

# Distilasi Minyak Nilam dengan Menggunakan Metode Photovoltaic

Shafira Riskina<sup>1</sup>, Nelly Safitri<sup>2</sup>, Rudi Syahputra<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Energi Terbarukan, Universitas Malikussaleh, 24352, Aceh Indonesia

riskina430@gmail.com

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe, 24301, Aceh Indonesia

nellysafitri@pnl.ac.id

rudi.syahputra75@gmail.com

**Abstrak**— Sistem Photovoltaic merupakan suatu modul yang digunakan untuk menyerap panas yang terpapar oleh sinar matahari yang diubah menjadi energi listrik. Besarnya potensi sinar matahari yang dapat diserap tergantung luas sel dan daya serap solar cell terhadap cahaya matahari. Dengan menggunakan modul (panel surya) dengan kapasitas 1000 wp dapat menyerap panas yang dikonversikan menjadi energi listrik sebanyak 1000 watt/jam yang nantinya diharapkan dapat menjadi pengganti listrik konvensional yang akan dimanfaatkan untuk proses penyulingan. Di Asia Tenggara di Aceh khususnya matahari bersinar sejak pagi hari sampai sore hari yaitu mulai pukul 08:00 wib hingga pukul 17:00 wib dalam hal ini peneliti memanfaatkan sinar matahari mulai pukul 09:00 wib hingga pukul 16:00. Sumber energi ini merupakan keuntungan besar, dengan menggunakan solar cell yang memiliki kapasitas 1000 wp selama 7 jam dalam sehari waktu paparan sinar matahari dapat menghasilkan daya sebesar 7000 watt/hari. Dan disini solar cell yang digunakan sebanyak 4 Unit solar cell maka dalam sehari mampu menghasilkan energi listrik sebanyak 28.000 watt. Ini merupakan energi listrik yang sangat potensial karena biasa digunakan untuk memfasilitasi proses penyulingan minyak atsiri. Hasil penelitian menunjukkan waktu optimum untuk penjemuran sereh wangi adalah 1 hari sedangkan waktu penyulingan terbaik yaitu 6 jam sangat berpengaruh terhadap hasil dan rendemen minyak nilam.

**Kata kunci**— Distillation essential oil, Photovoltaic, Solar Cell

**Abstract**— Photovoltaic systems are modules that are used to absorb heat exposed to sunlight that is converted into electrical energy. The magnitude of the potential of sunlight that can be absorbed depends on the area of the cell and the absorption of the solar cell against sunlight. By using a module (solar panel) with a capacity of 1000 wp can save heat that is converted into electrical energy of 1000 watts/hour needed can be used as a substitute for conventional electricity that will be used for the refining process. In Southeast Asia in Aceh, the sun rises from morning to evening from 08:00 a.m. to 17:00 a.m., in this case, researchers use the sun from 09:00 a.m. to 16:00. This energy source is a big advantage, by using solar cells that have a capacity of 1000 wp for 7 hours in a day, sunlight can produce power of 7000 watts/day. And here solar cells are used as many as 4 units of solar cells so that in a day capable of producing electrical energy of 28,000 watts. This is electrical energy which is very potential to be used to facilitate the process of refining essential oils. The results showed that the optimal time for drying lemongrass was 1 day while the best time, which was 6 hours, was very contrary to the results and yield of patchouli oil.

**Keywords**— Distillation essential oil, Photovoltaic, Solar Cell

## I. PENDAHULUAN

Negara Indonesia termasuk salah satu negara penghasil minyak atsiri terbesar di dunia, dan minyak ini juga merupakan komoditi yang menghasilkan devisa negara. Oleh karena itu pada tahun-tahun terakhir ini, minyak atsiri mendapat perhatian yang cukup besar dari pemerintah Indonesia. Sampai saat ini Indonesia baru menghasilkan dua belas jenis minyak atsiri yaitu: minyak cengkeh, minyak kenanga, minyak nilam, minyak akar wangi, minyak pala, minyak kayu putih, minyak sereh wangi, minyak jahe, minyak lada, minyak cendana.

Dari dua belas jenis minyak atsiri ini terdapat enam jenis minyak yang paling menonjol di Indonesia yaitu: minyak pala, minyak nilam, minyak cengkeh, minyak kayu putih, minyak sereh wangi, dan minyak akar wangi. Penghasil minyak atsiri yang mempunyai prospek cukup tinggi adalah tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth). Hal ini dapat dilihat dari kebutuhan pasar dunia yang di rata-ratakan mencapai 1.200 – 1.400 ton per tahunnya (Gil.J.D, dkk 2017).

Di dalam dunia industri, hasil sulungan (ekstraksi) minyak atsiri dikenal sebagai bibit minyak wangi. Seperti halnya industri minyak atsiri di Indonesia masih dilakukan oleh pengusaha-pengusaha yang memiliki modal besar, karena proses ekstraksi dan distilasi yang memerlukan peralatan dengan harga yang mahal. Kekurangan lainnya dari sistem yang ada saat ini adalah optimasi energi belum dikontrol secara elektronis secara tepat untuk menentukan lama waktu penyulingan.

Sumber energi yang digunakan dalam proses penyulingan (distilasi), berasal dari BBM (bahan bakar minyak), BBG (bahan bakar gas), kayu bakar dan energi listrik PLN (Perusahaan Listrik Negara), yang merupakan sumber energi kurang ramah lingkungan dan ketersediaannya dapat terganggu sewaktu-waktu padahal sumber energi alternatif cukup tersedia seperti sumber energi surya dan energi nya pun tersedia dalam jangka waktu yang panjang dikarenakan energi tersebut bersumber dari matahari. dimana energinya ini raah terhadap lingkungan dan bisa dijadikan investasi dalam jangka yang panjang dan terjangkau oleh industri rumah tangga supaya dapat menghasilkan keuntungan bagi pengusahanya sehingga industri minyak atsiri dapat lebih memasyarakat agar sumber daya alam khususnya dalam bidang perkebunan dapat dimanfaatkan secara optimal dan juga dapat menjadi lapangan pekerjaan baru yang menyerap sumber daya manusia.

Oleh karena itu peneliti ingin mencoba menganti energi yang sumbernya dari kayu bakar, gas, Bbm dan listrik Pln dengan energi matahari yaitu energi yang terbarukan ramah terhadap lingkungan tidak menimbulkan polusi dan tidak memerlukan biaya yang banyak untuk bisa menggunakan energi ini cukup pada saat pengadaan alat nya saja selebihnya cuman melakukan perawatan terhadap alat tersebut sebagai energi pengganti dari kayu bakar solar dan gas(Gil.J.D, Dkk 2017).

Adapun masalah yang dihadapi oleh petani untuk meningkatkan nilai rendemen dari minyak nilam atau mutu antara lain pada teknologi budidaya, penanganan pasca panen,

penanganan bahan, metode penyulingan, tanah dan iklim serta fluktuasi harga di pasaran (Gil.J.D, dkk 2017).

Proses pasca panen nilam merupakan hal yang penting untuk mendapatkan minyak atsiri yang berkualitas dan memenuhi standar SNI. Ada beberapa tahap proses pasca panen nilam yaitu: pemanenan, lama waktu pengeringan, perajangan (pemotongan), dan penyulingan dimana lama waktu penjemuran dan lama waktu penyulingan sangat berpengaruh terhadap kualitas rendemen minyak nilam yang akan didapatkan nantinya, dikarenakan daun nilam yang akan disuling itu tidak boleh terlalu basah dan terlalu kering yang nantinya akan mempengaruhi rendemen yang didapatkan dari proses penyulingan.

Pengeringan dilakukan sampai kadar air nilam mencapai 12 – 15%, ditandai dengan warna daun nilam menjadi abu-abu kehijauan dan timbulnya aroma minyak nilam yang lebih tajam (Gil.J.D, dkk 2017). Pengeringan nilam dilakukan dengan cara menjemur di bawah sinar matahari langsung., daun dibolak-balik agar kering merata dan tidak lembap. Kadar air daun nilam kering optimal adalah 12- 15%. Sebelum penyulingan dilakukan daun terlebih dahulu dikecilkan ukuran dengan tujuan waktu kontak antara uap panas kering dengan daun lebih baik. Usaha pengecilan ukuran merupakan upaya pengurangan ketebalan bahan hingga difusi dapat terjadi secara sempurna. Karena Rendemen minyak nilam dapat ditingkatkan dengan penanganan bahan baku yang tepat.

Pelayuan dan pengeringan daun nilam bertujuan untuk menguapkan sebahagian air dalam bahan sehingga penyulingan berlangsung lebih mudah dan lebih singkat. Selain itu juga untuk menguraikan zat-zat yang tidak berbau wangi menjadi berbau wangi. Dengan pelayuan atau pengeringan, dinding-dinding sel akan terbuka sehingga lebih mudah ditembus uap panas. Dalam penyulingan daun nilam perlu diikuti sertakan tangkainya meskipun tangkai mempunyai kadar minyak yang rendah, namun diperlukan agar daun tidak terlalu padat (untuk membentuk rongga-rongga agar uap panas mudah lewat, karena daun nilam cenderung mengumpul bila kena uap panas (Gupta. V.S, dkk 2018).

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Material yang digunakan adalah tumbuhan nilam dan air. Sedangkan peralatan yang digunakan yaitu panel surya 1000 Wp, Baterai 24 V 200 Ah, solar charge control, inverter AC-DC, Element Heater, seperangkat alat distilasi penyulingan.

Persiapan daun nilam. Daun nilam yang sudah dipanen dirajang (diperkecil) dengan ukuran  $\pm 3 - 5$  cm. Daun Nilam yang sudah dirajang (diperkecil) dengan ukuran  $\pm 3 - 5$  cm dijemur sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan. Selanjutnya ditimbang sebanyak 5 kg dan siap digunakan untuk disuling. Selanjutnya dilanjutkan dengan penyulingan minyak nilam. Peralatan ketel suling dibersihkan terlebih dahulu. Air dimasukkan kedalam ketel suling 25 liter. Daun Nilam yang sudah ditimbang dimasukkan ke dalam ketel suling. Dihidupkan pompa untuk mengalirkan air pendingin selanjutnya dihidupkan pemanas hingga mencapai suhu penyulingan dan kemudian proses penyulingan dihentikan sesuai waktu yang ditetapkan. Setelah waktu distilasi selesai proses di hentikan.. Air dan kandungan minyak atsiri tumbuhan nilam tersebut dimasukkan dalam corong pisah

kemudian dipisahkan berdasarkan perbedaan berat jenis. Minyak atsiri yang didapat di analisa.

Kemudian karakterisasi yang dilakukan untuk emnguji apaka minyak yang dihasilkan memiliki kuantitas dan kualitas yang baik yaitu menghitung densitas, indeks bias dan GC-MS (*Gas-Chromatografi Analysis*) dengan hasil dari rendemen minyak nilam.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

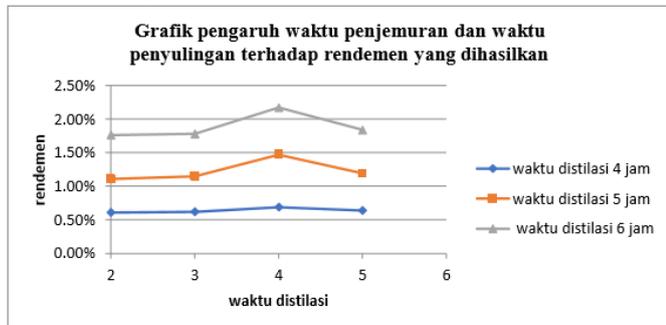
Pada penelitian ini, difokuskan untuk menghasilkan minyak Nilam (*Pogostemin Patchouli*) dengan memanfaatkan sinar matahari menggunakan solar cell (photovoltaic) keluaran (output) energi terdiri dari alat element listrik (heater) yang memiliki daya serap energi sebanyak 2.000 watt/jam dan pompa yang memiliki daya serap energi listrik sebanyak 125 watt/jam dengan pemakaian waktu yang bervariasi yaitu pada 4, 5 dan 6 jam. Maka energi yang diperlukan untuk sistem ini diambil pada energi maksimum yaitu pada waktu 6 jam, dengan demikian jumlah kebutuhan energi untuk alat element listrik (Heater)  $2000 \text{ watt} \times 6 \text{ jam} = 12.000 \text{ Watt}$  dan untuk pompa  $125 \text{ watt} \times 6 \text{ jam} = 750 \text{ watt}$ . Dengan demikian total kebutuhan energi listrik untuk proses penyulingan minyak nilam yaitu sebesar  $12.000 \text{ watt} + 750 \text{ watt} = 12.750 \text{ watt}$ . Dalam hal sesuai dengan perhitungan yang dikemukakan oleh Sebastiyon S, dkk dalam jurnalnya yang berjudul analisa performa sistem photovoltaic tentang perhitungan daya sebelum pengaplikasian dengan demikian akan memudahkan dalam proses persiapan solar cell untuk pengaplikasiannya dimana untuk menghitung total daya yang digunakan x waku pemakaian.

Waktu penyinaran matahari dalam sehari berlangsung mulai jam 09.00 sampai jam 16.00 dengan waktu penyerapan energi selama 7 jam. Untuk pemakaian Solar Cell disini kita menggunakan solar cell dengan kapasitas 1.000 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 1000 Wp maka banyaknya solar cell yang dibutuhkan yaitu  $12.750 : (7 \times 1000) = 1,8$  (2) unit solar cell yang dibutuhkan, dengan pertimbangan saving energi 2 kali lipat dari energi listrik yang dibutuhkan. Berdasarkan jurnal Studi eksperimental konfigurasi pemasangan panel photovoltaic untuk struktur penerangan yang ditulis oleh Sredenšek K, dkk dimana kebutuhan energi untuk penerangan di taman rumah berdasarkan jumlah daya yang dibutuhkan, dimana jumlah lampu yang digunakan di taman sebanyak 11 unit dengan penyerapan energi perunit sebesar 80 watt/jam dengan waktu penerangan (pemakaian) selama 10 jam, maka total energi listrik yang dibutuhkan yaitu  $11 \text{ unit} \times 80 \text{ watt} \times 10 \text{ jam} = 8.800 \text{ watt}$ . Maka kebutuhan solar sell untuk menghasilkan energi listrik sebanyak 8.800 watt dengan rumus  $Scn$  (Solar cell needs) =  $Ten$  (total energy needs) /  $(It \times Csc)$  (Capacity solar cell) =  $8.800 / (5 \times 1000) = 1,76$  (2 unit solar cell yang dibutuhkan).

Untuk Penyimpanan daya menggunakan baterai (Aki) dengan kapasitas 24V/200 Ah untuk menyalurkan energi yang dihasilkan sebanyak 12.750 watt, maka banyaknya baterai yang dibutuhkan untuk menyimpan arus listrik yaitu  $12.750 : (24 \times 200) = 2,65$  (3) Unit beterei dengan kapasitas 24V/200 Ah. Dalam hal ini sesuai dengan perhitungan yang terdapat dalam jurnal Studi eksperimental konfigurasi pemasangan panel fotovoltaik untuk struktur penerangan yang ditulis oleh

Sredenšek K, dkk dimana kebutuhan baterai sebagai media penyimpan energi listrik banyaknya baterai yang digunakan tergantung dengan kapasitas baterai dan energi listrik yang akan disuplai, dimana baterai yang mereka gunakan yaitu sebesar 24v 250 ah dengan begitu total kebutuhan baterai / kapasitas baterai (  $8.800 / (24 \times 250) = 1,46$  ( 2 unit baterai yang digunakan).

**A. Pengaruh Waktu Penjemuran & Waktu Penyulingan Terhadap Rendemen Kualitas Minyak Nilam (*Pogostemin Patchouli*)**



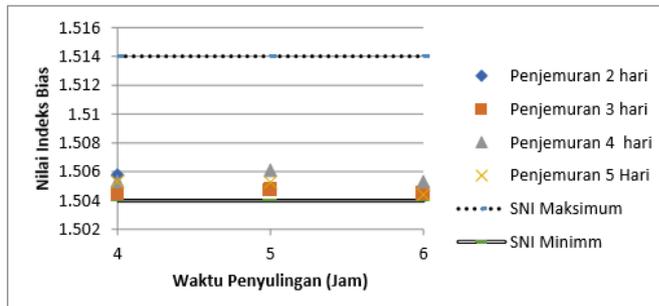
Gambar 1. Grafik Pengaruh Waktu Penjemuran & Waktu Penyulingan Terhadap Rendemen yang dihasilkan

Dari grafik dapat diketahui bahwa jumlah rendemen yang dihasilkan mengalami fluktuasi. Rendemen yang paling banyak didapatkan sebanyak 2,17% dengan perlakuan distilasi selama 6 jam dan waktu penjemuran selama 4 hari. Waktu penjemuran yang efisien untuk Nilam (*Pogostemin Patchouli*) adalah 4 hari karena semakin lama waktu penjemuran maka kadar minyak yang terdapat didalam tumbuhan akan berkurang. Waktu penyulingan paling baik adalah 6 jam, hal ini terjadi akibat semakin lama suatu bahan menerima panas maka proses difusi semakin merata yang menyebabkan proses distilasi semakin efisien (putra dkk,2015).

Pengaruh waktu penjemuran terhadap rendemen membuktikan bahwa kondisi bahan yang menghasilkan % rendemen yang besar adalah saat kondisi bahan mulai layu dibandingkan dengan kondisi bahan segar. Jadi kondisi dan perlakuan bahan tersebut bisa meningkatkan proses % rendemen minyak atsiri sesuai dengan literature yang menyatakan bahwa proses pelayuan bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam kelenjar bahan, sehingga proses ekstraksi lebih mudah dilakukan dan pencacahan merupakan usaha memperluas area penguapan dan kontak dengan air sehingga minyak Nilam (*Pogostemin Patchouli*) lebih mudah terekstraksi.

Pengeringan merupakan proses pengurangan kadar air suatu bahan hingga mencapai kadar air tertentu. Dasar proses pengeringan adalah terjadinya penguapan air bahan ke udara karena perbedaan kandungan uap air antara udara dengan bahan yang dikeringkan. Agar suatu bahan dapat menjadi kering, maka udara harus memiliki kandungan uap air atau kelembaban yang lebih rendah dari bahan yang akan dikeringkan (Trayball E.Robert, 1981). Pengeringan adalah terjadinya penguapan air ke udara karena perbedaan kandungan uap air antara udara dengan bahan yang dikeringkan. Dalam hal ini kandungan uap air udara lebih sedikit atau udara mempunyai kelembaban nisbi yang rendah sehingga terjadi penguapan (Adawyah, 2014).

**B. Analisa Indeks Bias**



Gambar 2. Grafik Analisis Indeks Bias

Dapat dilihat pada grafik diamati bahwa ke 12 run percobaan hampir memiliki nilai indeks bias yang sama yaitu sekitar 1,465, indeks bias yang diperoleh sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Dari semua percobaan terdapat 2 percobaan yang nilai indeks biasnya lebih tinggi dari yang lainnya yaitu dengan nilai indeks bias 1,50609 dan 1,50575 yaitu pada run waktu penyulingan 5 dan 4 jam pada waktu penjemuran 4 hari. Ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu penyulingan Nilam (*Pogostemin Patchouli*) maka indeks bias yang dihasilkan akan semakin bagus. Sedangkan pada volume nilam tertinggi diperoleh indeks bias 1,50529 pada percobaan waktu 4 hari penjemuran dan pada 6 jam waktu penyulingan.

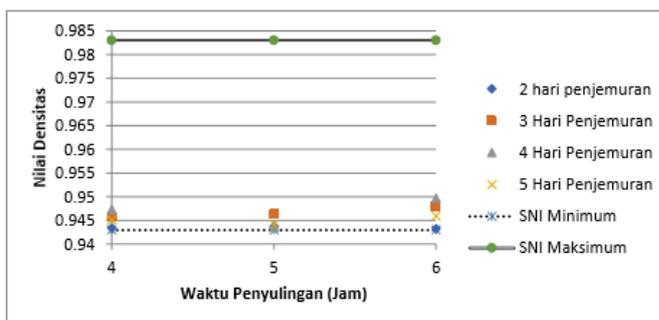
**C. Analisa Densitas**

Tabel 1.

Hasil Uji Densitas Minyak Nilam (*Pogostemin Patchouli*)

Parameter	Distilasi dengan memanfaatkan sinar matahari menggunakan solar cell (photovoltaic)	SNI 06-3953-1995
Warna	Kuning kecoklatan sampai coklat tua	Kuning muda sampai coklat tua
Berat jenis, 28°C (gr/ml)	0,9434 - 0,9497	0,943 – 0,983
Indeks Bias, 20°C	1,50472 – 1,50609	1,504 – 1,514

Secara umum densitas minyak atsiri tidak melebihi nilai 1,000 gram/mL dan menurut standar nasional indonesia minyak nilam memiliki densitas antara (0,9430,983) gram/mL.



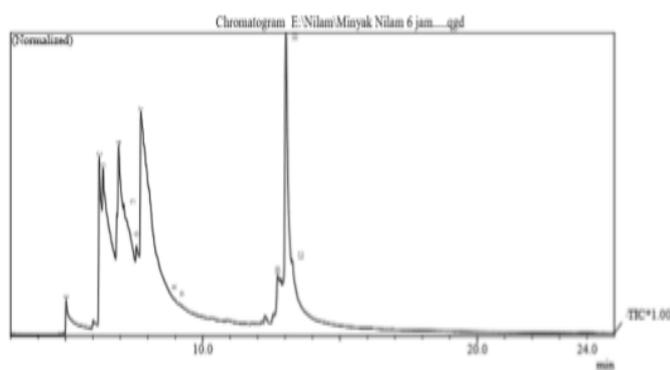
Gambar 3. Grafik Analisa Indeks Bias

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa nilai densitas tidak melebihi nilai range SNI dan nilai densitas diatas sangat berpengaruh terhadap waktu operasi dan waktu penjemuran. Nilai densitas minyak Nilam (Pogostemin Patchouli) tertinggi yang didapatkan pada waktu penjemuran 4 hari dengan waktu operasi 6 jam. Sedangkan nilai densitas minyak Nilam (Pogostemin Patchouli) terendah yang didapatkan pada waktu penjemuran 2 hari pada waktu operasi 6 jam.

Densitas menyatakan kerapatan antar molekul dalam minyak Nilam (Pogostemin Patchouli) yang didefinisikan sebagai rasio antara massa dan volume material. Pada umumnya densitas dikaitkan pada Viskositas, yaitu cairan yang lebih pada (densitas nya tinggi) memiliki viskositas lebih tinggi dibandingkan dengan cairan yang densitas nya rendah. Nilai densitas minyak Nilam (Pogostemin Patchouli) berkisar antara 0,943-0,983. Pengaruh waktu penyulingan terhadap densitas minyak nilam menunjukkan bahwa pada ketiga waktu pemanasan bahan menunjukkan pengaruh yang nyata pada nilai densitas.

#### D. Analisa Senyawa Menggunakan GC-MS

Analisa menggunakan GC-MS dilakukan untuk mengetahui kadar sitronellal dan geraniol dari hasil penyulingan dengan memanfaatkan sinar matahari dengan menggunakan solar cell (photovoltaic).



Gambar 4. Grafik GC-MS Minyak Nilam (Pogostemin Patchouli) Hasil Penyulingan

Dari hasil analisa menggunakan GC-MS menunjukkan adanya senyawa kimia yang teridentifikasi diantaranya azulene, seychellene dan beberapa senyawa lain berdasarkan hasil GC-MS diperoleh patcholi alcohol 31,75%, dan azulene sebesar 20,50%. Menurut Standar Pasar International, kandungan patcholi alcohol harus lebih tinggi dari 30%, oleh karena itu bahan ini memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) dan selain itu sifat fisik dan kimiawi minyak Nilam (Pogostemin Patchouli) yang dihasilkan dari proses penyulingan dengan memanfaatkan sinar matahari menggunakan solar cell (photovoltaic). Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa minyak Nilam (Pogostemin Patchouli) yang telah dihasilkan selama penelitian ini dapat dijual dipasaran karena memenuhi Standar Nasional Indonesia.

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian proses penyulingan minyak atsiri dari tumbuhan Nilam (Pogostemin Patchouli) dapat

disimpulkan bahwa; Waktu penjemuran optimum untuk menghasilkan % rendemen tertinggi adalah pada waktu penjemuran selama 4 hari. Waktu penyulingan optimum untuk menghasilkan % rendemen tertinggi adalah pada waktu penyulingan 6 jam. Kapasitas solar cell yang digunakan untuk proses penyulingan Nilam (Pogostemin Patchouli) adalah 1000 WP, sedangkan pemakaian daya yang diperlukan adalah 12.750 watt. Minyak nilam yang didapat dari proses penyulingan menggunakan energi terbarukan memenuhi syarat mutu minyak nilam menurut SNI 06-2385-1998.

#### REFERENSI

- [1] Bisoffi, A., Forni, F., Lio, M. D., & Zaccarian, L. (2018). Relay-based hybrid control of minimal-order mechanical systems with applications. *Automatica*, 97, 104-114.
- [2]. Caritte, R. M., Cheung, K., & Malik, M. (2018). Alternative approaches and dynamic analysis considerations for detecting open phase conductors in three phase power systems. *Electric Power Systems Research*, 163, 59-65.
- [3] Esmaeili, H., Karami, A., & Maggi, F. (2018). Essential oil composition, total phenolic and flavonoids contents, and antioxidant activity of *oliveria decumbens* vent, (apiaceae) at different phenological stages' *Cleaner Production*, 198, 91-95.
- [4] Filiptsova, O. V., Gazzavi, Rogozina, L. V., Timoshyna, I. A., Naboka, O. I., Ye, V. D., Ochkur, A. V. (2017). The Essential oil of resemay and its effect on the human image and numerical short-term memory. *Basic and Applied Sciences*, 4, 107-111.
- [5] Gill, D. J., Roca, L., Zaragoza, G., & Berenguel, M. (2017). A feedback control system withreference governor for a solar membrane distillation pilot facility. *Renewable Energy*, 120, 536-549.
- [6] 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 Tehnologies*, 18, 466-8564.
- [7] Gupta, V. S., Singha, D. B., Mishrab, R. K., Sharmac, S. K., Guptaa, 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.
- [8] Gurung, A., & Qiao, Q. (2018). Solar charging batteries: advance, challenges and opportunities. *Joule*, 2, 1217-1230.
- [9] Gao, D. Z., & Sun, K., (2016). 16:DC-AC Inverters. *Electric Renewable Energy Systems*, 222, 354-381.
- [10] Garoosi, R. M., Mehrzad, T. R., & Behrokh, H. H. (2018). Experimental evaluation of rigid connection with reduced section and replaceable fuse. *Structures*, 16, 390-404.
- [11] Guo, H., Sun, G., & Yiyon, W. (2018). Simulation of solar cells by delocalized recombination model and its applications. *Solar Energy*, 181, 83-87.
- [12] Kumar, R., Sharma, S., Sharma, S., & Kumar, N., (2016). Drying methoda 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.
- [13] Kültürel, Y., & Tarhan, S. (2016). A solar distillery of essential oils with compound parabolic collectors (CPCs). *Agricultural Sciences*, 31, 72-83.
- [14] Khudhair, M. A., Ajeel, F. N., & Mohammed, M. H. (2018). Enggining 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.
- [15] Luyben, W. L. (2017). Control of heat-integrated extractive distillation processes. *Computer & Chemical Engineering*, 111, 267-277.
- [16] Pawel, L., Thomas, W., & Alexandros, R. (2018). The pole connector for miniature circuit breakers used in photovoltaic applications. *Applied Thermal Engineering*, 99, 1057-1070.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] Shih, Y. M., Enriquez, A. C., Hsiao, T. Y., & Trevino, L. M. T. (2017). Echnanced differential evolution algorithm for coordination of

- directional overcurrent relays. *Electric Power System Research*, 143, 365-375.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] T. Rihayat, S. Riskina, and W. Syahputra, "Formulation of Polyurethane with Bentonite-Chitosan as Filler Applied to Carbon Steel as an Antibacterial and Environmentally Friendly Paint Formulation of Polyurethane with Bentonite-Chitosan as Filler Applied to Carbon Steel as an Antibacterial and Environmentally Friendly Paint," 2019.