

Studi Perencanaan Irigasi Air Tanah Dangkal Dengan Sistem PLTS di Desa Karangsoke Kecamatan Trenggalek Kabupaten Trenggalek

Muchamat Sahidin¹, Ir. Andi Syaiful Amal², MT., IPM., ASEAN Eng.³

CV. Syahir Consultant, Trenggalek

² Program Profesi Insinyur, Universitas Muhammadiyah Malang, Jl. Raya Tlogomas 246 Malang

Kontak Person:

Muchamat Sahidin

Trenggalek

E-mail : kadirunnajah@gmail.com

Abstrak (TNR 11)

Tujuan dari studi perencanaan ini adalah untuk mengetahui besaran Sumber Energi Listrik yang akan dipakai pada Pekerjaan Irigasi Air Tanah Dangkal dengan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Desa Karangsoke Kecamatan Trenggalek Kabupaten Trenggalek. Luasan lahan sawah yang akan diairi ± 2 hektar. Sebelum pengeboran dilaksanakan, akan dilaksanakan terlebih dahulu survey Geolistrik di setiap rencana titik bor. Survey Geolistrik adalah survey yang dilaksanakan untuk mengetahui potensi air di kedalaman tertentu. Sistem PLTS yang akan kita rencanakan ini termasuk dalam kategori energi terbarukan.

Kata kunci: Irigasi Air Tanah Dengan PLTS.

1. PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan di bidang pertanian, khususnya di lahan sawah di Kabupaten Trenggalek adalah belum ada jaringan irigasi (sumber air) karena sebagian besar lokasi berada di wilayah perbukitan / pegunungan dan ada beberapa wilayah yang tidak ada jaringan listrik PLN. Oleh sebab itu perlu dibuatkan sebuah perencanaan tentang sumber energi yang mandiri, salah satunya berasal dari panas matahari (PLTS). Salah satu kelebihan dari sistem sumber energi yang akan kita rencanakan pada irigasi air tanah dangkal ini adalah lahan sawah tidak perlu lagi adanya dukungan jaringan irigasi atau jaringan listrik PLN (sumber energi mandiri). Rumusan tujuan diadakannya perencanaan ini adalah untuk mengetahui berapa jumlah daya pompa yang sesuai dengan kedalaman sumur bor (Data Geolistrik), berapa jumlah panel surya dan perangkat sistem PLTS yang diperlukan untuk mengairi lahan sawah yang luasnya ± 2 hektar. Harapan atau tujuan diadakannya perencanaan ini adalah agar para petani bisa untuk lebih mandiri dalam hal pengairan sawah, mandiri dari jaringan irigasi dan listrik PLN. Akan tetapi para petani juga harus mengetahui kelemahan dalam sistem PLTS, bahwa sistem ini tergantung pada sinar / cahaya panas matahari dan mempunyai umur pakai serta perawatan / pengecekan alat yang dilaksanakan rutin tiap satu bulan sekali.

2. METODE PENELITIAN

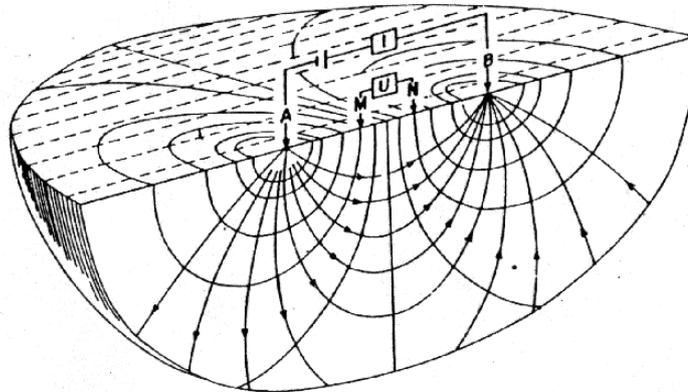
Data informasi yang diperlukan dalam perencanaan ini adalah [1] Data survey Geolistrik tiap titik sumur bor. [2] Data tambahan dari warga sekitar lokasi terkait kedalaman sumur bor yang telah dilaksanakan (apabila ada). [3] Data luasan lahan yang akan dialiri. [4]. Kontur dan titik koordinat lokasi pekerjaan. [5] Peta Desa. [6] Harga Satuan dan Analisa Harga Satuan yang akan dipakai. Jika semua data sudah terkumpul, maka kita bisa mulai untuk kegiatan perencanaan, yang dilanjutkan menyusun Rencana Anggaran Biaya dan Gambar Rencana.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan Irigasi Air Tanah Dangkal dengan Sistem PLTS ini memerlukan pendekatan yang sistematis dan metode kualitatif. Tahapan kegiatan dari awal sampai akhir yang akan dilaksanakan dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut :

3.1. Survey Geolistrik.

Dasar teori dalam survey geolistrik kali ini kita menggunakan susunan elektroda dengan menggunakan aturan Schlumberger dimana kedua elektroda potensial MN selalu ditempatkan diantara 2 buah elektroda arus. (Gambar 1).



Gambar 1. Susunan elektroda menurut aturan Schlumberger

Pada setiap pengukuran, elektroda arus AB selalu dipindahkan sesuai dengan jarak yang telah ditentukan, sedangkan elektroda potensial MN hanya bisa dipindahkan pada jarak-jarak tertentu dengan syarat bahwa jarak $MN/2 \geq 1/5$ jarak $AB/2$.

Oleh karena jarak elektroda selalu berubah pada setiap pengukuran, maka Hukum Ohm yang digunakan sebagai dasar setiap penyelidikan geolistrik dalam memperoleh harga tahanan jenis semu harus dikalikan dengan faktor jaraknya (K-Factor). Sehingga rumus untuk memperoleh harga tahanan jenis semu dapat ditulis sebagai berikut :

$$\rho_a = \pi \cdot \left\{ \left(\frac{AB}{2} \right)^2 - \left(\frac{MN}{2} \right)^2 \right\} / MN \cdot \frac{\Delta V}{I}$$

dapat ditulis juga sebagai :

$$\rho_a = K \cdot \frac{\Delta V}{I}$$

dimana :

ρ_a = Tahanan jenis semu

K = Konstanta faktor geometrik,

$$K = \pi \cdot \left\{ \left(\frac{AB}{2} \right)^2 - \left(\frac{MN}{2} \right)^2 \right\} / MN$$

ΔV = Beda potensial yang diukur (volt)

I = Besar arus yang digunakan (Ampere)

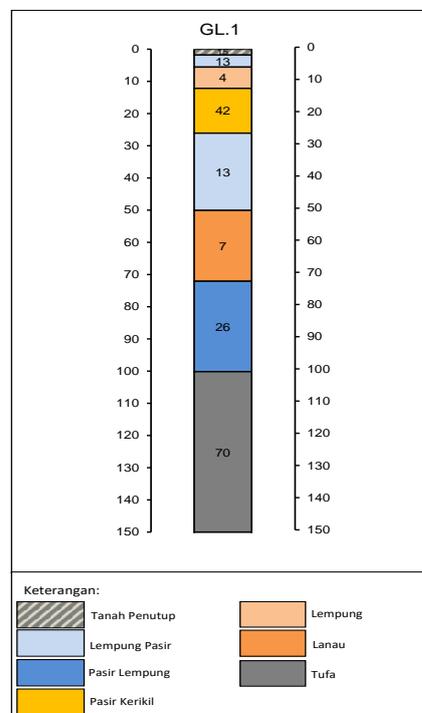
AB = Jarak elektroda arus AB (meter)

MN = Jarak elektroda potensial MN (meter)

Penampang tegak tahanan jenis dari hasil interpretasi pendugaan geolistrik dan telah dikorelasikan dengan data geologi dan hidrogeologi setempat, di daerah penyelidikan pendugaan geolistrik ini bertahanan jenis antara 1 - 100 Ohm-meter. Dan dari kisaran harga tahanan jenis tersebut secara umum dapat dikelompokkan dengan berdasarkan perbedaan kontras harga tahanan jenisnya, yaitu :

Tahanan Jenis	Perkiraan Litologi	Perkiraan Hidrogeologi
< 5	Lempung	
5 – 8	Lanau	
10 – 20	Lempung Pasir	Akuifer
20 – 40	Pasir Lempung	Akuifer
40 – 60	Pasir Kerikil	Akuifer
> 80	Tufa	

Untuk mendapat gambaran yang jelas mengenai keadaan lapisan batuan di bawah tanah secara vertikal, maka dapat dibuat gambar penampang tegak tahanan jenis di titik duga geolistrik.



Penafsiran dan korelasi antara geologi, hidrogeologi dan pendugaan geolistrik di lokasi penyelidikan.

Lapisan	Hasil Penafsiran		Perkiraan Litologi	Perkiraan Hidrogeologi
	Kedalaman	Tahanan Jenis		
1	0,00 - 1,80	15,11	Tanah penutup	-
2	1,80 - 5,60	13,10	Lempung pasir	Air permukaan
3	5,60 - 12,16	4,22	Lempung	-
4	12,16 - 26,10	42,16	Pasir kerikil	Akuifer
5	26,10 - 50,11	13,10	Lempung pasir	Akuifer
6	50,11 - 72,10	7,22	Lanau	-
7	72,10 - 100,22	26,33	Pasir lempung	Akuifer
8	100,22 - 150,00	70,11	Tufa	-

3.2. Penentuan Jenis dan Daya Pompa.

Dari data geolistrik di atas, kita dapat menentukan Jenis Pompa yang akan digunakan dalam pekerjaan ini. Kali ini kita memilih untuk memakai Jenis pompa Submersible 1,5 Hp, AC 220 volt, outlet pipa Ø 2", output : 14m³/jam, head 44 m, merk INOTO type 4SRM 1008. Adapun spesifikasi lengkapnya dijabarkan dalam tabel di bawah ini.

Tipe Pompa	Daya [hp]	Daya [kW]	Voltase	Jumlah Impeller	Seri Impeller	Capasitor [Mf]	MCB	Head [m]	Outlet [inch]	Diameter [inch]
4SRM1006	1	750	220-240/50Hz	6	4SRM-10	40	-	33	2	4
4SRM1008	1.5	1100	220-240/50Hz	8	4SRM-10	45	-	44	2	4
4SRM1010	2	1500	220-240/50Hz	10	4SRM-10	50	-	55	2	4
4SRM1014	3	2200	200-240/50Hz	14	4SRM-10	80	-	77	2	4
4SRM1604	1.5	1100	220-240/50Hz	4	4SRM-16	45	-	20	2.5	4
4SRM1606	2	1500	200-240/50Hz	6	4SRM-16	50	-	31	2.5	4
4SRM1609	3	2200	200-240/50Hz	9	4SRM-16	80	-	45	2.5	4
4SRM2012	4	3000	200-240/50Hz	12	4SRM-16	45+45	-	60	2.5	4
4SRM2016	5.5	4100	220-240/50Hz	16	4SRM-16	65+65	-	76	2.5	4
4SR1606	2	1500	380/50Hz	6	4SRM-16	-	C6	31	2.5	4
4SR1609	3	2200	380/50Hz	9	4SRM-16	-	C10	45	2.5	4

Dari data Jenis Pompa di atas, kita dapat menentukan kebutuhan daya pompa, jumlah panel surya, jumlah baterai, kapasitas inverter, kapasitas SCC.

Kebutuhan daya pompa :

No.	Nama alat listrik	Jumlah	Waktu Menyala	Daya Listrik	Total Daya Listrik
1.	Pompa 1,5 hp	1 unit	6 jam	1100 watt	6600 watt
Jumlah daya yang dibutuhkan					6600 watt

Namun, yang perlu diingat. Bahwa energi listrik yang dihasilkan PLTS ini tidak 100% dapat digunakan. Karena selama masa transmisi dari panel surya hingga pada akhirnya ke beban (alat elektronik), terdapat hingga 40% energi listrik yang hilang. Maka dari itu, perlu adanya penambahan 40% daya listrik dari total daya yang digunakan. Jadi, secara matematika dapat ditulis seperti berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Total daya yang diperlukan} &= \text{Daya alat} : (100\% - 40\%) \\
 &= 6600 \text{ watt} : 60\% \\
 &= 11.000 \text{ watt.}
 \end{aligned}$$

3.3. Penentuan Kebutuhan PLTS.

Kebutuhan panel surya :

Untuk menentukan banyaknya panel surya yang dibutuhkan, penting untuk mengetahui apa itu Watt Peak (WP). Jadi, Watt Peak adalah besarnya atau optimalnya nominal Watt tertinggi yang dapat dihasilkan dari sebuah panel surya. Di Indonesia, proses photovoltaic optimalnya hanya berlangsung **5 jam** saja, sehingga untuk menghitung banyaknya panel surya yang digunakan, dapat dengan cara berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan panel surya} &= \text{Total Daya} : \text{Waktu Optimal} \\
 &= 11.000 : 5 \\
 &= 2.200 \text{ WP.}
 \end{aligned}$$

Setelah mengetahui kebutuhan panel surya yaitu sebesar 2.200 Watt Peak. Kita bisa menentukan jumlah panel surya yang akan dipasang. Perlu diketahui bahwa di pasar Indonesia ada beberapa kapasitas panel surya, kali ini kita rencana memakai yang kapasitas 340 WP. Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah panel surya yang dibutuhkan} &= 2.200 && : 340 \\ &= 6,47 \text{ bh.} \end{aligned}$$

Dalam praktek pelaksanaan di lapangan, jumlah tersebut akan dibulatkan ke atas dan kalau bisa berjumlah genap, dan kita pilih 8 bh.

Kebutuhan jumlah baterai :

Pada siang hari, baterai selain digunakan langsung, tetapi juga melakukan pengisian dari panel surya, sehingga pada malam hari tetap bisa menggunakan energi listrik tanpa harus menggunakan jaringan listrik PLN.

Namun, energi listrik pada baterai tidak 100% dapat digunakan. Karena pada saat di inverter potensi kehilangan energinya bisa sebesar 5%, sehingga perlu adanya cadangan 5% yang harus ditambah.

$$\begin{aligned} \text{Cadangan} &= \text{Daya Alat} && : (100\% - 5\%) \\ &= 6.600 && : 95\% \\ &= 6.947 \text{ watt.} \end{aligned}$$

Setelah mengetahui kebutuhan baterai yaitu sebesar 6.947 watt. Kita bisa menentukan jumlah baterai yang akan dipasang. Perlu diketahui bahwa di pasar Indonesia ada beberapa kapasitas dan jenis baterai, kali ini kita rencana memakai yang 12 Volt 100 Ah.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baterai} &= \text{Daya Alat} && : \text{Kapasitas baterai} \\ &= 6.947 && : (12 \text{ Volt} \times 100 \text{ Ah}) \\ &= 6.947 && : 1200 \\ &= 5,79 \text{ bh} \sim \text{dibulatkan ke atas dan genap} = 6 \text{ bh.} \end{aligned}$$

Perlu diingat, penggunaan daya baterai tidak boleh sampai habis karena akan cepat rusak atau sowak, gunakan baterai 50% saja. Dan hanya bersifat saran, jika ingin umur baterai lebih lama dan punya budget cukup, maka pemasangan baterai sebaiknya berjumlah 2 kali jumlah kebutuhan, yaitu $6 \times 2 = 12$ baterai.

Kebutuhan kapasitas inverter :

Inverter adalah alat yang berfungsi untuk mengubah arus DC (searah) menjadi arus AC (bolak-balik). Untuk menentukan kapasitas inverter, kita harus berasumsi jika semua alat menyala bersamaan, maka dari data sebelumnya sudah didapat daya alat = 1100 Watt.

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas inverter} &= \text{Daya Alat} && \times 2 \\ &= 1.100 \text{ watt} && \times 2 \\ &= 2.200 \text{ watt.} \end{aligned}$$

Kebutuhan Sollar Charge Controller (SCC) :

Sebelum menentukan SCC, pahami dahulu spesifikasi panel surya yang akan dipasang. Jika panel surya yang dipasang 340 WP, maka panel surya tersebut tertulis kode berikut :

$$\begin{aligned} P_m &= 340 \text{ W} \\ V_m &= 38,2 \text{ V} \\ V_{oc} &= 47,5 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\text{Imp} = 8,91 \text{ A}$$

$$\text{Isc} = 9,22 \text{ A}$$

Kemudian, perhatikan Isc (short circuit current). Selanjutnya, kalikan Isc dengan jumlah panel surya yang akan kita pasang.

$$\begin{aligned} \text{Daya SCC} &= \text{Isc} \quad \times \text{Jumlah panel surya} \\ &= 9,22 \quad \times 8 \\ &= 73,76 \text{ A} \sim 80 \text{ A.} \end{aligned}$$

Jika di kemudian hari direncanakan akan menambah jumlah panel surya, maka sebaiknya memilih Daya SCC di atas 80 A.

3.4. Menyusun Rencana Anggaran Biaya dan Gambar Rencana.

Rencana Anggaran Biaya.

Setelah tahapan di atas sudah kita laksanakan, untuk selanjutnya kita bisa menyusun RAB dan Gambar Rencana. Adapun RAB dan Gambar Rencana seperti yang tertuang dalam gambar di bawah ini.

RINCIAN RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)						
No.	JENIS PEKERJAAN	ANALISA	VOLUME	SAT.	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
KEGIATAN : PEMBANGUNAN PRASARANA PERTANIAN						
SUB KEGIATAN : PEMBANGUNAN, REHABILITASI DAN PEMELIHARAAN JARINGAN IRRIGASI USHA, TANI						
PEKERJAAN : PEMBANGUNAN IRRIGASI AIR TANAH POKYAN JAWA MUKAUUR DESA KARANGSOKO						
LOKASI : Kab. TRENGGALEK Kab. TRENGGALEK						
UNTUK TAHUN ANGGARAN : 2023						
-1-						
I	PEKERJAAN PERGIAPAN					
1	Uraht + pasang bowplank	-	1,00	ls	140,000,00	140,000,00
2	Persiapan lahan dan pembersihan lokasi	-	1,00	ls	150,000,00	150,000,00
3	K3	-	1,00	ls	150,000,00	150,000,00
4	Papan nama kegiatan	-	1,00	ls	350,000,00	350,000,00
					Sub Total	790,000,00
II	PEKERJAAN TANAH / URUGAN					
1	Galian tanah pondasi	1.7.7.1.1.a.(a).	0.09	M3	79,576,00	6,962,90
2	Urugan tanah kembali & dipadatkan	1.7.2.a.	0.09	M3	59,472,00	5,203,80
					Sub Total	12,166,70
III	PEKERJAAN PASANGAN					
1	Pas batu kali 1 Pa : 4 Pa (pondasi besi)	2.1.2.a.3.c.(a)	0.18	M3	895,244,00	156,667,70
					Sub Total	156,667,70
IV	PEKERJAAN BETON					
1	Pembesian untuk angkur tang holo	2.2.6.1.b.(b).	2.50	Kg	16,085,77	40,190,00
2	Dampal cor (K.100) untuk angkur bawah tang	A.4.1.1.1.	0.36	M3	1,089,459,00	392,205,24
					Sub Total	432,355,32
V	PEKERJAAN PEMBUATAN SUMUR					
1	Pembuatan sumur Ø 4", dengan kedalaman ± 55 m' kedalaman berdasarkan hasil survey geoteknik.	llc	55,00	Ml	120,000,00	6,600,000,00
2	Pipa PVC Ø 4", type AW	Hs	48,00	Ml	93,802,50	4,502,520,00
3	Pipa PVC Ø 2", type D	Hs	60,00	Ml	18,750,00	1,125,000,00
4	Buis beton Ø 40 cm + pital penutup	llc	1,00	Shl	100,000,00	100,000,00
					Sub Total	12,327,520,00
VI	PEKERJAAN RANGKA BESI					
1	Pos. tang, silu dan rangka atap besi holo ukuran 5/10	Hs	29,18	Ml	87,083,33	2,541,291,67
2	Pos. rangka atap besi holo ukuran 4/8	Hs	15,96	Ml	45,833,33	731,500,00
3	Pengelasan = pemasangan	A.4.2.1.5.	785,20	Cm	2,572,00	2,019,534,40
4	Corr besi (Ml)	3.3.4.(a).	11,33	M2	57,727,00	654,227,34
					Sub Total	5,946,354,01
VII	PEKERJAAN POMPA, PANEL SURYA DAN PERLENGKAPAN					
1	Pompa submersible 1.5 Hp, AC 220 volt, output Ø 2".	llc	1,00	Unit	2,680,750,00	2,680,750,00
2	Kabel NYHY 3 x 2.5 mm	Hs	61,00	Ml	17,000,00	1,037,000,00
3	Tali pompa nylon 12 mm	Hs	58,00	Ml	10,000,00	580,000,00
4	Inverter pompa / hybrid 2000 watt / 2 Kw	Hs	1,00	Unit	7,108,085,00	7,108,085,00
5	Battery litepa4 12V 100Ah + term. Automatic cell	Hs	6,00	Bh	2,224,090,00	13,342,540,00
6	Battery connection cable 30 mm	Hs	20,00	Ml	60,000,00	1,200,000,00
7	Box battery	Hs	1,00	Bh	1,500,000,00	1,500,000,00
8	Solar panel Polycrystalline 540 Wp	llc	8,00	Bh	3,469,037,50	27,752,700,00
9	Box panel array combiner	llc	1,00	Unit	500,000,00	500,000,00
10	Kabel NYHY 3 x 2.5 mm	Hs	5,00	Ml	17,000,00	85,000,00
					Sub Total	56,012,025,00

(Gambar Rencana Anggaran Biaya)

**REKAPITULASI
RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)**

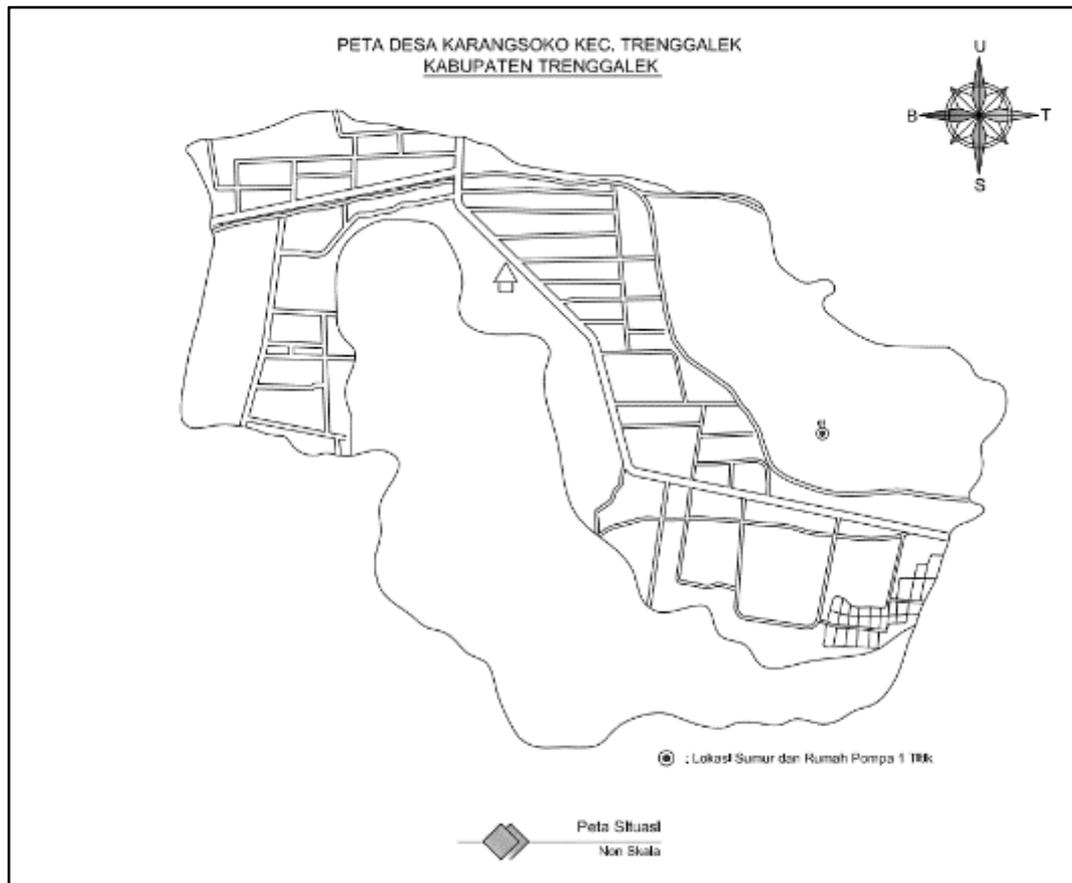
KEGIATAN : PEMBANGUNAN PRASABANA PERTANIAN
 PEKERJAAN : PEMBANGUNAN IRIGASI AIR TANAH POKTAN JAYA MAKMUR DESA KARANGSOKO
 LOKASI : KEC. TRENGGALEK Kab. TRENGGALEK
 UNTUK TAHUN ANGGARAN : 2028

No.	URAIAN PEKERJAAN		JUMLAH
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp	790.000,00
II	PEKERJAAN TANAH / URUGAN	Rp	12.166,70
III	PEKERJAAN PASANGAN	Rp	156.667,70
IV	PEKERJAAN RETON	Rp	489.355,30
V	PEKERJAAN PENYULATAN SUMUR	Rp	19.827.620,00
VI	PEKERJAAN RANGKA BESI	Rp	3.946.354,01
VII	PEKERJAAN POMPA, PANEL SURYA DAN PERLENGKAPAN	Rp	56.012.025,00
		JUMLAH	Rp 75.677.088,73
		PPN 11%	Rp 8.324.479,76
		TOTAL	Rp 84.001.568,49
		DIBULATKAN	Rp 84.000.000,00

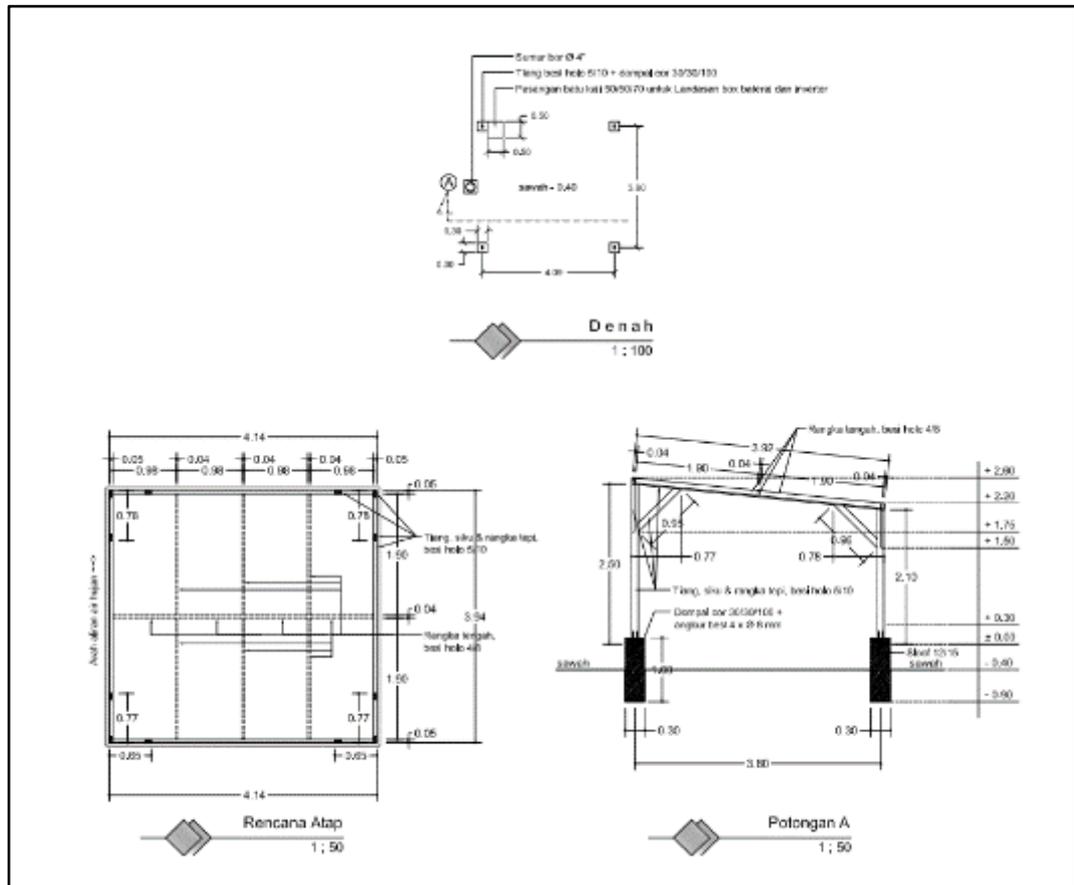
01

TERBILANG : DELAPAN PULUH EMPAT JUTA RUPIAH

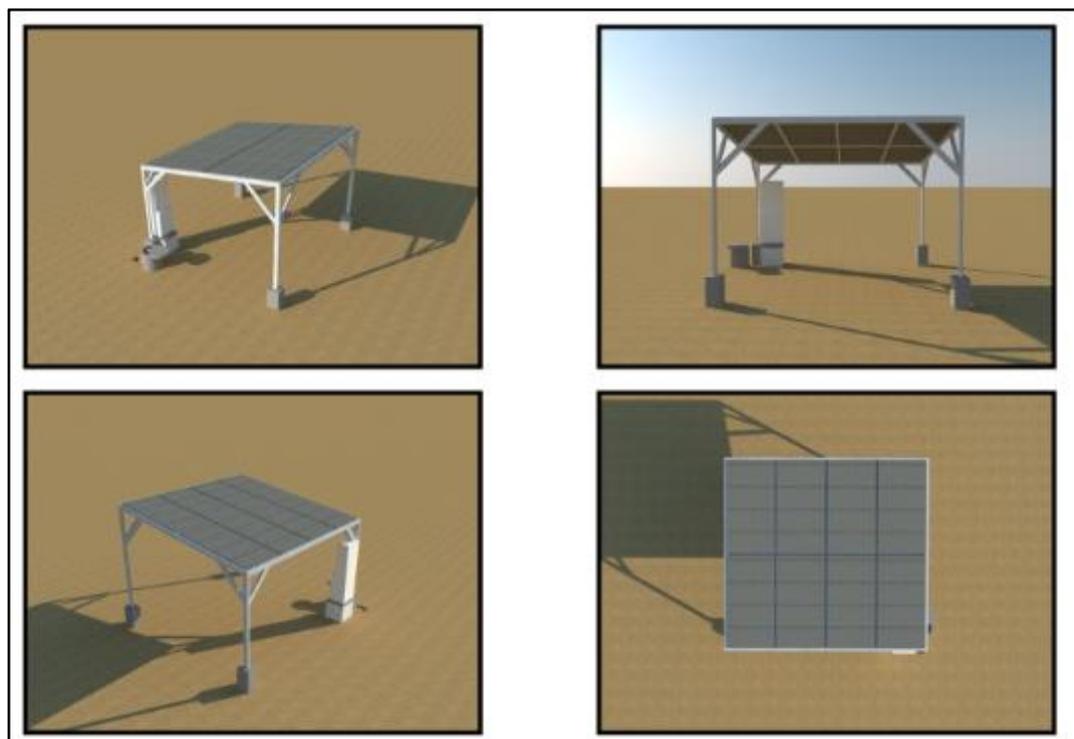
(Gambar Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya)



(Gambar Peta Desa)



(Gambar Struktur Bangunan)



(Gambar Perspektif Bangunan)

4. KESIMPULAN

Dengan adanya studi perencanaan ini diharapkan dapat menyelesaikan salah satu permasalahan di bidang pertanian, khususnya di lahan sawah di Kabupaten Trenggalek yang kebanyakan belum ada jaringan irigasi (sumber air) karena sebagian besar lokasi berada di wilayah perbukitan / pegunungan dan ada beberapa wilayah yang tidak ada jaringan listrik PLN. Salah satu kelebihan dari sistem sumber energi yang kita rencana pada irigasi air tanah dangkal ini adalah lahan sawah tidak perlu lagi adanya dukungan jaringan irigasi atau jaringan listrik PLN (sumber energi mandiri).

Hasil dari studi perencanaan ini dapat dijabarkan antara lain sebagai berikut : Kedalaman sumur bor max. 50,11 m. Daya pompa yang digunakan adalah 1,5 hp (1100 watt) dan head pompa 44 m. Jumlah panel surya sebanyak 8 buah masing-masing panel surya berkapasitas 340 WP. Jumlah baterai sebanyak 6 bh berkapasitas 12 Volt 100 Ah. Daya SCC minimal 80 A.

Harapan atau tujuan diadakannya perencanaan ini adalah agar para petani bisa untuk lebih mandiri dalam hal pengairan sawah, mandiri dari jaringan irigasi dan listrik PLN. Akan tetapi para petani juga harus mengetahui kelemahan dalam sistem PLTS, bahwa sistem ini tergantung pada sinar / cahaya panas matahari dan mempunyai umur pakai serta perawatan / pengecekan alat yang dilaksanakan rutin tiap satu bulan sekali. Jika dikemudian hari petani ingin menambah kapasitas / daya, maka petani harus memakai cara perhitungan di atas.

REFERENSI

Jurnal:

- [1] Murdiana., & Fadli., Peran Irigasi dalam Peningkatan Produksi Padi Sawah di Kecamatan Meurah Mulia Kabupaten Aceh Utara. *Jurnal AGRIFO*, 1(2), 1-14, 2016
- [2] Sanjaya, O.I., Giriantari, I.A.D., Kumara, I. N. S., Perancangan Sistem Pompa Irigasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk Pertanian Subak Semaagung. *Jurnal Spektrum*, 6(3), 114-121, 2019.
- [3] Siswanti, R., Analisis Nilai Ekonomi Air Irigasi. Skripsi, Departemen Sosial Ekonomi Pertanian Universitas Sumatera Utara, 2005.
- [4] Arifin R, Malyadi M, Kurniawan E, Rosyidin ZU., Upaya Peningkatan Efektifitas Pengairan Sawah dengan Sistem Kontrol Pompa Air Listrik. *Dinamisia : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 3(2): 228– 234. <https://doi.org/10.31849/dinamisia.v3i2.3245>, 2020.
- [5] Bachtiar M., Prosedur Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Perumahan (Solar Home System). *Jurnal SMARTek*. 4(3): 176–182, 2006.
- [6] Dewi VAK, Setiawan BI, Waspodo RSB., Analisis Konsumsi Air Sayuran Organik dalam Rumah Tanaman. *Jurnal Irigasi*. 12(1): 37–46. <https://doi.org/10.31028/ji.v12.i1.37-46>, 2017.
- [7] Fitri HZ., Pengelompokan dan pemetaan wilayah kecamatan di Kabupaten Ponorogo berdasarkan potensi sektor pertanian menggunakan analisis klaster. [Thesis]. Surabaya (ID): Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [8] Harini S., Kecamatan Slahung dalam angka. Ponorogo (ID): BPS Kabupaten Ponorogo, 2019.
- [9] Kadir A., Energi Sumberdaya, Inovasi, Tenaga Listrik Dan Potensi Ekonomi No Title. Depok (ID): Universitas Indonesia, 2010.
- [10] Yasar M, Mustaqimah, Yunus Y., Potensi Pengembangan Sistem Irigasi Pompa Tenaga Surya untuk Sawah Tadah Hujan di Pulau Simeulue. *Rona Teknik Pertanian Jurnal Ilmiah dan Penerapan Ketechnikan Pertanian I*. 10(2): 56–63. <https://doi.org/10.17969/rtp.v10i2.8757>, 2017.
- [11] Heath, B. R. C., *Basic Ground-Water Hydrology*, 4th Ed., North Carolina: USGS, 1982.
- [12] Tood, D. K. and Mays, L. W. *Groundwater Hydrogeology*, 3rd Ed., California: USGS, 2005.
- [13] Nurfalaq, A., Nawir, A., Manrulu, R. H., and Umar, E. P., Identifikasi Akuifer Daerah Pallantikang Kabupaten Jeneponto dengan Metode Geolistrik, *Jurnal Fisika Flux*, 15(2), 117–127, 2018.

- [14] Sutasoma, M., Azhari, A. P., and Arisalwadi, M., Identifikasi Air Tanah dengan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger di Candi Dasa Propinsi Bali, *Jurnal Fisika dan Pendidikan Fisika*, 3(2), 58–65, 2018.
- [15] Gijoh, O. T., As'ari, A., and Pasau, G., Identifikasi Akuifer Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Dipol-dipol di Masjid Kampus Universitas Sam Ratulangi," *Jurnal MIPA UNSRAT*, 6(1), 17–20, 2017.
- [16] Rohmah, S. A., Maryanto, S., and Susilo, A., Identifikasi Air Tanah Daerah Agrotechno Park Cangar Batu Jawa Timur Berdasarkan Metode Geolistrik Resistivitas, *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 14(1), 5–11, 2018.
- [17] Everett, M. E., *Near-Surface Applied Geophysics*. New York: Cambridge University Press, 2013.
- [18] Dentith, M. and Mudge, S., *Geophysics for the Mineral Exploration Geoscientist*. New York: Cambridge University Press, 2014.
- [19] Fitrianto, T. N., Supriyadi, S., Taufiq, U. A., Mukromin, T. M. and Wardana, A. P., Identifikasi Potensi Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger di Kelurahan Bapangsari Kecamatan Bagelen Kabupaten Purworejo, *Jurnal Fisika Flux*, 15(2), 100–104, 2018.