proses destilasi berjalan volume air terus berkurang dan diperlukan air asupan yang dialirkan dari luar boiler melalui saluran inlet. Oleh karena itu dibutuhkan inovasi teknologi dan metode untuk mengalirkan alir air asupan yang paling tepat dengan memanfaatkan sumber energi alternatif dan pemanfaatan teknologi IoT (Internet of Things). Urgensi penelitian yaitu diperlukan inovasi berupa alternatif sumber energi menggabungkan (hybrid) sumber energi dan pengontrolan dan pemanfaatan Internet of Things pada boiler destilasi minyak atsiri. Metode penelitian menesain dan implementasi Sistem kontrol PID (Proportional-Integral-Derivative) pada ketel air Asupan, menggunakan Hybrid System yaitu sumber listrik dari PLTS dan PLN. Hasil pengujian sistem sumber energi listrik PLTS menghasilkan daya sebesar 1800 Wjam dan dapat mencatu energi listrik pada sistem air asupan boiler selama 4 jam. Kebutuhan daya listrik adalah untuk mengaktifkan pompa bosoter dan mengaktifkan heater pemanas air asupan. terbagi atas 4 tahapan yaitu perancangan sistem, realisasi dan perakitan sistem, pengujian sistem, pabrikasi dan implementasi sistem.

Kata kunci— boiler, PID, air asupan PLTS, Hybrid.

Abstract—The focus of this research is on an essential oil distillation boiler, where the boiler is used as a steam generator. In boilers that use gas as fuel, production costs are expensive due to the ever-increasing price of gas. An alternative solution is to utilize both energy sources: water heating in the boiler using gas and water heating in the boiler using electric heating elements. In this study, water intake in the boiler uses boiling water. Water heating in the water boiler uses electricity from solar power. In this study, a distillation boiler and a solar power plant (PLTS) already exist. The distillation boiler has a heating capacity of 0.3 m³ or 300 liters of water. The available PLTS produces 1800 W/h of power. The problem in this study is that the steam capacity in the essential oil distillation boiler is affected by the volume of water in the boiler. As the distillation process progresses, the water volume continues to decrease and the need for intake water is required to be flowed from outside the boiler through the inlet channel. Therefore, technological innovation and methods are needed to flow the most appropriate intake water flow by utilizing alternative energy sources and the use of IoT (Internet of Things) technology. The urgency of research is that innovation is needed in the form of alternative energy sources combining (hybrid) energy sources and controlling and utilizing the Internet of Things in essential oil distillation boilers. The research method designs and implements a PID (Proportional-Integral-Derivative) control system on an intake water boiler, using a Hybrid System, namely electricity sources from PLTS and PLN. The results of the PLTS electrical energy source system test produce a power of 1800 W hours and can supply electrical energy to the boiler intake water system for 4 hours. The electrical power requirement is to activate the booster pump and activate the intake water heater. divided into 4 stages, namely system design, system realization and assembly, system testing, system fabrication and implementation.

Keywords— boiler, PID, PLTS intake water, Hybrid.

I. PENDAHULUAN

Fokus penelitian ini adalah pada boiler destilasi minyak atsiri, di mana boiler ini adalah sebagai penghasil uap. Sebagai alat utama dalam proses destilasi, boiler penghasil uap perlu dipanaskan secara terus menerus [1],[3],[4]. Proses pemanasan air pada boiler memerlukan bahan bakar seperti gas, listrik, bahan bakar minyak atau kayu bakar. Pada boiler yang menggunakan bahan bakar gas, biaya produksi menjadi mahal, disebabkan harga gas yang terus meningkat. Pada boiler yang menggunakan listrik sebagai sumber energi pemanasan air biaya pembuatan boiler sangat mahal dan kapasitas air pada boiler tidak besar dan biaya listrik yang mahal. Solusi alternatif adalah memanfaatkan kedua sumber energi yaitu pemanasan air pada boiler menggunakan gas dan pemanasan air asupan pada boiler menggunakan elemen pemanas listrik [5],[18]. Pada penelitian ini, asupan air pada boiler menggunakan air yang sudah mendidih. Pemanasan air pada water ketle menggunakan listrik dari tenaga surya [8],[11]. Pada penelitian ini, boiler destilasi dan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) sudah ada. Boiler destilasi dengan kapasitas pemanasan

0.3 m³ atau 300 Liter air. PLTS yang tersedia menghasilkan daya 1800 Wjam.

Permasalahan pada penelitian ini adalah:

- Bagaimana mendesain boiler destilasi yang ada agar dapat menghasilkan uap dengan pemanasan yang tidak lama dan air pada boiler destilasi tetap tersedia, sehingga bahan bakar menjadi efisien.
- Bagaimana mendesain dan mengimplementasikan sistem pengontrolan pada boiler destilasi dan water ketle agar menghasilkan uap yang optimal. kedua sistem sumber energi gas dan listrik sehingga uap yang dihasilkan optimal.
- Bagaimana membuat prosedur pemantauan dan pengontrolan pada destilasi ini menjadi real time dan mudah dilakukan.

Urgensi penelitian yaitu diperlukan inovasi berupa alternatif sumber energi, menggabungkan (hybrid) sumber energi dan pengontrolan dan pemanfaatan Internet of Things pada boiler destilasi minyak atsiri [2],[7],[10].

Tujuan khusus penelitian adalah merancang dan mengimplentasikan hybrid sumber energi pada boiler destilasi bahan bakar gas dan ketel air energi listrik solar sel (PLTS) agar menghasilkan uap yang optimal, dengan menerapkan teknologi

pengontrolan PID dan teknologi IoT (Internet of Things) [9],[12],13[14]. Dengan penerapan sistem ini, akan diperoleh efisiensi energi pada boiler destilasi sehingga biaya produksi menjadi berkurang. Selain itu prosedur pengoperasian menjadi lebih cepat dan mudah dengan menggunakan smart phone/hand phone [15],[16],[17].

II. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan penelitian terbagi atas 4 tahapan yaitu perancangan sistem, realisasi (perakitan) sistem, pengujian sistem, pabrikan dan implementasi sistem.

- a. Perancangan Sistem; berdasarkan Gambar 1, Perancangan sistem dimulai dari mengumpulkan data pada sistem destilasi dan sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang ada. Pengumpulan data meliputi sistem pengontrolan yang telah diterapkan dan sumber energi yang digunakan. Berdasarkan hasil pengumpulan data sistem destilasi yang ada menggunakan pengontrolan PID untuk setting gas pada boiler destilasi. Di mana konsumsi gas didasarkan pada setting suhu dan tekanan pada boiler destilasi [6]. Asupan air pada boiler destilasi dilakukan secara manual dan air dingin yang disupply menggunakan pompa air. Sedangkan sumber energi listrik dari PLTS belum dimanfaatkan pada sistem destilasi yang ada. Daya listrik maksimum yang dihasilkan pada PLTS sebesar 1440 Wp (2x120 Wp x 6 jam). Dengan daya listrik ini, untuk pemanasan boiler destilasi kapasitas 300 Liter tidak akan bertahan lama. Dari hasil pengumpulan data ini, maka penelitian difokuskan pada desain dan implementasi sistem kontrol PID (proportional-integral-derivative) pada boiler destilasi dan ketel air asupan menggunakan hybrid system. Berdasarkan Gambar 1, Sistem control PID (proportional-integral-derivative) dirancang untuk mensetting air yang akan dialirkan pada boiler destilasi. Air asupan ini berasal dari ketel air yang dipanaskan oleh elemen pemanas listrik menggunakan sumber energi listrik PLTS. Pengontrolan pemanasan air pada ketel air asupan dilakukan dengan kontrol PID (proportional-integral-derivative). Sistem pengontrolan sistem pemanasan air pada ketel air dan aliran air asupan pada boiler destilasi berbasis esp32. Setting pengontrolan PID pada boiler destilasi didasarkan level air pada boiler destilasi. Dan Setting pemanasan air pada ketel air didasarkan pada suhu air. Sistem akan bekerja secara otomatis yaitu air asupan pada ketel akan dipanaskan oleh elemen pemanas listrik jika air tidak mendidih (Suhu < 100°C) dan air asupan yang panas dialirkan ke boiler destilasi jika level air berkurang. Untuk mempermudah pengoperasian sistem, dirancang sistem pemantauan dan pengontrolan air asupan ini menggunakan IoT (internet of things). Pemantauan pada sistem yaitu pemantauan level air pada boiler destilasi dan suhu pada ketel air. Pengontrolan sistem yaitu pengontrolan pompa air dan motor servo pada boiler destilasi serta elemen pemanas listrik pada ketel air. Pemantauan dan pengontrolan dapat dilakukan menggunakan blynk iot pada smart phone/hand phone.



Gambar 1 Desain dan Implementasi Sistem Kontrol PID (Proportional Integral Derivative) pada Boiler Destilasi dan Ketel Air Asupan Menggunakan Hybrid System

- b. Realisasi dan Perakitan Sistem; Tahapan ini adalah proses merakit rangkaian, dan menggabungkan sub sistem menjadi sistem, serta mengupload program pada sistem. Pada penelitian tahapan realisasi dan perakitan adalah:
 - 1) Perakitan ketel air asupan kapasitas 30 Liter, dengan elemen pemanas listrik 500 W dan 750 W.
 - 2) Perakitan sistem kontrol PID berbasis Arduino dan Nodemcu ESP32 dengan sensor suhu thermocouple pada ketel air dan sensor aliran air pada pipa penghubung boiler destilasi dengan ketel air asupan
 - 3) Upload program pada sistem kontrol PID (proportional-integral-derivative).
 Indikator capaian tahapan realisasi dan perakitan adalah semua sub sistem yaitu sub sistem ketel air asupan, sistem kontrol PID, upload program pada Nodemcu ESP32 dan integrasi sistem
- c. Pengujian Sistem; Hasil realisasi dan perakitan kemudian dilakukan pengujian laboratorium. Pengujian meliputi pengujian rangkaian sistem dengan mensetting parameter-parameter yang sesungguhnya yaitu suhu pada ketel air dan level air pada boiler destilasi. Pengujian sistem IoT yaitu pemantauan dan pengontrolan dapat dilakukan pada smart phone/hand phone.
 - 1) Indikator capaian tahapan pengujian adalah sistem bekerja secara otomatis sesuai dengan setting level air dan suhu yang ditetapkan.
 - 2) Indikator capaian pengujian sistem IoT yaitu pemantauan dan pengontrolan parameter dapat dilakukan secara real time pada smart phone/hand phone.
- d. Pabrikan dan Implementasi Sistem.
 Pabrikan dan implementasi pada tahapan ini yaitu;
 - 1) Integrasi ketel air asupan kapasitas 30 Liter, dengan elemen pemanas listrik 500 W dan 750 W dengan sistem PLTS 1800 Wjam.
 - 2) Integrasi ketel air asupan dengan boiler destilasi dan sistem kontrol PID (proportional-integral-derivative) pada ketel air asupan dengan sistem kontrol aliran gas pada boiler destilasi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pabrikasi

Hasil pabrikasi sistem monitoring dan pengontrolan air asupan boiler destilasi diperlihatkan pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2, sistem pemanas air asupan pada boiler destilasi menggunakan ketel air dari stainless steel dengan kapasitas 30 Liter, menggunakan pemanas listrik dengan elemen pemanas 500 W dan 750 W. Menggunakan sensor suhu termokopel dan pompa air boster 130 W. Kebutuhan energi listrik dipenuhi oleh sumber energi dari PLTS. Sistem kontrol menggunakan mikrokontroler Nodemcu esp8266/32 dengan metode PID. Pengontrolan berbasis PID akan memilih salah satu dari dua elemen pemanas pada suhu yang telah ditala (setting temperature). Aliran air panas didasarkan pada level air pada boiler destilasi. Setting level air menggunakan sensor level yang dapat mendeteksi level air pada kaca boiler destilasi. Berdasarkan Gambar 2, sistem kontrol pada boiler destilasi adalah mengontrol aliran gas, dengan cara mengontrol motor servo yang ditempatkan pada kepala tabung gas. Aliran gas pada kompor gas didasarkan suhu pada boiler destilasi. Sedangkan kapasitas air pada boiler destilasi akan berkurang seiring waktu, oleh karena itu diperlukan air asupan dari ketel air pemanas. Cara kerja motor servo didasarkan pada sistem pengontrolan PID.



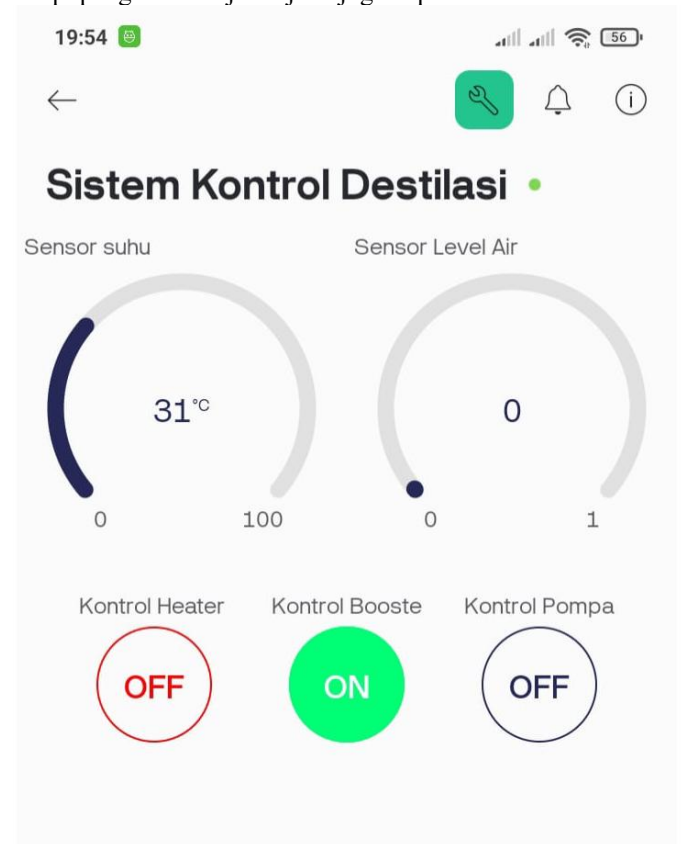
Gambar 2. Pabrikasi sistem monitoring dan pengontrolan air asupan boiler destilasi

Sistem PLTS seperti pada Gambar 3, menggunakan solar panel 2x120 Wp, menggunakan kontrol solar panel dan inverter 1000 W, Penyimpan energi menggunakan baterai 12 V, 150 Ah. Dengan waktu penyimpan sehari 7 jam optimal, diperoleh daya maksimal sebesar $7 \times 2 \times 120 \text{ Wp} = 1.680 \text{ Wp}$. Dan dengan penyimpanan 12 V, 150 Ah diperoleh daya listrik tersimpan sebesar $12 \times 150 = 1800 \text{ Wjam}$. Sumber energi PLTS ini untuk memenuhi kebutuhan energi ketel pemanas air.



Gambar 3. Sistem PLTS

Berdasarkan Gambar 4, sistem pemantauan suhu pada ketel pemanas dan boiler destilasi menggunakan blynk iot. Dengan pemantauan ini suhu secara real time akan terpantau. Pengontrolan on dan off elemen pemanas dan aliran gas menggunakan motor servo juga dapat dilakukan menggunakan blynk iot. Walaupun secara otomatis pengontrolan dapat berjalan, tetapi pengontrolan jarak jauh juga dapat dilakukan.



Gambar 4 Sistem IoT pada ketel air asupan

B. Hasil Pengujian

Hasil Pengujian Sistem Kontrol Air Asupan Pada Ketel Pemanas Air. Hasil pengujian sistem kontrol air asupan pada ketel pemanas air diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengujian sistem kontrol air asupan pada ketel pemanas air

Jam	Suhu pada ketel pemanas air °C	Elemen Pemanas 750 W	Elemen Pemanas 500 W	Keterangan
1	0	ON	OFF	Sumber Energi PLTS
2	25	ON	OFF	Sumber Energi PLTS
3	50	ON	OFF	Sumber Energi PLTS
4	75	ON	OFF	Sumber Energi PLTS
5	100	OFF	ON	Sumber Energi PLN

Hasil pengujian PLTS pada ketel pemanas air. PLTS yang digunakan memiliki daya sebesar 12 V x150 Ah atau 1800 Wjam (1,8 kWh). Dengan Efisiensi 70 % maka daya tersedia pada baterai adalah 1.260 W jam. Penggunaan energi listrik untuk memanaskan air dengan kapasitas air pada ketel sebesar 30 Liter samapi mencapai suhu 100 °C adalah $750/2$ (waktu untuk menaskan air 30 Liter adalah 30 menit) = 375 Wjam. Sisa

daya listrik pada baterai adalah $1.260 \text{ Wjam} - 375 \text{ Wjam} = 885 \text{ Wjam}$. Daya ini digunakan untuk mempertahankan suhu pada ketel penyulingan saat destilasi minyak atsiri. Untuk penghematan daya maka elemen pemanas yang aktif (ON) menggunakan daya 500 W dan pengontrolan menggunakan metode PID. Berdasarkan pengujian sumber energi listrik ini dapat mencatu daya listrik pada sistem air asupan selama 4 jam.

Pengujian IoT (Internet of Things) pada pengontrolan ketel pemanas air asupan diperlihatkan pada Gambar 5 dan Gambar 5.



Gambar 5 Pengujian Sistem IoT pada ketel air asupan menggunakan blynk iot

Berdasarkan Gambar 5 Pemantauan adalah memantau suhu pada ketel air panas dan level air pada boiler destilasi serta mengontrol heater dan pompa air booster untuk mengalirkan air panas pada boiler destilasi dan pompa air dingin pada ketel air asupan. Sistem dapat bekerja secara otomatis dan manual.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah Sumber energi listrik dari PLTS dengan kapasitas daya 1800 Wjam dan efisiensi 70% pada ketel pemanas dengan pengontrolan PID dapat diaplikasikan pada destilasi minyak atsiri, selama 4 jam proses pengoperasian. Daya listrik yang dihasilkan dapat mengaktifkan heater dengan daya 500W dan 750 W secara bergantian, pompa booster untuk mengalirkan air panas ke boiler destilasi, mengaktifkan pompa air pada ketel air asupan. Sistem pengontrolan PID pada boiler destilasi dapat diterapkan untuk mengefisensikan penggunaan gas LPG dengan pengontrolan motor servo. Peningkatan efisiensi diperoleh dari

peningkatan kapasitas air panas yang diperoleh dari air asupan. Penerapan IoT untuk pemantauan dan pengontrolan pada ketel pemanas dan boiler destilasi dapat meningkatkan kinerja sistem destilasi minyak atsiri. Kapasitas uap air pada boiler destilasi tetap optimal selama penyulingan dengan pemberian air asupan yang sudah dididihkan.

REFERENSI

- [1] Achbi, M. S., Mkhadmi, R., Boumada, A., & Zerougat, A. *Automation, Supervision and Simulation of an industrial Process using Tia Portal and Factory I/O* (Doctoral dissertation, University Kasdi Merbah Ouargla).
- [2] Ahmed, S. F., Khalid, M., Vaka, M., Walvekar, R., Numan, A., Rasheed, A. K., & Mubarak, N. M. (2021). Recent progress in solar water heaters and solar collectors: A comprehensive review. *Thermal Science and Engineering Progress*, 25, 100981.
- [3] Audiana, V. U. (2020). Rancang Bangun Kontrol Suhu Pada Tungku Pemanas Mesin Destilasi Minyak Atsiri Daun Nilam Menggunakan PLS S7-1200 Dan HMI. *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, 7(1).
- [4] Azis, I. S., Larosa, E., Achmad, A. M. F., Yudha, S. P., & Latief, R. R. (2024). Sistem Pemanas Air Pemanfaatan Tenaga Matahari Menggunakan Metode CFD. *MUSTEK ANIM HA*, 13(01), 1-5.
- [5] Fitriadi, N., Saputra, E., & Othman, S. (2021, February). Distillation equipment design of nutmeg oil using hybrid system. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1062, No. 1, p. 012057). IOP Publishing.
- [6] Handaja, S., Pradana, R., & Praptiwi, C. D. (2023). Sistem Pengendalian Temperature Kondensor pada Prototype Pengolahan Minyak Atsiri. *Journal of Instrumentation and Hardware*, 1(1), 35-42.
- [7] Lukose, R., Kalbande, S. R., & John, J. (2023). Utilisation of solar energy for essential oil extraction: an overview. *International Journal of Ambient Energy*, 44(1), 1151-1165.
- [8] Mardiyanto, A. (2019, June). Monitoring System for Organic Fertilizer Plant Controller Using Solar Energy. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 536, No. 1, p. 012050). IOP Publishing.
- [9] Mohammad, N. N., Zulkifli, M. S. A., Rahiman, M. H. F., & Hambali, N. Reformulated Tangent Method Application in PID Tuning for Controllability of Agarwood Hydro Distillation Pot.
- [10] Mutia, U., Rihayat, T., & Syafruddin, S. (2024). Perancangan dan Aplikasi Distilasi Minyak Serai Wangi Menggunakan Photovoltaic dengan System Tenaga Hybrid. *Jurnal Teknologi*, 24(2), 141-149.
- [11] Nadjib, M., & Yudha, F. A. K. (2022). Kinerja Termal Pemanas Air Tenaga Surya Sistem Aktif Berbahan Penyimpan Energi Air Dan Paraffin Wax Dengan Variasi Heat Flux. *Journal of Syntax Literate*, 7(6).
- [12] Syamsul, S., Syahputra, R., Suherman, S., & Zamzami, Z. (2018). Control System Based on Fuzzy Logic in Nutmeg Oil Distillation Process. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 16(5), 2254-2262.
- [13] Syamsul S, Mardiyanto, A., & Amir, D. (2019, June). Application of Automatic Control System on Steam Boiler to Reduce Electric Power Consumption. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 536, No. 1, p. 012049). IOP Publishing.
- [14] S. Syamsul, S. Suherman and S. Y. Widiyanti, "IoT-Based Monitoring and Control on Essential Oil Distillation Systems," 2022 3rd International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICon EEI), Pekanbaru, Indonesia, 2022, pp. 132-136, doi: 10.1109/IConEEI5709.2022.9972278.
- [15] Syamsul, S., Mardiyanto, A., Denti, A., Zaini, H., Suherman, S., & Hanafi, H. (2023). Microcontroller based multi-function control system for essential oil refining. *Technium*, 11.
- [16] Syamsul dan Suherman (2023), *Destilasi Minyak Atsiri Menggunakan Sistem Pengontrolan Multi Fungsi*, IDS000007100 B, Paten Indonesia, Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual.
- [17] Syamsul, Suherman, Sri Yeni Widiyanti (2024), *Sistem Pemantauan Dan Pengontrolan Real Time Menggunakan IoT (Internet of Things) Pada Alat Destilasi Minyak Atsiri*, IDS000007940 B, Paten Indonesia, Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual.
- [18] Tiwari, R. K., Mittal, T. C., Singh, S., Sharma, S. R., & Rani, S. (2022). Design and development of solar hybrid distillation system for essential oil extraction from turmeric. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(11), e17066.