

Analisis dan Aplikasi Kincir Angin Plat Datar Tipe Trapezium sebagai Penggerak Pompa Torak pada Sistem Sirkulasi Air Laut di Tambak Garam

¹Verdy A. Koehuan, ²Suliha N. I. Neonufa, ¹Kristomus Boimau

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

²Jurusan Teknik Arsitektur, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Email: verdy_koehuan@yahoo.com

ABSTRAK

Analisis dan aplikasi pompa torak dan kincir untuk sistem sirkulasi air laut di tambak garam dilakukan dengan kondisi desain kincir angin plat datar tipe trapezium adalah diameter rotor 2,25 m digunakan sebagai penggerak pompa torak sistem kerja tunggal yang panjang langkahnya 12 cm dan diameter silinder 2,5 inch dari bahan pipa PVC untuk sirkulasi air laut dalam tambak garam dengan debit pompa 0,5 liter/detik. Analisis pompa dan kincir angin untuk diketahui karakteristik torsi dari sistem yang telah dipasang. Dalam penelitian ini, prosedur untuk menghitung parameter desain kincir angin dan pompa didasarkan pada optimasi torsi yang disediakan kincir angin dan torsi yang dibutuhkan pompa tersebut. Hasil penelitian menunjukkan torsi awal yang dibutuhkan kincir untuk menggerakkan pompa adalah 21,4 Nm, lebih kecil dari yang dihasilkan kincir yakni 30,1 Nm yang artinya pompa sudah berkerja pada rasio kecepatan ujung blade 0,7 dan kecepatan angin 2,7 m/s. Pada sistem sirkulasi air garam di tambak garam ini telah terpasang empat buah unit kincir dan pompa, masing-masing dua unit pada sisi pemasok air dan dua unit pada sisi sirkulasi. Jadi dengan kapasitas aliran 2 x 0,5 liter per detik atau 60 liter per menit pada meja ulir, akan mengurangi biaya yang dikeluarkan para petani untuk membeli bahan bakar untuk menggerakkan pompa diesel yang biasanya mereka gunakan dalam operasional tambak garam.

Kata Kunci: Kincir Angin, petani garam, Torsi, Pompa Torak, Airkulasi Air Laut

ABSTRACT

Analysis and application of piston pumps and windmills for seawater circulation system in the salt ponds is done with a windmill design conditions of the flat plate-type trapezium is a rotor diameter of 2.25 m is used as the driving piston pumps single working system that stride length of 12 cm and a diameter of cylinders 2.5 inch PVC pipe material for seawater circulation in the salt ponds with pump discharge of 0.5 liters/sec. Analysis pumps and windmills to be known torque characteristics of the system that has been installed. In this study, the procedure to calculate the parameters of the windmill and pump design is based on the optimization of torque supplied windmill and the pump torque required. The results showed the initial torque required to drive the pump wheel is 21.4 Nm, is smaller than that produced by the windmill 30.1 Nm, which means the pump has been working on the blade tip speed ratio of 0.7 and a wind speed of 2.7 m/s. In salt water circulation system in the salt ponds have been installed four windmills and pump units, each of the two units on the water supply side and two units on the side of the circulation. So with a flow capacity of 2 x 0.5 liters per second or 60 liters per minute at a table screw, will reduce costs for farmers to buy fuel for diesel pumps that typically move their operational use in salt ponds.

Keywords: Windmill, Salt Farmers, Torque, Piston Pumps, Seawater Circulation

PENDAHULUAN

Model konstruksi sistem pengolahan tambak garam yang diterapkan oleh petani tambak garam diantaranya adalah konstruksi kompleks meja, dimana sirkulasi air di tambak garam dilakukan secara alamiah. Air dari waduk dialirkan ke meja ulir dan selanjutnya ke meja

kristal yang pengelolaannya diatur dengan sistem buka tutup pintu air. Kendala yang dihadapi adalah pada meja ulir, sirkulasi airnya tidak berjalan baik karena permukaan tanah yang rata sehingga airnya tidak mengalir lancar. Sementara pada proses pembentukan air tua (dari 30 Be menjadi 250 Be) harus menjaga air agar tetap mengalir sehingga waktu yang

dibutuhkan akan lebih singkat. Sirkulasi air di meja ulir ini dilakukan dengan menggunakan pompa air yang disirkulasikan dari meja ulir terakhir dan kembali ke meja ulir pertama yang dilakukan secara berulang sampai kadar garam mencapai 250 Be barulah dialirkan ke meja kristal.

Salah satu energi terbarukan yang berkembang pesat di dunia saat ini adalah energi angin. Energi angin merupakan energi terbarukan yang sangat fleksibel. Energi angin dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan misalnya pemompaan air untuk irigasi, pembangkit listrik, pengering atau pencacah hasil panen, aerasi tambak ikan atau udang, pendingin ikan pada perahu-perahu nelayan dan lain-lain. Selain itu, pemanfaatan energi angin dapat dilakukan di mana-mana, baik di daerah landai maupun dataran tinggi, bahkan dapat diterapkan di laut, berbeda halnya dengan energi air. Djodjohardjo, H. & Molly, J. P., (1983). Pemanfaatan energi angin ini, selain dapat mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, diharapkan juga dapat meningkatkan efektifitas dan efisiensi sistem pertanian, yang pada gilirannya akan meningkatkan produktifitas masyarakat pertanian. Walaupun pemanfaatan energi angin dapat dilakukan di mana saja, daerah-daerah yang memiliki potensi energi angin yang tinggi tetap perlu diidentifikasi agar pemanfaatan energi angin ini lebih kompetitif dibandingkan dengan energi alternatif lainnya. Hatakeyama M. F. Ebara, (2006).

Sistem penggerak dengan memanfaatkan energi angin untuk menggerakkan pompa torak dengan penghubung batang torak dan pipa air, sangat ekonomis untuk aplikasi pada sistem sirkulasi air laut di tambak garam. Prinsipnya sangat sederhana, dimana angin menggerakkan baling-baling turbin yang dihubungkan dengan poros penggerak yang akan menggerakkan tuas pompa torak secara bolak balik melalui mekanisme engkol untuk pemompaan air. Kapasitas pemompaan air tergantung pada diameter pompa torak, panjang langkah, dan diameter turbin angin yang digunakan. Ketika pompa langsung digabungkan ke turbin angin, torsi awal dari rotor adalah sama dengan torsi maksimum yang diperlukan oleh pompa. Torsi awal yang dibutuhkan pompa piston setidaknya

tiga kali torsi rata-rata. Ini berarti bahwa pompa membutuhkan kecepatan angin yang tinggi hanya untuk dimulainya putaran rotor turbin. Oleh karena itu, dalam penelitian dilakukan analisis dan aplikasi pompa dan turbin angin pada tambak garam untuk diketahui karakteristik torsi dari sistem yang telah dipasang dan efektifitas dari penggunaan sistem sirkulasi ini.

Dalam penelitian ini, prosedur untuk menghitung parameter desain turbin angin dan pompa akan dipelajari. Prosedur desain yang diusulkan didasarkan pada optimasi turbin angin dan pompa tersebut, mengarah ke performa terbaik dari unit turbin angin dan pompa. Untuk realisasi tujuan ini kondisi berikut patut diperhitungkan, yakni daya keluaran dari turbin angin dan kecepatan putaran pompa. Daya output dari turbin angin adalah sama dengan input daya ke pompa, karakteristik torsi dari turbin angin dan pompa piston.

METODE PENELITIAN

Rumusan Analisis Rancangan

Analisis dan aplikasi pompa torak dan kincir untuk sistem sirkulasi air laut di tambak garam dilakukan dengan kondisi desain kincir angin plat datar tipe trapezium adalah diameter rotor 2,25 m digunakan sebagai penggerak pompa torak sistem kerja tunggal yang panjang langkahnya 14 cm dan diameter silinder 2,5 inch dari bahan pipa PVC untuk sirkulasi air laut dalam tambak garam. Pembuatan rotor turbin angin yang baling-balingnya terbuat dari bahan plat aluminium 0,9 mm, plat aluminium dipotong membentuk trapesium dengan panjang 1,0 m, lebar 20 cm dan 25 cm. Rotor terdiri atas empat baling-baling yang dipasang pada flens rotor dengan posisi sudut serang 45^o. Target luaran yang akan dihasilkan adalah produk model pompa torak dan kincir angin untuk sistem distribusi air pada lahan tambak garam untuk meningkatkan produktifitas usaha garam para petani. Luas lahan 1 ha memerlukan 4 buah kincir untuk mempercepat proses sirkulasi air di tambak garam.

Dalam penelitian ini, prosedur untuk menghitung parameter desain turbin angin dan

pompa akan dipelajari. Prosedur desain yang diusulkan didasarkan pada optimasi turbin angin dan pompa tersebut, mengarah ke performa terbaik dari unit turbin angin dan pompa. Untuk realisasi tujuan ini kondisi berikut patut diperhitungkan, yakni daya keluaran dari turbin angin dan kecepatan putaran pompa. Daya output dari turbin angin adalah sama dengan input daya ke pompa, karakteristik torsi dari turbin angin dan pompa piston.

Angin adalah udara yang bergerak dari tekanan udara yang lebih tinggi ke tekanan udara yang lebih rendah. Perbedaan tekanan udara disebabkan oleh perbedaan suhu udara akibat pemanasan atmosfer yang tidak merata oleh sinar matahari. Karena bergerak angin memiliki energi kinetik. Energi angin dapat dikonversi atau ditransfer ke dalam bentuk energi lain seperti listrik atau mekanik dengan menggunakan kincir atau turbin angin. Oleh karena itu, kincir atau turbin angin sering disebut sebagai Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). Daya angin tidak dapat ditransfer seluruhnya menjadi daya mekanik rotasi. Dalam hal ini, efisiensi mesin (turbin angin) yang disebut koefisien daya (C_p) yang nilainya merupakan karakteristik dari turbin yang secara teoritis memiliki nilai maksimum ($C_{p,max} = 0,593$), Eggleston, D. M. & Stoddard, F. S., (1987). Dimana daya mekanik turbin dan daya yang dibutuhkan pompa adalah:

$$P_{turbin} = P_{pompa} \quad (1)$$

$$y_m P_m = P_{hidrolik} \quad (2)$$

$$y_m \frac{1}{2} \rho_a C_p f R^2 V^3 = \rho_w g H = \gamma QH \quad (3)$$

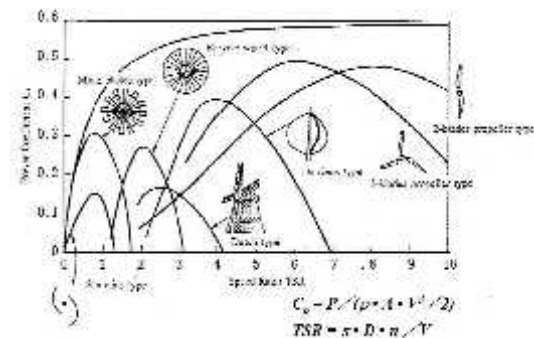
$$P_m = \frac{\rho_a C_p f R^2 V^3}{2} \quad (4)$$

$$y_m P_m = P_{hidrolik} = \rho_w g H = \gamma QH \quad (5)$$

Dimana P_m adalah daya mekanik turbin angin, y_m adalah efisiensi mekanik, ρ_a adalah massa jenis udara, R adalah jari-jari sapuan rotor, dan V adalah kecepatan angin. Sedangkan

parameter pompa, ρ_w adalah massa jenis air, γ berat jenis air, Q adalah debit aliran, dan H adalah tinggi angkat pompa. Selain parameter C_p , turbin angin juga memiliki parameter lain yang disebut dengan perbandingan kecepatan

linear ujung blade, U terhadap kecepatan angin atau tip speed ratio (TSR, λ), yang dirumuskan sebagai berikut:



Gambar 1. Hubungan antara koefisien daya dengan tip speed ratio (TSR)



Gambar 2. Mekanisme engkol pada turbin angin penggerak pompa torak

$$\lambda = \frac{\omega R}{V} = \frac{U}{V} \quad (6)$$

Sehingga torsi, T yang dihasilkan turbin dan yang dibutuhkan pompa dapat dihitung dengan W gaya berat batang torak, F jumlah gaya yang diatasi oleh turbin, A_p luas penampang piston, l panjang langkah torak, D_T adalah diameter rotor turbin, dan n putaran rotor, sebagai berikut:

$$T = \frac{P_m}{\omega} \quad (7)$$

$$F = W + \gamma A_p H \quad (8)$$

$$T = K l F = K l (W + \gamma A_p H) = K l W + \frac{30}{n} \gamma QH \quad (9)$$

$$P_m = \frac{1}{2} \rho_a C_p \frac{f}{4} D_T^2 V^3 \quad (10)$$

$$T = K l W + 4,5 y_m \frac{D_T^2 V^3}{n} \quad (11)$$

Dimana $K = 1$ adalah tidak menggunakan roda

gigi

Gaya hidrolik,

$$F = \frac{\rho g A H}{\cos \alpha} \quad (12)$$

Momen akibat gaya hidrolik F , dengan jari-jari engkol b

$$M = F \cdot b \quad (13)$$

Kerja yang dibutuhkan untuk menaikkan air dengan tinggi angkat H dan panjang langkah s ,

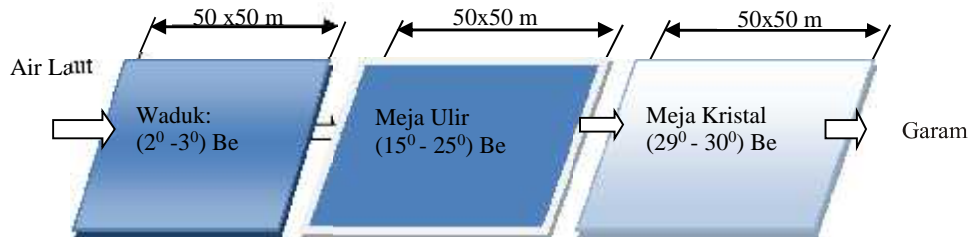
$$W = F s \quad (14)$$

Energi kinetik turbin

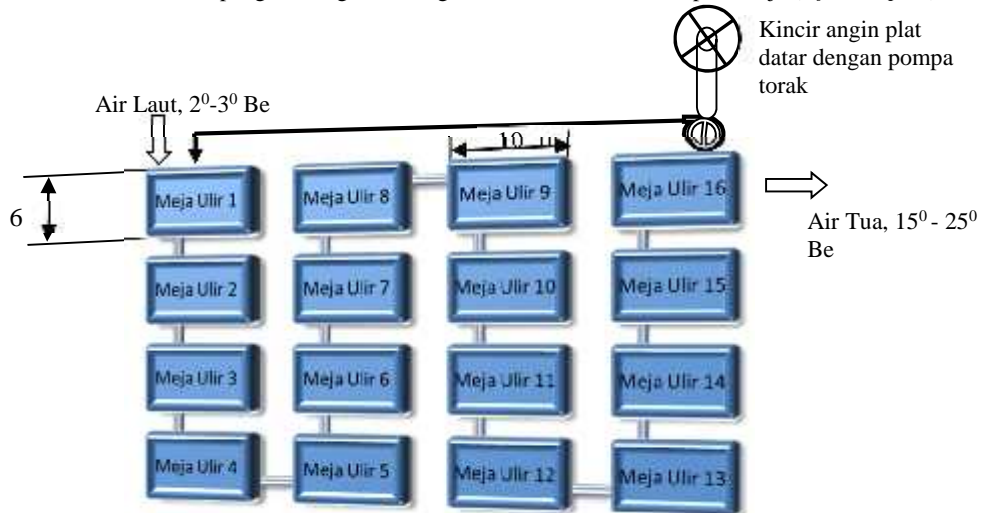
$$E_k = 0,5 I \omega^2 \quad (15)$$

Dimana momen inersia, I adalah

$$I = 0,5 m_t R_r^2 + m_{poros} \Gamma_{poros}^2 \quad (16)$$



Gambar 3. Sistem pengolahan garam dengan model konstruksi kompleks meja (*tadel complex*)



Gambar 4. Sistem distribusi air di meja ulir dengan pompa torak yang digerakan oleh kincir angin plat datar

Bagian-Bagian Utama Pompa Torak

- Torak merupakan elemen yang berfungsi mengatur perpindahan tempat zat cair, torak biasanya terdiri dari sejumlah cakera. Untuk merapatkan torak dan silinder maka dipasang gelang perapat dengan tujuan agar torak tidak menyinggung silinder sehingga rugi gesekan tidak banyak yang terjadi. Torak biasanya terbuat dari besi tuang atau karet tebal.
- Silinder atau rumah pompa merupakan tempat Bergeraknya torak serta mengalirkan zat cair yang akan ditekan, silinder biasanya terbuat dari pipa besi tuang, namun pemilihan bahan

pembuatan silinder haruslah diperhatikan jenis fluida yang dipindahkan untuk mencegah karat yang mungkin terjadi.

- Katup berfungsi membuka dan menutup saluran-saluran dari fluida.

Layout Sistem

Agar lebih ekonomis dan efisien maka perlu dimanfaatkan sumber daya alam seperti energi angin untuk menggerakkan pompa torak untuk proses pemompaan air sirkulasi pada tambak garam, (Gambar 3). Target luaran yang dihasilkan adalah produk model pompa torak dan kincir angin untuk sistem distribusi air pada

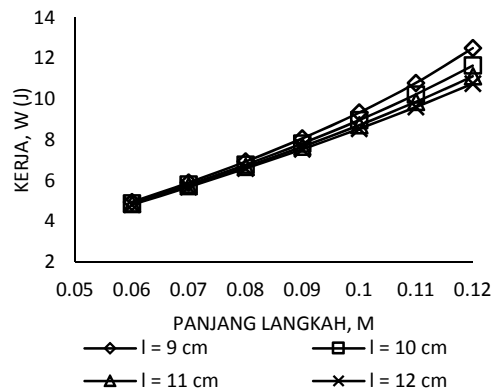
lahan tambak garam untuk meningkatkan produktifitas usaha garam para petani. Luas lahan 1 ha memerlukan 4 buah kincir untuk mempercepat proses sirkulasi air di tambak garam. Selain itu, masyarakat juga menguasai pengoperasian dan pemeliharaan alat tersebut, sehingga mereka menjadi mandiri dan dapat melakukan aktifitas usaha secara berkelanjutan. Gambar 4, merupakan gambaran produk teknologi yang diterapkan.

PEMBAHASAN

Analisis dan aplikasi pompa torak dan kincir untuk system sirkulasi air laut di tambak garam dilakukan dengan kondisi desain kincir angin plat datar tipe trapezium adalah diameter rotor 2,25 m digunakan sebagai penggerak pompa torak sistem kerja tunggal yang panjang langkahnya 12 cm dan diameter silinder 2,5 inch dari bahan pipa PVC untuk sirkulasi air laut dalam tambak garam dengan debit pompa 0,5 liter/detik. Analisis pompa dan kincir angin untuk diketahui karakteristik torsi dari sistem yang telah dipasang. Dalam penelitian ini, prosedur untuk menghitung parameter desain turbin angin dan pompa didasarkan pada optimasi torsi yang disediakan turbin angin dan torsi yang dibutuhkan pompa tersebut. Daya keluaran dari turbin angin dan kecepatan putaran pompa. Daya output dari turbin angin adalah sama dengan input daya ke pompa, karakteristik torsi dari turbin angin dan pompa piston. Sebelum dilanjutkan pada analisa torsi, terlebih dulu dilakukan analisa mekanisme engkol yang digunakan untuk menghubungkan pompa dan turbin angin.

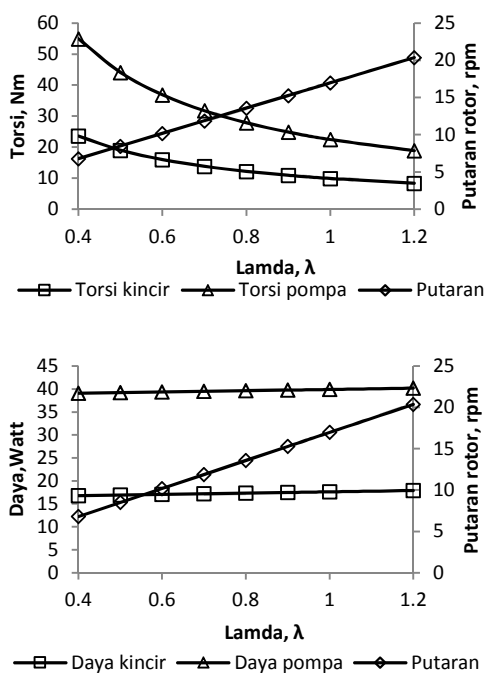
Analisa yang dilakukan dengan variasi panjang batang engkol (9 cm hingga 12 cm) dan jari-jari engkol 3 cm hingga 6 cm atau panjang langkah torak 6 cm hingga 12 cm. Gambar 5 memperlihatkan makin besar panjang langkah torak maka kerja mekanik yang dibutuhkan pompa juga makin besar, sementara makin besar panjang batang engkol maka kerja mekanik menjadi makin kecil. Hal ini karena panjang langkah yang besar akan memberi momen yang besar pada engkol, sedangkan makin panjang batang engkol maka makin kecil sudut engkol pada posisi momen maksimum yang menyebabkan makin rendah kerja mekanik yang

dibutuhkan. Hasil analisa dimensi turbin yang digunakan memperlihatkan makin besar kecepatan angin maka makin tinggi energi kinetik yang dikonversi oleh turbin angin.

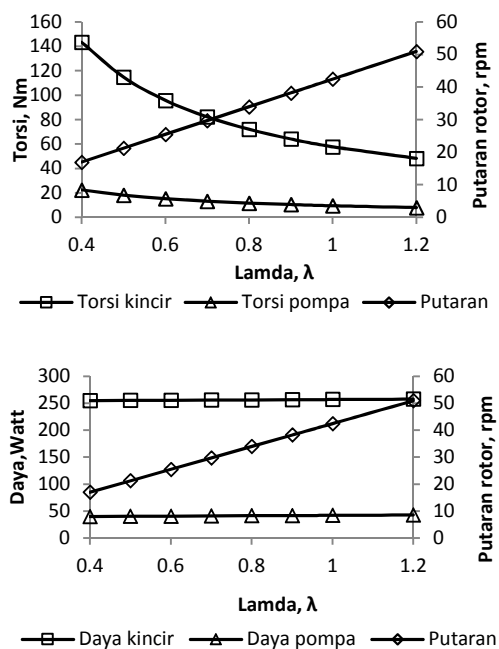


Gambar 5. Hubungan panjang langkah torak dan kerja pompa pada beberapa variasi panjang batang engkol

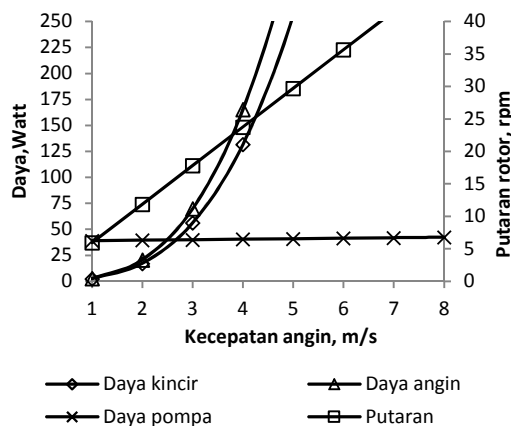
Analisa torsi sistem turbin angin dan pompa torak dari Gambar 6 hingga Gambar 9 memperlihatkan karakteristik torsi dan daya mekanik kincir pada kondisi kecepatan angin yang berbeda. Pada kecepatan angin hingga 2 m/s, torsi kincir belum mampu menggerakkan pompa yang ditunjukkan dengan torsi dan daya pompa yang lebih besar dari yang dihasilkan kincir. Namun pada kecepatan angin 2,7 m/s (Gambar 10), torsi dan daya kincir sudah lebih besar dari yang dibutuhkan pompa, sehingga pompa sudah dapat bekerja. Hasil analisis menunjukkan makin besar kecepatan angin maka torsi yang dibangkitkan juga makin besar, sedangkan torsi yang dibutuhkan pompa saat putaran awal lebih besar dan putaran selanjutnya torsinya akan menurun. Agar kincir dapat bekerja optimal, maka sebaiknya kincir dioperasikan pada rasio kecepatan ujung blade atau lamda sebesar 0,7 agar torsi mula-mula yang dibutuhkan untuk memutar kincir tidak terlalu besar. Gambar 7 menunjukkan torsi awal yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa torak 31,7 Nm ($\lambda=0,7$), lebih besar dari yang dihasilkan kincir yakni 13,8 Nm, artinya pompa belum bekerja. Namun pada Gambar 8 menunjukkan torsi awal yang dibutuhkan kincir untuk menggerakkan pompa adalah 21,4 Nm, lebih kecil dari yang dihasilkan kincir yakni 30,1 Nm yang artinya pompa sudah bekerja.



Gambar 7. (a) Hubungan antara torsi dan lamda, dan (b) hubungan daya dan putaran rotor pada $V = 2$ m/s



Gambar 9. (a) Hubungan antara torsi dan lamda, dan (b) hubungan daya dan putaran rotor pada $V = 5$ m/s



Gambar 10. Hubungan antara daya dan kecepatan angin pada lamda (TSR) = 0,7

Kapasitas pemompaan air tergantung pada diameter pompa torak dan diameter turbin angin yang digunakan. Pompa torak yang dibuat dengan kapasitas pemompaan air 0,5 liter/detik dan tinggi angkat 2,5 m. Analisis yang dilakukan pada kapasitas pemompaan ini menunjukkan torsi yang dibutuhkan pompa 21,4 Nm dan daya 56,2 W pada kecepatan angin 3 m/s dengan putaran rotor 17,8 rpm sistem sudah dapat bekerja dengan baik. Pada sistem sirkulasi air garam di tambak garam ini telah terpasang empat buah unit kincir dan pompa, masing-masing dua unit pada sisi pemasok air dan dua unit pada sisi sirkulasi. Jadi dengan kapasitas aliran 2 x 0,5 liter per detik atau 60 liter per menit pada meja ulir, akan mengurangi biaya yang dikeluarkan para petani untuk membeli bahan bakar untuk menggerakkan pompa diesel yang biasanya mereka gunakan dalam operasional tambak garam.

Hasil pengamatan yang dilakukan dari operasional empat buah kincir di lokasi tambak garam menunjukkan perubahan dalam lama waktu yang dibutuhkan dalam satu kali periode panen. Biasanya waktu yang dibutuhkan oleh petani dalam sekali panen (mulai dari pemasukan air di meja ulir hingga meja kristal dan panen) adalah berkisar 4-5 hari (dalam sebulan 5-6 kali panen). Namun dengan pemasangan empat buah unit kincir ini, maka waktu yang dibutuhkan oleh petani dalam sekali panen menjadi lebih cepat yakni 3 hari (dalam sebulan 8-9 kali panen). Dengan makin cepat

masa panen pada tambak garam ini, maka membawa dampak pada peningkatan kapasitas produksi garam.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Aplikasi pompa torak dan kincir untuk sistem sirkulasi air laut di tambak garam dilakukan dengan kondisi desain kincir angin plat datar tipe trapezium adalah diameter rotor 2,25 m digunakan sebagai penggerak pompa torak sistem kerja tunggal yang panjang langkahnya 12 cm dan diameter silinder 2,5 inch dari bahan pipa PVC untuk sirkulasi air laut dalam tambak garam dengan debit pompa 0,5 liter/detik.
- Torsi awal yang dibutuhkan kincir untuk menggerakkan pompa adalah 21,4 Nm, lebih kecil dari yang dihasilkan kincir yakni 30,1 Nm yang artinya pompa sudah berkerja pada rasio kecepatan ujung blade 0,7 dan kecepatan angin 2,7 m/s.
- Pompa torak yang dibuat dengan kapasitas pemompaan air 0,5 liter/detik dan tinggi angkat 2,5 m. Analisis yang dilakukan pada kapasitas pemompaan ini menunjukkan torsi yang dibutuhkan pompa 21,4 Nm dan daya 56,2 W pada kecepatan angin 3 m/s dengan putaran rotor 17,8 rpm sistem sudah dapat bekerja dengan baik.
- Pada sistem sirkulasi air garam di tambak garam ini telah terpasang empat buah unit kincir dan pompa, masing-masing dua unit pada sisi pemasok air dan dua unit pada sisi sirkulasi. Jadi dengan kapasitas aliran $2 \times 0,5$ liter per detik atau 60 liter per menit pada meja ulir, akan mengurangi biaya yang dikeluarkan para petani untuk membeli bahan bakar untuk menggerakkan pompa diesel yang biasanya mereka gunakan dalam operasional tambak garam.
- Dengan pemasangan empat buah unit kincir ini, maka waktu yang dibutuhkan oleh petani dalam sekali panen garam menjadi lebih cepat yakni 3 hari (dalam sebulan 8–9 kali panen). Dengan makin cepat masa panen pada tambak garam ini, maka membawa dampak pada peningkatan kapasitas produksi garam.

Saran

- Masyarakat kelompok tani perlu diberikan bantuan modal usaha untuk mengembangkan usaha, terutama kelompok tani garam agar dapat meningkatkan pendapatan dan produktifitas.
- Sistem petak atau meja ulir harus dibuat secara baik agar sirkulasi air dapat berlangsung dengan benar. Pada meja Kristal yang merupakan tempat terbentuknya garam, sehingga untuk memperoleh hasil garam yang baik harus dipasang alas terpal pada dasarnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional, DIPA Universitas Nusa Cendana MAK 521219 Kode Kegiatan 2013.109.020 sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Program Ipteks Bagi Masyarakat pada Lembaga Pengabdian Kepada Masyarakat Nomor: 945/UN15.20/PM/2014, Tanggal 1 Juli 2014

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Djodjodhardjo, H. & Molly, J. P., (1983). *Wind Energy System*, Penerbit Alumni, Bandung.
- [2] Eggleston, D. M. & Stoddard, F. S., (1987) *Wind Turbine Engineering Design*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- [3] Hatakeyama M.F. Ebara., (2006). *Effective Energy System for Preservation of the Environment, Short Course – Workshop, Fluid Machinery Laboratory ITB.*
- [4] Nur Untoro, (2008). *Desain Turbin Angin Penggerak Pompa Air, Paradigma Vol. 12 No. 1 Juni 2008*, hal 1-8
- [5] Verdy Koehuan, (2006). *Aerodynamic Design and Analysis of Wind Turbine Blade Propeller Type with Power 500 kW, Proceedings of the international conference on fluid and thermal energy conversion.* Jakarta.

- [6] Verdy A. Koehuan, Aplikasi Turbin Angin Tipe Propeler Tiga Blade Untuk Pemompaan Air Dari Sumur Bor Sebagai Solusi Pemanfaatan Energi Alternatif Untuk Irigasi, *Media Exacta, Journal of Science and Engineering*, ISSN : 1412-771, Volume 15 No. 2, Juli 2013, Hal :1673 – 1685.