



## LAPORAN PENGABDIAN MASYARAKAT



## IRIGASI SAWAH TENAGA SURYA DI DESA KRANDEGAN PURWOREJO



2021

# LAPORAN PENGABDIAN MASYARAKAT IRIGASI SAWAH TENAGA SURYA DI DESA KRANDEGAN PURWOREJO

## DISUSUN OLEH:

<b>Kunaifi</b>	<i>Program Studi Teknik Elektro – Fakultas</i>
<b>Alex Wenda</b>	<i>Sains dan Teknologi – Universitas Islam</i>
<b>Zulfatri Aini</b>	<i>Negeri Sultan Syarif Kasim Riau,</i>
<b>Ewi Ismaredah</b>	<i>Pekanbaru</i>
<b>Wahyu Anjarjati</b>	<i>Stasiun Meteorologi Kelas II Yogyakarta</i>
	<i>International Airport – Badan</i>
	<i>Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika</i>
	<i>(BMKG), Yogyakarta</i>

@ 2021 Kunaifi et.al. Indonesia.

Sumber gambar pada halaman muka: <https://www.altestore.com/diy-solar-resources/solar-water-pumping-a-practical-introduction/>



## RINGKASAN EKSEKUTIF

---

Salah satu produk unggulan Desa Krandegan adalah padi sawah lahan basah yang ditanam di lahan seluas 75 hektar. Berbeda dengan desa-desa tetangganya, sawah di Krandegan dikelola secara inovatif melalui program irigasi gratis. Sistem irigasi gratis menggunakan pompa air yang digerakkan oleh mesin. Program irigasi gratis telah meningkatkan produksi padi dari satu kali panen menjadi tiga kali panen dalam setahun. Produksi padi naik tiga kali lipat dibanding saat merupakan sawah tadah hujan.

Program irigasi gratis patut diapresiasi dan mungkin merupakan solusi paling tepat saat diluncurkan. Petani tidak membayar biaya bahan bakar karena ditanggung oleh donatur. Namun, setelah berjalan tiga tahun, penggunaan pompa air berbahan bakar fosil membawa berbagai masalah, terutama biaya operasional yang tinggi. Gabungan tiga komponen biaya operasional dan perawatan; biaya bahan bakar, biaya pelumas, dan biaya perawatan sekitar Rp. 200 juta per tahun atau menghabiskan biaya sekitar Rp. 2.670.000 per hektar per tahun. Biaya operasional meningkat sejak 2021 karena petani harus mengganti bahan bakar dari bensin yang lebih murah ke solar (*diesel*) atau *pertalite* yang lebih mahal. Di masa depan, beban biaya bahan bakar diperkirakan makin berat karena bakar minyak (BBM) makin langka dan harganya makin tinggi. Selain itu, program irigasi gratis tidak sesuai *sustainable development goals* (SDGs) terutama karena pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), *carbon monoksida* (CO) dan *particulate matter*. Penggunaan mesin yang bekerja dengan minyak dan pelumas juga mencemari tanah, lahan sawah, sungai, dan lingkungan sekitar.

Donatur BBM di Krandegan mengisyaratkan penghentian sumbangan dalam waktu dekat. Jika bantuan biaya BBM sudah dihentikan oleh donatur, petani akan kembali mempraktekkan sawah tadah hujan sehingga jumlah panen turun dari tiga kali setahun menjadi satu kali setahun. Mesin dan pompa akan terbengkalai sebagaimana terjadi di desa-desa tetangga.

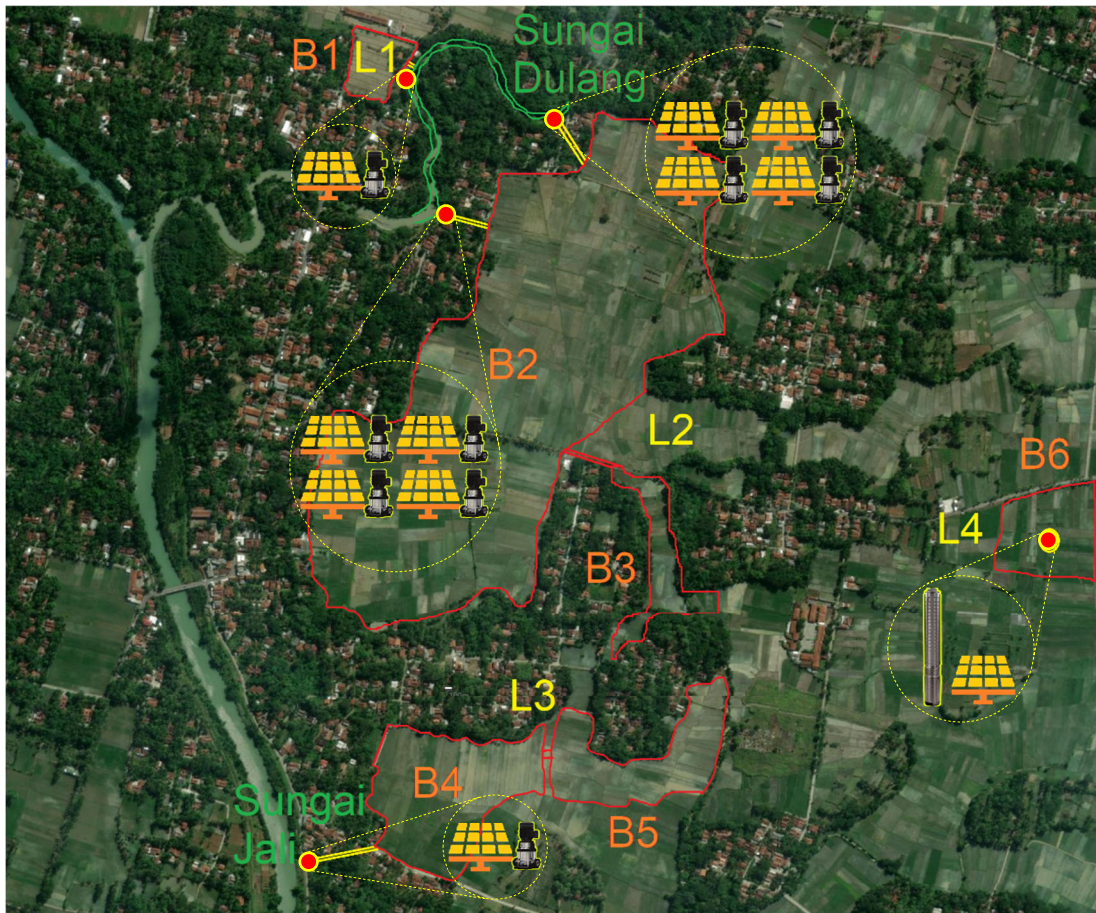
Radiasi matahari di Desa Krandegan cukup tinggi, rata-rata 4,9 kWh/m<sup>2</sup> per hari. Potensi energi matahari ini membuka peluang penerapan sistem irigasi bertenaga surya (SITS) sebagai pendekatan potensial yang harmonis dengan alam; karena saat curah hujan sedikit di musim panas, SITS justru bekerja optimal untuk memompa air.

Tujuan proyek ini adalah mengusulkan sistem irigasi bertenaga surya (SITS) di Desa Krandegan untuk;

- memenuhi kebutuhan air lahan sawah dengan biaya operasional minimal,

- mengurangi penggunaan bahan bakar minyak,
- meningkatkan reputasi lingkungan hidup Desa Krandegan sebagai jalan menuju Desa Berenergi terbarukan.

Lahan sawah di Krandegan terdiri dari enam petak dengan luas berbeda. Setelah penggabungan beberapa petak, akan terdapat empat lokasi yaitu L1, L2, L3, dan L4 (Gambar E1). Sumber air lokasi L1 dan L2 berasal dari Sungai Dulang. L3 mendapatkan air dari Sungai Jali, sedangkan di L4 terdapat sebuah sumur bor.



Gambar E1- Penempatan SITS di empat lokasi di lahan sawah Desa Krandegan.

Desain teknis SITS di Krandegan dilakukan secara cermat menggunakan metode yang digunakan dunia industri dan ilmiah. SITS yang diusulkan adalah SITS berdiri sendiri, tidak diparalelkan dengan mesin atau jaringan PLN. SITS menggunakan pompa DC dan modul surya kristaline silikon. Panel surya dipasang dengan kemiringan  $15^\circ$  dan azimuth  $180^\circ$ . Tidak ada tanki yang digunakan karena air langsung ditumpahkan ke lahan sawah. Kebutuhan air di setiap lokasi dihitung menggunakan metode dari *Food and Agriculture Organization (FAO)*, di mana kebutuhan air diasumsikan sekitar  $30 \text{ m}^3/\text{hektar}$  per hari.

Fokus perhatian desainer SITS bukan pada pompa, tapi kebutuhan air. Dengan konsep ini, total kebutuhan air sepanjang hari seharusnya dipenuhi oleh SITS selama jam matahari. Selanjutnya, pemilihan pompa dilakukan secara cermat karena satu pompa memiliki usia dan sifat berbeda dengan pompa lain. Sebuah pompa mungkin berputar saat disambung dengan sejumlah modul surya, namun belum tentu berputar pada jam, hari, atau bulan lain. Begitu juga, sebuah pompa mungkin mengeluarkan air ketika mendapat catu daya dari modul surya, namun belum tentu kebutuhan air yang dipersyaratkan terpenuhi. Untuk menjamin kualitas kinerja SITS, dokumen ini hanya mengusulkan komponen bersertifikasi dengan kualitas teruji. Tabel E1 memperlihatkan parameter input desain dan hasil desain.

Parameter/Komponen	Lokasi			
	L1	L2	L3	L4
Luas (hektar)	3	62	5	5
Kebutuhan air total per hari (m <sup>3</sup> )	90	1860	150	150
Jumlah pompa/sub-sistem	1	8	1	1
Air disuplai (m <sup>3</sup> /hari per pompa)	90	233	150	150
Pompa (sentrifugal, DC)				
▪ Jenis		Permukaan		Celup
▪ Kapasitas minimal (kW)	1,8	8 x 1,8	1,8	1,8
Generator surya				
▪ Kapasitas (Wp)	800	8 x 2080	1640	1300
▪ Daya setiap modul (Wp)	200	260	205	260
▪ Jumlah modul (keping)	4	8 x 8	8	5
Kabel motor				
▪ Panjang minimal (m)	10	8 x 55	8	8
▪ Diameter minimal (mm <sup>2</sup> )	2,5	8	2,5	2,5
Pipa				
▪ Hisap, panjang min. (m)	5	8 x 5	5	-
▪ Hisap, diameter min. (inci)	3,1	2	3,1	-
▪ Dorong, panjang (m)	20	8 x 80	200	20
▪ Dorong, diameter min. (inci)	3,1	3,9	3,1	3,9
Air yang dihasilkan				
▪ Volume total (m <sup>3</sup> /tahun)	33.000	85.000	63.400	66800
▪ Volume rata-rata (m <sup>3</sup> /hari)	110	233	174	153
▪ Kebutuhan terpenuhi (%)	100,05	99,95	116	122
▪ Peluang modifikasi untuk meningkatkan volume air	Ada	Tidak ada	Ada	Ada

Total biaya yang dibutuhkan untuk SITS di Krandegan adalah Rp. 1.29 miliar. Biaya pipa hisap dan pipa *delivery* tidak dihitung. Sistem pemompaan eksisting dalam program irigasi gratis membutuhkan biaya rata-rata Rp. 200 juta per tahun. Dengan demikian periode pengembalian modal (PPM) adalah sekitar 6,5 tahun, yang cukup bagus dalam proyek pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). PPM akan lebih singkat jika biaya modal sistem rigasi gratis diperhitungkan dan peningkatan harga BBM di tahun-tahun mendatang dipertimbangkan. Juga, jika sebagian dana

program SITS dibantu oleh pihak ketiga (pemerintah, perusahaan swasta, dan donatur), PPM akan semakin pendek.

Program Desa Hijau merupakan salah satu aspek dalam *sustainable development goals* (SDG) Desa. Sasaran ke tujuh dari SDG Desa adalah Desa Berenergi Bersih dan Terbarukan. Desa Krandegan adalah desa maju dan progresif, sehingga berpotensi meraih status Desa Berenergi Bersih dan Terbarukan. SITS menggunakan energi hijau yang gratis dari Allah SWT. Maka, program SITS di Krandegan dapat membantu upaya Krandegan menjadi Desa Berenergi Bersih dan Terbarukan. Tidak hanya itu, manfaat program SITS di Krandegan berpotensi meluas ke desa-desa lain, karena irigasi sawah dan SITS adalah kombinasi yang harmonis secara alami.

## DAFTAR ISI

---

<b>RINGKASAN EKSEKUTIF .....</b>	<b>4</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>8</b>
<b>1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>10</b>
1.1 Lokasi Pekerjaan .....	10
1.2 Uraian Masalah.....	12
1.3 Usulan Solusi .....	14
1.4 Tujuan Pekerjaan .....	15
1.5 Ruang Lingkup Pekerjaan .....	16
<b>2 GAMBARAN UMUM PEKERJAAN .....</b>	<b>17</b>
2.1 Peta Sawah .....	17
2.2 Data iklim .....	19
2.3 Langkah-Langkah Perencanaan Teknis .....	20
2.3.1 Menghitung kebutuhan air dan bulan desain.....	20
2.3.2 Penilaian sumber air .....	20
2.3.3 Bulan desain dan debit .....	20
2.3.4 Menghitung total head dinamis dan memilih pompa .....	21
2.3.5 Ukuran panel surya, tata letak, pemilihan inverter/kontroler, dan arah panel surya.....	21
2.3.6 Lokasi komponen utama.....	22
2.3.7 Ukuran dan lokasi tangki penyimpanan air. ....	23
2.3.8 Tata letak sistem: sistem hibrida vs berdiri sendiri. ....	23
2.3.9 Persyaratan minimum keseimbangan sistem. ....	24
2.4 Kebutuhan Air.....	24
<b>3 PERANCANGAN TEKNIS SITS DAN ANALISIS.....</b>	<b>26</b>
3.1. SITS di Lokasi L1 .....	27
3.1.1 Desain SITS di Lokasi L1 .....	27
3.1.2 Analisis kinerja SITS di Lokasi L1 .....	29
3.2. SITS di Lokasi L2 .....	31
3.2.1 Desain SITS di Lokasi L2 .....	31
3.2.2 Analisis kinerja SITS di Lokasi L2 .....	33
3.3. SITS di Lokasi L3 .....	33
3.3.1 Desain SITS di Lokasi L3 .....	33
3.3.2 Analisis kinerja SITS di Lokasi L3 .....	35
3.4. SITS di Lokasi L4 .....	36
3.4.1 Desain SITS di Lokasi L4 .....	36
3.4.2 Analisis kinerja SITS di Lokasi L4 .....	38
3.5 Pengukuran .....	39
3.6. Rangkuman desain dan analisis untuk semua lokasi.....	40
3.6.1 Desain dan analisis kinerja SITS .....	40
3.6.2 Catatan tambahan .....	44



<b>4 ANALISIS EKONOMI SITS .....</b>	<b>45</b>
<b>5 KONTRAKTOR PELAKSANA &amp; SUPLIER KOMPONEN .....</b>	<b>45</b>
5.1 Kualifikasi Kontraktor .....	45
5.2 Kiriman dan Hasil.....	46
<b>6 KEAMANAN .....</b>	<b>46</b>
<b>LAMPIRAN A: DETAIL BIAYA SITS DI DESA KRANDEGAN .....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN C: CONTOH STRUKTUR PENYANGGA .....</b>	<b>60</b>

# 1 PENDAHULUAN

---

## 1.1 Lokasi Pekerjaan

Desa Krandegan terletak di Kecamatan Bayan, Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah. Lokasi Desa Krandegan sekitar 10 km sebelah Barat Daya kota Purworejo dan sekitar 40 km sebelah Barat Kota Yogyakarta (Gambar 1). Koordinat lokasi Desa Krandegan adalah 7,75 Lintang Selatan (LS) dan 109,93 Bujur Timur (BT).

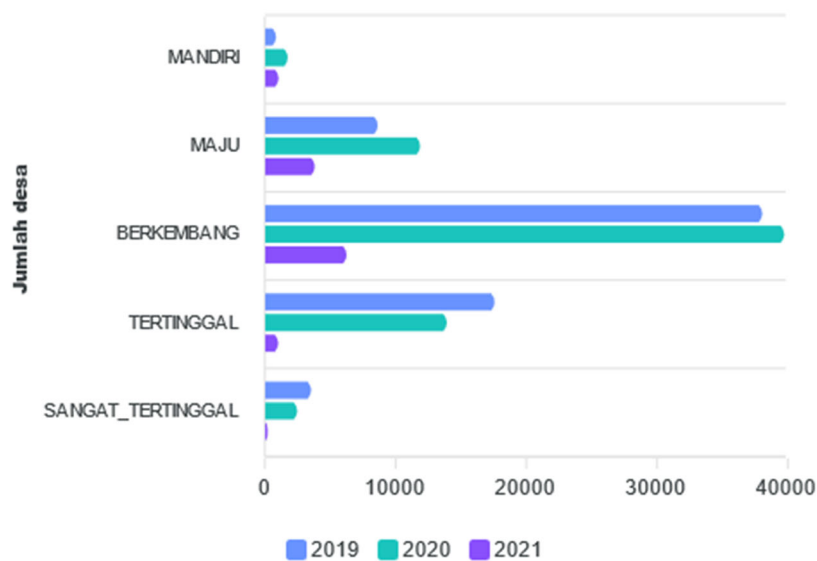


**Gambar 1.** Lokasi Desa Krandegan di Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia.

**Desa Krandegan adalah desa maju menurut Kementerian Desa, PDT dan Transmigrasi (Kemendesa).** Desa Maju atau juga disebut Desa Pra Sembada adalah desa yang memiliki potensi sumber daya sosial, ekonomi dan ekologi, serta kemampuan mengelola potensi tersebut untuk peningkatan kesejahteraan masyarakat desa, kualitas hidup manusia, dan menanggulangi kemiskinan.

Pada tahun 2020, sebagian besar desa di Indonesia masuk kategori desa berkembang (Gambar 2). Dengan demikian, mendapatkan status sebagai desa maju adalah prestasi yang membanggakan.

Kategori desa di atas dinilai berdasarkan Indeks Desa Membangun (IDM). IDM adalah komposit dari tiga indeks, yaitu: Indeks Ketahanan Sosial, Indeks Ketahanan Ekonomi, dan Indeks Ketahanan Ekologi/Lingkungan (Kementerian Desa PDT dan Transmigrasi 2020c).



**Gambar 2.** Status Indeks Desa Membangun (IDM), tahun 2019-2021 (Kementerian Desa PDT dan Transmigrasi 2021).

Salah satu dari keragaman produksi masyarakat di Desa Krandedan adalah padi sawah lahan basah. Luas sawah di Desa Krandedan sekitar 75 hektar (Gambar 3).

Pemerintah dan petani sawah di Desa Krandedan mengelola sawah dengan pendekatan yang inovatif. Dalam rangka meningkatkan kesejahteraan petani sawah, Desa Krandedan meluncurkan program irigasi gratis (Kementerian Desa PDT dan Transmigrasi 2020a).

Program irigasi gratis meliputi pengadaan mesin untuk menggerakkan pompa air. Mesin berfungsi memutar pompa sehingga pompa dapat menarik air dari sungai atau sumur, kemudian mendorong air ke lahan sawah.

Biaya program irigasi gratis tidak dibebankan kepada petani. Pompa pertama dengan daya 26 tenaga-kuda (PK) dibeli menggunakan dana Program Nasional Penanganan Pemberdayaan Masyarakat (PNPM) Mandiri Perdesaan. Pendanaan PNPM tersebut merupakan keuntungan besar bagi petani mengingat biaya pengadaan mesin cukup mahal. Pompa kedua dengan daya 20 PK dibiayai secara mandiri oleh petani. Selanjutnya, petani juga membeli enam mesin dan pompa dengan biaya sendiri. Biaya bahan bakar, yang merupakan komponen biaya paling besar, disediakan oleh donatur.

Program irigasi gratis berdampak positif kepada produksi padi di Desa Krandedan dan kesejahteraan petani. Sebelum program irigasi gratis, panen hanya bisa dilakukan satu kali setahun. Hal ini disebabkan suplai air mengandalkan curah hujan di musim hujan.



**Gambar 3.** Lahan sawah di Desa Krandegan (Foto: [www.purworejo24.com](http://www.purworejo24.com)).

Dengan adanya pompa yang diadakan melalui program irigasi gratis, panen meningkat dari satu kali menjadi tiga kali setahun. **Inisiatif irigasi gratis telah meningkatkan produksi padi menjadi tiga kali lipat dibanding masih merupakan sawah tadah hujan.**

Para petani sawah yang memanfaatkan pengairan gratis tersebut didorong untuk membayar zakat sebesar 2,5 % dari penghasilan padi sawah dalam rangka berbagi kesejahteraan dengan warga desa lain, terutama warga miskin. Petani membayar zakat tersebut ke Posko Siaga Desa. Dana yang telah dikumpulkan dari petani sawah memiliki manfaat signifikan bagi jaring pengaman sosial di Desa Krandegan. **Sejak program irigasi gratis diluncurkan, hingga bulan Mei 2015, pemerintah Desa Krandegan mengelola dana sebesar Rp 120 juta yang berasal dari zakat petani padi.**

## **1.2 Uraian Masalah**

**Sistem irigasi gratis di Desa Krandegan menggunakan mesin berbahan bakar fosil, dengan biaya bahan bakar disediakan oleh donator, sehingga gratis untuk petani** (Kementerian Desa PDT dan Transmigrasi 2020a) (Gambar 4). Pada awalnya, petani menggunakan mesin berbahan bakar premium (bensin) karena harganya lebih murah. Namun sejak awal 2021, pemerintah membatasi produksi premium, sehingga kini premium sulit didapatkan. **Saat ini, petani beralih ke bahan bakar Peralite atau diesel (solar) yang harganya lebih mahal.**

Program irigasi gratis adalah inisiatif yang patut mendapat apresiasi dan

merupakan solusi paling tepat pada saat diluncurkan. Program irigasi gratis terbukti efektif meningkatkan produksi padi dan kesejahteraan petani. Namun, setelah berjalan selama sekitar tiga tahun, **penggunaan pompa air berbahan bakar fosil ternyata membawa berbagai masalah** sebagaimana diuraikan di bawah ini:

- Donatur menanggung biaya bahan bakar yang mahal. Bahan bakar adalah komponen biaya paling besar. Dana desa tidak dapat digunakan membeli bahan bakar. Setiap hari, donatur menyediakan Rp. 500 ribu untuk bahan bakar. Setiap tahun, dana pembelian bahan bakar yang disediakan oleh donatur hampir Rp. 200 juta,
- Petani harus menyediakan biaya pelumas. Penggantian pelumas dilakukan rata-rata setiap dua bulan dengan biaya sekitar Rp. 300 ribu, disediakan oleh petani. Total biaya pelumas selama satu tahun sekitar Rp. 2 juta setiap mesin. Untuk semua mesin sebanyak 8 unit, petani harus menyediakan secara mandiri biaya pelumas sekitar Rp. 15 juta.
- Biaya operasional lain. Untuk biaya lain, seperti biaya perawatan mesin dan pompa, petani mengeluarkan biaya sekitar Rp. 2,5 juta per tahun.

**Dengan menjumlahkan tiga komponen biaya operasional dan perawatan: biaya bahan bakar, biaya pelumas, dan biaya perawatan, dibutuhkan biaya rata-rata Rp. 200 juta per tahun atau sekitar Rp. 2.670.000 per hektar per tahun.**

Selain tiga masalah utama yang diuraikan di atas, program irigasi gratis di Desa Krandegan berpotensi menimbulkan persoalan lain sebagai berikut:

- Bahan bakar yang digunakan saat ini adalah minyak bumi yang tidak terbarukan. Cadangan minyak bumi semakin berkurang. Minyak bumi di Indonesia diperkirakan habis dalam sembilan tahun, terhitung sejak 2020 (Kunaifi, Veldhuis, and Reinders 2020). Dengan demikian, mengandalkan minyak sebagai bahan bakar tidak sesuai *sustainable development goals* (SDGs),
- Harga bahan bakar minyak baik diesel (solar) maupun pertalite semakin mahal. Dengan demikian, beban biaya bahan bakar yang ditanggung oleh petani saat ini, akan semakin berat di tahun-tahun mendatang,
- Minyak adalah sejenis hidrokarbon, sehingga saat dibakar menghasilkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sebagai produk sampingan utama. Selain itu, pembakaran minyak juga menghasilkan *carbon monoksida* (CO) dan berbagai gas-gas lain, termasuk material debu berukuran kecil (*particulate matter*). Gas-gas di atas dinamakan gas rumah kaca yang bertanggungjawab pada terjadinya pemanasan global dan perubahan iklim, bencana abad 21. Partikel debu terbang ke udara menimbulkan polusi udara,
- Penggunaan mesin yang bekerja dengan minyak dan pelumas beresiko mencemari tanah, lahan sawah, sungai, dan lingkungan sekitar.

Merujuk pada masalah aktual yang diuraikan di atas, dapat dikatakan bahwa program irigasi gratis di Desa Krandegan sulit untuk diteruskan (*non-sustainable*). **Biaya bahan bakar adalah beban paling berat. Donatur mengindikasikan dalam waktu dekat akan menghentikan sumbangan yang selama ini diberikan.** Bagi petani, rencana tersebut merupakan ancaman serius. Pengalaman desa-desa tetangga membuktikan bahwa tanpa subsidi biaya bahan bakar, mesin-mesin pompa air di desa-desa tetangga tidak digunakan selama bertahun-tahun. Hal sama kemungkinan terjadi di Desa Krandegan. **Jika bantuan biaya bahan-bakar dihentikan oleh donatur, petani akan kembali mempraktekkan sawah tadah hujan dengan jumlah panen turun dari tiga kali setahun menjadi satu kali setahun.**



**Gambar 4.** Pompa air sawah di Desa Krandegan (Foto: Sorot Purworejo, 2019).

### **1.3 Usulan Solusi**

Uraian masalah di atas mendorong dilakukannya pendekatan baru untuk mengatasi beban biaya operasional sistem irigasi, terutama biaya bahan bakar, di Desa Krandegan.

**Proyek ini mengusulkan sistem irigasi bertenaga surya (SITS) untuk menyediakan kebutuhan air di lahan sawah di Desa Krandegan.** SITS diusulkan dengan alasan sebagai berikut:

- SITS terbukti andal dalam menyediakan kebutuhan air lahan pertanian,

- SITS dapat menjadi solusi dari beban biaya bahan bakar yang sedang dialami petani di Desa Krandegan, karena ‘bahan bakar’ SITS adalah sinar matahari yang gratis,
- SITS mempromosikan pengurangan penggunaan bahan bakar minyak, khususnya di sektor pertanian,
- SITS sejalan dengan sasaran ke tujuh dari SDG Desa, yaitu Desa Berenergi Bersih dan Terbarukan.
- SITS sejalan dengan upaya pemerintah Desa Krandegan untuk menjadi pelopor sebagai Desa Hijau (*green village*).

**Program Desa Hijau merupakan salah satu aspek dalam SDG Desa.** SDG atau *sustainable development goals* adalah program global yang dimotori oleh perserikatan bangsa-bangsa (PBB). SDGs terdiri dari 17 sasaran dan 169 target (United Nations 2020). Program SDGs telah diratifikasi (dijadikan program negara) oleh pemerintah Indonesia untuk diterapkan mulai dari skala nasional hingga level desa.

**SDGs Desa adalah upaya terpadu untuk mewujudkan desa yang searah dengan pencapaian tujuan SDGs global** (Jatilor 2021). SDGs terdiri dari 17 sasaran. Salah satu di antaranya adalah energi bersih yang terjangkau (*affordable clean energy*) yang merupakan sasaran ke tujuh dalam SDGs. Program SDG Desa terdiri dari 18 sasaran (Gambar 5). **Dalam konteks desa di Indonesia, sasaran ke tujuh dari SDG Desa adalah Desa Berenergi Bersih dan Terbarukan** (Kementerian Desa PDT dan Transmigrasi 2020b).

**Tidak hanya sejalan dengan sasaran ke-tujuh dalam SDG Desa, manfaat program SITS juga berpotensi meluas ke lima sasaran SDG Desa lain** yaitu: Desa Tanpa Kemiskinan (sasaran 1), Desa Tanpa Kelaparan (sasaran 2), Konsumsi dan Produksi Desa Sadar Lingkungan (sasaran 12), Desa Tanggap Perubahan Iklim (sasaran 13), dan Desa Peduli Lingkungan Darat (sasaran 15).

#### 1.4 Tujuan Pekerjaan

**Proyek ini bertujuan menyediakan sistem irigasi bertenaga surya (SITS) di Desa Krandegan untuk;**

- **memenuhi kebutuhan air lahan sawah dengan biaya operasional minimal,**
- **mengurangi penggunaan bahan bakar diesel,**
- **meningkatkan reputasi lingkungan hidup Desa Krandegan sebagai jalan menuju Desa Berenergi terbarukan.**



**Gambar 5.** Delapan belas sasaran SDG Desa (Kementerian Desa PDT dan Transmigrasi 2020b). Saran 7 (kuning) adalah program SITS. Empat sasaran lain (hijau) adalah dampak langsung dari program SITS.

## 1.5 Ruang Lingkup Pekerjaan

**Ruang lingkup pekerjaan mencakup (tetapi tidak terbatas) pada poin-poin di bawah ini.** Ruang lingkup pekerjaan dipisahkan antara Pemilik, Konsultan, dan Kontraktor. Pemilik bisa kelompok tani di Desa Krandegan atau Pemerintah Desa Krandegan. Konsultan adalah tim penyusun laporan ini. Kontraktor adalah perusahaan yang akan membangun SITS di Krandegan.

### **Pemilik:**

- Menyediakan lahan yang cukup, bebas banjir, dan siap dipakai untuk instalasi SITS. Khusus lahan untuk penempatan panel surya harus bebas dari bayangan objek sekitar sepanjang tahun,
- Mengundang kontraktor untuk menyampaikan penawaran harga, rencana kerja, dan pernyataan sanggup mematuhi ruang lingkup tugas Kontraktor,
- Menunjuk kontraktor sesuai persyaratan proyek, termasuk persyaratan dalam Bagian 5.1,
- Menyediakan dan memasang konstruksi pengaman dari pencurian dan pengrusakan seperti pagar pelindung (jika dibutuhkan),
- Membangun kanal penghubung blok B2 & B3 dan blok B4 & B5 (lihat Bagian 2.1),
- Menyediakan jalur terdekat untuk memasang pipa dari lokasi sumber air ke pompa dan dari pompa ke sawah,
- Menyediakan jalur terdekat untuk menarik kabel dari panel surya ke pompa,
- Menyatakan pekerjaan konsultan dan kontraktor telah selesai sesuai perencanaan.



**Konsultan:**

- Membuat rancangan teknis sistem SITS yang dapat memenuhi kebutuhan air seluruh lahan sawah di Desa Krandegan,
- Mengawasi pekerjaan Kontraktor dan menjamin pekerjaan sesuai dengan perencanaan,
- Membuat laporan perencanaan dan pengawasan kepada Pemilik.

**Kontraktor:**

- Mengirim semua peralatan ke lokasi,
- Melakukan pekerjaan instalasi SITS lengkap, yang mencakup:
  - Membangun konstruksi dasar beton bertulang yang kuat menopang struktur penyangga panel surya,
  - Memasang struktur penyangga panel surya,
  - Memasang modul surya pada struktur, diamankan dengan baut dan mur, dan melakukan pengelasan jika diperlukan,
  - Memasang semua peralatan pelindung, baik pelindung komponen dari faktor alam dan operasi yang tidak normal, dan pelindung manusia dari sengatan listrik dari SITS,
  - Memasang peralatan pengontrol di dalam kotak logam yang dapat dikunci dan memiliki sirkulasi udara yang bagus, lengkap dengan kabel tahan hewan pengerat,
  - Khusus di lokasi L4 (lihat Bagian 2.1), memasang sistem pemantauan jarak dan memasang *dry running protector* (pelindung operasi kering),
- Melakukan komisioning dengan menyalakan sistem selama 24 jam dan meyakinkan sistem bekerja dengan baik,
- Memberikan pelatihan 2 hari untuk pemilik, teknisi lokal, dan pihak lain, dengan topik utama; pengoperasian, pemeliharaan, modifikasi, dan penggantian komponen,
- Setelah menyelesaikan semua pekerjaan, kontraktor menyerahkan laporan kepada pemilik dalam bentuk salinan keras (*hardcopy*) dan lunak (*softcopy*) yang mencakup laporan pengiriman, instalasi, dan hasil pengujian, serta manual operasi, perawatan, modifikasi, dan penggantian komponen,
- Melayani permintaan perbaikan atau penggantian komponen dengan cepat dari Pemilik dalam masa garansi.

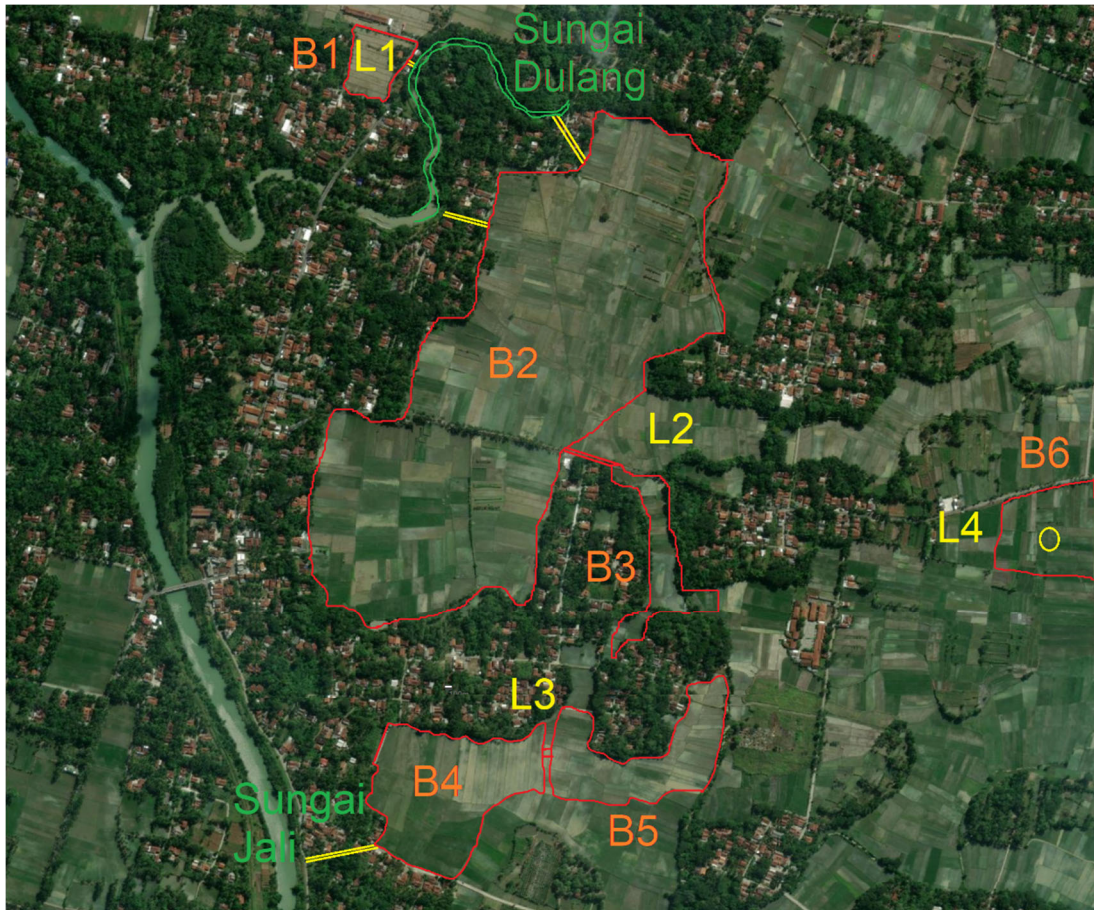
## 2 GAMBARAN UMUM PEKERJAAN

---

### 2.1 Peta Sawah

Lahan sawah di Desa Krandegan terhampar seluas total 75 hektar. Terdapat enam petak sawah dengan luas berbeda seperti ditunjukkan Gambar 6. Sebagaimana diperlihatkan, pada pekerjaan ini diasumsikan bahwa petak-petak

yang berdekatan akan disambung dengan membangun saluran air<sup>1</sup>. Aliran air dari petak B2 disambung dengan petak B3. Gabungan B2 dan B3 adalah Lokasi 1 (L1). Begitu juga, petak B4 disambung dengan petak B5, di mana gabungannya adalah L3. **Setelah penggabungan beberapa petak sawah tersebut, di Desa Krandegan akan terdapat empat lokasi petak sawah yaitu L1, L2, L3, dan L4.**



**Gambar 6.** Empat lokasi yang terdiri dari enam petak sawah di Desa Krandegan.

Tabel 1 menunjukkan empat lokasi petak sawah di Desa Krandegan. Luas masing-masing lokasi diperlihatkan. Total luas lahan sawah adalah 75 hektar. **Sumber air lokasi L1 dan L2 berasal dari Sungai Dulang. L3 mendapatkan air dari Sungai Jali, sedangkan di L4 terdapat sebuah sumur bor<sup>2</sup>** sebagai sumber air yang khusus dibuat untuk kebutuhan irigasi karena lokasinya jauh dari sungai.

<sup>1</sup> Dokumen ini tidak mencakup rancangan teknis dan pembiayaan saluran air untuk menghubungkan petak B2 dan B3 dan petak B4 dan B5.

<sup>2</sup> Dokumen ini tidak mencakup analisis suplai air sumur bor di lokasi L4. Diasumsikan sumur bor memiliki cadangan air yang cukup untuk memenuhi kebutuhan air di petak B6 dan laju pemulihan air dapat mengimbangi laju pengambilan air oleh SITS untuk menghindari pompa bekerja dalam kondisi kering.

Tabel 1 - Luas setiap lokasi petak sawah di Desa Karandegan

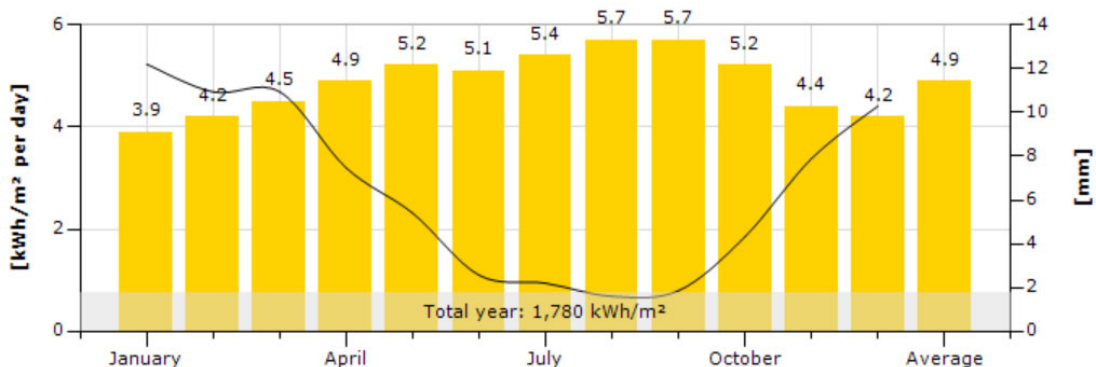
Nama Lokasi	Petak Sawah	Luas (hektar)	Sumber Air
L1	B1	3	Sungai Dulang
L2	B2 + B3	60 + 2 = 62	Sungai Dulang
L3	B4 + B5	3.5 + 1.5 = 5	Sungai Jali
L4	B6	5	Sumur bor
<b>Luas total</b>		75	

## 2.2 Data iklim

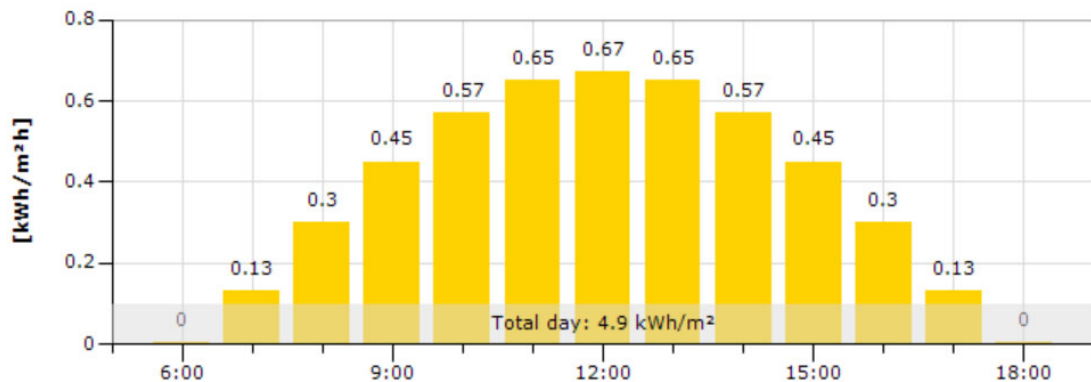
Gambar 7 menunjukkan sumber energi matahari dan curah hujan rata-rata setiap bulan di Desa Krandegan selama satu tahun. Seperti diperlihatkan Gambar 7a, **Desa Krandegan memiliki radiasi matahari pada bidang horizontal yang cukup tinggi, rata-rata 4,9 kWh/m<sup>2</sup> per hari, berkisar dari radiasi paling rendah sebesar 3,9 kWh/m<sup>2</sup> per hari pada bulan Januari hingga radiasi paling tinggi 5,7 kWh/m<sup>2</sup> per hari pada bulan Agustus sampai Oktober.** Total radiasi pada bidang horizontal di Desa Krandegan adalah 1780 kWh/m<sup>2</sup> per tahun, atau setara 77% total radiasi tahunan di Mesir (Solargis s.r.o. 2020), salah satu negara dengan potensi pompa surya paling besar di dunia.

Profil musiman radiasi matahari adalah kebalikan dari profil curah hujan. Seperti diperlihatkan Gambar 7a, pada bulan-bulan dengan curah hujan tinggi, radiasi matahari lebih rendah. Sebaliknya, radiasi matahari paling tinggi bersamaan dengan periode curah hujan paling rendah. Dengan demikian, **SITS adalah pendekatan yang harmonis dengan alam, karena saat curah hujan sedikit di musim panas, SITS bekerja optimal untuk memompa air.**

Gambar 7b menunjukkan profil radiasi matahari harian di Desa Krandegan. Diperlihatkan bahwa profil radiasi matahari antara pagi dan sore hari relatif sama. Rata-rata radiasi sebesar 130 W/m<sup>2</sup> terjadi jam 7 pagi dan 5 sore, mencapai puncak sebesar 670 W/m<sup>2</sup> pada jam 12 siang.



(a)



(b)

**Gambar 7.** Sumber energi matahari di Desa Krandegan: (a) (data ini diperoleh dari Proyek POWER NASA Langley Research Center (LaRC) yang didanai melalui NASA Earth Science / Applied Science Program).

## 2.3 Langkah-Langkah Perencanaan Teknis

Langkah-langkah dalam perencanaan teknis sebuah sistem SITS diuraikan dalam sembilan langkah di bawah ini.

### 2.3.1 Menghitung kebutuhan air dan bulan desain

Kebutuhan air dari lahan sawah harus diperkirakan. Untuk melakukannya, bulan desain perlu ditetapkan, yaitu bulan atau periode waktu di mana SITS harus mampu menyediakan sejumlah air yang ditetapkan. Permintaan air bervariasi menurut musim, usia tanaman, dan periode tanam. Metode penghitungan kebutuhan air sawah ditampilkan pada Bagian 2.4.

### 2.3.2 Penilaian sumber air

SITS dapat diterapkan dengan memompa air permukaan dari sungai dan danau atau memompa air tanah dari dalam sumur. Laju pemulihan air di dalam sumur harus lebih tinggi dibanding laju pemompaan air oleh pompa. Perencanaan yang baik akan melibatkan pengujian dengan memompa air dari sumur selama beberapa jam sambil mengamati laju pemulihan air<sup>3</sup>. Hal ini dilakukan untuk melindungi pompa dari kerusakan karena bekerja dalam keadaan kering.

### 2.3.3 Bulan desain dan debit

Radiasi matahari bervariasi sepanjang tahun, sehingga perlu ditentukan bulan

<sup>3</sup> Dalam dokumen ini, sumber air di sumur mengandalkan informasi dari pihak Desa Krandegan, tidak melakukan uji sumur.

desain, yaitu bulan yang dipilih sebagai acuan untuk mengukur SITS. Bulan terbaik adalah bulan dengan rasio radiasi dan kebutuhan air paling tinggi. Sebaliknya, bulan terburuk adalah bulan dengan rasio radiasi dan kebutuhan air paling rendah. Bulan rata-rata menggunakan angka rata-rata tahunan dari rasio radiasi dan kebutuhan air. Desain pada bulan terbaik adalah pilihan paling ekonomis dan akan menyediakan air yang cukup pada bulan tersebut, tapi di bulan-bulan lain akan terjadi defisit air. Sebaliknya, desain pada bulan terburuk akan menghasilkan air yang cukup sepanjang tahun, namun biaya modal tinggi. Desain pada bulan rata-rata berada di antara kedua ekstrim di atas. **Pada kegiatan ini desain mengacu pada bulan terburuk (untuk SITS kecil di lokasi L1, L3, dan L4) dan bulan rata-rata (untuk SITS besar di lokasi L2).**

#### 2.3.4 Menghitung total head dinamis dan memilih pompa

Informasi debit air yang dibutuhkan dan total *head* dinamis digunakan untuk memilih pompa yang cocok. Total *head* dinamis merupakan penjumlahan dari kedalaman air, penurunan permukaan air, ketinggian titik di mana air akan ditumpahkan, panjang pipa, belokan-belokan pada pipa, dan jenis pipa. Semua variable di atas menggunakan satuan meter (m).

#### 2.3.5 Ukuran panel surya, tata letak, pemilihan inverter/kontroler, dan arah panel surya

**Ukuran panel surya.** Setelah pompa dipilih, dimungkinkan untuk memperkirakan energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan putaran minimal untuk bisa menarik air dari sumber air dan mendorong air ke titik pelepasan. Untuk semua jenis SITS, energi yang dihasilkan oleh panel surya dapat dihitung dengan:

$$E_{\text{dihasilkan}} = P_{\text{pk}} \times \text{PSH} \times \text{PR}$$

di mana:

$P_{\text{pk}}$  = daya puncak panel surya,

$\text{PSH}$  = atau jam matahari puncak, sama dengan jumlah jam yang setara per hari saat radiasi matahari rata-rata  $1.000 \text{ W/m}^2$ ,

$\text{PR}$  = atau rasio kinerja, diartikan sebagai rasio antara energi yang dihasilkan dan energi teoritis yang akan dihasilkan oleh panel PV jika modul mengubah iradiasi yang diterima menjadi energi yang berguna sesuai nilai daya puncaknya.

Energi yang dibutuhkan oleh pompa ( $E_{\text{pompa}} = P_1 \times \text{jam pengoperasian pompa}$ ) dapat disamakan dengan  $E_{\text{dihasilkan}}$  untuk mendapatkan  $P_{\text{pk}}$  yang dibutuhkan dari skema panel surya:

$$E_{\text{pompa}} = E_{\text{dihasilkan}} = P_{\text{pk}} \times \text{PSH} \times \text{PR} = P_1 \times \text{jam pengoperasian pompa}$$

Setelah daya pompa (dan kebutuhan energinya), PSH di lokasi, dan PR diketahui,  $P_{\text{pk}}$  (daya puncak panel surya) dapat dihitung dan jumlah minimum modul surya yang dibutuhkan (mempertimbangkan model yang tersedia di pasar) juga dapat diperkirakan.

#### ***Tata letak dan ukuran inverter/kontroler.***

Konfigurasi panel surya ditentukan setelah jumlah modul surya diketahui. Dalam hal ini akan ditentukan berapa banyak modul yang akan dipasang secara seri (*string*) dan berapa banyak *string* yang parallel. Konfigurasi yang tepat akan menjami daya, tegangan, dan arus yang disediakan oleh panel surya sesuai dengan spesifikasi inverter/kontroler dan pompa.

Inverter khusus pompa surya digunakan untuk pompa AC yang dipilih, sedangkan untuk pompa DC digunakan kontroler pompa DC. **Pada kegiatan ini, pompa yang digunakan adalah pompa DC.**

Kontroler/inverter yang akan digunakan mempengaruhi konfigurasi seri/parallel. Pemilihan pengontrol/inverter yang sesuai didasarkan pada pompa yang dipilih dan ukuran panel surya. Pengontrol/inverter harus mampu menangani daya DC yang masuk dari panel surya dan mengkondisikannya sesuai kebutuhan pompa.

#### ***Pemilihan modul surya.***

Selama merek modul surya memenuhi sertifikasi kualitas yang disyaratkan, modul tersebut dapat dianggap sesuai untuk tujuan. Modul surya dengan sertifikasi pabrikan yang berkualitas harus selalu menjadi aspek pertama yang dipertimbangkan dan modul yang tanpa sertifikasi tidak boleh digunakan. Dalam sebagian besar kasus, modul mono atau polikristalin digunakan untuk panel surya.

**Pada kegiatan ini, modul surya yang digunakan adalah mono dan polikristaline bersertifikasi.**

#### ***Arah panel surya.***

PSH yang tersedia akan bervariasi tergantung pada bagaimana modul surya diarahkan ke matahari. Jika lebih banyak air dibutuhkan di pagi hari, modul dapat diarahkan ke Timur, dengan konsekuensi pada sore hari output air akan berkurang. **Pada kegiatan ini, orientasi panel surya adalah azimuth 180°.**

### 2.3.6 Lokasi komponen utama

#### ***Lokasi panel surya.***

Panel surya harus ditempatkan sedekat mungkin dengan pompa air (biasanya beberapa meter dari lubang bor atau badan sungai/danau) untuk meminimalkan rugi-rugi kabel dan biaya kabel. Panel surya harus mudah diakses untuk

dibersihkan, ditempatkan di lokasi yang aman karena biasanya merupakan komponen yang paling rentan terhadap pencurian atau perusakan.

#### ***Lokasi inverter/kotak kontroler.***

Untuk alasan yang sama seperti di atas, pengontrol harus ditempatkan sedekat mungkin dengan panel surya dan pompa, namun tidak di bawah sinar matahari langsung karena suhu yang lebih tinggi akan menurunkan efisiensinya. Biasanya inverter dan kotak kontroler ditempatkan di bawah modul atau di gedung beberapa meter jauhnya untuk menyimpannya di tempat teduh.

#### ***Lokasi tangki air.***

Jika menggunakan tangki air, maka diletakkan sedekat mungkin dengan titik sumber air supaya meminimalkan jumlah modul surya yang dibutuhkan untuk menyalakan pompa karena total head dinamis di sisi pemompaan akan lebih rendah. Akan tetapi, hal ini mungkin membutuhkan menara tangki yang lebih tinggi jika lokasi sumber air jauh dari lokasi air dibutuhkan, dan sebaliknya, jika menara tangki air jauh dari sumber air tetapi dekat dengan lokasi air dibutuhkan.

#### **2.3.7 Ukuran dan lokasi tangki penyimpanan air.**

Jika menggunakan tangki air, maka kapasitas penyimpanan air ditentukan oleh penggunaan air harian, permintaan, dan variasi radiasi matahari harian dan musiman. Kapasitas penyimpanan harus dirancang untuk memastikan kecukupan, keandalan, dan kesesuaian dengan permintaan saat ini dan yang akan datang. **Pada kegiatan ini, tidak ada tangki yang digunakan karena air langsung ditumpahkan ke lahan sawah.**

#### **2.3.8 Tata letak sistem: sistem hibrida vs berdiri sendiri.**

SITS berdiri sendiri digunakan jika air yang dihasilkan telah sesuai dengan kebutuhan. SITS berdiri sendiri paling hemat biaya, mudah dioperasikan dan dirawat. Jika SITS sendiri tidak mampu memenuhi seluruh kebutuhan air terdapat tiga langkah yang dapat dilakukan:

1. Menghitung ulang kebutuhan air dan bulan desain. Pertimbangkan untuk melakukan penghematan air selagi memungkinkan,
2. Gunakan sistem hibrida dengan menambahkan sumber energi kedua (misalnya generator diesel atau jaringan PLN jika ada) yang dapat melengkapi pemompaan di luar jam matahari atau saat bulan-bulan atau hari-hari berawan ketika pemompaan surya tidak dapat memenuhi kebutuhan,
3. Pertimbangkan untuk menggunakan sumber air kedua (misal membuat sumur bor baru) yang dapat menambahkan sumber air.

**Pada kegiatan ini, SITS yang diusulkan adalah SITS berdiri sendiri.**

### 2.3.9 Persyaratan minimum keseimbangan sistem.

Keseimbangan sistem (*Balance of System*, BoS) adalah semua komponen yang dibutuhkan untuk menjamin instalasi dan operasi yang tangguh dari sistem energi surya. BoS adalah komponen selain panel surya, pompa, dan kontroler. Dalam SITS, komponen BoS mencakup saklar pemutus, PV *combiners*, struktur penyangga, kabel, sensor, meter, dan sebagainya.

## 2.4 Kebutuhan Air

Kebutuhan air dinyatakan dengan satuan meter-kubik (m<sup>3</sup>). Sistem irigasi tenaga surya (SITS) harus mampu menyediakan kebutuhan air yang dipersyaratkan.

**Kebutuhan air di setiap lokasi petak sawah di Desa Krandegan dihitung menggunakan metode dari *Food and Agriculture Organization (FAO)***, organisasi makanan dan pertanian di bawah perserikatan bangsa bangsa (PBB). Kebutuhan air irigasi (IN) untuk sebagian besar tanaman dihitung dalam lima langkah sebagai berikut:

Langkah 1: Menentukan evapotranspirasi tanaman referensi (E<sub>to</sub>),

Langkah 2: Menentukan faktor tanaman (K<sub>c</sub>),

Langkah 3: Menghitung kebutuhan air tanaman (ET tanaman)

$$ET \text{ tanaman} = E_{to} \times K_c,$$

Langkah 4: Menentukan curah hujan efektif (P<sub>e</sub>),

Langkah 5: Menghitung kebutuhan air irigasi (IN)

$$IN = ET \text{ tanaman} - P_e.$$

Namun, padi tumbuh dengan "kakinya di dalam air", sehingga tidak hanya kebutuhan air tanaman (ET tanaman) yang harus disuplai oleh irigasi atau curah hujan, tetapi juga kebutuhan air untuk:

- Kejenuhan tanah sebelum tanam,
- Kehilangan perkolasi dan rembesan,
- Pembentukan lapisan air.

Oleh sebab itu, penentuan kebutuhan air irigasi untuk padi memerlukan delapan langkah sebagai berikut:

Langkah 1-3: sama dengan di atas

Langkah 4: Menentukan jumlah air yang dibutuhkan untuk menjenuhkan tanah untuk persiapan lahan dengan genangan (SAT),



- Langkah 5: Menentukan jumlah perkolasi dan kehilangan rembesan (PERC),
- Langkah 6: Menentukan jumlah air yang dibutuhkan untuk membentuk lapisan air (WL),
- Langkah 7: Menentukan curah hujan efektif (Pe), dan
- Langkah 8: Menghitung kebutuhan air irigasi (IN)

$$IN = ET \text{ tanaman} + SAT + PERC + WL - Pe.$$

Metode di atas dapat diterapkan secara manual atau menggunakan software CROPWAT dari FAO.

Perlu dicatat bahwa **literatur menyatakan kebutuhan air di kawasan tropis berkisar 25 sampai 50 m<sup>3</sup>/hektar per hari. Berdasarkan metode penghitungan kebutuhan air, dengan menggunakan angka rata-rata per tahun, diasumsikan sawah di Krandegan membutuhkan air sekitar 30 m<sup>3</sup>/hektar per hari. Laporan ini menggunakan angka tersebut.**

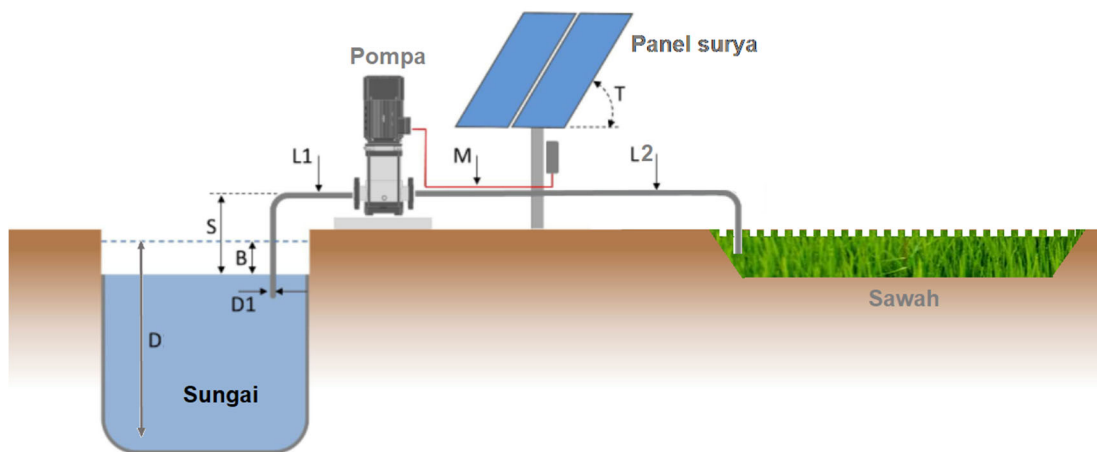
Tabel 2 menunjukkan kebutuhan air di setiap petak lokasi dan parameter-parameter serta asumsi-asumsi lain yang dipakai untuk melakukan desain SITS.

Tabel 2 - Informasi Desain SITS di Desa Krandegan

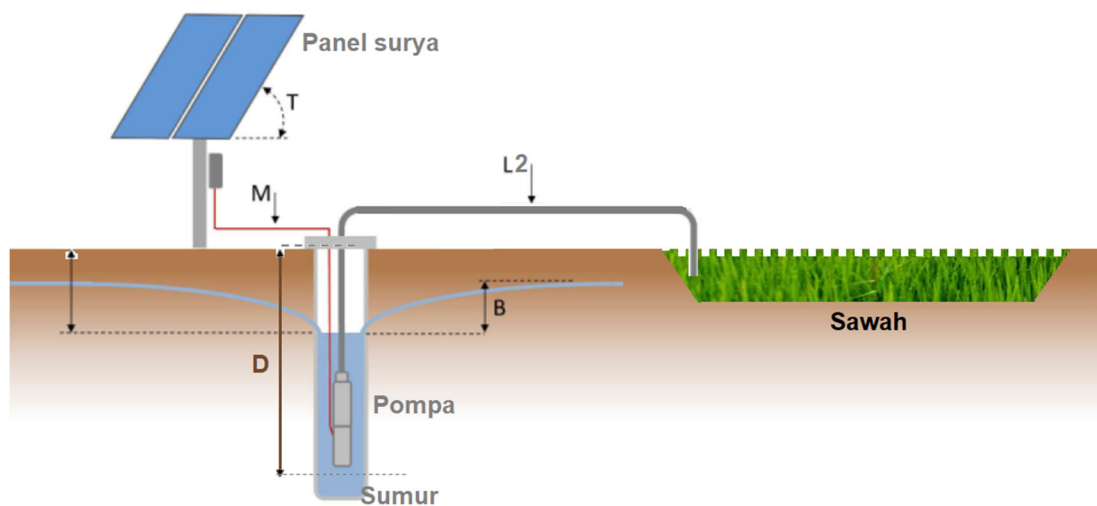
Parameter/Asumsi	Lokasi			
	L1	L2	L3	L4
Lokasi (Lintang; Bujur)	7,75 LS; 109,93 BT			
Luas (hektar)*	3	62	5	5
Kebutuhan air total per hari (m <sup>3</sup> )	90	1860	150	150
Jumlah pompa (unit)	1	8	1	1
Kebutuhan air per pompa per hari (m <sup>3</sup> /hari)	90	233	150	150
Produksi air sumur bor (m <sup>3</sup> /jam)	>100	>100	>100	160
Suhu air tanah (°C)	30	30	30	25
Kedalaman sumur/sungai, D (m)*	3	3	5	12
Ketinggian air statis, S (m)*	5	3	3	7
Ketinggian air dinamis, B (m)*	1	1	1	12
Ketinggian badan sawah (m)*	0.5	0.5	0.5	0.5
Panjang kabel, M (m)*	10	55	8	20
Panjang pipa dari pompa ke sawah, L2 (m)*	20	80	200	20
Diameter pipa (inci)*	2	4	2	2

\* berdasarkan informasi yang diberikan oleh pihak Desa Krandegan.

Untuk ilustrasi, parameter-parameter yang digunakan di atas merujuk pada Gambar 6.



(a)



(b)

**Gambar 8.** Ilustrasi layout SITS di Desa Krandegan: (a) Lokasi L1, L2, dan L3 dengan sumber air dari Sungai Dulang dan Sungai Jali, dan (b) Lokasi L4 dengan sumber air dari sumur bor. Legenda: M = panjang kabel, D = kedalaman sumur/sungai.

### 3 PERANCANGAN TEKNIS SITS DAN ANALISIS

Dalam desain SITS, fokus perhatian utama desainer bukan pada pompa, tapi kebutuhan air. Sistem yang didesain kecil (*undersized*) mungkin lebih murah, tapi tidak akan memenuhi kebutuhan air, sedangkan sistem yang didesain besar (*oversized*) akan menyediakan semua kebutuhan air namun biaya modal tinggi.

SITS berbeda dengan pompa tradisional yang menggunakan mesin diesel atau listrik PLN. Pompa tradisional bisa bekerja 24 jam sehari, sedangkan SITS beroperasi dalam jumlah jam terbatas yang disebut jam matahari. Oleh sebab itu, desain SITS didasarkan pada volume air yang dipompa per hari, bukan volume

**air yang dipompa per jam. Dengan konsep ini, total kebutuhan air sepanjang hari seharusnya dipenuhi oleh SITS selama jam matahari.** Tiga parameter krusial untuk melakukan desain SITS adalah lokasi, jumlah air yang dibutuhkan, dan head. Ketiga parameter tersebut harus dihitung sangat akurat. Akurasi data yang ditampilkan pada Tabel 2 di atas menentukan akurasi desain.

**Pemilihan pompa dilakukan secara cermat karena satu pompa memiliki usia dan sifat kerja yang sangat berbeda dengan pompa lain.** Sebuah pompa yang berputar saat disambung dengan sejumlah modul surya, belum tentu masih berputar pada jam, hari, atau bulan lain. Begitu juga, sebuah pompa SITS yang mengeluarkan air ketika mendapat catu daya dari modul surya, belum tentu memenuhi kebutuhan air yang dipersyaratkan.

**Untuk menjamin kualitas kinerja SITS, dokumen ini hanya mengusulkan komponen bersertifikasi dengan kualitas teruji.**

Pada proyek ini, SITS terdiri dari komponen-komponen utama berikut.

- Generator (panel) surya untuk menyediakan daya,
- Pompa untuk memompa air yang dibutuhkan,
- Beberapa peralatan kendali untuk pengoptimalan, kendali dan keamanan operasi sistem.

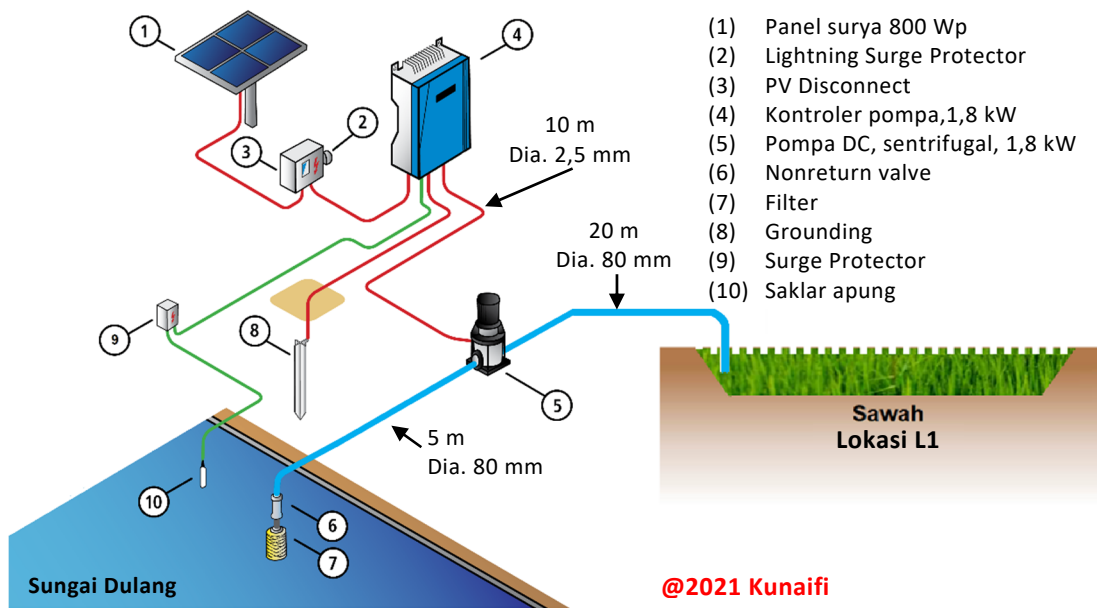
Berikut ini akan diuraikan desain sistem dan analisis kinerja SITS di setiap lokasi. Perlu dicatat bahwa tabel komponen utama SITS yang ditampilkan untuk setiap lokasi, bukanlah daftar komponen yang diperlukan. **Daftar komponen lengkap dapat dilihat di Lampiran A: Detail Biaya SITS di Desa Krandegan.**

### **3.1. SITS di Lokasi L1**

#### **3.1.1 Desain SITS di Lokasi L1**

Tujuan desain SITS di Lokasi L1 adalah untuk menggerakkan satu pompa permukaan dalam rangka menyediakan 90 m<sup>3</sup> air per hari ke lahan sawah seluas 3 hektar. Dengan asumsi lama operasional selama 7 jam per hari, pompa harus dapat menarik air rata-rata 13 m<sup>3</sup> per jam. Kedalaman sumber air (Sungai Dulang) diasumsikan 3 meter. Ketinggian air statis adalah 5 meter dan ketinggian air dinamis 1 meter. Lokasi sawah dianggap 0,5 meter lebih tinggi dibanding posisi pompa. Panjang kabel dari pompa ke panel surya adalah 10 meter. Pipa sepanjang 20 meter dengan diameter 2 inci akan membawa air dari pompa ke sawah.

Gambar 9 menunjukkan desain SITS untuk lokasi L1. Tabel 3 memperlihatkan komponen utama SITS.

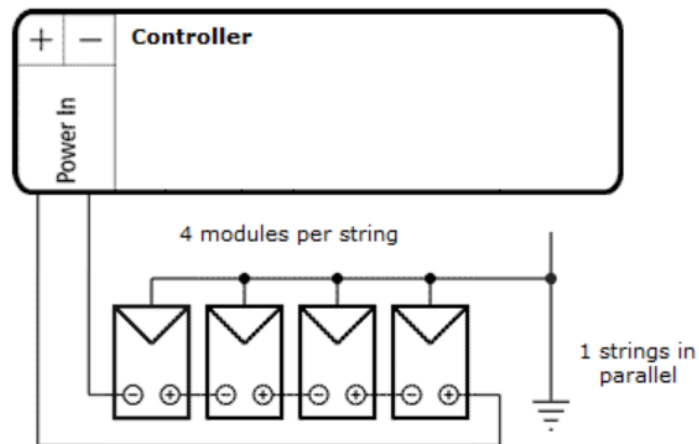


Gambar 9. Desain SITS untuk Lokasi L1.

Tabel 3 - Komponen utama SITS di lokasi L1

No	Komponen
1	1 unit pompa permukaan, sentrifugal, DC, 1,8 kW, termasuk motor dan pump end
2	4 unit modul surya 200 Wp, total 800 Wp
3	1 unit kontroler pompa 1,8 kW
4	10 meter kabel motor 2,5 mm <sup>2</sup> , kabel 3-fasa untuk daya dan kabel 1-fasa untuk ground
5	5 meter pipa (sisi hisap) 80 mm (diameter dalam)
6	20 meter pipa (sisi dorong) 80 mm (diameter dalam)
7	1 unit PV disconnect
8	1 unit <i>lightning surge protector</i>
9	1 unit Nonreturn Valve
10	1 unit Filter
11	1 batang grounding
12	1 unit saklar apung

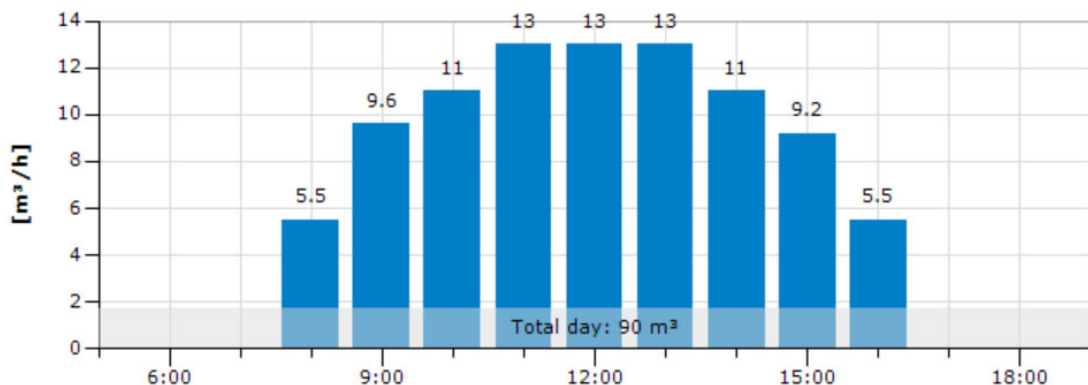
Gambar 10 memperlihatkan diagram pengkabelan panel surya untuk SITS di Lokasi L1. Sebagaimana terlihat, terdapat satu string yang terdiri dari empat modul surya dengan daya 200 Wp. Total jumlah modul surya adalah empat keping. Panel surya dipasang dengan sudut kemiringan 15 ° dengan sudut azimuth 180 °.



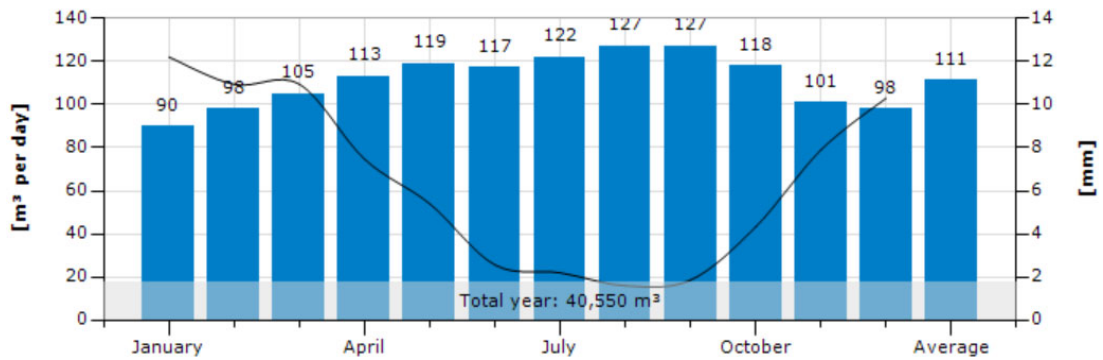
**Gambar 10.** Diagram pengkabelan panel surya untuk SITS Lokasi L1.

### 3.1.2 Analisis kinerja SITS di Lokasi L1

Kebutuhan air per hari sawah di Lokasi L1 adalah  $90 \text{ m}^3$ . Rancangan SITS di lokasi L1 dapat memompa air rata-rata  $110 \text{ m}^3/\text{hari}$ . Pada Gambar 11a diperlihatkan profil harian pada bulan Januari, bulan dengan produksi air paling kecil. Terlihat bahwa produksi air dalam jumlah kecil, sekitar  $5.5 \text{ m}^3$  per jam dimulai sekitar jam 8 pagi, meningkat hingga  $13 \text{ m}^3/\text{jam}$  sekitar tengah hari, dan turun ke  $5.5 \text{ m}^3/\text{jam}$  sekitar jam 4 sore. Total produksi air per tahun adalah  $33.000 \text{ m}^3$  per tahun, setara dengan 0.5% lebih tinggi dari volume air yang dibutuhkan selama satu tahun (Gambar 11b). Volume harian paling kecil yang dipompa adalah rata-rata  $90 \text{ m}^3$  per hari pada musim hujan di bulan Januari. Produksi air paling tinggi terjadi pada puncak musim panas di bulan Juli-Agustus, sebesar  $127 \text{ m}^3$  per hari. Dengan menggunakan bulan terburuk sebagai bulan desain, SITS sendiri diharapkan dapat memenuhi kebutuhan air di Lokasi 1 sepanjang tahun.



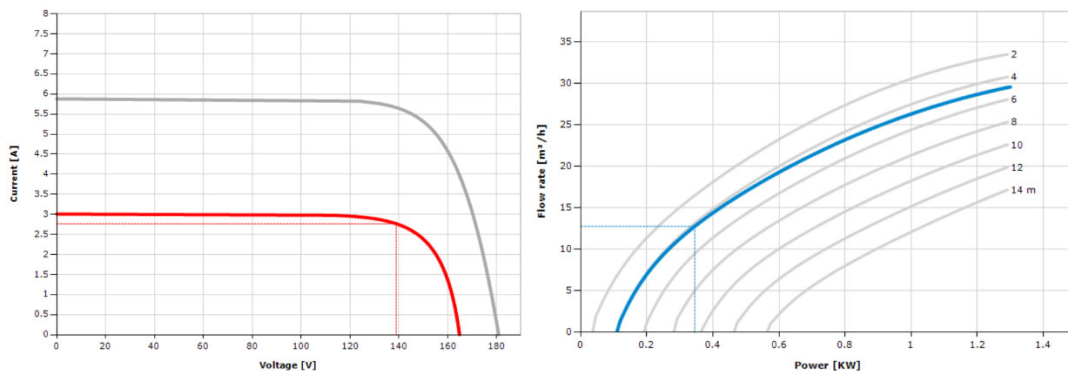
(a)



(b)

**Gambar 11.** Volume air yang dipompa oleh SITS di lokasi L1.

Pada Gambar 12 ditunjukkan kinerja panel surya dan pompa pada SITS di lokasi L1 saat radiasi 535 Watt/m<sup>2</sup> atau 80% dari radiasi tertinggi di lokasi dan suhu sekitar 35 °C. Analisis ini diberikan untuk memperkirakan kinerja pompa ketika radiasi lebih rendah dibandingkan perkiraan, misalnya saat hujan atau langit berawan. Dapat dilihat penurunan tegangan output sebesar 11% disebabkan suhu panel naik menjadi 52 °C. Dari total daya terpasang 800 Wp, pada kondisi tersebut, panel menghasilkan daya 361 Watt sehingga masih dapat memutar pompa cukup cepat untuk menarik dan mendorong air. Namun, pompa yang memiliki kecepatan maksimum 2605 rpm pada kondisi tersebut hanya berputar 1665 rpm (81%), memompa air sebanyak 13 m<sup>3</sup> per jam dengan efisiensi pompa sebesar 42%. Dengan demikian, dalam kondisi berawan ringan yang sering terjadi di Desa Krandegan, SITS masih bekerja dengan cukup baik.



(a)

(b)

**Gambar 12.** Kinerja SITS di lokasi L1 saat radiasi 535 Watt/m<sup>2</sup> (80% dari radiasi tertinggi di lokasi) dan suhu sekitar 35 °C: (a) karakteristik panel surya, (b) karakteristik pompa.

### 3.2. SITS di Lokasi L2

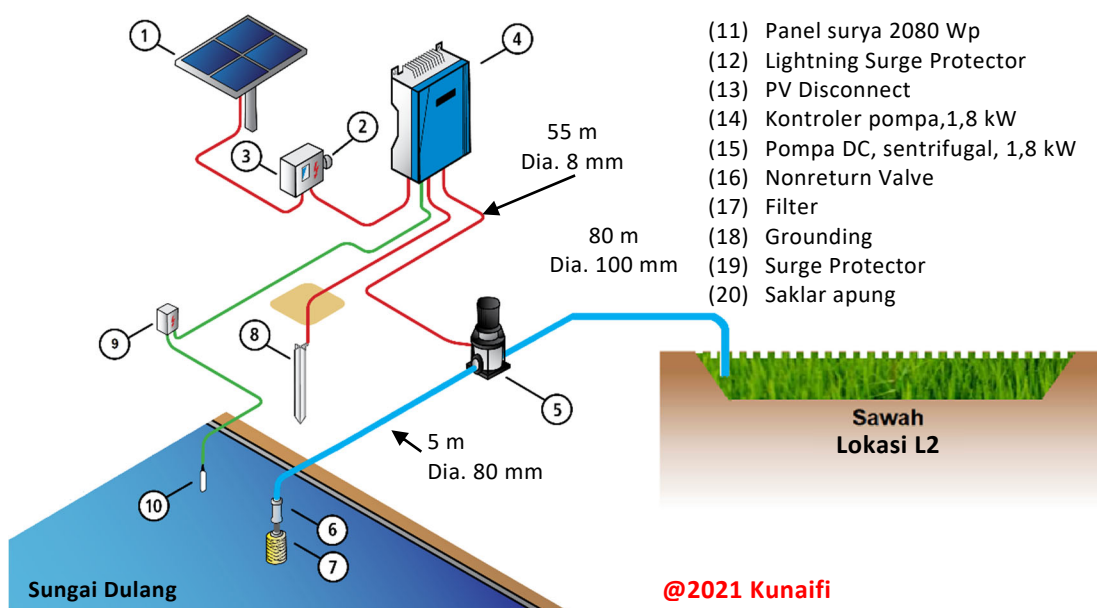
#### 3.2.1 Desain SITS di Lokasi L2

Lokasi L2 adalah lahan sawah yang paling penting di Desa Krandedan karena luasnya 62 hektar, jauh lebih luas dibanding tiga lokasi lain. Kebutuhan air di lokasi L2 sangat besar, yaitu 1860 m<sup>3</sup> per hari. Volume air sebesar ini sulit untuk disediakan oleh satu pompa yang bekerja dengan radiasi matahari yang berfluktuasi.

Oleh sebab itu, strategi yang diusulkan adalah merencanakan 8 sub-sistem untuk memenuhi kebutuhan air di lokasi L2 secara bersamaan. Rata-rata setiap sub-sistem bertugas menyediakan air untuk 7,75 hektar.

Setiap sub-sistem di lokasi L2 dirancang untuk memompa air dari Sungai Dulang sebanyak 233 m<sup>3</sup> per hari. Kedalaman sungai adalah 3 meter, ketinggian statis 3 meter, dan ketinggian dinamis 1 meter. Perbedaan ketinggian antara lokasi pompa dengan bidang sawah adalah 0,5 meter (bidang sawah lebih rendah). Panjang kabel pompa adalah 55 meter dan panjang pipa dari pompa ke sawah adalah 80 meter. Saat ini digunakan pipa berukuran 4 inci. Berbeda dengan tiga lokasi lain, bulan desain untuk lokasi L2 adalah rata-rata tahunan, dengan tujuan mengurangi biaya modal.

Gambar 13 menunjukkan desain sub-sistem SITS di lokasi L2. Tabel 4 memperlihatkan komponen utama SITS, yang dikalikan dengan 8 untuk menunjukkan komponen utama di semua sub-sistem.

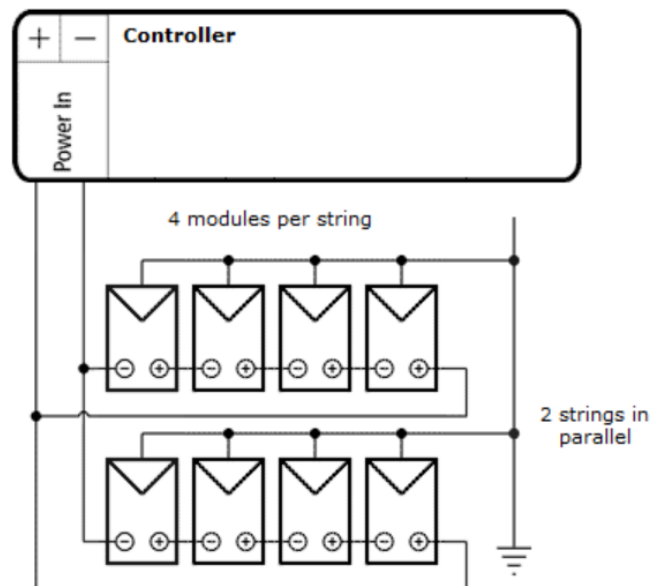


**Gambar 13.** Desain sub-sistem SITS untuk Lokasi L2.

Tabel 4 - Komponen utama 8 sub-sistem SITS di lokasi L2.

No	Komponen
1	8 x 1 unit pompa permukaan, sentrifugal, DC, 1,8 kW, termasuk motor dan pump end
2	8 x 8 unit modul surya 260 Wp, total 2080 Wp
3	8 x 1 unit kontroler pompa 1,8 kW
4	8 x 55 meter kabel motor 8 mm <sup>2</sup> , kabel 3-fasa untuk daya dan kabel 1-fasa untuk ground
5	8 x 5 meter pipa (sisi hisap) 50 mm (diameter dalam)
6	8 x 80 meter pipa (sisi dorong) 100 mm (diameter dalam)
7	8 x 1 unit PV disconnect
8	8 x 1 unit <i>lightning surge protector</i>
9	8 x 1 unit Nonreturn Valve
10	8 x 1 unit Filter
11	8 x 1 batang grounding
12	8 x 1 unit saklar apung

Gambar 14 memperlihatkan diagram pengkabelan panel surya untuk sub-sistem SITS di Lokasi L2. Terdapat dua string yang disambung paralel, di mana setiap string terdiri dari empat modul surya dengan daya 260 Wp. Total jumlah modul surya adalah delapan keping. Panel surya dipasang dengan sudut kemiringan 15 ° dengan sudut azimuth 180 °.

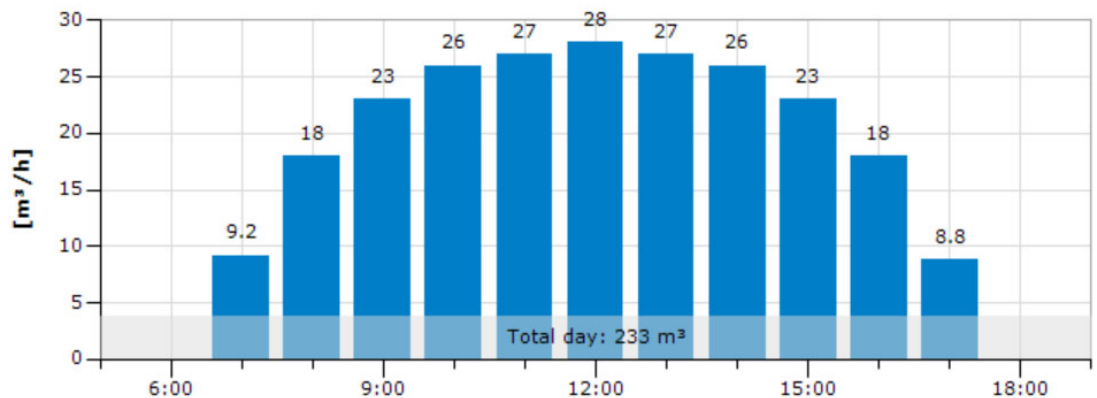


**Gambar 14.** Diagram pengkabelan panel surya untuk sub-sistem SITS Lokasi L2.

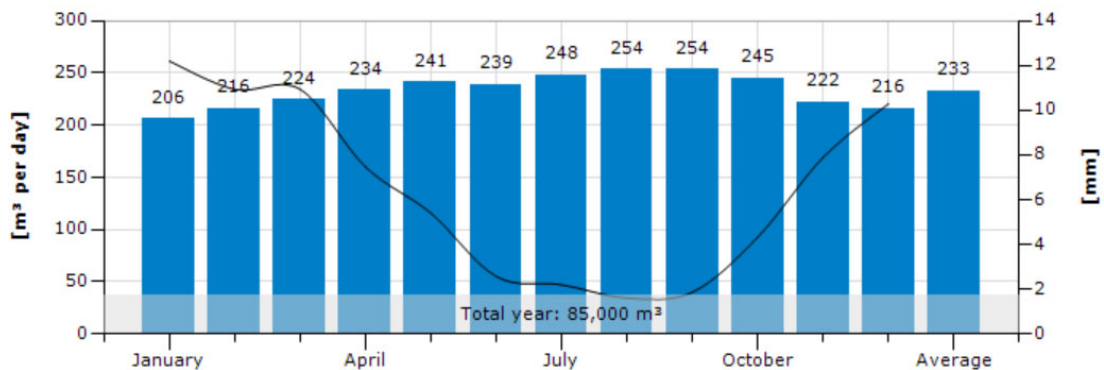


### 3.2.2 Analisis kinerja SITS di Lokasi L2

Kebutuhan air per hari yang dilayani oleh setiap sub-sistem pada sawah di Lokasi L2 adalah  $233 \text{ m}^3$ . Setiap sub-sistem SITS di Lokasi L2 mampu memompa air rata-rata  $233 \text{ m}^3/\text{hari}$  atau  $85.000 \text{ m}^3$  per tahun, atau sekitar 99.95% volume air yang dibutuhkan selama satu tahun (Gambar 15). Volume air paling kecil  $208 \text{ m}^3$  per hari pada bulan Januari dan paling tinggi  $254 \text{ m}^3$  di bulan Agustus-September. Defisit suplai air dari SITS pada bulan November sampai Maret diharapkan dapat dipenuhi oleh air hujan karena bersamaan dengan periode musim hujan. Dengan demikian SITS di lokasi L2 diharapkan dapat memenuhi semua kebutuhan air.



(a)



(b)

**Gambar 15.** Volume air yang dipompa oleh satu sub-sistem SITS di lokasi L2.

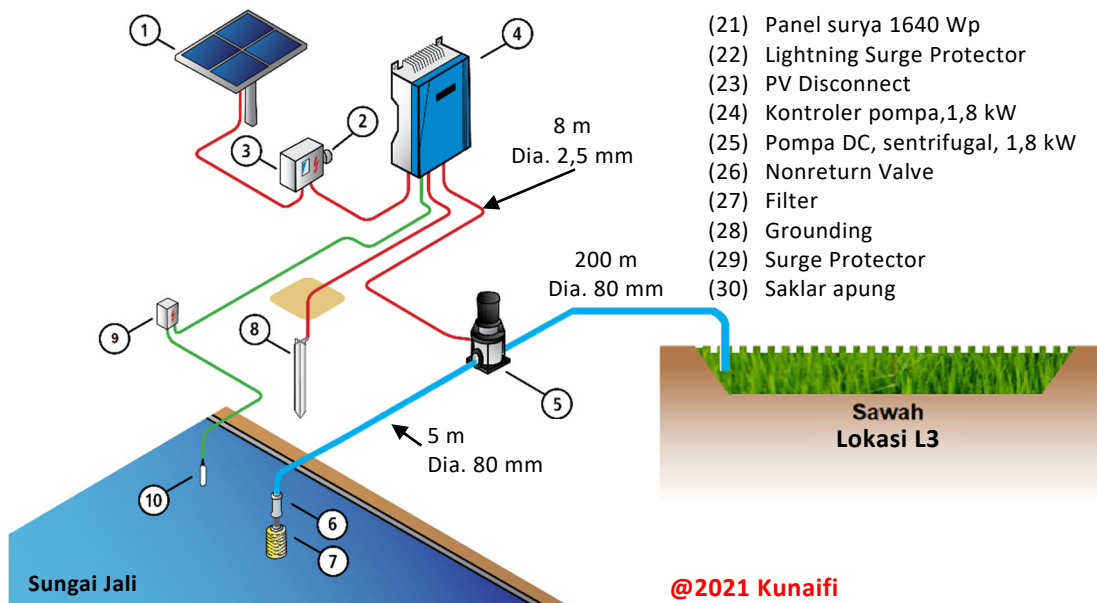
### 3.3. SITS di Lokasi L3

#### 3.3.1 Desain SITS di Lokasi L3

Luas lahan lokasi L3 adalah 5 hektar. Kebutuhan air per hari sebanyak  $150 \text{ m}^3$ . Jumlah pompa DC yang digunakan adalah satu unit. Sumber air adalah Sungai Jali

dengan jarak 200 meter dari sawah dan lebih rendah 0,5 meter dibanding posisi pompa. Kedalaman sungai adalah 5 meter. Ketinggian statis dan dinamis masing-masing 3 meter dan 1 meter. Panel surya dapat dipasang di tepi sungai dengan kebutuhan kabel pompa sepanjang 8 meter. Saat ini petani menggunakan pipa 2 inci. Bulan desain adalah bulan dengan produksi air paling sedikit.

Gambar 16 menunjukkan desain SITS di lokasi L3. Tabel 5 memperlihatkan komponen utama SITS.



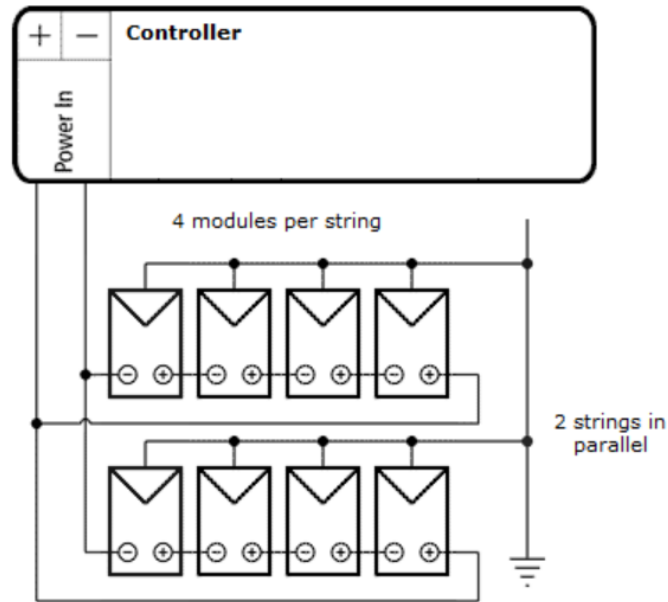
**Gambar 16.** Desain SITS untuk Lokasi L3.

Tabel 5 - Komponen utama SITS di lokasi L3.

No	Komponen
1	1 unit pompa permukaan, sentrifugal, DC, 1,8 kW, termasuk motor dan pump end
2	8 unit modul surya 205 Wp, total 1640 Wp
3	1 unit kontroler pompa 1,8 kW
4	1 unit PV disconnect
5	8 meter kabel motor 2.5 mm <sup>2</sup> , kabel 3-fasa untuk daya dan kabel 1-fasa untuk ground
6	5 meter pipa (sisi hisap) 80 mm (diameter dalam)
7	200 meter pipa (sisi buang) 80 mm (diameter dalam)
8	1 unit <i>surge protector</i>

Gambar 17 memperlihatkan diagram pengkabelan panel surya SITS di Lokasi L3. Terdapat dua string yang disambung paralel, di mana setiap string terdiri dari empat modul surya dengan daya 205 Wp. Total jumlah modul surya adalah

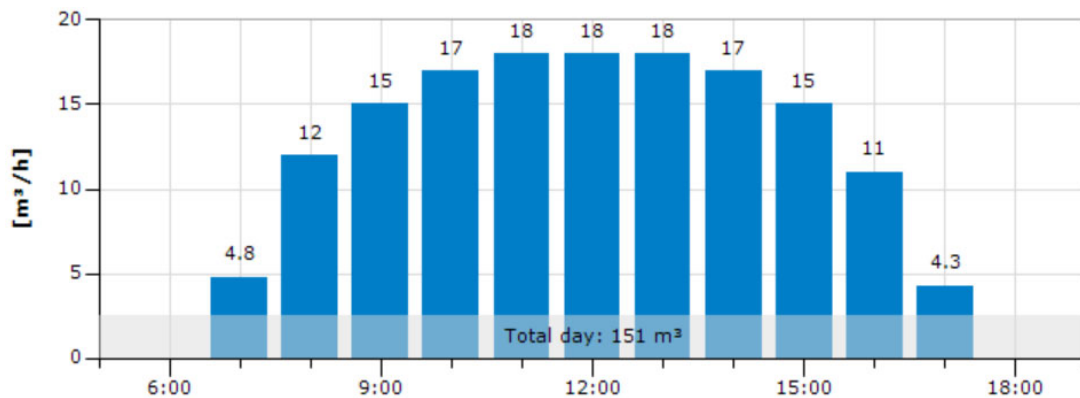
delapan keping. Panel surya dipasang dengan sudut kemiringan  $15^\circ$  dengan sudut azimuth  $180^\circ$ .



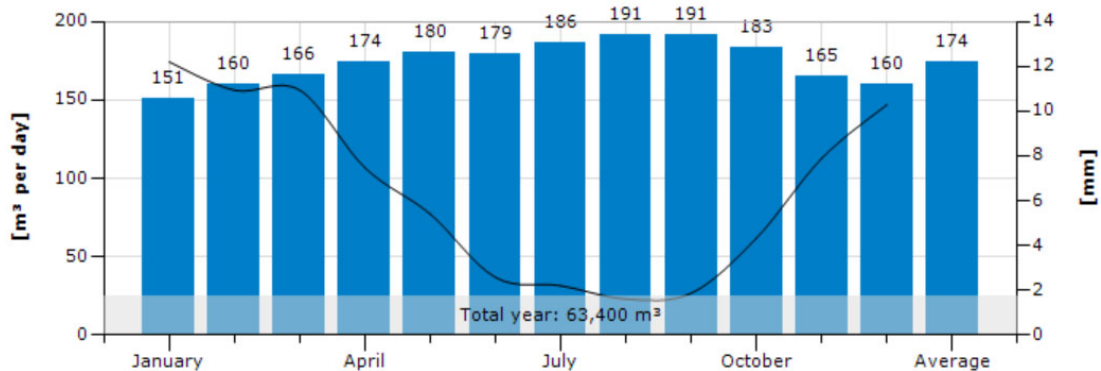
**Gambar 17.** Diagram pengkabelan panel surya SITS Lokasi L3.

### 3.3.2 Analisis kinerja SITS di Lokasi L3

Kebutuhan air per hari yang dilayani oleh SITS di Lokasi L3 adalah  $150 \text{ m}^3$ . Rancangan SITS di Lokasi L3 dapat memompa air rata-rata  $174 \text{ m}^3/\text{hari}$  atau  $63.400 \text{ m}^3$  per tahun, atau sekitar 16% lebih banyak dibanding volume air yang dibutuhkan selama satu tahun (Gambar 18). Volume air paling kecil yang dipompa adalah sekitar  $152 \text{ m}^3$  per hari pada bulan Januari dan paling tinggi  $191 \text{ m}^3$  di bulan Agustus-September. Tidak ada defisit suplai air di lokasi L3 sepanjang tahun.



(a)



(b)

**Gambar 18.** Volume air yang dipompa oleh SITS di lokasi L3.

### 3.4. SITS di Lokasi L4

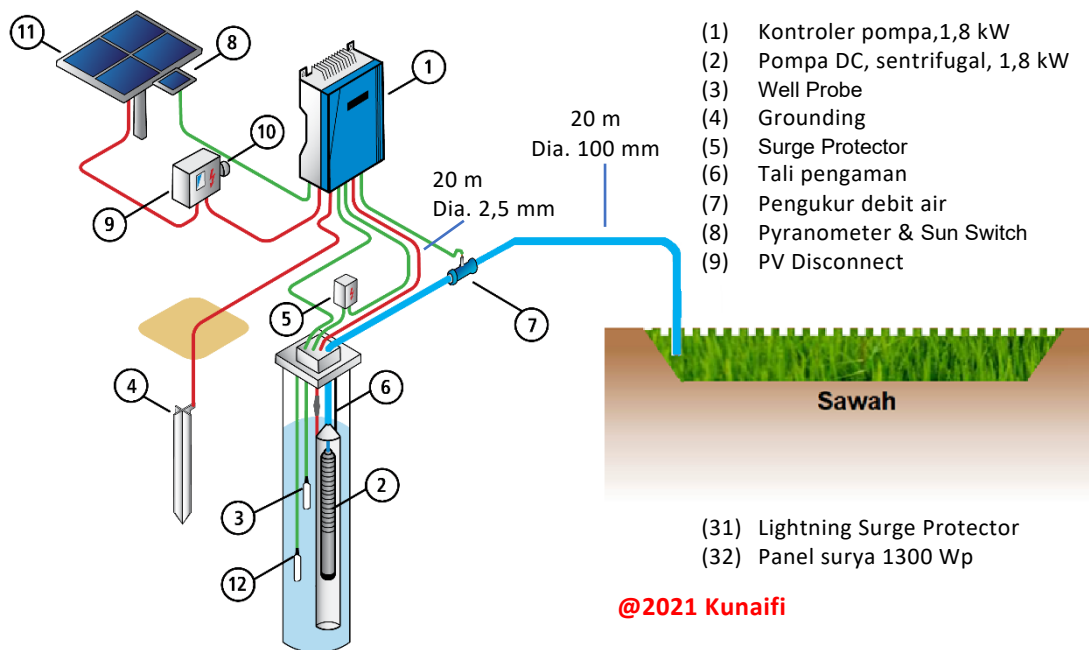
#### 3.4.1 Desain SITS di Lokasi L4

Luas lahan lokasi L4 adalah 5 hektar. Kebutuhan air per hari sebanyak 150 m<sup>3</sup>. Jumlah pompa DC yang digunakan adalah satu unit. Berbeda dengan tiga lokasi sebelumnya yang mengambil air dari sungai, sumber air di lokasi L4 adalah sebuah sumur bor yang telah dibuat di lokasi L4. Posisi sawah lebih rendah 0,5 meter dibanding posisi pompa. Kedalaman sumur pada musim kemarau 12 meter. Ketinggian statis 7 meter. Kebutuhan kabel pompa sepanjang 20 meter dan pipa menuju sawah panjangnya 20 meter. Saat ini petani menggunakan pipa 2 inci. Bulan desain adalah bulan dengan produksi air paling sedikit.

Pekerjaan ini tidak mencakup survei sumber air di dalam sumur. Informasi dari pihak Desa Krandegan mengatakan bahwa suplai air di dalam sumur cukup untuk mengimbangi kecepatan penarikan air yang direncanakan. Sumber air di dalam sumur harus cukup besar untuk menghindari pompa bekerja dalam keadaan kering. Operasi pompa dalam keadaan kering dapat menimbulkan panas berlebih dan merusak pompa.

Berbeda dengan tiga lokasi lain yang menggunakan pompa permukaan, lokasi L4 menggunakan pompa celup. Selain itu, SITS di lokasi L4 adalah satu-satunya sistem yang dilengkapi sistem monitoring jarak jauh.

Gambar 19 menunjukkan desain SITS di lokasi L3. Tabel 6 memperlihatkan komponen utama SITS.

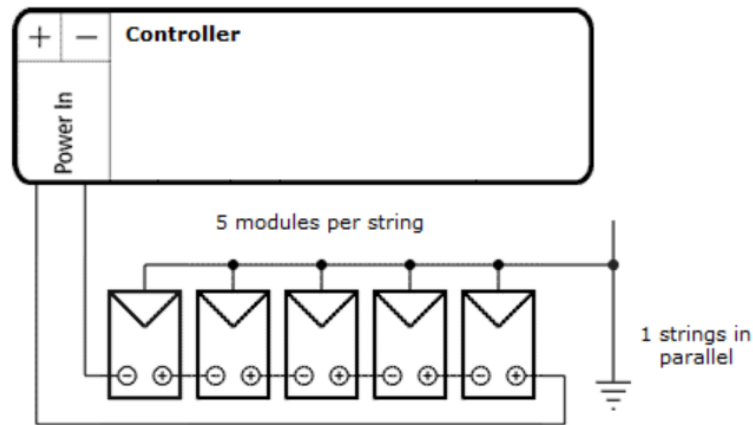


**Gambar 19.** Desain SITS untuk Lokasi L4.

Tabel 6 - Komponen utama SITS di lokasi L4.

No	Komponen
1	1 unit pompa celup, sentrifugal, DC, 1,8 kW, termasuk motor dan pump end
2	5 unit modul surya 260 Wp, total 1300 Wp
3	1 unit kontroler pompa 1,8 kW
4	1 unit PV disconnect
5	8 meter kabel motor 2.5 mm <sup>2</sup> , kabel 3-fasa untuk daya dan kabel 1-fasa untuk ground
6	20 meter pipa 100 mm (diameter dalam)
7	1 set PS Communicator 3G, External Antenna untuk PS Communicator
8	1 set Well Probe, Float Switch, Liquid Level Sensor, Water Meter, SunSwitch, PV Disconnect, Surge Protector

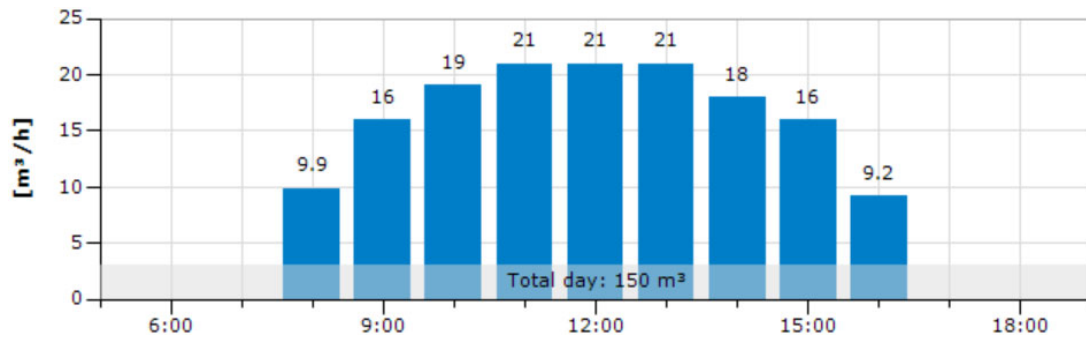
Gambar 20 memperlihatkan diagram pengkabelan panel surya SITS di Lokasi L4. Terdapat 1 string yang terdiri dari lima modul surya dengan daya 260 Wp. Total jumlah modul surya adalah lima keping. Panel surya dipasang dengan sudut kemiringan 15° dengan sudut azimuth 180°.



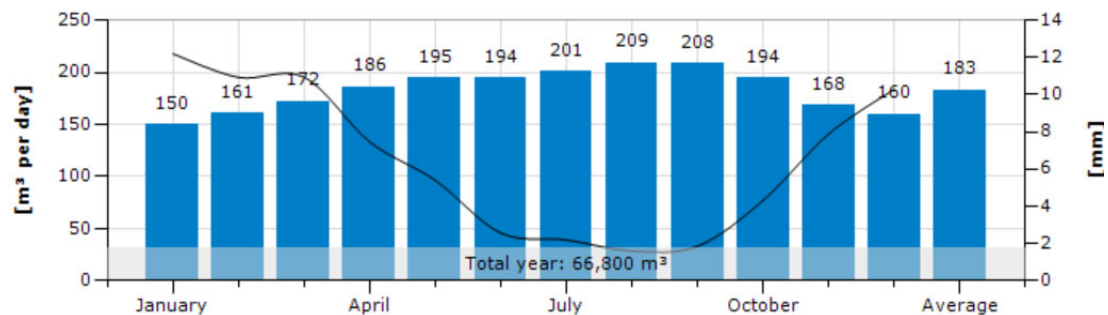
**Gambar 20.** Diagram pengkabelan panel surya SITS Lokasi L4.

### 3.4.2 Analisis kinerja SITS di Lokasi L4

Kebutuhan air per hari yang dilayani oleh SITS di Lokasi L4 adalah  $150 \text{ m}^3$ . Rancangan SITS di Lokasi L4 dapat memompa air rata-rata  $153 \text{ m}^3/\text{hari}$  atau  $66.800 \text{ m}^3$  per tahun, atau sekitar 22% lebih banyak dibanding volume air yang dibutuhkan selama satu tahun (Gambar 21). Volume air paling kecil yang dipompa adalah rata-rata  $150 \text{ m}^3$  per hari pada bulan Januari dan paling tinggi  $209 \text{ m}^3$  di bulan Agustus. Tidak ada defisit suplai air di lokasi L4 sepanjang tahun.



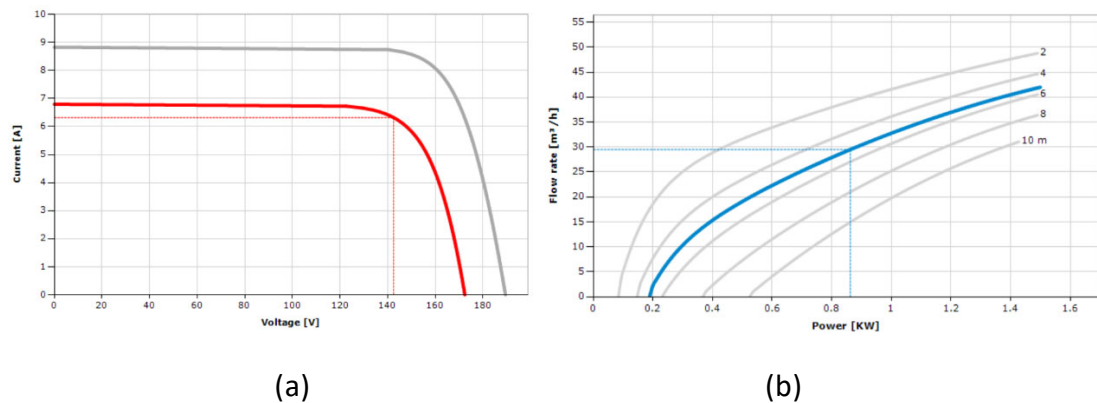
(a)



(b)

**Gambar 21.** Volume air yang dipompa oleh SITS di lokasi L4.

Pada Gambar 22 ditunjukkan kinerja panel surya dan pompa pada SITS di lokasi L4 saat radiasi  $535 \text{ Watt/m}^2$  dan suhu sekitar  $35 \text{ }^\circ\text{C}$ . Dapat dilihat bahwa terjadi penurunan tegangan output sebesar  $8,8 \%$  disebabkan suhu modul naik menjadi  $45^\circ\text{C}$ . Dari total daya terpasang  $1300 \text{ Wp}$ , pada kondisi tersebut, panel menghasilkan daya  $900 \text{ Watt}$  sehingga masih dapat menggerakkan pompa. Namun, pompa yang memiliki kecepatan maksimum  $3095 \text{ rpm}$  berputar dengan kecepatan lebih rendah,  $2575 \text{ rpm}$  ( $83\%$ ), memompa air sebanyak  $30 \text{ m}^3$  per jam dengan efisiensi pompa sebesar  $47\%$ . Dengan demikian, dalam kondisi berawan ringan yang sering terjadi di Desa Krandedan, SITS masih bekerja dengan cukup baik.



**Gambar 22.** Kinerja SITS di lokasi L4 saat radiasi  $535 \text{ Watt/m}^2$  ( $80\%$  dari radiasi tertinggi di lokasi) dan suhu sekitar  $35 \text{ }^\circ\text{C}$ : (a) karakteristik panel surya, (b) karakteristik pompa.

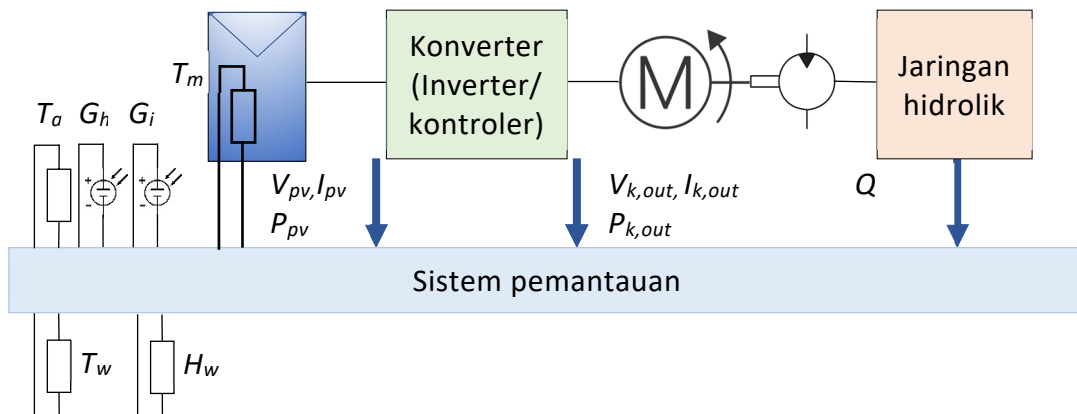
### 3.5 Pengukuran

Pengukuran kinerja SITS dan pemantauan berkelanjutan dibutuhkan untuk memantau produksi air dan memaksimalkan hasil dari sistem. Pemantauan sistem juga sangat berguna untuk kebutuhan replikasi proyek sejenis di lokasi lain. Pada pekerjaan ini hanya satu SITS yang dilengkapi dengan sistem monitoring, yaitu SITS di lokasi L4. Gambar menunjukkan diagram blok dari SITS yang menunjukkan titik-titik pengukuran yang akan dilakukan.

Diagram blok SITS dan parameter utama yang diukur oleh sistem pemantauan ditunjukkan pada Gambar 23. Parameter yang dipantau adalah sebagai berikut.

- Parameter lingkungan: suhu sekitar ( $T_a$ ), radiasi pada bidang horizontal ( $G_h$ ), Radiasi pada bidang miring ( $G_i$ ),
- Parameter modul surya: suhu modul surya ( $T_m$ ), tegangan output panel surya ( $V_{pv}$ ), arus output panel surya ( $I_{pv}$ ), daya output panel surya ( $P_{pv}$ ),

- Parameter converter: tegangan output konverter ( $V_{k,out}$ ), arus output konverter ( $I_{k,out}$ ), daya output konverter ( $P_{k,out}$ ),
- Parameter air: Suhu air di dalam sumur ( $T_w$ ), ketinggian permukaan air di dalam sumur ( $H_w$ ), volume air yang dipompa ( $Q$ ).



**Gambar 23.** Diagram blok SITS dan parameter utama yang diukur oleh sistem pemantauan.

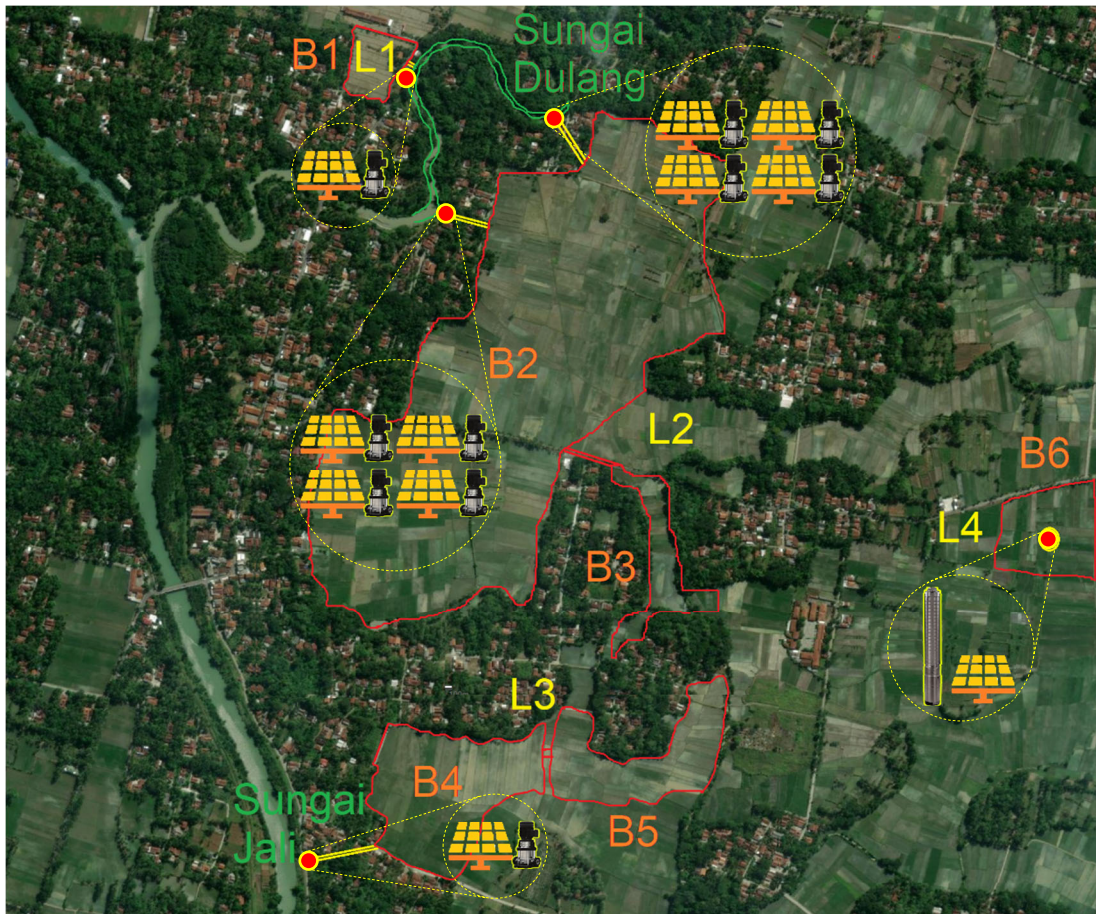
Data yang diukur harus dapat diakses dari jauh untuk keperluan analisis. Oleh sebab itu, data akan disimpan di *cloud*. Sistem monitoring memperbaharui data setiap 10 menit untuk mendapatkan gambaran yang akurat tentang kinerja SITS.

### 3.6. Rangkuman desain dan analisis untuk semua lokasi

#### 3.6.1 Desain dan analisis kinerja SITS

Gambar 24 memperlihatkan posisi semua SITS di lahan sawah Desa Krandegan. Terlihat bahwa kebutuhan air di lokasi-lokasi L1, L3, dan L4 akan dipenuhi oleh SITS berukuran kecil. Sedangkan di lokasi L2, lokasi terluas dengan total area 62 hektar, akan diairi oleh delapan SITS. Empat SITS di lokasi L2 ditempatkan di bagian utara lahan sawah dekat lokasi L1, sedangkan empat SITS lain ditempatkan di tepi Barat lahan L2 di tengah, dekat dengan badan sungai yang membelok sehingga mendekati lokasi L2. Penyebaran SITS di lokasi L2 menjadi dua lokasi dilakukan untuk mempercepat distribusi air ke seluruh blok B2 dan kemudian menyeberang ke blok B3. Pada gambar juga diperlihatkan jenis pompa yang digunakan di setiap lokasi. Hanya satu pompa celup digunakan, yaitu di lokasi L4, sedangkan di lokasi lain digunakan pompa permukaan.





**Gambar 24.** Penempatan SITS di empat lokasi di lahan sawah Desa Krandegan.

Tabel 7 merangkum desain semua SITS di Desa Krandegan. Perlu dicatat bahwa tabel ini tidak dimaksudkan sebagai daftar komponen yang dibutuhkan. Daftar komponen detail dapat dilihat di Lampiran A: Detail Biaya SITS di Desa Krandegan.

Tabel 7 - Rangkuman desain SITS di Desa Krandegan.

Parameter/Komponen	Lokasi			
	L1	L2***	L3	L4
Luas (hektar)*	3	62	5	5
Kebutuhan air total per hari (m <sup>3</sup> )	90	1860	150	150
Jumlah pompa/sub-sistem	1	8	1	1
Air harus disuplai per hari per pompa (m <sup>3</sup> /hari)	90	233	150	150
Bulan desain**	Terburuk	Rata-rata	Terburuk	Terburuk
<b>Pompa</b>				
▪ Jenis	DC, sentrifugal, permukaan			DC, sentrifugal, celup
▪ Kapasitas minimal (kW)	1,8	8 x 1,8	1,8	1,8
▪ Kapasitas kontroler minimal (kW)	1,8	8 x 1,8	1,8	1,8
<b>Generator surya</b>				
▪ Kapasitas panel surya (Wp)	800	8 x 2080	1640	1300
▪ Daya setiap modul surya (Wp)	200	260	205	260
▪ Jumlah modul surya (keping)	4	8 x 8	8	5
▪ Konfigurasi panel surya per sistem (sub-sistem untuk L2)				
○ Jumlah string paralel	1	2	2	1
○ Jumlah modul setiap string	4	4	4	5
<b>Kabel motor</b>				
▪ Panjang minimal (m)	10	8 x 55	8	8
▪ Diameter minimal (mm <sup>2</sup> )	2,5	8	2,5	2,5
<b>Pipa</b>				
▪ Pipa hisap, panjang (m)	5	8 x 5	5	-
▪ Pipa hisap, diameter minimal (mm/inci)	80/3,1	50/2	80/3,1	-
▪ Pipa dorong, panjang (m)	20	8 x 80	200	20
▪ Pipa dorong, diameter minimal (mm/inci)	80/3,1	100/3,9	80/3,1	100/3,9

**Tabel 7** (sambungan).

Estimasi hasil (air yang dipompa)				
▪ Volume total (m <sup>3</sup> /tahun)	33.000	85.000	63.400	66800
▪ Volume rata-rata (m <sup>3</sup> /hari)	110	233	174	153
▪ Kebutuhan terpenuhi (%)	100,05	99,95	116	122
▪ Peluang modifikasi untuk meningkatkan volume air	Ada	Tidak ada	Ada	Ada

\* Berdasarkan informasi dari pihak Desa Krandegan.

\*\* Desain di bulan terburuk akan menghasilkan suplai air yang cukup di bulan dengan radiasi matahari paling rendah, sedangkan di 11 bulan lain suplai air akan berlebih. Desain di bulan rata-rata menggunakan radiasi rata-rata tahunan, sehingga di bulan-bulan dengan radiasi rendah suplai air tidak akan mencukupi, namun di bulan-bulan lain suplai air akan berlebih. Biaya SITS dengan desain di bulan terburuk lebih mahal dibanding desain di bulan rata-rata.

\*\* Desain pada lokasi L2 dilakukan untuk setiap sub-sistem. Ada delapan sub sistem di lokasi L2.

Secara umum, desain dan analisis menunjukkan bahwa energi surya cocok digunakan untuk pengairan sawah. Pada musim hujan, sawah tidak membutuhkan banyak air dari pompa, karena curah hujan dapat menjadi sumber air utama. Namun di musim panas, SITS dapat memainkan peran penting. Untungnya, pada musim panas radiasi matahari lebih tinggi. Jadi, dapat dikatakan bahwa **irigasi sawah dan SITS adalah kombinasi yang harmonis secara alami.**

Ukuran (daya) pompa di lokasi L1 dan L3 dibuat lebih besar dibanding daya panel surya. Tujuannya untuk memudahkan penyesuaian jika suatu saat nanti dibutuhkan volume air lebih besar. Hanya dengan menambahkan modul surya dan tetap menggunakan pompa yang sama, tujuan tersebut dapat dipenuhi. Namun di lokasi L2, tidak ada peluang untuk meningkatkan kapasitas SITS karena sudah dirancang secara optimal. Jika kebutuhan air di lokasi L2 meningkat, maka harus ditambah satu sub-sistem yang ukurannya sama dengan sub-sistem yang ada di lokasi L2 tanpa memodifikasi sub-sistem yang ada.

Jumlah volume air yang ditampilkan pada laporan ini adalah estimasi, sebab data radiasi matahari menggunakan data masa lalu. Tidak mungkin memperkirakan radiasi matahari di masa depan. Namun, bukti-bukti ilmiah telah menunjukkan bahwa variasi antara desain dan kondisi operasional aktual nantinya tidak akan jauh berbeda, kecuali kondisi iklim dan cuaca jauh berbeda dengan kondisi di masa lalu.

### 3.6.2 Catatan tambahan

Beberapa hal penting yang perlu diperhatikan saat mengimplementasikan desain adalah sebagai berikut:

- Harus dibuat rekayasa input air yang masuk ke pompa untuk menjamin pompa hanya dimasuki air yang bersih, bebas dari kotoran yang dapat merusak pompa. Rekayasa air masuk tidak tercakup di dalam laporan ini,
- Semua komponen SITS harus dilindungi dari pencurian dan gangguan lain. Upaya keamanan komponen SITS tidak tercakup di dalam laporan ini,
- Desain tidak memasukkan komponen-komponen yang berusia pendek, kinerjanya tidak terdokumentasi, dan tidak tersertifikasi. Usia normal komponen yang diusulkan pada laporan ini: modul surya 20 tahun, pompa 8-10 tahun, peralatan kontrol 7 tahun, struktur penyangga lebih 20 tahun; alat kelengkapan mekanik dan listrik lebih 20 tahun,
- Desain SITS tidak hanya mencakup perencanaan teknis, namun harus mencakup kalkulasi air yang diproduksi. Hal ini dimungkinkan jika lembar spesifikasi komponen tersedia. Dengan demikian, semua komponen yang digunakan adalah komponen yang teruji kualitasnya,
- Semua komponen dan aksesori harus dibuat dari bahan tahan karat. Untuk mendapatkan ketahanan yang lebih kuat terhadap karat, pengguna dapat menggecat semua permukaan yang terpapar ke kondisi sekitar,

- SITS didesain hanya untuk irigasi. Listrik dari panel mungkin bisa digunakan untuk kepentingan lain, namun analisis dampaknya tidak dilakukan pada pekerjaan ini.

## **4 ANALISIS EKONOMI SITS**

---

Total biaya yang dibutuhkan untuk SITS di Krandegan adalah Rp. 1.29 miliar. Biaya pipa hisap dan pipa *delivery* tidak dihitung. Sistem pemompaan eksisting dalam program irigasi gratis membutuhkan biaya rata-rata Rp. 200 juta per tahun. Dengan demikian periode pengembalian modal (PPM) adalah sekitar 6,5 tahun, yang cukup bagus dalam proyek pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). PPM akan lebih singkat jika biaya modal sistem irigasi gratis diperhitungkan dan peningkatan harga BBM di tahun-tahun mendatang dipertimbangkan. Juga, jika sebagian dana program SITS dibantu oleh pihak ketiga (pemerintah, perusahaan swasta, dan donatur), PPM akan semakin pendek.

## **5 KONTRAKTOR PELAKSANA & SUPLIER KOMPONEN**

---

### **5.1 Kualifikasi Kontraktor**

Kontraktor dipilih oleh Pemilik. Pemilik direkomendasikan memilih kontraktor yang memenuhi persyaratan berikut:

- memiliki pengalaman minimal 5 tahun dalam merancang, memasang, dan memelihara SITS dengan ukuran, ruang lingkup, dan aplikasi yang serupa, dibuktikan dengan menunjukkan minimal 2 proyek sebelumnya,
- menunjukkan surat dukungan dari pabrikan komponen,
- memiliki akses ke pasokan suku cadang dengan dukungan dari produsen peralatan,
- membuat pernyataan lamanya hari yang dibutuhkan kontraktor untuk mengganti komponen yang rusak di masa garansi,
- patuh pada persyaratan instalasi yang berlaku, baik diatur dalam SNI maupun standar internasional,
- memberikan garansi dua tahun dan masa tanggung jawab cacat (MTC) sejak tanggal komisioning. Selama periode ini kontraktor bertanggung jawab memperbaiki dan menyediakan suku cadang yang rusak dan harus segera menangani kesalahan sesuai permintaan. Selain itu, kontraktor harus mengajukan penawaran perjanjian layanan 2 tahun setelah berakhirnya garansi dan MTC. Perjanjian layanan harus mencakup tetapi tidak terbatas pada pemeliharaan rutin berkala peralatan serta pemeliharaan sesuai permintaan. Biaya proposal layanan dengan harga akan dipertimbangkan secara terpisah dari tawaran utama.

## 5.2 Kiriman dan Hasil

- Kontraktor, dengan berkonsultasi dengan Pemilik, bertanggung jawab atas pengiriman semua peralatan ke lokasi,
- Melakukan pekerjaan instalasi SITS lengkap, yang mencakup:
  - Membangun konstruksi dasar beton bertulang yang kuat menopang struktur penyangga panel surya,
  - Memasang struktur penyangga panel surya,
  - Memasang modul surya pada struktur, diamankan dengan baut dan mur, dan melakukan pengelasan jika diperlukan,
  - Memasang semua peralatan pelindung, baik pelindung komponen dari faktor alam dan operasi yang tidak normal, dan pelindung manusia dari sengatan listrik dari SITS,
  - Memasang peralatan pengontrol di dalam kotak logam yang dapat dikunci dan memiliki sirkulasi udara yang bagus, lengkap dengan kabel tahan hewan pengerat,
  - Khusus di lokasi L4 (lihat Bagian 2.1), memasang sistem pemantauan jarak dan memasang *dry running protector* (pelindung operasi kering),
- Melakukan komisioning dengan menyalakan sistem selama 2 x 24 jam dan meyakinkan sistem bekerja dengan baik,
- Memberikan pelatihan 2 hari untuk pemilik, teknisi lokal, dan pihak lain, dengan tema utama pengoperasian, pemeliharaan, modifikasi, dan penggantian komponen,
- Setelah menyelesaikan semua pekerjaan, kontraktor menyerahkan laporan kepada pemilik dalam bentuk salinan keras (*hardcopy*) dan lunak (*softcopy*) yang mencakup laporan pengiriman, instalasi, dan hasil pengujian, serta manual operasi, perawatan, modifikasi, dan penggantian komponen,
- Melayani permintaan perbaikan atau penggantian komponen dengan cepat dari Pemilik dalam masa garansi.

## 6 KEAMANAN

---

Pencurian panel surya telah berkurang dalam beberapa tahun terakhir karena harga puna jualnya yang rendah. Namun, bukan berarti SITS sama sekali aman dari pencurian dan pengrusakan. Pencurian dan pengrusakan komponen SITS biasanya muncul di mana:

- kurangnya rasa kepemilikan,
- dipasang di lokasi terpencil atau dekat tempat umum atau jalan,
- kurangnya komunikasi dengan pengguna,
- SITS yang dipasang tidak memenuhi kebutuhan pengguna,

- adanya perbedaan dalam penyediaan air antara satu kelompok dengan kelompok lain di dalam masyarakat sehingga ada kelompok masyarakat yang merasa kurang terlayani, yang mengarah pada sabotase SITS,
- sistem rusak (dan layanan energi berhenti).

Laporan ini tidak mencakup aspek keamanan komponen SITS dari pencurian dan pengrusakan, termasuk pembuatan pagar. Petani dan perangkat desa diharapkan mempertimbangkan langkah-langkah untuk mengamankan SITS jika dipandang perlu.

## DAFTAR PUSTAKA

---

- Jatilor. 2021. "SDGs Desa: Pengertian, Tujuan Dan Sasaran." 2021. <https://desajatilor.grobogan.go.id/2-berita-terbaru/165-sdgs-desa-pengertian-tujuan-dan-sasaran>.
- Kementerian Desa PDT dan Transmigrasi. 2020a. "Inovasi Sosiopreneur Dari Desa Krandegan." 2020. <http://contoh.kemendesa.go.id/2020/09/30/inovasi-sosiopreneur-dari-desa-krandegan/>.
- . 2020b. "SDGs Desa." 2020. <https://sdgsdesa.kemendesa.go.id/sdgs-desa/>.
- . 2021. "Rekomendasi IDM 2020." 2021. <https://idm.kemendesa.go.id/>.
- Kunaifi, K, AJ Veldhuis, and AHME Reinders. 2020. *The Electricity Grid in Indonesia: The Experiences of End-Users and Their Attitudes Toward Solar Photovoltaics*. Switzerland: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-38342-8>.
- Solargis s.r.o. 2020. "Global Solar Atlas 2.0." 2020. <https://globalsolaratlas.info>.
- United Nations. 2020. "Sustainable Development Goals." 2020. <https://sdgs.un.org/goals>.



## LAMPIRAN A1: DETAIL BIAYA SITS DI DESA KRANDEGAN (SEMUA SISTEM)

KEGIATAN/ SUB KEGIATAN/JENIS BELANJA	Volume	Satuan	Harga	Jumlah	
<b>LOKASI L1: 3 ha, 90 m3/hari</b>				<b>Rp</b>	<b>74,755,000</b>
Pompa Surface Lorentz PS2 1800 CS-F4-6, Rp 3" - UL"-D,PS2-1800 Controller-1.8 kVA, Sun Sensor	1	unit	Rp33,000,000	Rp	33,000,000
Lorentz Cable Splice Kit 2,5-6 sqmm	1	set	Rp 315,000	Rp	315,000
DC Power Three	1	set	Rp 2,500,000	Rp	2,500,000
Lorentz Surge Protector	1	set	Rp 450,000	Rp	450,000
Solar Panel 200 wp	4	lembar	Rp 2,000,000	Rp	8,000,000
PV disconnect	1	unit	Rp 3,500,000	Rp	3,500,000
Bracket penyangga galvanize	1	set	Rp10,000,000	Rp	10,000,000
Box Panel Trasparan	1	unit	Rp 3,900,000	Rp	3,900,000
PV Cable PV1-F (50m)	50	m	Rp 35,000	Rp	1,750,000
PV cable string	1	roll	Rp 1,200,000	Rp	1,200,000
Slink wire 6 mm	10	meter	Rp 14,000	Rp	140,000
Pump Cable NYHY 4x2,5 mm (100m)	1	roll	Rp 3,500,000	Rp	3,500,000
Grounding Kit	1	unit	Rp 3,500,000	Rp	3,500,000
Aksesoris Instalasi: Pompa (footvalve/gate valve/strainer, dll), Lain2 ((mur/baut/kabel tis, dll))	1	set	Rp 3,000,000	Rp	3,000,000
Kawat Seling	1	set	Rp -	Rp	-
<b>LOKASI L2: 62 ha, 8 x 233 m3/hari</b>				<b>Rp</b>	<b>692,040,000</b>
Pompa Surface Lorentz PS2 1800 CS-F4-6, Rp 3" - UL"-D,PS2-1800 Controller-1.8 kVA, Sun Sensor	8	unit	Rp33,000,000	Rp	264,000,000
Lorentz Cable Splice Kit 2,5-6 sqmm	8	set	Rp 315,000	Rp	2,520,000
DC Power Three	8	set	Rp 2,500,000	Rp	20,000,000
Lorentz Surge Protector	8	set	Rp 450,000	Rp	3,600,000
Solar Panel 260 wp	64	lembar	Rp 2,600,000	Rp	166,400,000
PV disconnect	8	unit	Rp 3,500,000	Rp	28,000,000
Bracket penyangga galvanize	8	set	Rp10,000,000	Rp	80,000,000
Box Panel Trasparan	8	unit	Rp 3,900,000	Rp	31,200,000
PV Cable PV1-F (50m)	400	m	Rp 35,000	Rp	14,000,000
PV cable string	1	roll	Rp 1,200,000	Rp	1,200,000
Slink wire 6 mm	80	meter	Rp 14,000	Rp	1,120,000
Pump Cable NYHY 4x2,5 mm (100m)	8	roll	Rp 3,500,000	Rp	28,000,000
Grounding Kit	8	unit	Rp 3,500,000	Rp	28,000,000
Aksesoris Instalasi: Pompa (footvalve/gate valve/strainer, dll), Lain2 ((mur/baut/kabel tis, dll))	8	set	Rp 3,000,000	Rp	24,000,000
<b>LOKASI L3: 5 ha, 150 m3/hari</b>				<b>Rp</b>	<b>83,155,000</b>

Pompa Surface Lorentz PS2 1800 CS-F4-6, Rp 3" - UL"-D,PS2-1800 Controller-1.8 kVA, Sun Sensor	1	unit	Rp33,000,000	Rp	33,000,000
Lorentz Cable Splice Kit 2,5-6 sqmm	1	set	Rp 315,000	Rp	315,000
DC Power Three	1	set	Rp 2,500,000	Rp	2,500,000
Lorentz Surge Protector	1	set	Rp 450,000	Rp	450,000
Solar Panel 205 wp	8	lembar	Rp 2,050,000	Rp	16,400,000
PV disconnect	1	unit	Rp 3,500,000	Rp	3,500,000
Bracket penyangga galvanize	1	set	Rp10,000,000	Rp	10,000,000
Box Panel Trasparan	1	unit	Rp 3,900,000	Rp	3,900,000
PV Cable PV1-F (50m)	50	m	Rp 35,000	Rp	1,750,000
PV cable string	1	roll	Rp 1,200,000	Rp	1,200,000
Slink wire 6 mm	10	meter	Rp 14,000	Rp	140,000
Pump Cable NYHY 4x2,5 mm (100m)	1	roll	Rp 3,500,000	Rp	3,500,000
Grounding Kit	1	unit	Rp 3,500,000	Rp	3,500,000
Aksesoris Instalasi: Pompa (footvalve/gate valve/strainer, dll), Lain2 ((mur/baut/kabel tis, dll))	1	set	Rp 3,000,000	Rp	3,000,000
Kawat Seling	1	set	Rp -	Rp	-

<b>LOKASI L4: 5 ha, 150 m3/hari</b>				<b>Rp</b>	<b>133,965,000</b>
-------------------------------------	--	--	--	-----------	--------------------

Pompa Submersible Lorentz PS2 1800 C-SJ30-1, Rp 3" - UL"-D,PS2-1800 Controller-1.8 kVA, Sun Sensor	1	unit	Rp33,000,000	Rp	33,000,000
LORENTZ Well Probe Sensor	1	set	Rp 1,335,000	Rp	1,335,000
Lorentz Cable Splice Kit 2,5-6 sqmm	1	set	Rp 315,000	Rp	315,000
DC Power Six	1	set	Rp 3,900,000	Rp	3,900,000
Lorentz Surge Protector	1	set	Rp 450,000	Rp	450,000
Lorentz Liquid Pressure Sensor	1	set	Rp 3,300,000	Rp	3,300,000
Solar Panel 260 wp	5	lembar	Rp 2,600,000	Rp	13,000,000
Bracket penyangga galvanize	1	set	Rp10,000,000	Rp	10,000,000
Box Panel Trasparan	1	unit	Rp 3,900,000	Rp	3,900,000
PV Cable PV1-F (50m)	50	m	Rp 35,000	Rp	1,750,000
PV cable string	1	roll	Rp 1,200,000	Rp	1,200,000
Slink wire 6 mm	10	meter	Rp 14,000	Rp	140,000
Pump Cable NYHY 4x2,5 mm (100m)	1	roll	Rp 3,500,000	Rp	3,500,000
PV Disconnect 440-40-6	1	set	Rp 4,500,000	Rp	4,500,000
Float switch	1	unit	Rp 550,000	Rp	550,000
Sensor Cable NYHY 2x0,75 mm (100m)	1	roll	Rp 1,400,000	Rp	1,400,000
Grounding Kit	1	unit	Rp 3,500,000	Rp	3,500,000
Aksesoris Instalasi: Pompa (footvalve/gate valve/strainer, dll), Lain2 ((mur/baut/kabel tis, dll))	1	set	Rp 3,000,000	Rp	3,000,000
PS Communicator set	1	set	Rp12,000,000	Rp	12,000,000
Pump Manager Lisence	36	bulan	Rp 550,000	Rp	19,800,000
Battery for PS Communicator	1	set	Rp 600,000	Rp	600,000
Antenna, External	1	set	Rp 1,200,000	Rp	1,200,000
Solar panel for PS Communicator	1	unit	Rp 500,000	Rp	500,000
Water sensor	1	set	Rp 3,500,000	Rp	3,500,000

Water meter	1	set	Rp 5,000,000	Rp	5,000,000
Sensor temperatur ambien	1	unit		Rp	-
Sensor suhu PV module	1	unit		Rp	-
Sensor suhu air	1	unit		Rp	-
Sensor PV sel	2	unit		Rp	-
Sensor tegangan	2	unit		Rp	-
Sensor arus	2	unit		Rp	-
Sensor daya	2	unit		Rp	-
Kabel sensor	375	meter	Rp 7,000	Rp	2,625,000
<b>Cable conduit</b>				<b>Rp</b>	<b>7,700,000</b>
Cable conduit	11	lot	Rp 700,000	Rp	7,700,000
<b>Material Shipment</b>				<b>Rp</b>	<b>38,500,000</b>
Pengiriman material	11	pkt	Rp 3,500,000	Rp	38,500,000
<b>Instalasi</b>				<b>Rp</b>	<b>113,600,000</b>
Jasa instalasi	11	pkt	Rp10,000,000	Rp	110,000,000
Paket data untuk monitoring	36	bulan	Rp 100,000	Rp	3,600,000
<b>Accomodation &amp; transpotation</b>				<b>Rp</b>	<b>27,400,000</b>
Tiket Pesawat	4	org	Rp 3,000,000	Rp	12,000,000
Penginapan	28	OH	Rp 550,000	Rp	15,400,000
<b>Asuransi</b>				<b>Rp</b>	<b>3,000,000</b>
Asuransi	1	pkt	Rp 3,000,000	Rp	3,000,000
<b>TOTAL</b>				<b>Rp</b>	<b>1,174,115,000</b>
<b>Pajak</b>				<b>Rp</b>	<b>117,411,500</b>
PPn	10	%		Rp	117,411,500
<b>GRAND TOTAL</b>				<b>Rp</b>	<b>1,291,526,500</b>

## LAMPIRAN A2: DETAIL BIAYA SITS DI DESA KRANDEGAN (LOKASI L1)

KEGIATAN/ SUB KEGIATAN/JENIS BELANJA	Volume	Satuan	Harga	Jumlah
<b>LOKASI L1: 3 ha, 90 m3/hari</b>				<b>Rp 74,755,000</b>
Pompa Surface Lorentz PS2 1800 CS-F4-6, Rp 3" - UL"-D,PS2-1800 Controller-1.8 kVA, Sun Sensor	1	unit	Rp33,000,000	Rp 33,000,000
Lorentz Cable Splice Kit 2,5-6 sqmm	1	set	Rp 315,000	Rp 315,000
DC Power Three	1	set	Rp 2,500,000	Rp 2,500,000
Lorentz Surge Protector	1	set	Rp 450,000	Rp 450,000
Solar Panel 200 wp	4	lembar	Rp 2,000,000	Rp 8,000,000
PV disconnect	1	unit	Rp 3,500,000	Rp 3,500,000
Bracket penyangga galvanize	1	set	Rp10,000,000	Rp 10,000,000
Box Panel Trasparan	1	unit	Rp 3,900,000	Rp 3,900,000
PV Cable PV1-F (50m)	50	m	Rp 35,000	Rp 1,750,000
PV cable string	1	roll	Rp 1,200,000	Rp 1,200,000
Slink wire 6 mm	10	meter	Rp 14,000	Rp 140,000
Pump Cable NYHY 4x2,5 mm (100m)	1	roll	Rp 3,500,000	Rp 3,500,000
Grounding Kit	1	unit	Rp 3,500,000	Rp 3,500,000
Aksesoris Instalasi: Pompa (footvalve/gate valve/strainer, dll), Lain2 ((mur/baut/kabel tis, dll))	1	set	Rp 3,000,000	Rp 3,000,000
Kawat Seling	1	set	Rp -	Rp -
<b>Cable conduit</b>				<b>Rp 700,000</b>
Cable conduit	1	lot	Rp 700,000	Rp 700,000
<b>Material Shipment</b>				<b>Rp 3,500,000</b>
Pengiriman material	1	pkt	Rp 3,500,000	Rp 3,500,000
<b>Instalasi</b>				<b>Rp 10,000,000</b>
Jasa instalasi	1	pkt	Rp10,000,000	Rp 10,000,000
<b>Accomodation &amp; transpotation</b>				<b>Rp 13,700,000</b>
Tiket Pesawat	2	org	Rp 3,000,000	Rp 6,000,000
Penginapan	14	OH	Rp 550,000	Rp 7,700,000
<b>Asuransi</b>				<b>Rp 3,000,000</b>
Asuransi	1	pkt	Rp 3,000,000	Rp 3,000,000

<b>TOTAL</b>			<b>Rp</b>	<b>105,655,000</b>
<b>Pajak</b>			<b>Rp</b>	<b>10,565,500</b>
PPn	10	%	Rp	10,565,500
<b>GRAND TOTAL</b>			<b>Rp</b>	<b>116,220,500</b>

## LAMPIRAN A2: DETAIL BIAYA SITS DI DESA KRANDEGAN (LOKASI L2)

Untuk memenuhi kebutuhan air di Lokasi L2, diperlukan 8 sub-sistem pompa surya. RAB di bawah ini dihitung untuk setiap sub-sistem.

KEGIATAN/ SUB KEGIATAN/JENIS BELANJA	Volume	Satuan	Harga		Jumlah	
<b>LOKASI L2: 62 ha, 8 x 233 m3/hari</b>					<b>Rp</b>	<b>87,555,000</b>
Pompa Surface Lorentz PS2 1800 CS-F4-6, Rp 3" - UL"-D,PS2-1800 Controller-1.8 kVA, Sun Sensor	1	unit	Rp	33,000,000	Rp	33,000,000
Lorentz Cable Splice Kit 2,5-6 sqmm	1	set	Rp	315,000	Rp	315,000
DC Power Three	1	set	Rp	2,500,000	Rp	2,500,000
Lorentz Surge Protector	1	set	Rp	450,000	Rp	450,000
Solar Panel 260 wp	8	lembar	Rp	2,600,000	Rp	20,800,000
PV disconnect	1	unit	Rp	3,500,000	Rp	3,500,000
Bracket penyangga galvanize	1	set	Rp	10,000,000	Rp	10,000,000
Box Panel Trasparan	1	unit	Rp	3,900,000	Rp	3,900,000
PV Cable PV1-F (50m)	50	m	Rp	35,000	Rp	1,750,000
PV cable string	1	roll	Rp	1,200,000	Rp	1,200,000
Slink wire 6 mm	10	meter	Rp	14,000	Rp	140,000
Pump Cable NYHY 4x2,5 mm (100m)	1	roll	Rp	3,500,000	Rp	3,500,000
Grounding Kit	1	unit	Rp	3,500,000	Rp	3,500,000
Aksesoris Instalasi: Pompa (footvalve/gate valve/strainer, dll), Lain2 ((mur/baut/kabel tis, dll))	1	set	Rp	3,000,000	Rp	3,000,000
<b>Cable conduit</b>					<b>Rp</b>	<b>700,000</b>
Cable conduit	1	lot	Rp	700,000	Rp	700,000
<b>Material Shipment</b>					<b>Rp</b>	<b>3,500,000</b>
Pengiriman material	1	pkt	Rp	3,500,000	Rp	3,500,000
<b>Instalasi</b>					<b>Rp</b>	<b>10,000,000</b>
Jasa instalasi	1	pkt	Rp	10,000,000	Rp	10,000,000
<b>Accomodation &amp; transpotation</b>					<b>Rp</b>	<b>13,700,000</b>
Tiket Pesawat	2	org	Rp	3,000,000	Rp	6,000,000
Penginapan	14	OH	Rp	550,000	Rp	7,700,000
<b>Asuransi</b>					<b>Rp</b>	<b>3,000,000</b>

Asuransi	1	pkt	Rp	3,000,000	Rp	3,000,000
<b>TOTAL</b>					<b>Rp</b>	<b>118,455,000</b>
<b>Pajak</b>					<b>Rp</b>	<b>11,845,500</b>
PPn	10	%			Rp	11,845,500
<b>GRAND TOTAL 1 SUB SISTEM</b>					<b>Rp</b>	<b>130,300,500</b>
<b>GRAND TOTAL 8 SUB SISTEM (semua di Lokasi L2)</b>		8	sistem	<b>Rp 130,300,500.00</b>	<b>Rp</b>	<b>1,042,404,000</b>

## LAMPIRAN A2: DETAIL BIAYA SITS DI DESA KRANDEGAN (LOKASI L3)

KEGIATAN/ SUB KEGIATAN/JENIS BELANJA	Volume	Satuan	Harga	Jumlah
<b>LOKASI L3: 5 ha, 150 m3/hari</b>				<b>Rp 83,155,000</b>
Pompa Surface Lorentz PS2 1800 CS-F4-6, Rp 3" - UL"-D,PS2-1800 Controller-1.8 kVA, Sun Sensor	1	unit	Rp33,000,000	Rp 33,000,000
Lorentz Cable Splice Kit 2,5-6 sqmm	1	set	Rp 315,000	Rp 315,000
DC Power Three	1	set	Rp 2,500,000	Rp 2,500,000
Lorentz Surge Protector	1	set	Rp 450,000	Rp 450,000
Solar Panel 205 wp	8	lembar	Rp 2,050,000	Rp 16,400,000
PV disconnect	1	unit	Rp 3,500,000	Rp 3,500,000
Bracket penyangga galvanize	1	set	Rp10,000,000	Rp 10,000,000
Box Panel Trasparan	1	unit	Rp 3,900,000	Rp 3,900,000
PV Cable PV1-F (50m)	50	m	Rp 35,000	Rp 1,750,000
PV cable string	1	roll	Rp 1,200,000	Rp 1,200,000
Slink wire 6 mm	10	meter	Rp 14,000	Rp 140,000
Pump Cable NYHY 4x2,5 mm (100m)	1	roll	Rp 3,500,000	Rp 3,500,000
Grounding Kit	1	unit	Rp 3,500,000	Rp 3,500,000
Aksesoris Instalasi: Pompa (footvalve/gate valve/strainer, dll), Lain2 ((mur/baut/kabel tis, dll))	1	set	Rp 3,000,000	Rp 3,000,000
Kawat Seling	1	set	Rp -	Rp -
<b>Cable conduit</b>				<b>Rp 700,000</b>
Cable conduit	1	lot	Rp 700,000	Rp 700,000
<b>Material Shipment</b>				<b>Rp 3,500,000</b>
Pengiriman material	1	pkt	Rp 3,500,000	Rp 3,500,000
<b>Instalasi</b>				<b>Rp 10,000,000</b>
Jasa instalasi	1	pkt	Rp10,000,000	Rp 10,000,000
<b>Accomodation &amp; transpotation</b>				<b>Rp 13,700,000</b>
Tiket Pesawat	2	org	Rp 3,000,000	Rp 6,000,000
Penginapan	14	OH	Rp 550,000	Rp 7,700,000
<b>Asuransi</b>				<b>Rp 3,000,000</b>
Asuransi	1	pkt	Rp 3,000,000	Rp 3,000,000



<b>TOTAL</b>			<b>Rp</b>	<b>114,055,000</b>
<b>Pajak</b>			<b>Rp</b>	<b>11,405,500</b>
PPn	10	%	Rp	11,405,500
<b>GRAND TOTAL</b>			<b>Rp</b>	<b>125,460,500</b>

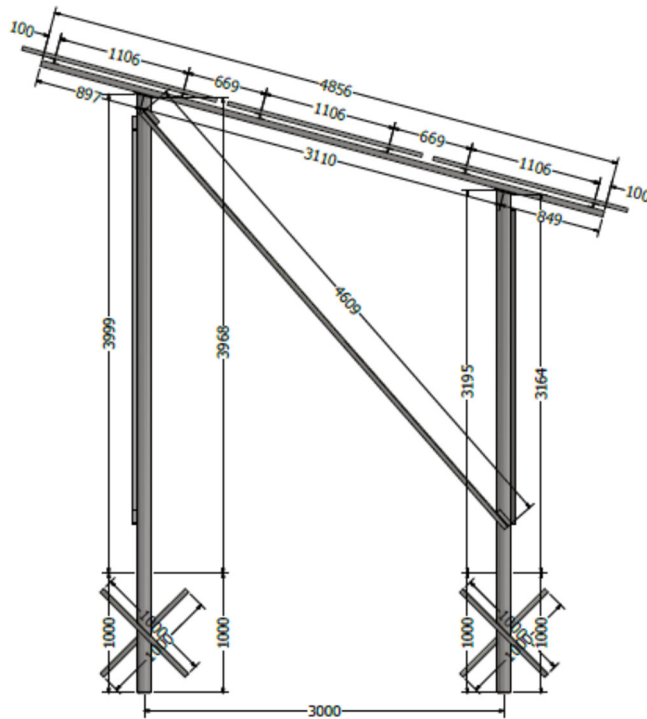
## LAMPIRAN A2: DETAIL BIAYA SITS DI DESA KRANDEGAN (LOKASI L4)

KEGIATAN/ SUB KEGIATAN/JENIS BELANJA	Volume	Satuan	Harga	Jumlah
<b>LOKASI L4: 5 ha, 150 m3/hari</b>				<b>Rp 133,965,000</b>
Pompa Submersible Lorentz PS2 1800 C-SJ30-1, Rp 3" - UL"-D,PS2-1800 Controller-1.8 kVA, Sun Sensor	1	unit	Rp33,000,000	Rp 33,000,000
LORENTZ Well Probe Sensor	1	set	Rp 1,335,000	Rp 1,335,000
Lorentz Cable Splice Kit 2,5-6 sqmm	1	set	Rp 315,000	Rp 315,000
DC Power Six	1	set	Rp 3,900,000	Rp 3,900,000
Lorentz Surge Protector	1	set	Rp 450,000	Rp 450,000
Lorentz Liquid Pressure Sensor	1	set	Rp 3,300,000	Rp 3,300,000
Solar Panel 260 wp	5	lembar	Rp 2,600,000	Rp 13,000,000
Bracket penyangga galvanize	1	set	Rp10,000,000	Rp 10,000,000
Box Panel Trasparan	1	unit	Rp 3,900,000	Rp 3,900,000
PV Cable PV1-F (50m)	50	m	Rp 35,000	Rp 1,750,000
PV cable string	1	roll	Rp 1,200,000	Rp 1,200,000
Slink wire 6 mm	10	meter	Rp 14,000	Rp 140,000
Pump Cable NYYHY 4x2,5 mm (100m)	1	roll	Rp 3,500,000	Rp 3,500,000
PV Disconnect 440-40-6	1	set	Rp 4,500,000	Rp 4,500,000
Float switch	1	unit	Rp 550,000	Rp 550,000
Sensor Cable NYYHY 2x0,75 mm (100m)	1	roll	Rp 1,400,000	Rp 1,400,000
Grounding Kit	1	unit	Rp 3,500,000	Rp 3,500,000
Aksesoris Instalasi: Pompa (footvalve/gate valve/strainer, dll), Lain2 ((mur/baut/kabel tis, dll))	1	set	Rp 3,000,000	Rp 3,000,000
PS Communicator set`	1	set	Rp12,000,000	Rp 12,000,000
Pump Manager Lisence	36	bulan	Rp 550,000	Rp 19,800,000
Battery for PS Communicator	1	set	Rp 600,000	Rp 600,000
Antenna, External	1	set	Rp 1,200,000	Rp 1,200,000
Solar panel for PS Communicator	1	unit	Rp 500,000	Rp 500,000
Water sensor	1	set	Rp 3,500,000	Rp 3,500,000
Water meter	1	set	Rp 5,000,000	Rp 5,000,000
Kabel sensor	375	meter	Rp 7,000	Rp 2,625,000
<b>Cable conduit</b>				<b>Rp 700,000</b>
Cable conduit	1	lot	Rp 700,000	Rp 700,000
<b>Material Shipment</b>				<b>Rp 3,500,000</b>

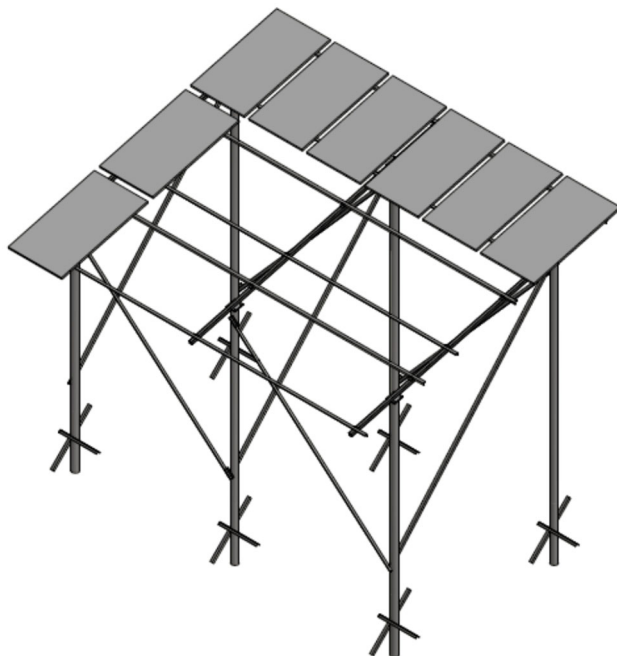
Pengiriman material	1	pkt	Rp 3,500,000	Rp	3,500,000
<b>Instalasi</b>				<b>Rp</b>	<b>13,600,000</b>
Jasa instalasi	1	pkt	Rp10,000,000	Rp	10,000,000
Paket data untuk monitoring	36	bulan	Rp 100,000	Rp	3,600,000
<b>Accomodation &amp; transpotation</b>				<b>Rp</b>	<b>13,700,000</b>
Tiket Pesawat	2	org	Rp 3,000,000	Rp	6,000,000
Penginapan	14	OH	Rp 550,000	Rp	7,700,000
<b>Asuransi</b>				<b>Rp</b>	<b>3,000,000</b>
Asuransi	1	pkt	Rp 3,000,000	Rp	3,000,000
<b>TOTAL</b>				<b>Rp</b>	<b>168,465,000</b>
<b>Pajak</b>				<b>Rp</b>	<b>16,846,500</b>
PPn	10	%		Rp	16,846,500
<b>GRAND TOTAL</b>				<b>Rp</b>	<b>185,311,500</b>

## LAMPIRAN B: CONTOH STRUKTUR PENYANGGA

---



END VIEW



ASSEMBLY



Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
Pekanbaru