

KINERJA JARINGAN IRIGASI AIR TANAH PADA IRIGASI HEMAT AIR BERBASIS POMPA AIR TENAGA SURYA

PERFORMANCE OF GROUNDWATER IRRIGATION SYSTEM ON DRIP IRRIGATION USING SOLAR WATER PUMP

Oleh:

Marasi Deon Joubert¹⁾, Dadang Ridwan²⁾, Ratna Manik Pratiwi¹⁾

¹⁾ Balai Litbang Irigasi, Puslitbang Sumber Daya Air, Balitbang, Kementerian PUPR
Jl. Cut Meutia 147, Bekasi, Jawa Barat, Indonesia 17113

²⁾ Subdit OP Irigasi dan Rawa, Dit Bina OP, Ditjen SDA, Kementerian PUPR
Jl. Pattimura 20, Kebayoran Baru, Jakarta Selatan, Indonesia

Komunikasi Penulis, Telp: +62-21-8801365 (203); email: marasidj@gmail.com

Naskah ini diterima pada 2 November 2016; revisi pada 1 April 2017;
disetujui untuk dipublikasikan pada 17 April 2017

ABSTRACT

Groundwater Irrigation Network (JIAT) contributes substantially to agricultural production especially in the dry season. Limited water availability needs to be handled by water-efficient irrigation methods. JIAT which is built in Ponorogo has not been optimally utilized yet. So, it needs to be revitalized using both drip irrigation and solar energy system to operate the submersible pump. This study uses 51 solar panels covering area of 120 m². Evaluation results of the technology application shows that solar energy can generate 7,873.5 watts, maximum discharge 14.17 liter/second, average CO₂ emission reduction 4.1 kg/day, 96.51% irrigation uniformity, drip uniformity of 97.72% and emitter rate of 3.99 mm/hr. CO₂ emission can be reduced until 1.29 tons for one pump operation on 10 consecutive months. Moreover, potential reduction of CO₂ will reach 4.506 tons in a year if 50% of JIAT pumps from 7,000 existing pumps can be converted to be solar-based pumps. Water productivity for the cultivation of watermelon plants can be achieved as 35.63 kg/m³ water. The water-use efficiency is 60% - 92% compared to the similar research. In addition, pump-operation costs can be decreased to 94.92% compared to the cost of diesel-fueled pump.

Keywords: *JIAT, solar cell, water saving irrigation, drip irrigation, water pump*

ABSTRAK

Jaringan Irigasi Air Tanah (JIAT) memberikan kontribusi yang besar bagi produksi pertanian terutama pada musim kemarau. Ketersediaan air yang terbatas perlu diatasi dengan metoda irigasi hemat air termasuk biaya operasinya. JIAT yang sudah terbangun di Ponorogo belum termanfaatkan secara optimal, sehingga perlu direvitalisasi dengan cara menerapkan sistem irigasi hemat air metoda irigasi tetes dan dengan memanfaatkan energi matahari sebagai penggerak pompa air. Pada penelitian ini digunakan panel matahari sebanyak 51 unit di lahan seluas 120 m². Hasil evaluasi penerapan teknologi di demplot memberikan gambaran bahwa *output* daya maksimum yang dihasilkan sebesar 7.873,5 watt, debit maksimum 14,17 liter/detik, pengurangan emisi CO₂ rerata 4,1 kg/hari, keseragaman irigasi 96,51%, keseragaman tetesan 97,72% dan laju tetesan *emitter* 3,99 mm/jam. Pengurangan emisi CO₂ untuk operasi satu pompa selama 10 bulan berturut-turut mencapai 1,29 ton. Jika 50% pompa JIAT dari total 7.000-an pompa eksisting yang dapat dikonversi menjadi pompa berbasis tenaga surya, maka potensi pengurangan CO₂ mencapai 4.506 ton dalam setahun. Produktivitas air dapat dicapai sebesar 35,63 kg/m³ air untuk budidaya tanaman semangka. Efisiensi penggunaan air sebesar 60% - 92% jika dibandingkan penelitian sejenis. Selain itu, biaya operasi dapat ditekan sampai 94,92% jika dibandingkan dengan biaya operasi pompa berbahan bakar minyak.

Kata Kunci: *JIAT, tenaga surya, hemat air, irigasi tetes, pompa air*

I. PENDAHULUAN

Jaringan irigasi yang memanfaatkan air tanah sebagai sumber air atau dikenal dengan Jaringan Irigasi Air Tanah (JIAT) memberikan kontribusi yang besar bagi produksi pertanian terutama pada musim kemarau. Sejak tahun 70-an, pemerintah telah mengembangkan sekitar 7.000 JIAT yang tersebar hampir di seluruh provinsi. Pengembangan JIAT menjadi sebuah solusi untuk membantu para petani lokal mewujudkan pertanian sepanjang tahun dengan memanfaatkan sumber daya air tanah melalui *Decentralized Irrigation System Improvement Project in Eastern Region of Indonesia* (Soetrisno, 2006).

Petani umumnya memanfaatkan JIAT dengan sistem irigasi genangan untuk memenuhi kebutuhan air di lahan. Untuk memastikan bahwa seluruh bagian lahan menerima air dengan jumlah yang seragam, maka pada proses penggenangan lahan diperlukan air dalam jumlah banyak, terutama di daerah dengan tingkat porositas yang tinggi. Sistem irigasi genangan seperti ini cenderung boros air karena air yang dialirkan ke lahan akan banyak terbuang percuma melalui evaporasi maupun perkolasi yang tinggi.

Mesin penggerak pompa pada JIAT masih menggunakan bahan bakar minyak. Untuk mendapatkan air dalam jumlah banyak, diperlukan waktu yang lama untuk operasi mesin penggerak pompa dan lamanya waktu operasi mesin penggerak pompa berhubungan dengan jumlah bahan bakar minyak yang dihabiskan. Hal ini berdampak pada tingginya biaya operasi JIAT yang harus disediakan. Sementara di sisi lain, biaya operasi JIAT dibebankan pada petani sebagai pengguna air tanah (P2AT) yang secara umum memiliki kemampuan keuangan terbatas. Untuk jangka waktu lama, biaya operasi yang tinggi berakibat pada penurunan frekuensi penggunaan JIAT karena petani banyak yang beralih menggunakan pompa air tanah dangkal dengan biaya sewa relatif lebih murah. Hal ini berdampak terhadap pemanfaatan JIAT yang tidak optimal. Jika kondisi ini dibiarkan terus terjadi, maka investasi besar JIAT tidak dapat memberikan manfaat bagi petani di Indonesia.

Ketersediaan air yang terbatas dalam kerangka ruang dan waktu menjadi sebuah tantangan jika dihadapkan kepada peningkatan kebutuhan air akibat pertumbuhan penduduk. Hal ini perlu diatasi dengan menerapkan penghematan pemanfaatan air di segala bidang termasuk irigasi (Hsiao, 2007).

Penggunaan air di dunia didominasi untuk pertanian sebesar 75%, industri 15% dan

perumahan 10%. Diproyeksikan bahwa sepertiga dari negara-negara di dunia yang berada di wilayah sulit air akan menghadapi kekurangan air di abad ini. Penurunan penggunaan air irigasi untuk pertanian dapat dilakukan hanya dengan meningkatkan efisiensinya, sehingga hal ini akan menghasilkan penghematan air yang besar (Kanber, Ünlü, Cakmak, & Tüzün, 2007). Di negara-negara Mediterania yang memiliki wilayah dengan kondisi kering, pertanian selain berperan penting dalam penyediaan bahan pangan dan pakaian, juga turut berperan dalam menghadapi keterbatasan sumber air melalui peningkatan efisiensi penggunaan air di sektor irigasi dan mengurangi kehilangan air (Hamdy, 2007).

Salah satu cara teknis penghematan air irigasi yang dapat dilakukan adalah penghematan air di tingkat lahan melalui penerapan teknologi irigasi hemat air berupa irigasi tetes (*trickle/micro irrigation system*). Irigasi tetes hanya menggunakan 50-70% jumlah air yang digunakan oleh irigasi curah (*sprinkler irrigation system*) karena air langsung diberikan ke tanaman sesuai dengan kebutuhannya. Hal ini akan mengurangi kehilangan air irigasi terutama akibat evaporasi dan perkolasi (Alabas, 2013). Penerapan teknologi ini akan memberikan manfaat pada efisiensi penggunaan air jika dirancang dengan baik dan dipelihara secara layak (Asif, Ahmad, Mangrio, Akbar, & Memon, 2015).

Untuk menekan biaya operasi pompa air sebagai pengendali distribusi air, digunakan energi alternatif berupa energi surya untuk menggerakkan mesin pompa. Selama ini pompa digerakkan oleh mesin berbahan bakar minyak (BBM) yang menghasilkan emisi CO₂ ke udara. Penggunaan energi alternatif non BBM diharapkan membantu penurunan emisi CO₂ yang selama ini terjadi. Penggunaan sel surya dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik dengan catatan bahwa faktor cuaca akan mempengaruhi sistem ini. Tegangan dan arus mulai dihasilkan pada pukul 06.00 pagi, terus meningkat, sampai pada puncaknya pukul 12.00 tengah hari dan selanjutnya menurun hingga sore hari (Subandi, 2015). Energi listrik selanjutnya digunakan untuk menggerakkan mesin pompa air dan mengalirkannya ke lahan sesuai dengan kebutuhan air tanaman.

JIAT yang sudah terbangun namun pemanfaatannya belum optimal, dapat direvitalisasi dengan menggabungkan penerapan dua teknologi dalam sistem jaringan irigasi. Pertama adalah menerapkan sistem irigasi hemat air di lahan dengan penggunaan irigasi tetes sehingga terjadi penghematan air. Kedua adalah

memanfaatkan energi matahari sebagai pengganti bahan bakar minyak untuk menggerakkan pompa air sehingga biaya operasi yang harus ditanggung oleh petani dapat dikurangi. Penerapan teknologi ini akan dilakukan dalam sebuah demplot dengan tujuan mendapatkan sebuah model pemanfaatan jaringan irigasi air tanah untuk irigasi hemat air berbasis pompa air tenaga surya. Model ini dapat menjadi contoh bagi pengembangan lahan lainnya dengan kondisi pemanfaatan jaringan irigasi air tanahnya belum optimal. Selain dapat menjadi salah satu lingkup yang layak dilakukan dalam program revitalisasi JIAT, penerapan kedua teknologi ini sekaligus dapat meningkatkan luas layanan yang dapat diari sebesar 30-50% dari sebelumnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Secara umum definisi air tanah adalah air di bawah permukaan tanah yang berada di dalam pori-pori tanah antara partikel tanah atau batuan. Pertanian beririgasi menjadi pengguna terbesar dan konsumen utama sumber daya air tanah (GWP, 2012). Pertanian bukan satu-satunya hal yang memberikan dampak terhadap tinggi muka air tanah. Banyak juga akuifer air tanah mengalami fluktuasi musiman atau penurunan tinggi muka air pada saat musim kering bahkan ketika tidak dieksploitasi ataupun saat tidak digunakan terlalu banyak (BGS, 2009). Hal ini menunjukkan bahwa, penggunaan air tanah untuk berbagai hal perlu mendapat dukungan terhadap keberlanjutan keberadaan air tanah itu sendiri. Pengetahuan mendalam tentang proses-proses pemanfaatan dan pengimbuhan kembali suatu cekungan air tanah sangat diperlukan dalam pengelolaan sumber daya air tanah (Lubis, Sakura, & Delinom, 2008).

JIAT merupakan jaringan irigasi yang dibangun oleh Pemerintah dengan sumber air yang berasal dari air tanah. Pengembangan dan pemanfaatan air tanah untuk irigasi dilaksanakan secara selektif yang ditinjau dari kriteria teknis maupun sosial ekonomis. Bagi sebagian besar petani, irigasi air tanah merupakan hal yang baru. Di daerah-daerah yang selama ini mengenal irigasi permukaan, petani terbiasa dengan penggunaan air yang berlimpah atau relatif banyak dengan biaya eksploitasi juga rendah, sehingga penggunaan air irigasi cenderung kurang efisien. Kebiasaan ini tidak dapat diterapkan dalam irigasi air tanah karena selain ketersediaan air tanah bersifat terbatas, biaya eksploitasinya juga lebih mahal. Oleh sebab itu, sejak awal harus disosialisasikan kepada petani bahwa setiap tetes air yang digunakan membutuhkan biaya eksploitasi, yaitu untuk membeli bahan bakar,

pelumas, gemuk (*grease*), biaya perbaikan, dan gaji operator pompa. Perlu diterapkan strategi yang tepat dalam pemanfaatan irigasi air tanah di suatu wilayah pengembangan irigasi. Sehingga pada awalnya, daerah-daerah yang layak dikembangkan untuk irigasi air tanah perlu memenuhi beberapa kriteria yaitu memiliki sumber air tanah dengan kuantitas dan kualitas tertentu, daerah-daerah tersebut pada musim kemarau selalu mengalami kekurangan air (air irigasi maupun air minum) atau daerah tadah hujan dan daerah irigasi permukaan yang kekurangan air pada musim kemarau.

Penerapan teknologi irigasi hemat air akan turut meningkatkan produktivitas air yang merupakan nisbah antara nilai produktivitas tanaman dengan nilai air irigasi yang diberikan dengan satuan kg/m^3 atau ton/m^3 . Secara sederhana dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara hasil keluaran dengan masukan air yang dipergunakan (Zoebel, 2006). Sekalipun berada di daerah dengan kondisi kering, namun dengan pola tanam optimal berupa budidaya irigasi hemat air, produktivitas air dapat ditingkatkan minimal sama seperti saat kondisi air cukup sehingga nilai ekonomi unit air turut meningkat (Montazar & Rahimikob, 2008).

Upaya peningkatan produktivitas air irigasi melalui penerapan teknologi irigasi hemat air merupakan hal yang harus dipertimbangkan untuk menjamin keberlanjutan pembangunan pertanian di masa mendatang. Teknologi irigasi hemat air berupa irigasi tetes akan memberikan tetesan air ke tanah pada tingkat aliran rendah (2-20 liter/jam) melalui pipa plastik berdiameter kecil dan dilengkapi lubang kecil yang disebut penetes atau *emitter/drippers* (Brouwer, Prins, Kay, & Heibloem, 1990). Tanaman yang paling cocok menggunakan sistem irigasi tetes adalah tanaman baris (sayuran, buah lunak), pohon dan tanaman anggur di mana satu atau lebih penetes dapat disediakan untuk setiap tanaman. Irigasi tetes sangat disarankan hanya untuk tanaman bernilai ekonomi tinggi sehingga dapat mengimbangi biaya investasi atau modal awal yang tinggi (Brouwer *et al.*, 1990).

Penekanan biaya operasi pompa dilakukan dengan memanfaatkan teknologi pompa air berbasis tenaga surya. Pompa air bekerja menggunakan sumber listrik yang dihasilkan oleh solar *photovoltaics* (*Modul/Panel Solar Cell*) dengan pengoperasian yang ekonomis. Alat ini merubah sinar matahari menjadi listrik melalui proses aliran-aliran elektron negatif dan positif di dalam modul tersebut karena adanya perbedaan elektron. Hasil dari aliran elektron-elektron akan menjadi listrik DC yang dapat langsung

dimanfaatkan untuk mengisi baterai/aki sesuai tegangan dan ampere yang diperlukan. Sistem tersebut berguna di daerah yang belum tersedia jaringan listrik PLN dan bahan bakar minyak (BBM) menjadi hambatan dari sisi suplai maupun harga.

III. METODOLOGI

Kegiatan ini merupakan penelitian tindakan melalui penerapan langsung di lapangan berskala penuh. Model JIAT berbasis pompa air tenaga surya untuk irigasi hemat dirancang berdasarkan data eksisting di lapangan yang dipadukan dengan penggunaan solar panel dan teknologi irigasi tetes (Tabel 1). Sistem energi penggerak pompa berbahan bakar minyak dimodifikasi menggunakan sistem energi berbasis tenaga surya. Sistem irigasi eksisting dimodifikasi menjadi teknologi irigasi tetes dengan sistem jaringan yang didesain menggunakan tampungan air, dengan elevasi 2 meter lebih tinggi dari lahan, yang dipompa dari sumur pompa dan kemudian dialirkan ke lahan melalui pipa secara gravitasi (Gambar 4). Model tersebut diterapkan dan dilakukan evaluasi terhadap kinerjanya berdasarkan data hasil pengukuran langsung di lapangan dan informasi sekunder yang dikumpulkan dari pihak pengelola JIAT dan petani. Pengukuran dilakukan terhadap parameter daya output, tekanan, debit, laju tetesan, keseragaman dan pengurangan emisi CO₂.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

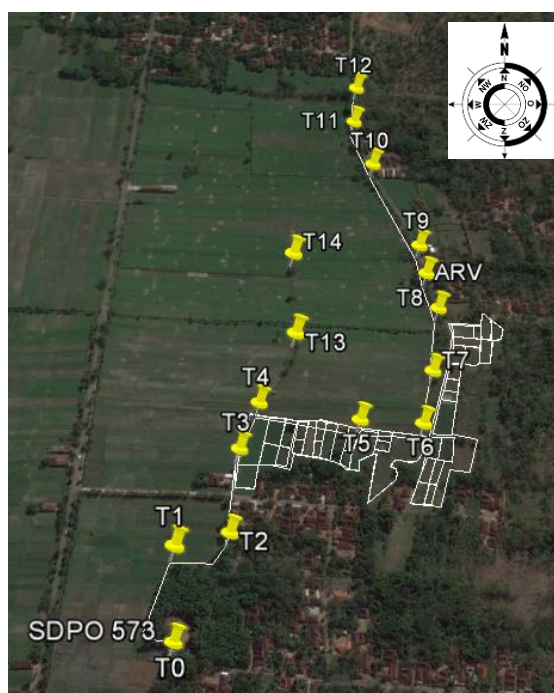
Lokasi penelitian terletak di Desa Bedingin, Kecamatan Sambit, Kabupaten Ponorogo Jawa Timur, di T13 dan T14 dari daerah irigasi yang dilayani oleh JIAT SDPO 573 (Gambar 1). SDPO 573 terletak di koordinat 7°58'35.92"S 111°29'32.28"T.

Spesifikasi teknis sumur dan pompa eksisting dipergunakan untuk sistem yang dimodifikasi. Spesifikasi sumber energi penggerak pompa dimodifikasi dari penggunaan genset berbahan bakar minyak menjadi genset berbasis solar panel dengan bahan bakar minyak sebagai energi cadangan. Sistem irigasi eksisting dimodifikasi menjadi sistem irigasi tetes (Tabel 1). Pada sistem pompa air berbasis tenaga surya, energi yang dihasilkan tidak disimpan ke dalam baterai atau aki, namun pemanfaatannya langsung melalui *photovoltaics*/solar panel (Gambar 2 dan Gambar 3). Penempatan 51 unit solar panel, diperlukan luas lahan sebesar 120 m².

Solar panel berfungsi untuk menerima panas matahari dan merubahnya menjadi aliran listrik DC. Listrik tersebut kemudian masuk ke dalam inverter untuk mengubah arus DC menjadi AC

untuk selanjutnya digunakan untuk menggerakkan pompa.

Air yang dipompa dialirkan dan disimpan dahulu ke dalam bak penampung yang terdapat di lahan. Dari bak penampung, air kemudian dialirkan ke lahan sebagai air irigasi sesuai dengan rencana jadwal operasi pemberian irigasi untuk tanaman (Gambar 4).



Gambar 1 Lokasi Penelitian



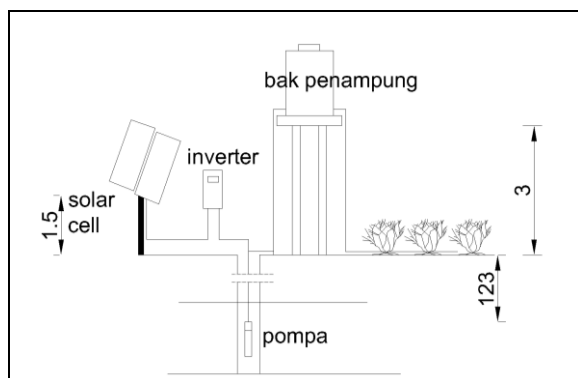
Gambar 2 Solar Panel/Photovoltaics



Gambar 3 Alat Konversi Energi Matahari ke Listrik (Inverter) dan Alat Ukur Debit

Tabel 1 Spesifikasi Teknis Jaringan Irigasi

NO	KOMPONEN	SPESIFIKASI	
		Eksisting	Pengembangan
I	Sumur dan Pompa JIAT :		
	- Kedalaman sumur	123 m	
	- Posisi pompa	40 m	
	- Debit sumur	15 l/s	
	- Kapasitas Pompa	13 l/s	
	- Jenis pompa	<i>submersible</i>	(Pengembangan menggunakan pompa eksisting)
II	Sumber Energi Penggerak:		
	- Sumber energi penggerak pompa eksisting	Genset, bahan bakar minyak (BBM)	Genset, bahan bakar minyak (BBM) dan Sistem Solar Cell
	- Sumber energi <i>solar cell</i> :		
	▪ PV Solar		51 unit
	▪ Modul Support dan Panel Clamp		51 unit
	▪ Control Inverter 15 KW		1 unit
	▪ Well Probe Sensor		1 unit
	▪ DC Disconnect dan Panel Box Controller		1 unit
	▪ Kabel Power (Controller to Pumps) 4 x 2.5 mm		1 unit
	▪ Kabel Water Probe Sensor 2 X 0,75		1 unit
	▪ Asesoris		1 set
	▪ Kabel untuk instalasi Panel Solar		1 set
	- Kabel rangkaian <i>array</i>		Ket : Sistem sumber energi eksisting masih dapat digunakan sewaktu-waktu apabila diperlukan
	- Kabel <i>output</i> DC Array 2 x 6 mm (<i>Twisted Cable</i>)		
III	Sistem Irigasi :	Sistem Irigasi Genangan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistem irigasi genangan (padi) ▪ Sistem irigasi tetes (hortikultura)



Gambar 4 Skema Layout Sistem Jaringan

Tabel 2 Hasil Uji Teknis

No	Parameter Uji	Hasil Pengujian
1	Power output maksimum	7.873,5 watt
2	Debit maksimum	14,17 liter/detik
3	Pengurangan CO ₂ rerata	4,1 kg/hari
4	Keseragaman irigasi	96,51%
5	Keseragaman tetesan	97,72%
6	Laju tetesan <i>emitter</i>	3,99 mm/jam

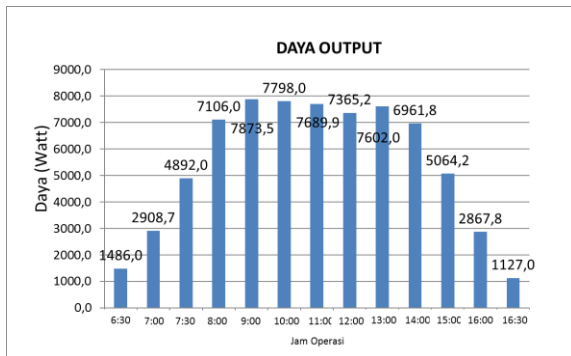
Operasi pompa dilakukan pada siang atau malam hari dengan waktu operasi 18 jam setiap hari. Pompa dioperasikan siang hari saat energi matahari mampu menggerakkan pompa,

sementara malam hari atau jika energi matahari tidak mampu menggerakkan pompa, maka menggunakan sistem pompa air eksisting (berbahan bakar minyak). Pengembangan sistem irigasi hemat air dilakukan dengan pemberian air pada daerah perakaran tanaman (irigasi tetes) untuk tanaman hortikultura.

Pengujian teknis sistem pompa air tenaga surya dan irigasi tetes di lapangan mendapatkan nilai-nilai untuk *power output maximum*, debit maksimum, pengurangan CO₂ rerata, keseragaman irigasi dan tetesan dan laju tetesan *emitter* (Tabel 2).

Besarnya daya output solar panel yang dihasilkan bergantung pada intensitas cahaya matahari yang diterima solar panel dan luas cahaya ultraviolet. Faktor-faktor yang mempengaruhi penggunaan solar panel adalah keadaan iklim dan tingkat radiasi sinar matahari. Secara umum daya yang dihasilkan oleh solar panel akan mulai dihasilkan saat matahari bersinar pada pagi hari, kemudian akan menguat menjelang siang hari dan mencapai puncaknya di tengah hari, selanjutnya akan terus menurun menjelang sore hari. Hal ini terjadi di saat kondisi ideal yang dipengaruhi oleh ada tidaknya gangguan yang disebabkan oleh awan yang menutupi sinar matahari. Dari hasil pengukuran di lapangan, pukul 06.30 sinar

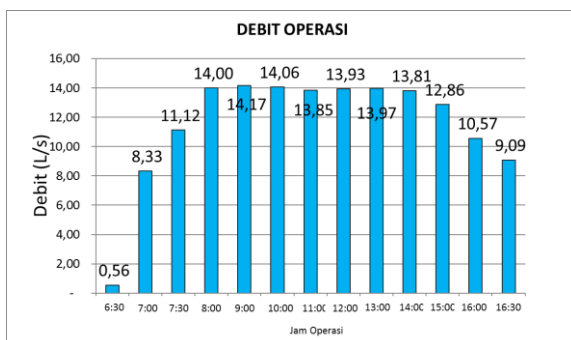
matahari mulai menghasilkan daya output sebesar 1,49 kilowatt dan terus menguat sampai pukul 10.00 sebesar 7,87 kilowatt, selanjutnya mengalami penurunan, berfluktuatif antara 4,43 - 7,09 kilowatt. Pada akhir pengukuran pukul 16.30, daya yang dihasilkan hanya sebesar 1,13 kilowatt (Gambar 5).



Gambar 5 Daya Output yang Dihasilkan

Debit operasi yang dihasilkan sangat bergantung dari daya output yang dihasilkan pada setiap jam operasi yang dilakukan. Pada saat intensitas matahari tinggi dan menghasilkan daya output yang besar, maka debit operasi yang dihasilkan juga tinggi atau sebaliknya. Debit operasi yang dicapai berada pada kisaran 0,56 liter/detik sampai dengan 14,17 liter/detik. Terendah tercapai pada saat awal yaitu pukul 06.30 dan tertinggi tercapai pada pukul 10.00.

Untuk nilai debit pompa sebesar 80% dari kapasitas pompa eksisting sebesar 13 liter/detik, maka debit pompa minimum sebesar 10,40 liter/detik masih dapat dipenuhi dari operasi pompa dari pukul 10.00 sampai dengan pukul 16.00.

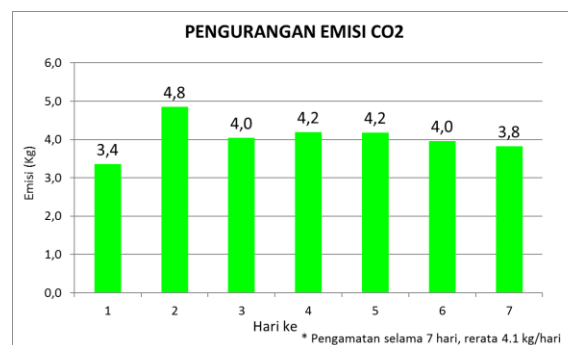


Gambar 6 Debit Operasi

Hasil regresi polinomial order 3 untuk grafik daya output pada nilai R^2 sebesar 0,9729 didapat hubungan $y_1 = -0,0574x_1^3 - 193,07x_1^2 + 2695,9x_1 - 1229,8$ dengan y_1 adalah daya output dalam satuan watt dan x_1 adalah waktu operasi. Sementara hasil regresi yang sama untuk grafik debit operasi pada nilai R^2 sebesar 0,93 didapat hubungan $y_2 = 0,0253x_2^3 - 0,7857x_2^2 + 7,0264x_2 -$

4,2283 dengan y_2 adalah debit operasi yang dihasilkan dalam satuan liter/detik dan x_2 adalah waktu operasi. Kondisi ini mengakibatkan besarnya nilai perubahan daya output yang dihasilkan tidak selamanya sama dengan besarnya nilai perubahan debit operasi. Bahkan fluktuasi yang terjadi pada rentang waktu pukul 12.00 sampai dengan 15.00, sangat berbeda antara keduanya. Daya output mengalami fluktuasi turun-naik-turun. Sementara debit operasi mengalami fluktuasi turun-turun-turun. Hal ini perlu dikaji lebih dalam kenormalan fenomena yang terjadi.

Salah satu keuntungan dalam penggunaan solar panel sebagai energi alternatif penggerak mesin pompa adalah pengurangan emisi gas karbondioksida CO_2 ke udara. Hal ini berkontribusi besar pada pengurangan dampak negatif bagi lingkungan. Penggunaan pompa air tenaga surya jika dibandingkan dengan pompa air bertenaga bahan bakar minyak mampu mengurangi gas CO_2 rerata sekitar 4,1 kg/hari. Fluktuasi nilai pengurangan emisi CO_2 selama 7 hari pengamatan berkisar antara 3,4 - 4,8 kg/hari (Gambar 7). Jika pompa dipergunakan selama 10 bulan, maka potensi pengurangan emisi CO_2 yang dapat dicapai dalam satu tahun sebesar 1,29 ton/pompa. Artinya jika hanya setengah saja dari populasi pompa JIAT eksisting atau sebanyak 3.500-an pompa dimodifikasi menggunakan energi alternatif solar panel, maka potensi pengurangan emisi CO_2 yang dapat dicapai kurang lebih sebesar 4.506 ton dalam setahun.



Gambar 7 Pengurangan Emisi CO_2

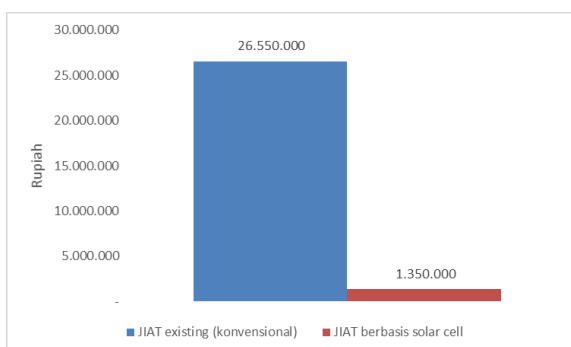
Ubinan panen diambil dari 3 petakan lahan seluas 180, 300, dan 190 m^2 dengan hasil berturutan sebesar 312, 629,7, dan 408,6 kg, untuk nilai konversi ke dalam luasan lahan per ha akan didapat produktivitas dari ketiga ubinan tersebut berturutan sebesar 17,33, 20,99, dan 21,51 ton/ha atau rerata produktivitas lahan sebesar 19,94 ton/ha. Penggunaan air irigasi sebesar 281,55 m^3 untuk lahan seluas 5.030 m^2 , dapat dikonversi besarnya nilai produktivitas air adalah 35,63 kg/m^3 . Hal ini menunjukkan bahwa pemakaian

sistem irigasi tetes sangat menghemat air karena dengan 1 m³ dapat menghasilkan semangka seberat 35,63 kg (Tabel 3). Hal ini cukup nyata dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya dengan nilai produktivitas air berkisar antara 2,7 - 14,33 kg/m³ (Rashidi & Ghomali, 2008). Artinya terjadi efisiensi penggunaan air sebesar 60% - 92%.

Tabel 3 Produktivitas Air

No	Berat Semangka (kg)		Luas Lahan (m ²)	Produktivitas	
	Ter berat	Total		Rerata keseluruhan (kg)	(kg/ha)
1	3,5	312	180	8.718,67	17.333,33
2	3,7	629,7	300	10.557,97	20.990,00
3	3,5	408,6	190	10.817,15	21.505,26
Rata-rata				10.031,26	19.942,87
Luas lahan keseluruhan				5030	m ²
Total penggunaan air				281,55	m ³
<i>Water productivity</i>				35,63	kg/m ³

Dalam operasi pompa, penggunaan solar panel akan meminimalisasi pengeluaran biaya, khususnya terjadi pada pengurangan biaya bahan bakar minyak. Selama satu musim tanam, biaya operasi untuk penggunaan pompa air berbasis tenaga surya sebesar Rp 1.350.000,00 jauh di bawah biaya operasi jika menggunakan pompa berbahan bakar minyak sebesar Rp 26.550.000. Hal ini menunjukkan bahwa biaya operasi dapat ditekan sampai 94,92% jika menggunakan pompa air berbasis tenaga surya (Gambar 8). Sekalipun terjadi pengurangan biaya operasi, namun perlu diperhatikan bahwa masih diperlukan juga biaya tambahan untuk pemeliharaan sehingga pemanfaatan teknologi dapat dilakukan secara berkelanjutan.



Gambar 8 Perbandingan Biaya Operasi

V. KESIMPULAN

Hasil rancang bangun pompa air berbasis tenaga surya menghasilkan spesifikasi teknis jaringan irigasi untuk solar panel sebanyak 51 unit dengan

asesorisnya dan membutuhkan lahan untuk penempatannya seluas 120 m². Pengujian teknis terhadap spesifikasi teknis tersebut menghasilkan *power output* maksimum sebesar 7.873,5 watt, debit maksimum 14,17 liter/detik, pengurangan CO₂ rerata 4,1 kg/hari, keseragaman irigasi 96,51%, keseragaman tetesan 97,72% dan laju tetesan *emitter* 3,99 mm/jam. Debit air yang dihasilkan masih cukup untuk memberikan air irigasi di petak penelitian.

Pengurangan emisi CO₂ untuk operasi satu pompa selama 10 bulan berturut-turut mencapai 1,29 ton. Jika 3.500-an pompa JIAT dari total sekitar 7.000 pompa eksisting dapat dimodifikasi menjadi pompa berbasis tenaga surya, maka potensi pengurangan CO₂ yang dapat dicapai minimal sebesar 4.506 ton dalam setahun.

Produktivitas air dapat dicapai sebesar 35,63 kg/m³ air untuk budidaya tanaman semangka dengan menggunakan irigasi tetes. Efisiensi penggunaan air sebesar 60% - 92% jika dibandingkan penelitian sejenis yang menghasilkan nilai produktivitas air hanya sebesar 2,7 - 14,33 kg/m³. Selain itu, biaya operasi dapat ditekan sampai 94,92% jika dibandingkan dengan biaya operasi menggunakan pompa berbahan bakar minyak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Balai Litbang Irigasi Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat atas kesempatan yang diberikan dalam penugasan penelitian serta rekan-rekan Balai Litbang Irigasi yang telah membantu dalam pelaksanaan kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alabas, M.A.A.A. (2013). Evaluation the hydraulic performance of drip irrigation system with multi cases. *Global Journal of Researches in Engineering*, 13(2), 13-18. Diperoleh dari <https://www.engineeringresearch.org/index.php/GJRE/article/view/836>
- Asif, M., Ahmad, M., Mangrio, A.G., Akbar, G., & Memon, A.H. (2015). Design, evaluation and irrigation scheduling of drip irrigation system on citrus orchard. *Pakistan Journal of Meteorology*, 12(23), 12-23.
- [BGS] British Geological Survey. (2009). Groundwater Information Sheet, The Impact of Agriculture. Diperoleh dari <https://www.bgs.ac.uk/downloads/start.cfm?id=1295>
- Brouwer, C., Prins, K., Kay, M., & Heibloem, M. (1990). *Irrigation Water Management: Irrigation Methods* (Irrigation Water Management Training

Manual No. 5). Rome, Italy: FAO Land and Water Development Division.

- [GWP] Global Water Partnership. (2012). *Groundwater Resources and Irrigated Agriculture – making a beneficial relation more sustainable* (GWP Perspectives Papers). Diperoleh dari <http://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/perspective-papers/04-groundwater-resources-and-irrigated-agriculture-2012.pdf>
- Hamdy, A. (2007). Water use efficiency in irrigated agriculture: an analytical review. Dalam N. Lamaddalena, M. Shatanami, M. Todorovic, C. Bogliotti, & R. Albrizio (Ed.), *Water Use Efficiency and Water Productivity - Proceedings of 4th WASAMED Workshop* (hal. 9–19). Bari: CIHEAM.
- Kanber, R., Ünlü, M., Cakmak, E. H., & Tüzün, M. (2007). Water use efficiency in Turkey. Dalam N. Lamaddalena, M. Shatanami, M. Todorovic, C. Bogliotti, & R. Albrizio (Ed.), *Water Use Efficiency and Water Productivity - Proceedings of 4th WASAMED Workshop* (hal. 178–189). Bari: CIHEAM.
- Lubis, R.F., Sakura, Y., & Delinom, R. (2008). Groundwater Recharge and Discharge Processes in the Jakarta Groundwater Basin, Indonesia. *Hydrogeology Journal*, 16(5), 927 - 938.
- Montazar, A., & Rahimikob, A. (2008). Optimal water productivity of irrigation networks in arid and semi arid regions. *Irrigation and Drainage*, 57(4), 411 - 423. DOI: 10.1002/ird.376
- Rashidi, M., & Ghomali, M. (2008). Review of Crop Water Productivity Values for Tomato, Potato, Melon, Watermelon and Cantaloupe in Iran. *International Journal of Agriculture and Biology*, 10(4), 432 - 436.
- Soetrisno, S. (2006). Pengembangan air tanah berkelanjutan untuk irigasi di cekungan Tukad Daya Barat, Jembrana-Bali. Dipresentasikan pada Seminar Nasional Hari Air Dunia, Jakarta, 25 April 2006.
- Subandi, S.H. (2015). Pembangkit Listrik energi matahari sebagai penggerak pompa air dengan menggunakan solar cell. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 7(2), 157-163.
- Hsiao, T.C., Steduto, P., & Fereres, E. (2007). A systematic and quantitative approach to improve water use efficiency in agriculture. *Irrigation Science*, 25(3), 209-231. DOI: 10.1007/s00271-007-0063-2
- Zoebl, D. (2006). Is water productivity a useful concept in agricultural water management?. *Agricultural Water Management*, 84(3), 265 - 273.