ISBN: 978-979-792-691-5

REVIEW POTENSI PENGEMBANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS MATAHARI

Ramy Fitrah Izzah, Romi Fadli Syahputra, Ikhsan Rahman Husein, Zulkarnain, Saktioto

Departeman Fisika FMIPA, Universitas Riau

*E-mail korespondensi : izzahramy@gmail.com

ABSTRACT

Human energy needs continue to increase each year in line with the growth of the earth's population and the development of new industries which are increasing every year. Most of this energy source is supplied from fossil fuels, which have limited availability. The development of renewable energy sources as a substitute for fossil fuels continues to be pursued to meet the world's energy needs in the future. Solar energy is an ideal candidate as a renewable energy source because of its abundant, clean and environmentally friendly availability. Solar energy flux on the earth's surface is relatively small (1367 W / m2), but it is continuous and renewable every day. The effective and efficient use of solar thermal energy will certainly produce great benefits as a renewable energy source. Especially for the landscape of the khatuliswa region, such as Indonesia, which receives sun exposure throughout the year and has a long coastline. Solar energy can be converted into electrical energy through two schemes. First, it uses solar cells to generate electricity directly. This method is still constrained by the efficiency that is still low and the initial cost is quite expensive. The second way to generate electricity from solar energy is through a thermal-mechanical conversion system. Solar energy is collected through collectors to heat boiling material and store excess heat in the medium. The resulting steam will drive turbines and drive generators to produce electricity. The way it works is similar to other steam power plants, the difference is only in the heating source that utilizes solar energy. The uniqueness of this second scheme if it is built in a coastal area is the use of sea water as a material to be evaporated. Sea water will boil at 100oC and produce water vapor and salt mineral crystal residues. Marine mineral salts, such as sodium nitrate with a melting point of 120oC can be used for heat storage media. This second scheme has been applied to solar thermal power plants (STPP) built on the shores of the Mediterranean Sea of Granada, Spain. This project has succeeded in establishing PLPM Andasol 1 to 3, and is able to produce electricity up to 2.5 GW.

Kata kunci: Renewable energy, Electricity needs, Solar thermal, STPP

ABSTRAK

Kebutuhan energi manusia setiap tahunnya terus meningkat yang sejalan dengan pertumbuhan penduduk bumi dan pembangunan industri-industri baru yang meningkat tiap tahunnya. Sebagian besar sumber energi ini disuplai dari bahan bakar fosil yang jumlah ketersediannya terbatas. Pengembangan sumber-sumber energi terbarukan sebagai pengganti bahan bakar fosil terus diupayakan untuk memenuhi kebutuhan energi dunia di masa mendatang. Energi matahari merupakan kandidat ideal sebagai sumber energi terbarukan karena ketersediannya yang berlimpah, bersih dan dan ramah lingkungan. Fluks energi matahari yang mengenai permukaan bumi relatif kecil (1367 W/m^2), namun bersifat kontinu dan terbarukan setiap hari. Pemanfaatan energi panas matahari yang efektif dan efisien, tentunya akan menghasilkan manfaat yang besar sebagai sumber energi terbarukan. Terutama untuk bentang wilayah khatuliswa, seperti Indonesia yang memperoleh paparan sinar matahari sepanjang tahun dan memiliki garis pantai yang panjang. Energi matahari dapat dikonversi menjadi energi listrik melalui dua skema. Pertama, menggunakan sel surya untuk menggenerasikan listrik secara langsung. Cara ini masih terkendala pada efisiensi yang masih rendah dan biaya awal yang cukup mahal. Cara kedua untuk mengasilkan listrik dari energi matahari adalah melalui sistem pengkonversian termal-mekanik. Energi matahari dikumpulkan melalui kolektor untuk memanaskan material yang mudah mendidih dan menyimpan kelebihan panasnya pada medium. Uap panas yang dihasilkan akan menggerakkan turbin-turbin dan mendorong generator menghasilkan listrik. Cara kerjanya serupa dengan pembangkit listrik tenaga uap lainnya, bedanya hanya pada sumber pemanasnya yang

memanfaatkan energi matahari. Keunikan skema kedua ini jika dibangun di wilayah pesisir adalah penggunan air laut sebagai material yang akan diuapkan. Air laut akan mendidih pada suhu 100°C dan menghasilkan uap air dan residu kristal mineral garam. Garam mineral laut, seperti natrium nitrat dengan titik lebur 120°C dapat digunakan untuk medium penyimpan panas. Skema kedua ini telah diterapkan pada pembangkit listrik panas matahari (PLPM) yang dibangun di tepi Laut Mediterania Granada, Spanyol. Proyek ini telah berhasil mendirikan PLPM Andasol 1 hingga 3, dan mampu menghasilkan listrik hingga 2,5 GW.

Kata kunci: Energi terbarukan, Kebutuhan listrik, Panas matahari, PLPM

PENDAHULUAN

Wilayah pesisir dengan tingkat radiasi sinar matahari yang tinggi dan memiliki SDA laut berupa air asin yang mengandung garam-garam mineral sangat potensial dikembangkan Pembangkit Listrik Panas Matahari (PLPM) untuk memenuhi ketersedian listrik dan air bersih di wilayah tersebut. Pembangkit listrik panas matahari (PLPM) telah sangat berkembang sejak kesuksesan intaslasi pertamanya di California tahun 1970-an. Saat ini total kapasitas PLPM yang telah dibangun di seluruh dunia mencapai 2,2 Gigawatt (GW) dan tipe konstruksi yang diterapkan ada empat, yaitu konstruksi *Parabolic Trough*, menara surya, *Dish Stirling* dan *Linear Fresnell*. Diharapkan kedepannya, PLPM dalam semua jenis konstruksinya dapat berkontribusi sebesar 20-30% dari pengembangan sumber-sumber energi terbarukan [1].

PLPM yang sedang dikembangkan saat ini adalah jenis konstruksi *Parabolic Trough* yang terintegrasi dengan distilator air laut, dikenal dengan PLPMTD, untuk memperoleh dua kebutuhan manusia, yaitu listrik dan ALK atau *fresh water*. Berdasarkan hasil studi yang dilakukan oleh tim TREC [2], pembangunan PLPM akan dapat mereduksi biaya operasional hingga 40%. Dengan kabar baik ini pembangunan PLPM di Indonesia menjadi sangat relevan untuk diterapkan di wilayah pesisir sebagai penyedia listrik dan ALK sekaligus.

Hal lain yang menarik dari PLPMTD adalah hampir semua residu dari proses pembangkitan listrik dan destilasi dapat menjadi produk yang berguna. Misalnya, garam yang dihasilkan dari hasil destilasi dapat dimanfaatkan sebagai medium penyimpan panas matahari. PLPM yang sedang berkembang saat ini adalah PLPM dengan sistem penyimpanan panas menggunakan garam lebur. Campuran garam nitrat memiliki kapasitas panas yang cukup baik dan melebur pada suhu 86,1 – 94 ^{0}C [3]. Panas yang disimpan pada garam ini akan digunakan saat matahari sudah terbenam atau pada cuaca yang intensitas sinar mataharinya rendah.

TINJAUAN PUSTAKA

Energi Matahari dan Kebutuhan Energi Listrik Manusia

Kebutuhan energi manusia setiap tahunnya terus meningkat. Hal ini sejalan dengan pertumbuhan penduduk bumi dan pembangunan industri-industri baru yang bertambah setiap tahunnya. EIA[1] (Biro Informasi bidang Energi Amerika Serikat) pada tahun 2013 memproyeksikan kebutuhan energi dunia akan meningkat dari 524×10^{15} btu di tahun 2010 menjadi 630×10^{15} btu pada tahun 2040 dan hampir 50% ketersedian energi digunakan untuk kebutuhan sektor industri [4]. Meski jumlah ketersediannya belum dapat dipastikan mencukupi atau tidak, 80 % kebutuhan energi dunia disuplai oleh bahan bakar fosil dan akan mengemisikan karbon dioksida sebesar 46 juta metrik ton pada tahun 2040. Oleh karena itu, pengembangan sumber-sumber energi terbarukan terus diupayakan untuk memenuhi kebutuhan energi dunia di masa mendatang. Sumber-sumber energi terbarukan yang

[1] Energy Information Administration

dimaksud diantaranya adalah energi cahaya matahari, panas bumi (*geothermal*), fusi nuklir dan sel bahan bakar hidrogen. Seluruh sumber energi terbarukan itu tersedia dalam jumlah yang berlimpah selama masih ada kehidupan di muka bumi.

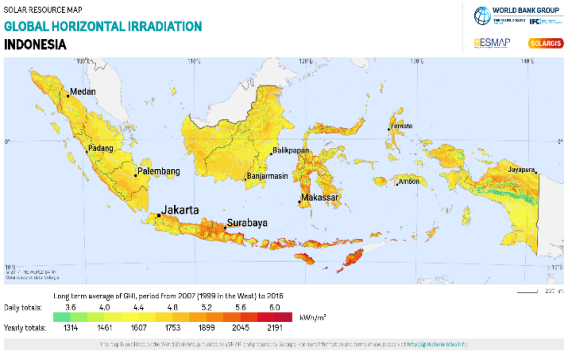
Matahari merupakan sumber energi utama dari sistem tata surya. Matahari memancarkan fluks energi rata-rata sebesar 1367 W/m^2 ke segala penjuru ruang angkasa, nilai tersebut disebut konstanta radiasi matahari (Gsc). Cahaya matahari mencapai permukaan bumi dalam waktu kurang dari 10 menit. Sebagian radiasinya diserap dan dihamburkan kembali ke angkasa oleh atmosfer bumi, sehingga intensitas cahaya matahari yang diterima permukaan bumi secara normal adalah sebesar 1000 W/m^2. Ini disebut standar AM 1.5 (*air mass* 1.5) yang digunakan untuk simulasi penyinaran sel surya. Permukaan bumi menerima 1,73 x 10^{17} Wh energi cahaya matahari tiap jam. Ini artinya, energi cahaya matahari yang diterima permukaan bumi dalam waktu kurang dari 1 jam cukup untuk memenuhi kebutuhan energi manusia selama setahun penuh [4, 5, 6]. Sebaran intensitas cahaya matahari yang mengenai permukaan bumi tiap tahunnya bergantung pada letak lintangnya. Intensitas cahaya matahari tahunan di Eropa sebesar 700-1800 kWh/m^2, di khatulistiwa sebesar 1800-2300 kWh/m^2 dan yang tertinggi berada diantara lintang 20°-30° (*solar belt*), yaitu sebesar 2000-2500 kWh/m^2 [7].

Energi listrik saat ini telah menjadi kebutuhan utama dalam kehidupan manusia. Bagaimana tidak, hampir seluruh pembangkit energi (*power plant*) yang dibangun manusia digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Kemudian energi listrik dapat dikonversi dengan mudah menjadi bentuk energi lain, seperti energi mekanik, cahaya, kalor dan bunyi melalui cara-cara tertentu. Energi listrik adalah bentuk energi yang ideal untuk memenuhi sumber energi semua teknologi dan peralatan yang dibuat oleh manusia. Energi listrik digunakan secara luas untuk kebutuhan rumah tangga, penerangan fasilitas publik, motor listrik, industri dan sebagainya. Peningkatan kebutuhan energi listrik ini harus diimbangi dengan tersedianya sumber pembangkit listrik yang memadai.

Sumber-sumber energi terbarukan diharapkan mampu menyuplai seluruh kebutuhan listrik manusia. Syaratnya adalah, pertama, sumber energi terbarukan tersebut haruslah tersedia dalam jumlah yang berlimpah dan tersebar luas. Kedua, sumber energi terbarukan haruslah bersih dan ramah lingkungan. Dan yang tidak kalah penting adalah biaya pengembangannya yang murah dan mudah diterapkan.

Kriteria yang disebutkan di atas, semuanya terpenuhi melalui penggunaan sel surya sebagai pengkonversi energi cahaya matahari yang berlimpah menjadi energi listrik yang dibutuhkan manusia. Sel surya sama sekali tidak mengemisikan gas buangan atau polutan seperti mesin motor atau pembangkit tenaga uap dan diesel. Biaya pengadaannya yang murah dan mudah digunakan sangat sesuai untuk diterapkan secara luas untuk memenuhi kemandirian listrik di daerah perkotaan maupun di daerah-daerah yang belum terjangkau oleh jaringan listrik [5].

Sebaran radiasi sinar matahari di wilayah Indonesia sebagaimana dimodelkan oleh Solargis seperti tampak pada Gambar 2.1. Dimana intesitas radiasi mataharinya berkisar dari 1400-2200 kWh/m^2 dan intesitas terbanyak ada di wilayah Nusa Tenggara dan pulau Jawa bagian timur.



Gambar 1. Sebaran radiasi matahari di wilayah Indonesia [8].

Energi Panas Matahari

Energi panas matahari merupakan salah satu bentuk energi yang dapat dikonversikan menjadi energi listrik melalui sistem konversi termal-mekanik. Selajutnya listrik yang dihasilkan dapat dipakai untuk keperluan industri, rumah tangga ataupun sektor komersial lainnya. Pembangunan instalasi energi panas matahari dilakukan pertamakali di wilayah gurun Sahara sekitar tahun 1910. Namun, karena penemuan bahan bakar minyak, Proyek ini menjadi terbengkalai dan tidak ditindak lanjuti. Dan setelah beberapa dekade kemudian proyek energi panas matahari ditinjau kembali [9].

Kolektor EPM diklasifikasi oleh EIA dalama tiga kategori, yaitu kolektor suhu rendah, medium dan tinggi. Kolektor suhu rendah bersuhu <90°C, sehingga dapat digunakan langsung sebagi sumber pemanas air untuk keperluan pemandian dan kolam renang. Kolektor suhu medium bersuhu 90-250°C, dimanfaatkan untuk sumber pemanas keperluan industri hingga pembangkit listrik. Suhu dari 250°C hingga 600°C dapat dihasilkan dari kolektor EPM. Jenis kolektor ini yang ideal untuk pembangkit listrik panas matahari (PLPM).

Jenis Teknologi Kolektor PLPM

Parabolic Trough. Kolektor jenis ini menggunakan cermin-cermin berbentuk parabolic untuk mengkonsentrasikan radiasi sinar matahari ke pipa penerima. Umumnya, konsetrator dan pipa penerima ditopang oleh konstruksi baja ringan. Jenis bahan dan bentuk konstruksi ini dirancang agar memperoleh konstruksi yang sesuai dengan kondisi lapangan, namun biayanya minimal. Cermin konsentrator yang diproduksi saat ini terbuat dari material gelas tipis dengan reflektansi sebesar 93,5 %. Upaya peningkatan nilai reflektansinya dapat mencapai 95% pada akhir tahun 2015 melalui material polimer ataupun menggunakan teknik pelapisan alumunium [1].

Pipa-pipa penerima panas dari konsentrator dibuat dari material khusus, dimana strukturnya terdiri atas gelas eksternal hingga pipa internal dengan faktor kehilangan panas yang kecil.

(a)

(b)

Gambar 2. (a) Komponen kolektor *Parabolic Trough* dan (b) komponen pipa penerima panas dari konsentrator [1].

Menara Surya. Konstruksi menara surya (*solar tower*) merupakan pengembangan lanjut dari teknologi PLPM. *Solar tower* terdiri atas menara dengan stasiun penerima di bagian puncaknya. Menara ini dikelilingi oleh sejumlah cermin-cermin pemfokus radiasi sinar matahari yang disebut dengan heliostat. Jumlah heliostat dapat mencapai ribuan dalam sebuah sistem konstruksi menara surya.

Heliostat diklasifikasi dalam tiga kategori. Pertama heliostat kecil dengan permukaan cermin seluas 1-7 m^2. Kedua, heliostat medium dengan luas permukaan cermin 8-61 m^2. Terakhir, kategori heliostat besar yang memiliki luas permukaan cermin 62-120 m^2 [1].

Tinggi menara surya disesuaikan dengan kapasitasi produksi listrik yang diinginkan. Menara yang lebih tinggi dapat mengakomodir jumlah heliostat yang lebih banyak, sehingga sinar matahari yang difokuskan ke penerima

juga lebih besar. Menara surya yang *superheated steam* dapat mengumpulkan panas hingga 540 ^{o}C dan efisiensi kerjanya mencapai 28%. Jenis menara surya *superheated steam* tengah dikembangkan oleh grup Brightsource dan Abengoa Solar [1].

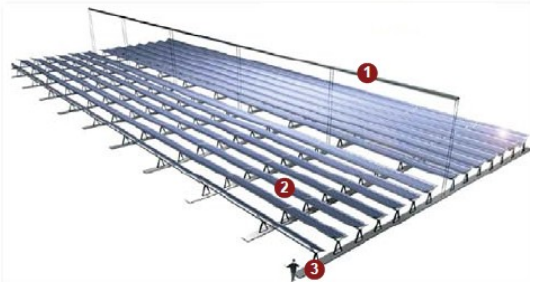
Gambar 3. Konstruksi menara surya, 1. Heliostat 2. Menara dan 3. Penerima.

Dish Stirling. Jenis teknologi PLPM ini hampir sama dengan konstruksi *Parabolic Trough*. Konstruksi *Dish Stirling* menggunakan konsentrator parabolik tertutup, dimana penerima panasnya ditempatkan tepat dititik fokus parabola. Jenis konstruksi PLPM ini tengah dikembangkan oleh pengembang seperti Tessera Solar, Infinia Solar Systems dan Schlaich Bergermann und Partner.

Gambar 4. Konstruksi *Dish Stirling:* 1. Permukaan cermin, 2. Kerangka penopang dan 3. Mesin *stirling* [1].

Konstruksi *Dish Stirling* memiliki efisiensi kerja yang tertinggi diantara semua konstruksi PLPM. Efisiensi kerja *Dish Stirling* dapat mencapai 41%.

Linear Fresnel. Konstruksi tekmologi yang terakhir ini terdiri dari pipa penerima, panel-panel reflektif dan kerangka penopang seperti pada Gambar 2.5. Sebagaimana yang dikemukan oleh tim A. T. Kearney (2010) efisiensi jenis konstruksi ini dapat mencapai 31% untuk PLPM [1].



Gambar 5. Konstruksi Linear Fresnel: 1. Penerima, 2. Panel-panel reflektif dan 3. Kerangka penopang [1].

METODE

Artikel ini menelaah (*review*) berbagai hasil penelitian dibidang Pembangkit Listrik Panas Matahari (PLPM) sebagai pengembangan potensi pembangkit listrik di Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagaimana yang telah disebutkan sebelumnya, pengembangan pembangkit listrik menggunakan panas matahari tengah dikembangkan di dunia. Amerika Serikat mengembangkan PLPM yang terpusat di California.

Selain itu, negara yang masif menggunakan PLPM adalah Spanyol. Proyek PLPM Andasol 1, Andasol 2 dan Andasol 3 yang dibangun di Granada dekat tepi laut Mediterania merupakan bagian dari proyek PLPM yang terbesar dengan kapasitas 2,5 GW [1].

Studi penggunaaan PLPM terintegrasi dengan desalinator air laut juga telah dikaji oleh tim yang tegabung dalam TREC (*Trans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation*). Proyek ini diharapkan mampu menyuplai listrik sebesar 450 GW dan diharapkan mulai beroperasi pada tahun 2025. Proyek PLPM terintegrasi dengan desalinator

ini juga diproyeksikan dapat memasok kebutuhan air di sekitar laut Mediterania, khususnya Afrika Utara dan Timur Tengah. Selain itu, proyek ini juga ditujukan untuk mengurangi emisi karbon di wilayah EUMENA (Eropa-Timur Tengah-Afrika Utara).

Gambar 6. PLPM Andasol I dengan dua tangki penyimpanan panas mulai dibangun pada tahun 2008 [1].

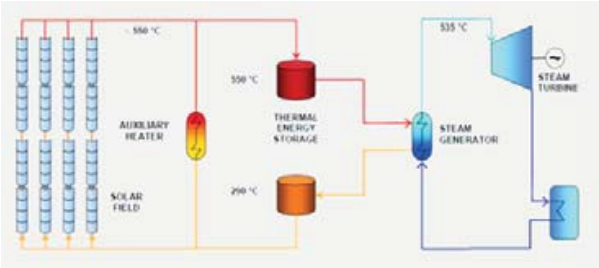
Prinsip Kerja PLTPMD

Pembangkit Listrik Panas Matahari (PLPM) merupakan salah satu kandidat sumber listrik yang cukup menjanjikan. Pembangkit listrik jenis ini bekerja sebagaimana mesin pembangkit uap pada umumnya. Memanaskan fluida dan menyalurkan uapnya melewati turbin generator untuk menghasilkan listrik. Perbedaannya hanya terletak pada sumber panasnya, PLPM memanfaatkan panas matahari secara langsung untuk memanaskan fluida hingga menghasilkan uap panas yang cukup untuk menggerakkan turbin generator listrik.

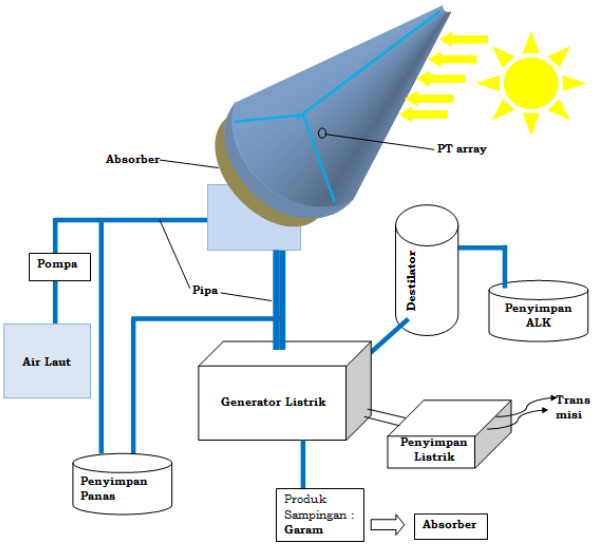
Gambar 7. Peroses perubahan bentuk energi pada PLPM.

Mekanisme perubahan energi pada PLPM dapat diilustrasikan sebagai berikut. Pertama cahaya matahari diubah menjadi energi panas melalui sistem pengumpul panas matahari. Kemudian energi panas atau kalor ini diubah menjadi energi mekanik melalui uap fluida yang telah dipanaskan. Dan terakhir energi mekanik ini menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik.

Untuk meningkatkan waktu pengoperasian PLPM, sistem penyimpanan panas harus diterapkan. Matahari hanya menyinari bumi rata-rata 12 jam saja tiap harinya untuk satu wilayah. Penyimpanan panas dapat dilakukan dengan cara yang sederhana. Salah satunya dengan menyimpan panas pada media garam lebur. Garam seperti kalium nitrat memiliki kapasitas penyimpan kalor mencapai 424,752 KJ/Kg dan melebur pada suhu 120 ^{o}C. Sistem penyimpanan panas dengan medium garam lebur melibatkan proses pengubahan medium panas dari garam lebur-fluida. Jenis fluida yang digunakan dapat berupa minyak atau senyawa aromatic, seperti benzena. Sistem aliran pipa dibuat sedemikin rupa agar memiliki kehilangan panas yang kecil.



Gambar 8. Prinsip kerja dan komponen PLPM dengan sistem penyimpan panas bermedium garam lebur [1].



Gambar 9. Ilustrasi PLPM.

Pengintegrasian desalinator dapat dilakukan dengan merancang konstruksi kondensator yang dimodifikasi menjadi desalinator. Air laut akan menguap pada suhu diatas 150°C. PLPM konstruksi *Parabolic Trough* dapat mencapai suhu 250-550°C. Jadi, konstruksi ini sudah dapat menggunakan sistem penyimpanan panas garam lebur dan dapat memanaskan air laut menjadi uap air. Teknologi pemurnian air hasil dari desalinator ini harus diterapkan untuk memperoleh air yang benar-benar layak konsumsi. Ilustrasi PLPM ditunjukkan oleh Gambar 9.

Komponen PLPM

Komponen utama pada pembangkit listrik berbasis energi panas matahari adalah kolektor panas berupa cermin konsentrator *Parabolic Trough*. Cermin ini dapat mengumpulkan panas matahari secara optimal. Sistem penyimpan panas yang meggunakan leburan garam sebagai medianya. Garam seperti kalium nitrat memiliki titik lebur pada suhu 120°C. Garam jenis ini sudah dipakai pada pembangkit listrik panas matahari yang memakai sistem penyimpanan panas [1]. Fluida untuk *exchanger* panas dapat menggunakan minyak atau senyawa aromatic seperti benzena. Sistem pipanisasi dibangun sedemikian rupa agar memiliki kehilangan panas yang minimal. Tangki penyimpan garam lebur juga harus adiabatik. Turbin generator listriknya disesuaikan dengan kapasitas pembangkitnya. Kondesator yang telah dimodifikasi menjadi desalinator dilengkapi dengan sistem pemurnian air agar diperoleh ALK.

Upaya optimalisasi kerja pembangkit dapat dilakukan dengan cara simulasi terlebih dahulu seperti yang dilakukan oleh Menendez dkk, yang memodelkan cara kerja PLPM dengan sistem penyimpanan panas garam lebur [10].

KESIMPULAN

Pembangunan PLPM yang terintegrasi dengan desalinator air laut merupkan proyek pembangunan yang prospektif untuk menyediakan layanan listrik dan ALK berkelanjutan di wilayah pesisir. Pembangunan proyek ini akan mewujudkan kemandirian energi listrik dan air bersih di wilayah pesisir. Konstruksi PLPM yang cocok digunakan adalah kolektor penyimpan panas dengan cermin konsentrator *parabolic through* yang dapat menyimpan panas dengan maksimal. Sudah selayaknya dilakukan studi awal untuk mengobservasi lokasi pembangungan PLPM di Indonesia sebagaimana yang telah dilakukan di zona Mediterania.

REFERENSI

1. Kearney, AT. (2010). *Solar Thermal Electricity 2025*. ESTELA : Germany
2. TREC. (2004). A Renewable Energi and Development Partnership EU-ME-NA for Large Scale Solar Therma Power & Desalination in The Midle East and in North Africa. Tematic Background Paper for the MENAREC conference in Sanaa, 22/24 April of 2004, in Prepation of The *International Conference On Renewables 2004*, 1-4 of June.
3. Tukimon, M. F., Muhammad, W. N. A., Mohamad., Md., N., A., dan Yusuf, F. (2017). Characterization and Thermal Properties of Nitrate Based Molten Salt for Heat Recovery System. *Journal of Physic: Conf. Ser. 914 012016.*
4. [EIA. (2013). International Energi Outlook 2013. *Energi Information Administration*. www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2013).pdf. Diakses tanggal 15 Mei 2019.
5. [Markvart, T. (1994). *Solar Electricity (UNESCO Energi Engineering Series)*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
6. Neville, R. C. (1995). *Solar Energi Conversion: The Solar Cell (Second Edition)*. Amsterdam: Elsevier Science BV.

7. El Refi, K. S. (2013). *Dye-Sensitized Solar Cells Using TiO2 as a Semiconducting Layer.* Thesis of Islamic University of Gaza.
8. Solargis. (2019). Solar Resources Data. Diakses pada 25 Agustus 2019, URL: https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/indonesia www.solargis.com.
9. Wikipedia. (2019). Energi Panas Surya. Diakses pada 25 Agustus 2019, URL: https://id.m.wikipedia.org/wiki/Energi_panas_surya.
10. Menendez, R. P., Martinez, J. A., Prieto, M. J., Barcia, L. A., & Sanchez, J. M. 2014. A Novel Modeling of Molten-Salt Heat Storage Systems in Thermal Solar Power Plants. *Energies.* (7): 6721-6740

Artikel ini menggunakan lisensi Creative Commons Attribution 4.0 International License