

PEMANFAATAN ENERGI SURYA UNTUK MENCUKUPI KEBUTUHAN AIR UNTUK IRIGASI DI PROVINSI SUMATERA BARAT

Maizir¹⁾

¹⁾Dosen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Padang

Diterima 20-12-2016; revisi 11-01-2017; disetujui 25-01-2017; publish 01-02-2017

ABSTRAK

Pada tahun 1980 an banyak dibangun irigasi pompanisasi untuk daerah irigasi yang sumber airnya lebih rendah dari kawasan yang akan diairi. Rata-rata pompa irigasi tersebut menggunakan bahan bakar solar untuk operasionalnya dan dikelola oleh petani. Semenjak harga solar naik tajam, petani tidak mampu lagi membiayai operasi pompa. Akibatnya pompa sudah lama tidak berfungsi (\pm 20 tahun) dan sawah-sawah pada daerah irigasi tersebut kembali berubah fungsi menjadi sawah tadah hujan. Selain itu mengingat luas daerah irigasi tadah hujan dan daerah irigasi yang sudah terlantar selama ini (50.294 hektar) karena tidak mendapat suplai air dapat berfungsi. Masalahnya adalah pompa air dengan bahan bakar solar membutuhkan biaya yang besar untuk operasinya. Untuk mengatasi masalah tersebut, kini sudah tersedia sumber energy alternatif berupa Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang bisa digunakan untuk operasional pompa guna menaikkan air ke Daerah Irigasi, yang populer dengan sebutan pompa tenaga surya (Solar Cell Pump). Biaya operasional pompa air dengan tenaga surya sangat kecil, tetapi harga panel suryanya masih tergolong mahal. Hasil analisis untuk kebutuhan air daerah irigasi seluas 92 Ha, dengan kebutuhan air lapangan 1,43 liter/detik/ha debit alirannya adalah 0,155 m³/detik. Jika pemberian airnya dengan kapasitas penuh (Q_{100%}), maka daya pompa yang dibutuhkan adalah 7,82 KW. Jika digunakan pompa submersible kapasitasnya terlalu besar dan tidak tersedia di pasaran. Jadi direncanakan pompa dengan kapasitas debit 50 % terpenuhi (Q_{50%}) sebesar 0,075 m³/detik, daya pompa yang dibutuhkan adalah 3,57 KW. Tentunya system pemberian air dilakukan dengan system rotasi.

KATA KUNCI: kebutuhan air irigasi, pompa tenaga surya

1. LATAR BELAKANG

Pada tahun 1980 an banyak dibangun pompanisasi untuk daerah irigasi yang sumber airnya lebih rendah dari kawasan yang akan diairi. Tujuannya untuk meningkatkan luas areal sawah beririgasi guna meningkatkan produksi pertanian, terutama untuk peningkatan produksi beras. Rata-rata pompa irigasi yang dibangun tersebut menggunakan bahan bakar solar untuk operasionalnya. Beberapa daerah irigasi yang menggunakan pompa dengan bahan bakar solar tersebut diantaranya adalah Daerah Irigasi Pompanisasi Singkarak dengan sumber airnya dari Danau Singkarak ; Daerah Irigasi Pompanisasi Sumani yang mempunyai 7 (tujuh) buah pompa air dengan sumber airnya dari Batang Sumani ; Daerah Irigasi Pompanisasi Tarusan yang sumber airnya dari Batang Tarusan. Setelah selesai dibangun seluruh proyek irigasi pompanisasi tersebut diserahkan kepada masyarakat petani. Pada masa itu petani cukup mampu membiayai operasi pompa karena harga solar pada waktu itu masih murah. Semenjak masa reformasi sampai sekarang harga solar naik tajam (lebih dari 200 %), sehingga petani tidak mampu lagi membiayai operasi pompa, karena biaya operasi pompa lebih besar dari hasil produk pertanian. Akibatnya pompa sudah lama tidak berfungsi (\pm 20 tahun), dan sawah-sawah pada daerah irigasi tersebut yang sebelumnya mendapat suplai air dari pompa, kembali berubah fungsi menjadi sawah tadah hujan. (3)

Analisis ini bertujuan untuk mencari solusi guna mencukupkan ketersediaan air pada daerah irigasi yang tidak dapat diairi dengan irigasi aliran (grafitasi). Bila jumlah air untuk tanaman cukup sepanjang tahun, maka petani juga dapat mengolah sawahnya sepanjang tahun, dan berdampak pada peningkatan produksi pangan. Berdasarkan Data Pembangunan Provinsi Sumatera Barat, (2015) Luas Baku Lahan untuk sawah tadah hujan adalah 43.895 Ha.



Gambar 1. Pompa irigasi Sumani

Oleh sebab itu mengingat luasnya daerah irigasi tadah hujan dan daerah irigasi yang tidak mendapat suplai air selama ini dapat berfungsi kembali.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya : curah hujan, penyinaran matahari, suhu, jenis tanaman & masa pertumbuhan, keadaan tanah dan jenisnya, cara pengolahan tanah, dan lain-lain. Kebutuhan air irigasi disawah untuk tanaman padi dihitung dengan rumus :

$$KAI = \frac{KAS}{e \times 8,64} \text{ l/dt/ha}$$

$$KAS = PK + P - CHe + PLA \dots\dots\dots (1)$$

$$PK = EP \times kt$$

Dimana KAI = kebutuhan air irigasi, KAS = kebutuhan air bersih di sawah, PK = penggunaan konsumtif, P = kehilangan air akibat perlokasi, CHe = curah hujan efektif , PLA = pergantian lapisan air, EP = evapotranspirasi potensial, dan kt = koefisien tanaman.

2.2 Curah Hujan efektif (CHe)

Untuk irigasi tanaman padi, curah hujan efektif diambil 70% dari curah hujan rata-rata setengah bulanan dengan kemungkinan 80% dapat dipenuhi (CH₈₀). CH₈₀ dihitung menurut tahun dasar rencana (basic year) dengan probabilitas 80% terpenuhi. Data hujan tahunan diurut dari yang terbesar ke terkecil, selanjutnya rangking tahun dasar rencana (basic year) dihitung sebagai berikut :

$$CH_{80} = \frac{N}{5} + 1 \dots\dots\dots (2)$$

N adalah jumlah data hujan tahunan
Curah hujan Efektif (CHe) dihitung dengan rumus :

$$CHe = \frac{0.7 \cdot CH_{80}}{1,5} \dots\dots\dots (3)$$

2.3 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi yaitu proses penguapan air yang terjadi melalui permukaan daun. Untuk analisis besaran evapotranspirasi digunakan metoda Penman Modifikasi sesuai dengan acuan dalam Kriteria Perencanaan Irigasi NPSM 2013. Laju evapotranspirasi (ET) di hitung dengan metode Pen Man modifikasi dengan rumus sebagai berikut :

$$EP = C.(w.Rn + (1 - w) . f(u) . (ea - ed) \tag{4}$$

- EP = Evapotranspirasi
- W = Weighting faktor yang tergantung temperatur & efek rotasi (mm/hr)
- Rn = Radiasi netto ekuivalen dgn evapotranspirasi (mm/hr)
- u = kecepatan angin pada ketinggian 2 m di atas permukaan
- f(u) = fungsi kecepatan angin pada ketinggian 2 m di atas permukaan
- ed = tekanan uap rata – rata aktual
- ea = tekanan uap jenuh
- Rns = Gelombang pendek radiasi matahari yang masuk
- Ra = Radiasi matahari
- Rnl = Gelombang panjang radiasi netto
- f(t) = pengaruh suhu terhadap radiasi gelombang panjang
- n = data penyinaran matahari
- N = durasi harian rata – rata penyinaran matahari maksimal yang mungkin terjadi
- f(n/N) = pengaruh radiasi gelombang panjang
- f(ed) = pengaruh tekanan uap terhadap radiasi gelombang panjang
- C = faktor koreksi akibat keadaan iklim siang/malam

2.4 Penggunaan Konsumtif (PK)

Penggunaan air yang dikonsumsi oleh tanaman tergantung pada data iklim dan koefisien tanaman. Besar Etc dapat dihitung dengan rumus :

$$PK = kt \times EV \tag{5}$$

- PK = Penggunaan konsumtif (mm/hr)
- EV = Evapotranspirasi (mm/hr)
- kt = koef. tanaman rata – rata

2.5 Pola Tanam

Penentuan pola tanam adalah hal yang perlu dipertimbangkan. Biasanya dalam analisa kebutuhan air irigasi ini diberikan beberapa alternatif pola tanam yang dapat diterapkan pada daerah pengamatan. Rancangan pola tanam direncanakan untuk musim tanam selama setahun atau dua tahun dan seterusnya. Masa tanam dimulai dari persiapan pengolahan lahan sawah sampai panen. Permulaan masa tanam dan alternative tanaman sebaiknya disesuaikan budaya bertanam dari masyarakatnya. Selain itu pola tanam juga harus disesuaikan dengan sebaran curah hujan efektif, karena kebutuhan air terbesar terdapat pada masa pengolahan tanah.

2.6 Kebutuhan air untuk penyiapan lahan.

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan pada tahap awal adalah untuk penjenuhan tanah dan pada tahap pengolahan untuk membentuk lapisan untuk media akar , seterusnya pada tahap akhir untuk mempertahankan lapisan genangan air, merupakan faktor yang dominan (*the topping up requirement*). Faktor yang mempengaruhi kebutuhan air untuk penyiapan lahan adalah jangka waktu penyiapan lahan . Kebutuhan air untuk penyiapan lahan ditetapkan **300 mm** untuk jangka waktu **45 hari**.

2.7 Perkolasi

Perkolasi artinya sebagai kehilangan akibat peresapan pada lahan dan saluran. Kehilangan air akibat perkolasi diperhitungkan sebesar 2,00 mm/hari.

2.8 Efisiensi Irigasi (Eff)

Besarnya efesiensi pemakaian air irigasi ditetapkan sebagai berikut :

- Saluran primer = 90%
- - Saluran sekunder = 85%
- - Saluran tersier = 80%

Maka besarnya efisiensi total irigasi : = 0,9 . 0,85 . 0,8 = 0,85 %

2.9 Daya pompa

Kapasitas pompa irigasi dihitung dengan rumus :

$$\text{Kapasitas Pompa (Q)} = \frac{\text{KAI} \times \text{A}}{e_i} \quad (6)$$

KAI = kebutuhan air disawah; A = luas areal sawah, dan e_i = efisiensi irigasi.

$$\text{Daya pompa dihitung dengan rumus : DP} = \frac{\gamma Q H_d}{\eta} \quad (7)$$

$$\text{Tinggi angkat (head)} \quad H_d = H + h_f \quad (8)$$

$$\text{Kehilangan energi (hf)} \quad h_f = \left(\frac{8 f \times L \times Q^2}{g \times \pi^2 \times D^5} \right) \quad (9)$$

H_d = tinggi energy total ; H_f = kehilangan energi; f = koefisien pengaliran; L = panjang pipa; Q = debit aliran; g = gravitasi; D = diameter pipa

2.10 Teknologi Sel Surya (Solar Cell)

Sejarah perkembangan PLTS Di Indonesia sudah dimulai sejak 1987 dimana pada waktu itu, BPPT telah memulai dengan pemasangan 80 unit PLTS (Solar Home System, system pembangkit listrik, tenaga tata surya untuk lampu penerang rumah) di desa Sukatani Jawa Barat. Setelah itu pada tahun 1991 dilanjutkan dengan proyek bantuan presiden (banpres listrik tenaga surya masuk desa) untuk pemasangan 13445 unit SHS di 15 propinsi. Program banpres listrik tenaga surya masuk desa juga telah memperoleh sambutan sangat menggembirakan dari masyarakat perdesaan dan telah terbukti dapat berjalan dengan baik akan dijadikan model guna implementasi program listrik tenaga surya untuk sejuta rumah. (Tardiaja, 2012). Energi surya yang merupakan sebuah divais semikonduktor dengan bidang permukaan yang luas dan terdiri dari rangkaian dioda tipe p dan n, yang mampu merubah sinar matahari menjadi energi listrik, yang dalam dunia internasional lebih dikenal sebagai solar cell atau photovoltaic cell. Perubahan dari cahaya matahari menjadi energi listrik itu disebut dengan photovoltaic. Perkembangan PLTS di Indonesia telah cukup pesat pada tahap teknologi terapan, namun potensi yang ada belum dimanfaatkan secara optimal.

Secara teknologi, industri photovoltaic (PV) di Indonesia baru mampu melakukan pada tahap hilir, memproduksi modul surya dan mengintegrasikannya menjadi PLTS, sementara sel suryanya masih impor. Padahal sel surya adalah komponen utama dan yang paling mahal dalam sistem PLTS. Harga yang masih tinggi menjadi isu penting dalam perkembangan industri sel surya. Berbagai teknologi pembuatan sel surya terus diteliti dan dikembangkan dalam rangka upaya penurunan harga produksi sel surya agar mampu bersaing dengan sumber energi lain. (Tardiaja, 2012).



Gambar 2. Energi Sel Surya

2.11 Penggunaan Teknologi Sel Surya (Solar Cell) Untuk Pompa Irigasi

Saat ini sudah tersedia sumber energy alternatif yang bisa digunakan untuk memenuhi energi listrik guna menggerakkan pompa air untuk menaikkan air ke Daerah irigasi, yaitu dengan menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk operasional pompa yang populer dengan sebutan pompa tenaga surya (Solar Cell Pump). Teknologi dan peralatan pompanisasi untuk mengangkat air dari sumbernya telah tersedia dan mudah diperoleh dipasaran. Rata-rata pompa tersebut menggunakan energi listrik sebagai tenaga penggerakannya. Pada daerah tertentu ketersediaan energi listrik sering menjadi hambatan karena tidak ada jaringan listrik PLN. Tetapi untuk masa sekarang sudah tersedia Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dapat mengatasi hambatan tersebut. Di Indonesia, cahaya matahari sudah tersedia hampir sepanjang tahun, di tempat terpencil sekalipun. Sehingga penggunaan PLTS sebagai energi penggerak pompa air sangatlah ideal.

Pompa air dioperasikan dengan energi listrik yang berasal dari sel surya (solar cell), dimana energi surya diubah menjadi tenaga listrik (PLTS). Penggunaan pompa solar cell dengan memanfaatkan sinar matahari ini biaya operasinya sangat kecil. Biaya yang dibutuhkan hanya untuk biaya perawatan solar cell agar tidak kena jatuhnya, atau benda keras lainnya yang akan menyebabkan solar cell menjadi rusak, dan menjaga agar saringan inlet tidak tertutup sampah dan lain-lain. Secara umum biaya operasi yang dibutuhkan hanyalah untuk membayar operator pompa. Hanya saja pompa baru dapat beroperasi ketika matahari bersinar cerah. Sementara yang lainnya pompa sudah bekerja sendiri tanpa perlu pengaturan lainnya selain tombol on/off untuk menghidupkan dan mematikan pompa.

3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Studi kasus diambil pada Daerah Irigasi Pompa VII Sumani yang terletak di desa Bandar Panduang, Air Mutuih Kelurahan Tanah Garam Kecamatan Lubuak Sikarah Kota Solok. Luas daerah irigasi 90 Ha, Sumber airnya dari Batang Sumani yang letaknya lebih rendah dari daerah irigasinya. Untuk menaikkan air dari sumbernya agar dapat mengairi daerah irigasinya digunakan pompa air dengan bahan bakar minyak solar dengan daya 50 HP dengan kapasitas 1500 liter/menit.

3.1 Biaya Operasional Pompa Berbahan Bakar Solar

Gambaran untuk biaya operasi untuk pompa solar dengan daya 50 HP masa kini adalah sebagai berikut :

Setiap jam operasi pompa membutuhkan ± 10 liter solar. Harga satu liter solar saat ini adalah Rp. 5.500,-, yang bila dirupiahkan, maka setiap jam operasi pompa membutuhkan biaya Rp 55.000,- . Jika setiap harinya pompa dioperasikan selama 6 jam, maka akan dibutuhkan biaya harian untuk bahan bakar solar = $6 \times \text{Rp. } 55.000,- = \text{Rp. } 313.000,-$. Honorarium operator yang untuk masa sekarang biayanya kira-kira Rp. 75.000,- s/d Rp. 100.000,- perhari atau Rp. 3.000.000,- s/d Rp. 3.500.000,- perbulan. Pompa mempunyai kapasitas 1500 liter/menit = $90 \text{ m}^3/\text{jam}$

Jika areal 10 Ha digenangi air setinggi 10 cm, maka diperlukan volume air sebesar 10.000 m^3 . Waktu yang diperlukan untuk menggenangi areal tersebut adalah selama 110 jam. Kalkulasi biayanya Rp. 34.430.000,- atau sama dengan Rp. 3.443.000,- / ha. Setiap Ha tanaman padi rata-rata menghasilkan gabah 8 ton. Jika harga gabah rata-rata Rp. 4.000,- /kg, maka untuk sekali musim tanam menghasilkan uang Rp. 3.200.000 / ha. Jadi lebih besar biaya operasional pompa dari produk tanaman padi. Makanya petani tidak mampu mengoperasikan pompa untuk memenuhi kebutuhan air irigasi.

3.2 Analisis Kebutuhan Air

Data curah hujan yang digunakan untuk perhitungan kebutuhan air (water requirement) dari daerah irigasi diambil dari stasiun hujan Saning Baka dan Sumani, Data curah hujan yang dipergunakan untuk perhitungan adalah dari tahun 1994 sampai dengan 2013 (20 tahun). Data hujan tahunan diurut dari yang terbesar ke terkecil, selanjutnya rangking tahun dasar rencana (basic year) dihitung sebagai berikut :

$$CH_{80} = \frac{20}{5} + 1 = 5$$

Hasil analisis adalah data hujan tahun dasar (basic year) yaitu data hujan Sta. Sumani tahun 1994 yang selanjutnya digunakan untuk menentukan curah hujan efektif (R_{eff})

Tabel 1. Curah Hujan Effektif Sta. Sumani

Curah Hujan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
R 80	97.1	314.6	67.0	20.0	100	43.0	39.0	72.0	176.0	182.	157.0	208.0
R eff	45.3	146.8	31.2	9.33	46.7	20.0	18.2	33.6	82.1	84.9	73.3	97.1
R eff 1/2 bln	22.6	73.4	15.6	4.6	23.3	10.0	9.10	16.8	41.1	42.5	36.6	48.5

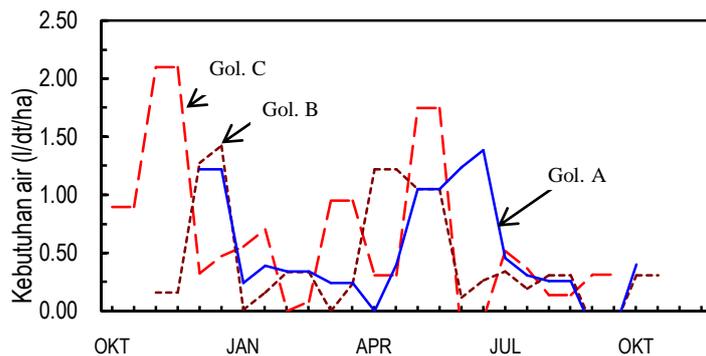
Berdasarkan sebaran hujan efektif, maka pola tanam direncanakan padi-padi dengan awal tanam pada bulan September, Oktober dan November.

SKEMA POLA TANAM																																													
DI. POMPA VII																																													
Periode	AGS		SEP		OKT		NOP		DES		JAN		FEB		MAR		APR		MAI		JUN		JUL																						
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2																					
Pola Tanam A	LPI		PADI										BERA		ILP		PADI										BERA																		
	LP	LP	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05	0,95	0														LP	LP	1,1	1,1	1,05	1,05	0,95	0													
Pola Tanam B	BERA		ILP		PADI										BERA		ILP		PADI																										
			LP	LP	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05	0,95	0													LP	LP	1,1	1,1	1,05	1,05	0,95	0													
Pola Tanam C	BERA		ILP		PADI										BERA		ILP		PADI																										
	0				LP	LP	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05	0,95	0										LP	LP	1,1	1,1	1,05	1,05	0,95	0														

Gambar 3. Pola tanam (padi - padi)

Tabel 2. Kebutuhan Pengambilan Air (l/det/ha)

Bulan	Periode ½ bulan	KAI Gol A (l/dt/ha)	KAI Gol B (l/dt/ha)	KAI Gol C (l/dt/ha)
AGT	I	0.16		
	II	0.16		
SPT	I	1.28	1.22	
	II	1.43	1.22	
OKT	I	0.01	0.24	0.90
	II	0.16	0.39	2.10
NOP	I	0.34	0.34	2.10
	II	0.34	0.34	0.32
DES	I	0.00	0.24	0.47
	II	0.24	0.24	0.56
JAN	I	1.22	0.00	0.71
	II	1.22	0.40	0.00
FEB	I	1.05	1.05	0.08
	II	1.05	1.05	0.95
MRT	I	0.11	1.24	0.95
	II	0.26	1.39	0.31
APR	I	0.34	0.46	0.31
	II	0.19	0.31	1.75
MAI	I	0.31	0.26	1.75
	II	0.31	0.26	-0.21
JUN	I	(0.13)	(0.17)	-0.06
	II	(0.13)	(0.17)	0.52
JUL	I	0.31	0.40	0.37
	II	0.31	0.40	0.14
AGT	I		0.03	0.14
	II		0.03	0.32
SPT	I			0.32
	II			



Gambar 4. Grafik Kebutuhan Air DI Pompa VII

Dari analisa tersebut dapat disimpulkan bahwa pola tanam yang terbaik adalah alternatif 1, yaitu pola tanam A dengan kebutuhan air maksimum sebesar 1,43. lt/dt/ha

3.3 Dimensi Pompa Intake (Submersible Pump)

Data hitungan :

- Luas Areal Irigasi (A) = 92 Ha
- Kebutuhan Air di lapangan dari hasil analisis hidrologi (KAI) = 1.43 l/dt/Ha.
- Panjang Saluran Pipa (L) = 500 M
- Diameter pipa (D) = 0,25 m
- Beda tinggi Angkat (H) = 20 M
- Digunakan pompa submersible (pompa bawah air)

$$\text{Kapasitas Pompa (Q)} = \frac{\text{KAI} \times \text{A}}{\text{ei}} = \left(\frac{1,43 \times 92}{0,85} \right) = 155 \text{ liter/det} = 0,155 \text{ m}^3/\text{det}.$$

$$\text{Kehilangan energi (hf)} = \left(\frac{8f \times L \times Q^2}{g \times \pi^2 \times D^5} \right) = \left(\frac{8 \cdot 0,02 \times 500 \times 0,155^2}{9,81 \times 3,14^2 \times 0,25^5} \right) = 20,35 \text{ m}.$$

$$\text{Tinggi angkat (head)} \quad H_d = H \times hf = 20,00 + 20,35 = 40,35 \text{ m}.$$

$$\text{Daya} = \left(\frac{\gamma Q H_d}{\eta} \right) = \left(\frac{1000 \cdot 0,155 \cdot 40,35}{0,85} \right) = 7817 \text{ watt} = 7,82 \text{ KW}$$

Pompa dengan kapasitas 104 HP terlalu besar, dan belum tersedia dipasaran. Direncanakan pompa dengan kapasitas 50 % (Q₅₀) = 0,075 m³/det.

$$\text{Kehilangan energi (hf)} = \left(\frac{8f \times L \times Q^2}{g \times \pi^2 \times D^5} \right) = \left(\frac{8 \cdot 0,02 \times 500 \times 0,075^2}{9,81 \times 3,14^2 \times 0,25^5} \right) = 14,54 \text{ m}.$$

$$\text{Tinggi angkat (head)} \quad H_d = H \times hf = 20,00 + 14,54 = 34,54 \text{ m}.$$

$$\text{Daya} = \left(\frac{\gamma Q H_d}{\eta} \right) = \left(\frac{1000 \cdot 0,155 \cdot 34,54}{0,75} \right) = 3569 \text{ watt} = 3,57 \text{ KW}$$

Jadi dipakai pompa dengan daya 50 HP = 3750 watt. Dengan kapasitas debit 50% terpenuhi, maka pemberian airnya dilakukan dengan system rotasi.

3.4 Kebutuhan Panel Surya (Solar Cell)

1 modul surya mempunyai kapasitas 100 w.

$$\text{Jumlah sel surya yang dibutuhkan} = \left(\frac{3750 \cdot 1,3}{100} \right) = 48,75 \cong 49 \text{ unit}$$

4. KESIMPULAN

Dengan penjelasan di atas, maka sekarang sudah ada solusi untuk meningkatkan produksi pertanian pada daerah Irigasi yang mempunyai sumber air lebih rendah dari lahan irigasi, yaitu dengan menggunakan pompa air tenaga surya (solar cell pump). Ber macam kapasitas dan jenis pompa yang dapat dikombinasikan dengan tenaga surya sudah tersedia dipasaran, dan kebutuhan panel suryanya menyesuaikan. Kendalanya adalah biaya pembangunan untuk panel tenaga suryanya masih tergolong mahal.

DAFTAR PUSTAKA

- Alpensteel.com <http://www.alpensteel.com/article/126-113-energi-lain-lain/4702-sejarah-tenaga-surya-di-indonesia>
- Hartono, Budi dan Purwanto (2015) : Perancangan Pompa Air Tenaga Surya Guna Memindahkan Air Bersih Ke Tangki Penampung SINTEK VOL 9 NO 1. ISSN 2088-9038, April 2015. [Internet], [Diakses April 2016]. Jurnal.Ftumj.Ac.Id
- Hasbullah, MT.(2012) ; “ Konversi Energi Surya”. Teknik Elektro FPTK UPI, 2012. <http://file.upi.edu>
- Karya Anugrah Konsultan, CV (2016) ; ‘Final Report DED D.I Pompa VII Kab. Solok / Kota Solok’. Dinas Pengembangan Sumberdaya Air Propinsi Sumatera Barat, Agustus 2016.
- Karya Anugrah Konsultan, CV. (2016) ; ‘Laporan Pendahuluan DED D.I Pompa VII Kab. Solok / Kota Solok’.
- Maizir, (2010) : “Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Sistim Irigasi pada Daerah Irigasi Batang Anai Kabupaten Padang Pariaman”. Jurnal Penelitian dan Kajian Ilmiah MENARA ILMU Vol. II no. 10 LPPKM – UMSB, Agustus 2010.
- Suharta, Nyoman. Ir. dan Chayun Budiono. Ir. (1975) :“Menyedot Airdengan Tenaga Surya”. Majalah Pekerjaan Umum. Juni 1975
- Tardiaja, (2012) : “Pembangkit Listrik Tenaga Surya”. [Internet], [Diakses Desember 2012] <https://tardiaja.files.wordpress.com>
- Teknologisurya Wordpress, 2012) : Olah Potensi 112.000 Gwp Dengan-Fotovoltaik [Internet] [Diakses 15 Februari 2015] <https://teknologisurya.wordpress.com>