

DISTILASI MINYAK GAHARU UNTUK BAHAN BAKU MINYAK WANGI DENGAN MEMANFAATKAN SUMBER ENERGI MATAHARI (PHOTOVOLTAIC)

Nelly Safitri^{1*}, Suprihardi*, Ridwan*, Teuku Rihayat¹, Nurhanifa Aidy, Een Setiawati

¹Department of Electrical Engineering, Lhokseumawe State Polytechnic, 24301 Lhokseumawe, North Aceh

²Department of Chemical Engineering, Lhokseumawe State Polytechnic, 24301 Lhokseumawe, North Aceh

³Department of Renewable Energy Engineering, Malikussaleh University, Aceh, Indonesia

* Email: safitrinelly567@gmail.com

ABSTRAK

Pemanfaatan sistem photovoltaic untuk mendapatkan energi listrik dengan menggunakan sistem photovoltaic. Sistem Photovoltaic merupakan suatu modul yang digunakan untuk menyerap panas yang terpapar oleh sinar matahari yang diubah menjadi energi listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah penggunaan modul (panel surya) dengan kapasitas 100 wp dapat menyerap panas yang dikonversikan menjadi energi listrik sebanyak 100 watt/jam yang nantinya diharapkan dapat menjadi pengganti listrik konvensional yang akan dimanfaatkan untuk proses penyulingan. Perlakuan yang dilakukan dengan memvariasi waktu penyulingan minyak gaharu divariasikan dalam 3 jam, 4,5 jam dan 6 jam dan waktu perendaman bahan baku juga divariasikan dalam 14 hari, 16 hari, 18 hari dan 20 hari. Pengujian minyak nilam hasil penyulingan menggunakan solarcell dengan memanfaatkan metode photovoltaic untuk analisa senyawa menggunakan kromatografi Gas-Spektrometri Massa (GC-MS) senyawa kimia yang teridentifikasi memiliki % luas terbesar adalah gualiol yaitu sebesar 52,75%, selinene sebesar 17,80% dan panasinsen yaitu sebesar 5,90%. Pelakuan perendaman selama 18 hari dengan waktu operasi selama 6 jam. Sedangkan pada pengujian kerapatan dari minyak gaharu diperoleh nilai tertinggi pada waktu destilat selama 3 jam dengan lama perendaman 16 hari yaitu sebesar 0,8894 kg/cm³. Waktu penyulingan berpengaruh terhadap berat jenis minyak, semakin lama proses penyulingan maka, semakin meningkat berat jenis yang diperoleh.

Kata kunci : *Penyulingan; Essensial oil; Photovoltaic;*

ABSTRACT

Utilization of photovoltaic systems to obtain electrical energy by using photovoltaic systems. Photovoltaic system is a module that is used to absorb heat that is exposed to sunlight which is converted into electrical energy. The purpose of this research is the use of modules (solar panels) with a capacity of 100 wp that can absorb heat which is converted into electrical energy of 100 watts/hour which is later expected to be a substitute for conventional electricity which will be used for the refining process. The treatment was carried out by varying the distillation time of agarwood oil in 3 hours, 4.5 hours and 6 hours and the immersion time of raw materials also varied in 14 days, 16 days, 18 days and 20 days. Testing of distilled patchouli oil using a solar cell using the photovoltaic method for compound analysis using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) chemical compounds identified as having the largest % area were gualiol which was 52.75%, selinene was 17.80% and panasinsen that is equal to 5.90%. Immersion for 18 days with an operating time of 6 hours. Meanwhile, in testing the density of agarwood oil, the highest value was obtained at the distillation time of 3 hours with a soaking time of 16 days, which was 0.8894 kg/cm³. The distillation time affects the specific gravity of the oil, the longer the distillation process, the higher the specific gravity obtained.

Keywords: *Distillation, Essensial Oil, Photovoltaic,*

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi Indonesia dari tahun ketahun mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk Indonesia. Rata-rata, peningkatan kebutuhan energy tiap tahunnya sebesar 36 juta barrel oil equivalent (BOE) dari tahun 2000 sampai 2014. Sementara cadangan energy tidak terbarukan, seperti minyak bumi, gas bumi, dan batu bara semakin menipis [1]. Terbatasnya ketersediaan sumber energi primer merupakan ancaman serius bagi kontinuitas pasokan energi di banyak negara berkembang. Banyak negara berkembang telah menghadapi krisis energi yang parah, khususnya di beberapa dekade terakhir yang berdampak buruk pada kehidupan penduduknya termasuk sektor komersial, industri dan pertanian. Oleh karena itu, adalah tepat untuk meningkatkan penggunaan sumber energi terbarukan di negara berkembang untuk mengatasi kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh produksi energi secara konvensional. Untungnya, saat ini banyak negara terutama di negara maju sudah mulai mengeksplorasi, mengembangkan dan implementasi penggunaan sumber energy terbarukan [2]. Dari sumber energi terbarukan ini, energi matahari tersedia secara melimpah di banyak negara, dan dapat digunakan untuk energi panas dan pembangkit listrik. Berdasarkan Rencana Strategis (Renstra) Kementerian ESDM Tahun 2015–2019, Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi konsumsi masyarakat terhadap BBM, dengan memanfaatkan bahan bakar alternatif yang bersifat terbarukan dan konservasi energi [3].

Meningkatnya populasi dan industrialisasi, ada kebutuhan untuk mengurangi beban bahan bakar fosil dan mengurangi pencemaran lingkungan. Tidak seperti pemanfaatan energy konvensional, energy matahari adalah sepenuhnya renewable energi, pasokan sumber yang tidak terbatas dan juga menghilangkan adanya pencemaran gas emisi. Investasi energy matahari di negara berkembang sangat penting untuk menghindari krisis energi yang timbul dari ketergantungan berlebihan pada bahan bakar fosil. Situasinya sangat penting karena bahan bakar fosil terbatas dan saat ini sangat cepat menipis [4-5].

Proses penyulingan minyak yang selama ini dilakukan banyak menggunakan sumber energi yang berasal dari bahan bakar minyak (BBM), bahan bakar gas (BBG), kayu bakar dan energi listrik PLN (Perusahaan Listrik Negara). Sumber energi yang sering digunakan tersebut merupakan sumber energi yang kurang ramah lingkungan dan ketersediaanya sewaktu-waktu dapat terganggu karna kebutuhannya dalam jumlah yang besar. Oleh karena itu, proses penyulingan minyak atsiri memanfaatkan sumber energi alternatif yang cukup seperti sumber energi surya yang dapat tersedia dalam jangka waktu yang panjang dikarenakan energi tersebut bersumber dari matahari. Maka, proses penyulingan yang sering digunakan sebagai sumber panas atau uap umumnya, menggunakan BBM, BBG dan PLN yang berfungsi untuk memanaskan campuran zat yang ingin dipisahkan berdasarkan perbedaan titik didihnya. Namun dalam penelitian ini peneliti ingin mengganti sumber energi panas atau uap dari pemanas listrik, dengan menyerap panas matahari sebagai sumber listrik menggunakan solar cell yang akan digunakan dalam proses penyulingan minyak atsiri ini, sebagai energi yang terbarukan ramah terhadap lingkungan tidak menimbulkan polusi dan tidak memerlukan biaya yang banyak untuk bisa menggunakan energi ini cukup pada saat pengadaan alatnya saja selebihnya hanya melakukan perawatan terhadap alat tersebut sebagai energi pengganti dari kayu bakar solar dan gas [6-7-8]

METODOLOGI

Pohon gaharu yang digunakan sebagai bahan baku minyak suling berasal dari batang pohon gaharu yang telah diinokulasi sekitar 6 bulan sampai 1 tahun. Penebangan pohon gaharu dilakukan setelah dilakukan pengecekan pada batang pohon dan dianggap telah mengandung aroma gaharu dengan cara uji manual. Selanjutnya seleksi gaharu berdasarkan kualitas batang pohon gaharu yang telah ditebang diseleksi terlebih dahulu, dilakukan penyerutan (carving) untuk mendapatkan mutu gaharu berdasarkan kelas mutu. Gaharu dengan mutu yang paling bagus dijual secara utuh, sementara mutu menengah

ke bawah digunakan sebagai bahan baku minyak suling. Bahan baku yang telah diseleksi terdiri dari tingkatan mutu yaitu dari kelas medang, sapuan atau ampas carving dan kelas sabak [9]. Sebelum disuling bahan tersebut terlebih dahulu dicacah dengan parang atau dipotong kecil-kecil kemudian dijemur selama 2 sampai 5 hari.

➤ *Proses Penyulingan*

Sebelum dijadikan bahan baku parfum, gaharu harus diolah terlebih dahulu untuk mendapatkan minyak dan senyawa aromatik yang terkandung di dalamnya. Kayu gaharu dengan kualitas menengah yang digunakan untuk proses penyulingan menggunakan teknik distilasi uap atau air dari kayu tersebut. Untuk proses mendapatkan minyak gaharu dengan distilasi air, kayu gaharu direndam dalam air kemudian dipindahkan kedalam suatu tempat untuk menguapkan air hingga minyak yang terkandung keluar ke permukaan wadah dan senyawa aromatik yang menguap dapat dikumpulkan secara terpisah. Sedangkan pada teknik distilasi uap menggunakan potongan gaharu yang dimasukkan ke dalam peralatan distilasi uap. Tenaga uap yang menyebabkan sel tanaman dapat terbuka dan minyak dan senyawa aromatic untuk parfum dapat keluar. Uap air akan membawa senyawa aromatic tersebut kemudian melalui tempat pendinginan yang membuatnya terkondensasi kembali menjadi cairan. Cairan yang berisi campuran air dan minyak akan dipisahkan hingga terbentuk lapisan minyak di bagian atas dan air di bawah [10-11]. Panas yang digunakan dalam metode distilasi untuk penyulingan minyak gaharu ini menggunakan energi yang disimpan dalam sistem photovoltaic.

Penelitian ini difokuskan pada produksi minyak gaharu dengan memanfaatkan sinar matahari menggunakan energi keluaran sel surya (photovoltaic) terdiri dari elemen listrik (pemanas) yang memiliki daya serap energi 2.000 watt/jam dan pompa memiliki daya serap energi 125watt/jam. Waktu penyulingan minyak gaharu divariasikan dalam 3 jam, 4,5 jam dan 6 jam. Perendaman bahan baku juga

divariasikan dalam 14 hari, 16 hari, 18 hari dan 20 hari

Karakterisasi pengujian yang dipakai untuk penyulingan minyak gaharu untuk proses distilasi ini yaitu analisa index bias dan kadar air produk.

a. Analisa Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (GC-MS)

GC-MS dikaitkan dengan spektrometer massa (Agilent 5975C) menggunakan kolom kapiler DB-1MS (lapisan tebal 30 x 0,25 mm D 0,25 m). Suhu injektor dan detektor diatur pada 250°C, suhu oven diprogram pada 60°C selama 3 menit, dinaikan pada 3°C/menit menjadi 240°C dan kemudian di tahan selama 10 menit. Helium sebagai pembawa gas diatur pada laju alir 1,2 mL/menit. Volume sampel yang disuntikan adalah 1,0 L. Perlakuan dilakukan dengan memvariasi waktu perendaman selama 14 hari, 16 hari, 18 hari dan 20 hari dan waktu operasi dalam 3 jam, 4,5 jam dan 6 jam.

b. Analisa Densitas

Untuk menghitung densitas mula-mula timbang piknometer kosong, lalu isi piknometer kosong dengan 10 gram minyak gaharu selanjutnya kurangi massa piknometer yang telah diisi rendamen dengan piknometer kosong, kemudian diperoleh massa jenisnya. Hasil kedua nilai tersebut merupakan nilai kerapatan gaharu. Perlakuan dilakukan dengan memvariasi waktu perendaman selama 14 hari, 16 hari, 18 hari dan 20 hari dan waktu operasi dalam 3 jam, 3,5 jam dan 6 jam.

RESULT AND DISCUSSION

Proses penyulingan minyak gaharu dilakukan antara pukul 10.00 sampai dengan pukul 16.00 sore, dikarekan matahari pada saat itu bersinar secara maksimal. Penelitian ini difokuskan pada produksi minyak gaharu dengan memanfaatkan sinar matahari menggunakan energi surya (photovoltaic) terdiri dari element listrik (pemanas) yang memiliki daya serap energi 2.000 watt/jam dan pompa yang memiliki daya serap energi listrik sebanyak 125 watt/jam dengan variasi waktu

dalam 3 jam, 4,5 jam dan 6 jam. Maka, energi yang dibutuhkan untuk sistem ini pada energi maksimum yaitu 6 jam, dengan demikian untuk element listrik (pemanas) energi yang dibutuhkan sebesar $2.000 \text{ watt} \times 6 \text{ jam} = 12.000 \text{ watt/jam}$. Sedangkan pada pompa energi yang dibutuhkan sebesar $125 \text{ watt} \times 6 \text{ jam} = 750 \text{ watt/jam}$. Jadi total kebutuhan energi yang dibutuhkan untuk proses penyulingan minyak gaharu sebagai bahan baku minyak wangi yaitu sebesar $12.000 \text{ watt/jam} + 750 \text{ watt/jam} = 12.750 \text{ watt/jam}$. Penyimpanan daya dengan menggunakan baterai dengan kapasitas $12 \text{ V} / 100 \text{ Ah}$ untuk menyalurkan energi sebanyak 12.750 watt/jam jadi, jumlah baterai yang dibutuhkan untuk menyimpan arus listrik adalah $12.750 : (12 \times 100) = 10,6$ (11) unit baterai yang dibutuhkan. Untuk pemakaian solar cell disini kita menggunakan solar cell dengan kapasitas 100 Wp . Dengan pertimbangan energi yang dibutuhkan sebanyak 12.750 watt . Dengan demikian energi yang dibutuhkan untuk menetapkan pada pemakaian maksimum yaitu 12.750 watt . Maka dengan daya 12.750 watt dengan waktu penyinaran selama 7 jam/hari dengan kapasitas solar cell 100 Wp maka banyaknya solar cell yang dibutuhkan yaitu $12.750 : (6 \times 100) = 21,25$ (22) unit solar cell yang dibutuhkan, dengan pertimbangan saving energi 2 kali lipat dari energi listrik yang dibutuhkan.

Pada penelitian ini akan dipaparkan hasil pengujian yang telah dilakukan. Berikut merupakan hasil pengamatan Analisa Indeks Bias dan densitas yang diperoleh.

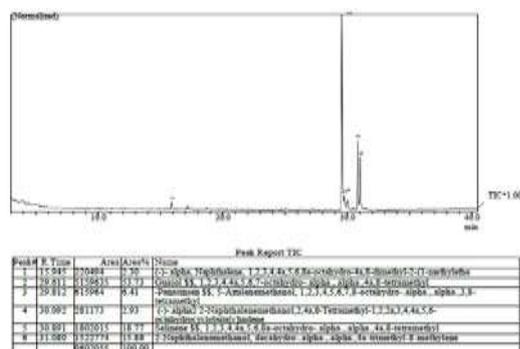
a. Analisa Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (GC-MS)

Kromatografi gas merupakan salah satu teknik kromatografi yang menggunakan prinsip pemisahan campuran berdasarkan perbedaan kecepatan migrasi komponen penyusunnya. Kromatografi gas biasanya digunakan untuk mengidentifikasi suatu senyawa yang terdapat dalam campuran gas dan juga menentukan konsentrasi suatu senyawa dalam fasa gas. Metode ini merupakan salah satu pemisahan yang sekaligus dapat menganalisis senyawa organik dan anorganik yang bersifat non-volatile dan volatile.

Dalam penelitianlain, Sen dan lainnya (2017) melakukan studi omics komprehensif terkait gaharu dari spesies *A. malaccensis* dan interaksinya dengan fungi penginfeksi, *Fusarium* sp. Dari studi metabolomik menggunakan GC-MS ditemukan 51, 42, dan 54 senyawa unik yang ada di fungi, kalus dan interaksi fungi-gaharu. Dari 54 senyawa yang terkait dengan interaksi, 36 di antaranya merupakan senyawa minyak esensial dan senyawa aroma dari tanaman dan fungi, 11 di antaranya merupakan senyawa wangi dari gaharu. Metabolit yang terdeteksi didominasi oleh alkana dan alkena (17), diikuti oleh ester (12), asam termasuk asam lemak (6), alkohol (4), aldehid dan keton (5), asetat (3), terpen (2) dan senyawa aroma volatillainnya (5). Gaharu yang berinteraksi dengan *Fusarium* mengandung senyawa asam palmitat yang melimpah. Akumulasi senyawa aroma kunci seperti pentatria kontana, 17-pentatria kontena, tetradekana, 2-metil berhubungan dengan biosintesis atau produksi senyawa aroma. Dengan mempelajari prekursor dan jalur biosintesis senyawa aroma seperti terpenoid dan sesquiterpen, dapat diungkapkan dengan senyawa yang mungkin muncul di pohon gaharu [12-13-14].

Terkait dengan penelitian Sen dan lainnya (2015), profiling metabolit aroma pada gaharu dapat menunjukkan kualitas gaharu (atau produk akhir gaharu). Semakin kaya akan senyawa aroma, semakin berkualitas produk gaharu tersebut. Berdasarkan penelitian Sen dan lainnya (2017), terdeteksi senyawa yang berasosiasi dengan interaksi gaharu-fungi. Infeksi fungi merupakan salah satu faktor yang mengakibatkan produksi resin oleh gaharu. Gaharu sehat tidak menghasilkan resin sehingga kayunya kurang bernilai. Dengan mendeteksi terdapat atau tidaknya serta kelimpahan senyawa yang terkait dengan interaksi gaharu-fungi serta senyawa-senyawa prekursor, dapat ditentukan kualitas gaharu yang cocok untuk diekstrak menjadi minyak esensial. Semakin melimpah senyawa aroma, senyawa prekursor aroma, atau senyawa yang menggambarkan asosiasi gaharu-fungi penginfeksi, potensi nilai jual gaharu untuk dijadikan wewangian semakin meningkat. Selain itu, diperlukan kajian metabolomik lebih lanjut untuk mendeteksi senyawa-senyawa

yang belum pernah terdeteksi supaya penentuan kualitas gaharu melalui metabolomik lebih komprehensif [15-16-17].



Gambar 1. Grafik Hasil Analisa GC-MS Minyak Gaharu

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa komponen senyawa yang memiliki % luas terbesar adalah gualiol yaitu sebesar 52,75%, selinene sebesar 17,80% dan panasinsen yaitu sebesar 5,90%. Pelakuan perendaman selama 18 hari dengan waktu operasi selama 6 jam. Perendaman gaharu yang melebihi batas optimal maka akan mempengaruhi efektifitas dan rendemen yang dihasilkan, karena semakin lama waktu perendaman akan merusak dinding sel tanaman dan mengikat komponen kimia dari gaharu. Waktu yang paling optimal untuk melakukan proses hidrodistilasi adalah 10 jam karena semakin lama suatu bahan menerima panas maka proses difusi akan semakin meningkat sehingga proses hidrodistilasi menjadi lebih optimal [18-19]. Dari hasil yang diperoleh diketahui bahwa persentase luas komponen kimia minyak atsiri gaharu yang dihasilkan selama penelitian dapat dikategorikan ke dalam minyak berkualitas.

b. Analisa Densitas

Nilai berat jenis minyak atsiri dapat didefinisikan sebagai perbandingan berat minyak dan air pada volume yang sama. Berat jenis juga sering dihubungkan dengan fraksi berat komponen yang terkandung didalamnya. Fraksi minyak berbanding lurus terhadap nilai densitas artinya, semakin besar fraksi yang

terkandung dalam minyak maka, semakin besar pula nilai densitasnya [21-22].

Waktu penyulingan berpengaruh terhadap berat jenis minyak, semakin lama proses penyulingan maka, semakin meningkat berat jenis yang diperoleh. Alasannya karena, komponen-komponen yang mempunyai titik didih tinggi membutuhkan waktu yang lebih lama untuk terekstrak jika dibandingkan dengan komponen yang memiliki titik didih yang rendah. Semakin lama waktu penyulingan yang dilakukan dapat menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi minyak karena semakin banyaknya akumulasi komponen-komponen penyusun minyak atsiri, baik senyawa yang memiliki titik didih rendah atau tinggi [24-25].

Berat jenis minyak juga dapat meningkat karena pemanasan yang berlangsung selama proses penyulingan. Pemanasan inilah yang menyebabkan sebagian kecil komponen minyak atsiri mengalami polimerisasi. Komponen minyak atsiri yang mengalami polimerisasi adalah dari golongan senyawa hidrokarbon takteroksigenasi seperti senyawa terpen [26-27].

Standard Nasional Indonesia (SNI) menerapkan rancangan baku mutu gaharu berdasarkan warna, berat, dan aroma. Gaharu dikelompokkan menjadi beberapa tingkatan, antara lain gubal gaharu, kemendangan, dan sebuk gaharu. Oleh karena rancangan tersebut terlalu subjektif, peneliti Puslitbang Hasil Hutan, Badan Litbang dan Inovasi (BLI) membuat rancangan baku mutu yang lebih objektif [28-29].

Distilasi Waktu (Jam)	Aroma Kepadatan Minyak Gaharu			
	Perendaman (hari)			
	14	16	18	20
3	0,8882	0,8894	0,8886	0,8878
4,5	0,8883	0,8893	0,8885	0,8877
6	0,8881	0,8892	0,8884	0,8875

Destilasi dari minyak gaharu diperoleh nilai tertinggi pada waktu destilat selama 3 jam dengan lama perendaman 16 hari yaitu sebesar 0,8894 kg/cm³. Dan pada nilai terendah pada waktu penyulingan 3 jam dan pengeringan 20 hari yaitu 0,8878 kg/cm³.

SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan, proses penyulingan minyak gaharu dengan menggunakan matahari sebagai sumber energi alternatif untuk proses pemanasan pada alat distilasi sangatlah efektif untuk digunakan, karena dapat mengganti penggunaan bahan bakar fosil dengan penggunaan solar cell yang dapat menyerap energi dari panas matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik. Hasil pengujian yang telah dilakukan, untuk nilai analisa kromatografi gas-spektrometri massa (GC-MS) terdapat beberapa komponen senyawa yang memiliki % luas terbesar adalah gualiol yaitu sebesar 52,75%, selinene sebesar 17,80% dan panasinsen yaitu sebesar 5,90%. Pelakuan perendaman selama 18 hari dengan waktu operasi selama 6 jam. Perendaman gaharu yang melebihi batas optimal maka akan mempengaruhi efektifitas dan rendemen yang dihasilkan, karena semakin lama waktu perendaman akan merusak dinding sel tanaman dan mengikat komponen kimia dari gaharu. Dan pada analisa densitas diperoleh nilai tertinggi pada waktu destilat selama 3 jam dengan lama perendaman 16 hari yaitu sebesar 0,8894 kg/cm³. Berat jenis minyak juga dapat meningkat karena pemanasan yang berlangsung selama proses penyulingan. Pemanasan inilah yang menyebabkan sebagian kecil komponen minyak atsiri mengalami polimersasi.

ACKNOWLEDGEMENTS

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia atas dukungannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] JJ Michael, S. Iniyana, R. Goic, sistem fotovoltaik termal surya (PV/T) pelat datar: panduan referensi, Perbarui. Mempertahankan. Energi Rev. 51 (2015) 62e88.
- [2] A Fu Huide, b Li Guiqiang, Li Fubing. 2019. Perbandingan kinerja sistem pemanas air surya fotovoltaik/termal dengan pompa fotovoltaik langsung, pompa tradisional, dan sirkulasi alami. Energi Terbarukan. 463-472.
- [3] Mohamed rozi, phai lee jong., abd kudas kamziah. 2014. Inokulasi jamur menginduksi gaharu pada pohon muda aquilaria malaccensis di pembibitan: jurnal penelitian kehutanan, 201-204.
- [4] Nasaradin NRM, M. Zainon., AA Zulkefle, MAM Hanafiah., M. Ibrahim., AIA Rahman, 2018. Studi banding metode distilasi uap dan hidro-distilasi untuk ekstraksi minyak gaharu. Jurnal Internasional Penelitian Teknik Terapan. 6253-6256
- [5] Jok V., A., Nurhaslina C., Radzia, Ku Halim K., H., 2015. Rendemen Minyak Gaharu Akibat Perubahan Morfologi Sel Akibat Proses Perendaman. Ilmu Sosial dan Perilaku.
- [6] Abidin, ZA (2015). Proses Hidro-Destilasi Dalam Ekstraksi Minyak Atsiri Gaharu. 203-213
- [7] Yoshwatana, NY (2012). Peningkatan Minyak Atsiri dari Gaharu dengan Ekstraksi Air Subkritis dan Pretreatments pada Hidrodistilasi. Akademi Sains, Teknik, dan Teknologi Dunia, 453-459.
- [8] H. Agusnar, B. Wirjosentono, dan T. Rihayat, "Pengembangan Poly Lactic Acid/Kitosan Elastomer Dengan Penambahan Minyak Atsiri Untuk Meningkatkan Kinerja Bahan Antibakteri Pengembangan Poly Lactic Acid/Kitosan Elastomer Dengan Penambahan Minyak Atsiri Untuk Meningkatkan Kinerja Bahan Antibakteri," 2019.
- [9] T. Rihayat, "Komposisi Ekstraksi Minyak Atsiri dari Wangi Serai Dengan Metode Microwave Air Hydro Distillation Terhadap Produksi Parfum Dermatitis Komposisi Pada Ekstraksi Minyak Atsiri Dari Wangi Serai Dengan Metode Distilasi

Microwave Air Hydro Untuk Produksi Parfum Dermatitis,” 2019.

- [10] Rahul, S. S., Tejaswi, P. N., Sandeep, Y. M., & Krishna, K. H. (2016). Two stage operational amplifier with a gain boosted, source follower buffer. *Engineering Trends and Technology (IJETT)*, 34, 256-259.
- [11] Ranjay, S., Bansal, R. C., & Arvind, R. S. (2017). Optimization of an isolated photovoltaic generating unit with battery energy storage system using electric system cascade analysis. *Electric Power Systems Research*, 164, 188-200.
- [12] Shih, Y. M., Enriquez, A. C., Hsiao, T. Y., & Trevino, L. M. T. (2017). Enhanced differential evolution algorithm for coordination of directional overcurrent relays. *Electric Power System Research*, 143, 365-375.
- [13] Yang, Z., Li, W., Chen, X., Su, S., Lin, G., Chen, J. (2018). Maximum efficiency and parametric optimum selection of a concentrated solar spectrum splitting photovoltaic cell-thermoelectric generator system. *Energy Conversion and Management*, 174, 65-71.
- [14] H. Agusnar, B. Wirjosentono, and T. Rihayat, “Development of Poly Lactic Acid / Kitosan Elastomer with Essential Oil Addition to Improved Performance Antibacterial Materials Development of Poly Lactic Acid / Kitosan Elastomer with Essential Oil Addition to Improved Performance Antibacterial Materials,” 2019.
- [15] R. Jalal, T. Rihayat, and S. Zhafiri, “Synthesis and Characterization Thermal of Polyurethane / MMT from Castor Oil Polyols for Coating Synthesis and Characterization Thermal of Polyurethane / MMT from Castor Oil Polyols for Coating,” 2019.
- [16] T. Rihayat, H. Zaini, D. Nita, and M. Fazil, “Papain Enzyme and Lemon as Coagulants in Cottage Cheese Papain Enzyme and Lemon as Coagulants in Cottage Cheese,” 2019.
- [17] T. Rihayat and M. Yunus, “Polyurethane / Bentonite / Chitosan Blend for Improved Thermal and Protection Microorganisms for Paint Application Polyurethane / Bentonite / Chitosan Blend for Improved Thermal and Protection Microorganisms for Paint Application,” 2019.
- [18] Gavahian, M., Lee, Y. T., & Chu, Y. H. (2018). Ohmic-assisted hydrodistillation of citronella oil from Taiwanese citronella grass: Impact on the essential oil and extraction medium. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 18, 466-8564.
- [19] Gupta, V. S., Singha, D. B., Mishrab, R. K., Sharmac, S. K., Gupta, T. V. S., Singha, D. B., Mishrab, R. K., Sharmac, S. K., Tiwarid, G. N. (2018). Development of characteristic equations for PVT-CPC active solar distillation system. *Desalination*, 445, 266-279.
- [20] Gurung, A., & Qiao, Q. (2018). Solar charging batteries: advance, challenges and opportunities. *Joule*, 2, 1217-1230.
- [21] Gill, D. J., Roca, L., Zaragoza, G., & Berenguel, M. (2017). A feedback control system with reference governor for a solar membrane distillation pilot facility. *Renewable Energy*, 120, 536-549.
- [22] Talib K. Murthada., & Ali Adil Hussein. (2022). Optimization The Performance of Photovoltaic Panels Using Aluminium-Oxide Nanofluid as Cooling Fluid at Different Concentration and One-Pass Flow System. *Journal Result in Engineering*.
- [23] Guo, H., Sun, G., & Yiyon, W. (2018). Simulation of solar cells by delocalized recombination model and its applications. *Solar Energy*, 181, 83-87.
- [24] Kumar, R., Sharma, S., Sharma, S., & Kumar, N., (2016). Drying method and distillation time affects essential oil content and chemical compositions of *Acorus calamus* L. In the western himalayas. *Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 3, 136-141
- [25] Kültürel, Y., & Tarhan, S. (2016). A solar distillery of essential oils with compound parabolic collectors (CPCs). *Agricultural Sciences*, 31, 72-83.
- [26] Khudhair, M. A., Ajeel, F. N., & Mohammed, M. H. (2018). *Engineering*

and design of simple models from dye-sensitive of solar cells and photovoltaic cells of solar applications: theoretical study. *Chemical Physics Letters*, 713, 166-171.

- [27] Luyben, W. L. (2017). Control of heat-integrated extractive distillation processes. *Computer & Chemical Engineering*, 111, 267-277.
- [28] Pawel, L., Thomas, W., & Alexandros, R. (2018). The pole connector for miniature circuit breakers used in photovoltaic applications. *Applied Thermal Engineering*, 99, 1057-1070.
- [29] Rodriguez-Gomes Francisco., Campo-Avila Jose Del., Ferrer-Cuesta Marta., Mora-Lopez Lianos., "Data Driven Tools to Assess The Location of Photovoltaic Facilities In Urban Areas", *Journal Expert Systems With Applications*. (2022).