

DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA TERPUSAT DESA PELAJU*Design of a Centralized Solar Power Plant in the Pelaju Village*

**Patria Julianto^{1*}, Abil Huda¹, Abdul Muis Prasetya¹, Achmad Budiman¹, Fitriani Said¹,
Ismi Mado¹, Linda Sartika¹, Sugeng Riyanto¹, Syahfrizal Tachfulloh¹**

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan,
Kampus UBT, Jl. Amal Lama No.1, Tarakan

* Penulis Korespondensi : patria@borneo.ac.id

ABSTRAK

Kegiatan ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) terpusat di Desa Pelaju. PLTS terpusat tersebut nantinya akan digunakan untuk menyediakan listrik yang terjangkau dan berkelanjutan bagi masyarakat desa Pelaju, yang saat ini memiliki akses terbatas terhadap energi listrik. Pada kegiatan ini desain PLTS terpusat yang akan dipasang di Desa Pelaju. mencakup berbagai aspek proyek, seperti aspek legal, sosial, ekonomi, dan teknis. Kegiatan ini juga mencakup perhitungan kapasitas modul surya dan baterai yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan listrik desa Pelaju. Selain hal tersebut, pada kegiatan ini juga diberikan panduan pengelolaan dan pemeliharaan PLTS terpusat agar dapat beroperasi secara optimal.

Kata Kunci: PLTS terpusat, desa Pelaju, energi baru terbarukan

ABSTRACT

The activity is aimed at designing and implementing a centralized solar power plant in Pelaju Village. The centralized solar power plant is to provide affordable and sustainable electricity to the villagers, who currently have limited access to electricity. The activity discusses the design of a centralized solar power plant or Photovoltaics (PV) to be installed in Pelaju Village. The research covers various aspects, such as legal, social, economic, and technical aspects. The project also includes calculations of the required solar module and battery capacity to meet the village's electricity needs. Additionally, this activity provides guidance on managing and maintaining the centralized solar power plant to ensure optimal operation.

Keywords: centralized solar power plant, Pelaju village, renewable energy

PENDAHULUAN

Energi baru terbarukan (EBT) merupakan sumber energi listrik yang semakin luas implementasinya di dunia termasuk di Indonesia dan penetrasi penggunaannya semakin meningkat setiap tahunnya. Indonesia memiliki komitmen dalam peningkatan pemanfaatan energi terbarukan dengan target 23% dalam bauran energi nasional pada tahun 2025 (Kementerian ESDM, 2019), dengan energi surya menjadi salah satu sumber energi terbarukan dengan porsi yang cukup besar untuk mencapai target tersebut. Salah satu

pendekatan untuk menerapkan energi surya di Indonesia adalah melalui pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), yang dirancang untuk menyediakan listrik bagi sejumlah besar konsumen di sebuah desa termasuk desa Pelaju.

Secara administrasi, desa Pelaju berada pada Kecamatan Sembakung, Kabupaten Nunukan, Provinsi Kalimantan Utara. Dengan jumlah warga sekitar 150 orang yang sebagian besar berprofesi sebagai nelayan dan petani. Di desa Pelaju terdapat 44 rumah dan 4 fasilitas umum yang memerlukan energi listrik yang

selama ini dilayani dengan menggunakan genset berbahan bakar bensin.

Secara umum sistem PLTS dapat dibagi menjadi tiga yaitu: sistem *on-grid*, *off-grid* dan *hybrid*. Untuk wilayah yang tidak terhubung dengan jaringan PLN dan jarak tempat tinggal warga yang saling berdekatan seperti Desa Pelaju, maka jenis PLTS yang tepat adalah PLTS terpusat dengan sistem *off-grid*.

Dalam merencanakan sebuah PLTS terpusat diperlukan pertimbangan yang matang terhadap beberapa aspek, seperti aspek hukum, ekonomi, sosial dan teknis. Beberapa studi terkait PLTS terpusat menunjukkan bahwa teknologi ini memiliki banyak keuntungan dibandingkan dengan sistem pembangkit listrik terpusat konvensional. Salah satu keuntungan utamanya adalah bahwa PLTS terpusat tidak memerlukan infrastruktur transmisi dan distribusi listrik yang rumit dan mahal. Selain itu, PLTS terpusat dapat meningkatkan aksesibilitas listrik di daerah terpencil yang sulit dijangkau oleh sistem pembangkit listrik terpusat konvensional. Hal ini dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan pembangunan ekonomi di daerah tersebut.

Namun, untuk mencapai kinerja PLTS yang efektif dan efisien maka dalam merencanakan PLTS terpusat, perlu dipertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan sosial yang kompleks. Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk merancang dan menganalisis kelayakan PLTS terpusat di berbagai lokasi di seluruh dunia, seperti (Saputri et al., 2023) yang menganalisis desain PLTS terpusat di Pekanbaru, Indonesia, dan (Wan et al., 2022) yang mengoptimalkan desain PLTS dengan menggunakan siklus Brayton CO₂

superkritis. Selain itu, ada juga penelitian yang mengkaji aspek sosial dan ekonomi dari PLTS terpusat (Khatib dan El-Khoury, 2021) yang melakukan tinjauan terhadap status dan prospek masa depan PLTS terpusat secara umum.

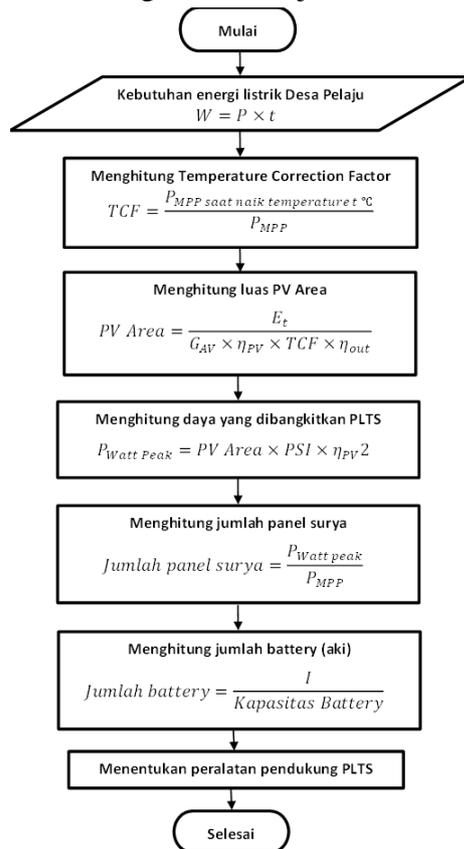
Dalam kegiatan ini, untuk merancang dan menganalisis kelayakan PLTS terpusat, beberapa aspek yang dikaji antara lain: Aspek teknis: desain dan spesifikasi teknis PLTS terpusat, termasuk penggunaan panel surya, baterai, dan inverter, serta sistem manajemen daya (Julianto, et al, 2022). Aspek ekonomi: analisis kelayakan ekonomi dari PLTS terpusat, termasuk biaya investasi dan operasional, serta potensi penghematan biaya listrik bagi konsumen. Aspek sosial: analisis dampak sosial dari PLTS terpusat, termasuk peningkatan aksesibilitas listrik dan peningkatan kesejahteraan masyarakat di daerah terpencil. Aspek pengelolaan: tinjauan tentang pengelolaan dan operasional PLTS terpusat, termasuk organisasi pengelola dan pelatihan bagi tenaga kerja yang akan mengoperasikan dan memelihara sistem.

METODE

Pada kegiatan ini, beberapa tahapan yang dilakukan untuk mendesain PLTS terpusat desa Pelaju adalah sebagai berikut: perhitungan PV area, perhitungan jumlah panel surya, penentuan sistem penyimpanan energi listrik (battery) yang digunakan, penentuan charger controller, penentuan inverter dan peralatan pendukung lainnya. Beberapa langkah dalam kegiatan ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Sedangkan untuk data-data yang dibutuhkan dalam kegiatan ini adalah sebagai berikut:

- 1) Potensi energi matahari desa Pelaju yang didapatkan dari hasil pengukuran langsung di desa Pelaju dan dari BMKG;
- 2) Kebutuhan energi listrik desa Pelaju melalui survey kebutuhan energi listrik terhadap seluruh rumah dan fasilitas umum warga desa Pelaju.



Gambar 1. Flowchart Kegiatan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aspek Legal

Untuk lokasi pembangunan PLTS Terpusat di Desa Pelaju, menurut informasi dari Kepala Desa Pelaju status tanah telah dihibahkan untuk digunakan sebagai lokasi pembangunan PLTS Terpusat. Selain itu lokasi pembangunan PLTS tidak berada di dalam wilayah Konservasi/HPT.

Aspek Sosial Ekonomi

Lokasi rumah penduduk di Desa Pelaju secara umum terbagi menjadi dua wilayah

dan terdistribusi secara menyebar namun tetap dalam kondisi yang masih tercakup dalam jangkauan. Sebagian besar penduduk di Desa Pelaju memiliki profesi sebagai nelayan dan petani serta rata-rata masyarakat memiliki usaha sarang burung walet. Masyarakat di Desa Pelaju memiliki pendapatan rata-rata per KK per bulan sebesar Rp. 1.500.000.

Kondisi sampai dengan saat ini di Desa Pelaju belum tersedia listrik dari PLN. Demikian juga belum ada rencana PLN untuk memasukkan jaringan listrik ke Desa Pelaju. Untuk saat ini kebutuhan penerangan dan beberapa peralatan listrik masyarakat menggunakan genset milik Desa yang beroperasi selama rata-rata 5 jam perhari (18.00-23.00 WITA) dan sebagian menggunakan genset milik pribadi, dengan penggunaan bahan bakar rata-rata perumah sekitar 6 liter per malam. Jika diakumulasi selama satu bulan maka biaya pemakaian energi listrik untuk kebutuhan masing-masing rumah tangga adalah minimal Rp. 1.000.000.- perbulan.

Aspek Teknis

1) Perhitungan Kebutuhan Energi Listrik

Pada bagian ini dilakukan perhitungan kapasitas PLTS yang akan dipasang berdasarkan survey dan perhitungan kebutuhan energi listrik masyarakat Desa Pelaju. Energi listrik yang dihitung merupakan kebutuhan energi listrik yang akan dipenuhi oleh PLTS terpusat. Survei kebutuhan energi listrik per titik beban di Desa Pelaju telah dilakukan dengan total titik beban di Desa Pelaju sebanyak 48 pelanggan yang terdiri dari 44 rumah dan 4 fasilitas umum/ sosial. Berdasarkan hasil survei dan pengamatan di

lapangan, kebutuhan energi listrik perumah diperkirakan sebesar 6465 Watt-hour perhari sebagai penerangan pada malam hari dan penggunaan elektronik, seperti televisi dan kipas angin. Sehingga secara total energi listrik yang dibutuhkan di desa Pelaju adalah sebesar 310.320 Wh dan kapasitas daya yang dibutuhkan adalah sebesar 12.930 Watt.

2) Perhitungan Modul Surya dan Baterai

- Data pendukung:
 - Suhu sekitar: 35 °C;
 - Jam Operasi rata-rata: 10 jam;
 - Energi matahari rata-rata: 3016,26 Wh/m²/day;
 - Hari berawan: 3 hari;
 - Efisiensi modul: 0,12;
 - Efisiensi baterai: 0,9;
 - Efisiensi inverter: 0,9;
 - Faktor koreksi suhu: 0,93.
- Penyimpan Energi (Baterai) yang digunakan:
 - Tegangan: 24 V;
 - Kapasitas Baterai: 250 Ah;
 - Jumlah hari tanpa matahari: 1 hari;
 - Depth of discharge: 0,75;
 - Jumlah total baterai: 52 unit.
- Kapasitas modul surya yang digunakan:
 - Luas PV: 234 m²;
 - Daya permodul: 300 Wp;
 - Gen PV: 28.133 Wp;
 - Jumlah modul: 104 unit.
- Inverter yang digunakan:
 - Tegangan input: 48 VDC;
 - Tegangan output: 220 VAC;
 - Kapasitas: 15 kVA;
 - Efisiensi: 0,9;
 - Jumlah total: 1 unit.

- Battery Charge Controller (BCR) yang digunakan:
 - Tegangan: 48 V;
 - Kapasitas: 40 A;
 - Efisiensi: 0,9;
 - Jumlah total: 26 unit.

3) Kebutuhan Balance of System (BOS)

- Pengkabelan harus sesuai SPLN agar rugi-rugi daya maksimal 1% dari produksi energi listrik PLTS;
- Rating MCB dan jenisnya harus menyesuaikan dengan nilai tegangan dan arus yang digunakan;
- Baterai yang terhubung secara seri harus dihubungkan dengan fuse sebagai proteksi;
- Busbar penghubung komponen utama harus dipasang disconnecting switch;
- Persyaratan tahan air (IP65) untuk setiap Junction Box;
- Penghubung antar modul surya menggunakan soket plug-in;
- Bahan tembaga digunakan sebagai penghubung baterai, dilengkapi proteksi baterai dan diberi isolator untuk keamanan operator;
- Kabel bawah tanah digunakan sebagai penghubung antara modul surya ke power house;
- Kabel tipe NYAF digunakan sebagai penghubung antara baterai dan inverter;
- Kabel tipe NYY digunakan sebagai penghubung antara inverter dan panel distribusi;
- Nilai tahanan pentanahan harus sesuai SNI sebesar ≤ 5 ohm.

Untuk gambar lengkap desain PLTS terpusat desa Pelaju dapat dilihat pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 11.

Aspek Pengelolaan

Tugas dan kewajiban Pemerintah Desa Pelaju sebelum pembangunan PLTS terpusat adalah sebagai berikut:

- Mendirikan lembaga pengelola;
- Menetapkan SOP pola pengoperasian dan pemeliharaan PLTS;
- Menetapkan iuran bulanan berdasarkan kesepakatan bersama masyarakat;
- Menyediakan biaya operasional dan pemeliharaan PLTS;
- Melaksanakan pembinaan secara rutin kepada lembaga pengelola.

Tinjauan terhadap aspek manajemen dan operasional lebih menitikberatkan pada ketersediaan tenaga kerja serta organisasi yang akan mengelola dan memelihara PLTS Terpusat. Selain itu, panduan dan pelatihan tentang pengelolaan dan pemeliharaan PLTS sangat diperlukan bagi lembaga pengelola yang dibentuk. Panduan dan pelatihan tersebut secara umum sebagai berikut:

- Panduan iuran bagi masyarakat desa Pelaju agar masyarakat desa Pelaju dapat memperoleh nilai ekonomi dari pengoperasian PLTS;
- Panduan manajemen dana yang dikelola lembaga untuk kebutuhan pembelian spare-part dan perbaikan lainnya baik dari sisi mekanikal, elektrik maupun bangunan sipil;
- Pelatihan pengoperasian PLTS;
- Pelatihan pemeliharaan PLTS yang terdiri dari pemeliharaan rutin dan pemeliharaan ketika ada gangguan dari dalam maupun dari luar PLTS;

PENUTUP

Desain PLTS terpusat di Desa Pelaju membutuhkan beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan, seperti aspek teknis,

pengelolaan, dan sosial-ekonomi. Pada kegiatan ini, dari segi teknis, PLTS terpusat dirancang dan dioperasikan dengan spesifikasi yang memenuhi standar keselamatan dan perlindungan lingkungan. Dari segi pengelolaan, pemerintah desa Pelaju harus menetapkan lembaga pengelola, menetapkan iuran, menetapkan standar operasi, serta menyediakan biaya operasi dan perawatan. Dari segi sosial-ekonomi, PLTS terpusat di Desa Pelaju dapat memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat setempat. Dengan mempertimbangkan aspek-aspek tersebut, desain PLTS terpusat ini dapat menjadi acuan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di desa Pelaju.

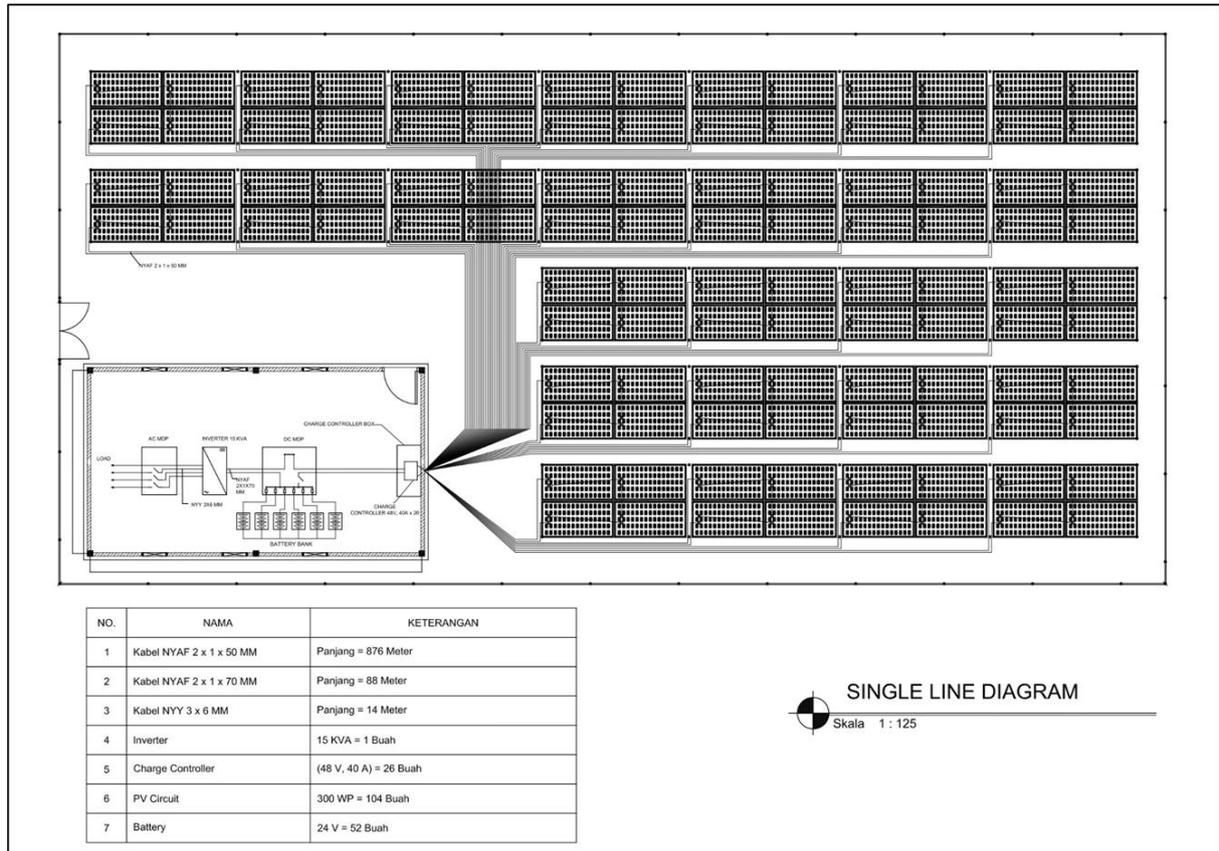
DAFTAR RUJUKAN

- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2019), *Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional 2019-2038*, Jakarta.
- Saputri, I.A.K., Indrawan, I.G.B., dan Suardika, I.K. (2023). *Analysis of centralized solar power plant design for rural electrification in Pekanbaru, Indonesia*. *Journal of Renewable Energy and Sustainable Development*, 5(1), 20-35.
- Wan, Y., Chen, L., dan Liu, J. (2022). *Off-design performance optimization of a centralized solar power plant based on supercritical CO₂ Brayton cycle*. *Energy*, 244, 122369.
- Khatib, H. and El-Khoury, M. (2021). *Centralized solar power plants: Status, challenges and future prospects*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110302.
- Dhamran, A.F. and Solyali, M. (2022). *Design and techno-economic feasibility*

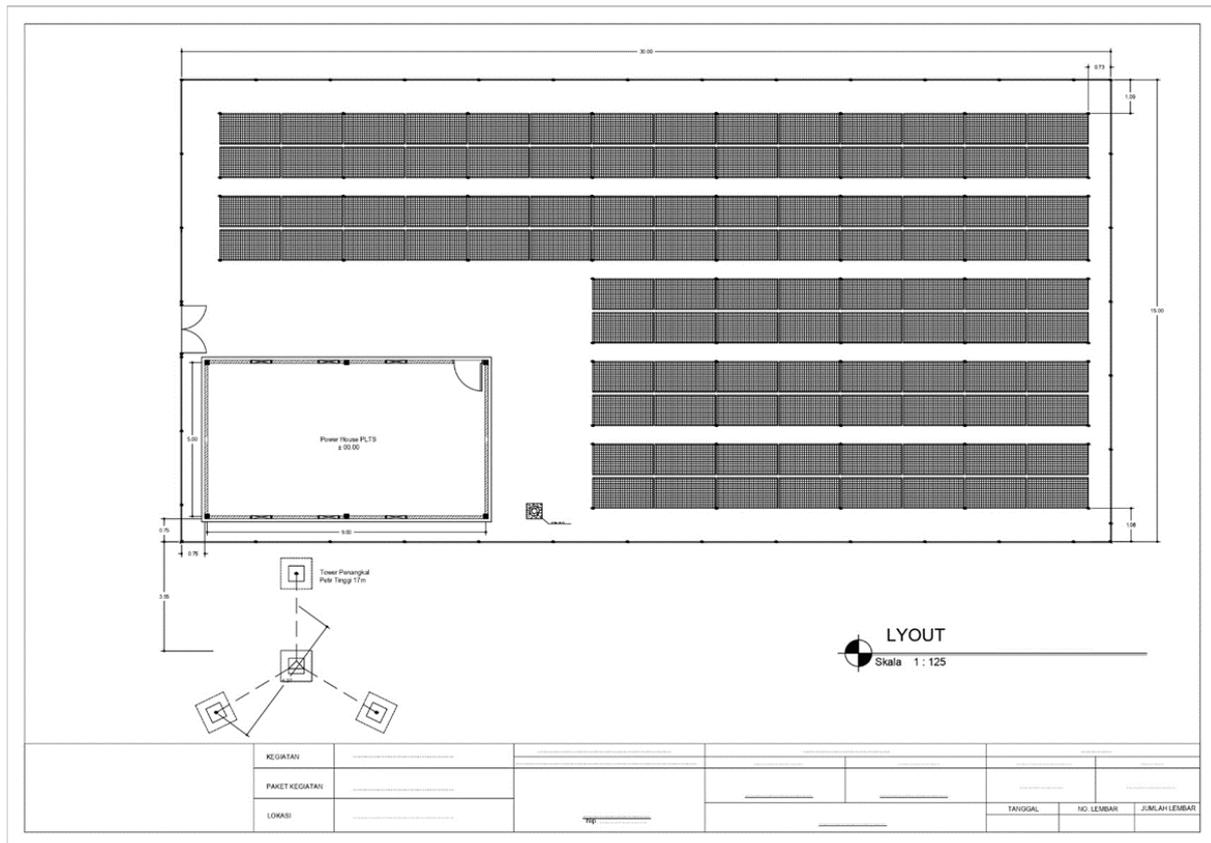
analysis of centralized solar power plant for rural electrification in Aceh, Indonesia. Renewable Energy, 188, 1283-1297.

Julianto, P., Soeprijanto, A. and Mardijah, (2022), *Confronting the Duck curve*

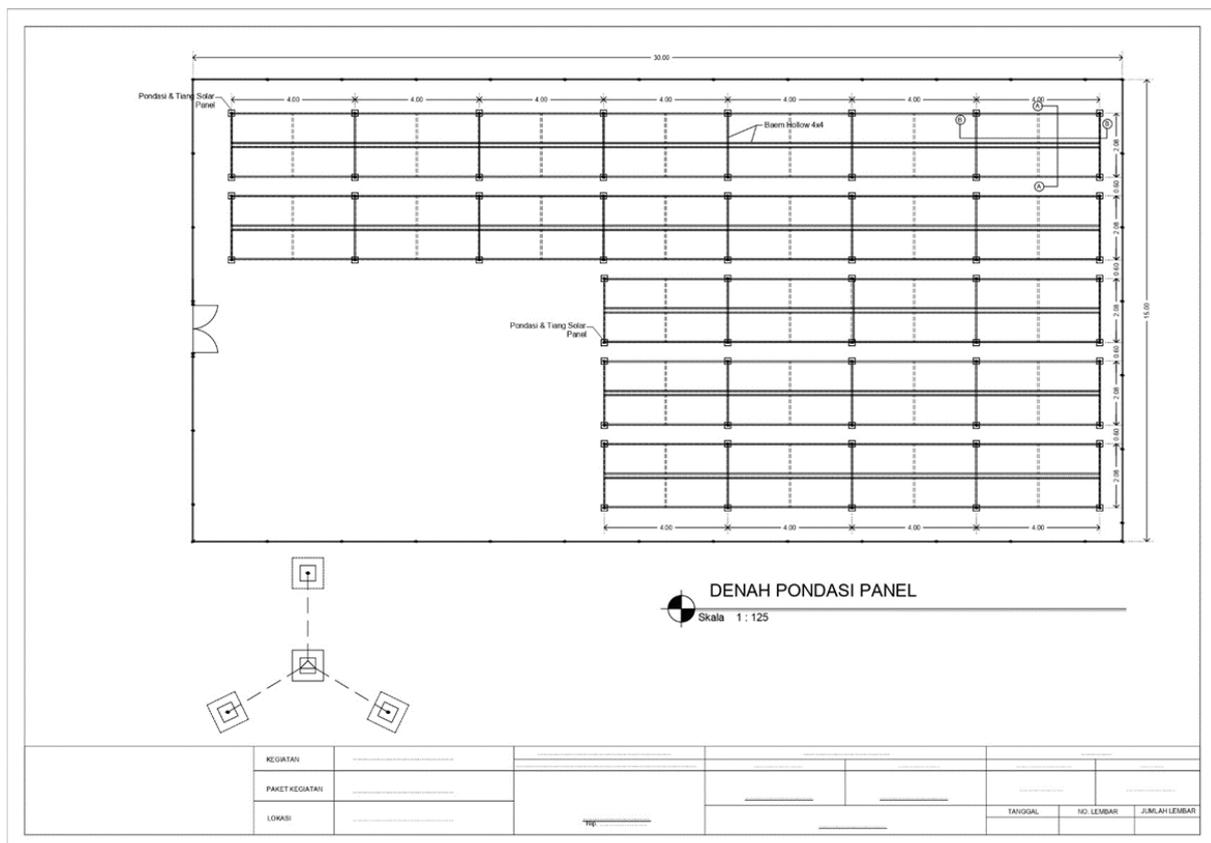
Problem using Dynamic Economic Emission Dispatch with CAES, International Journal of Intelligent Engineering and Systems. Vol.15, No.4.



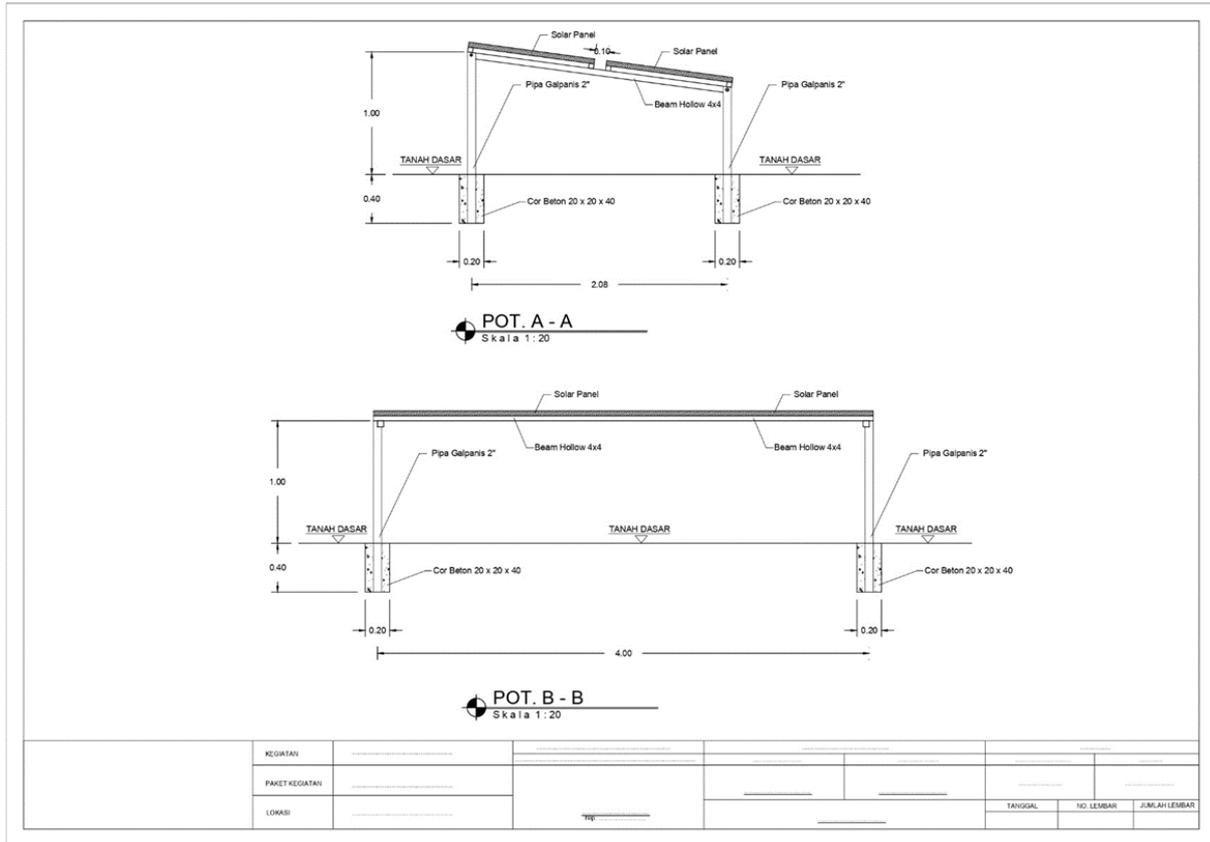
Gambar 2. Single Line Diagram PLTS Desa Pelaju



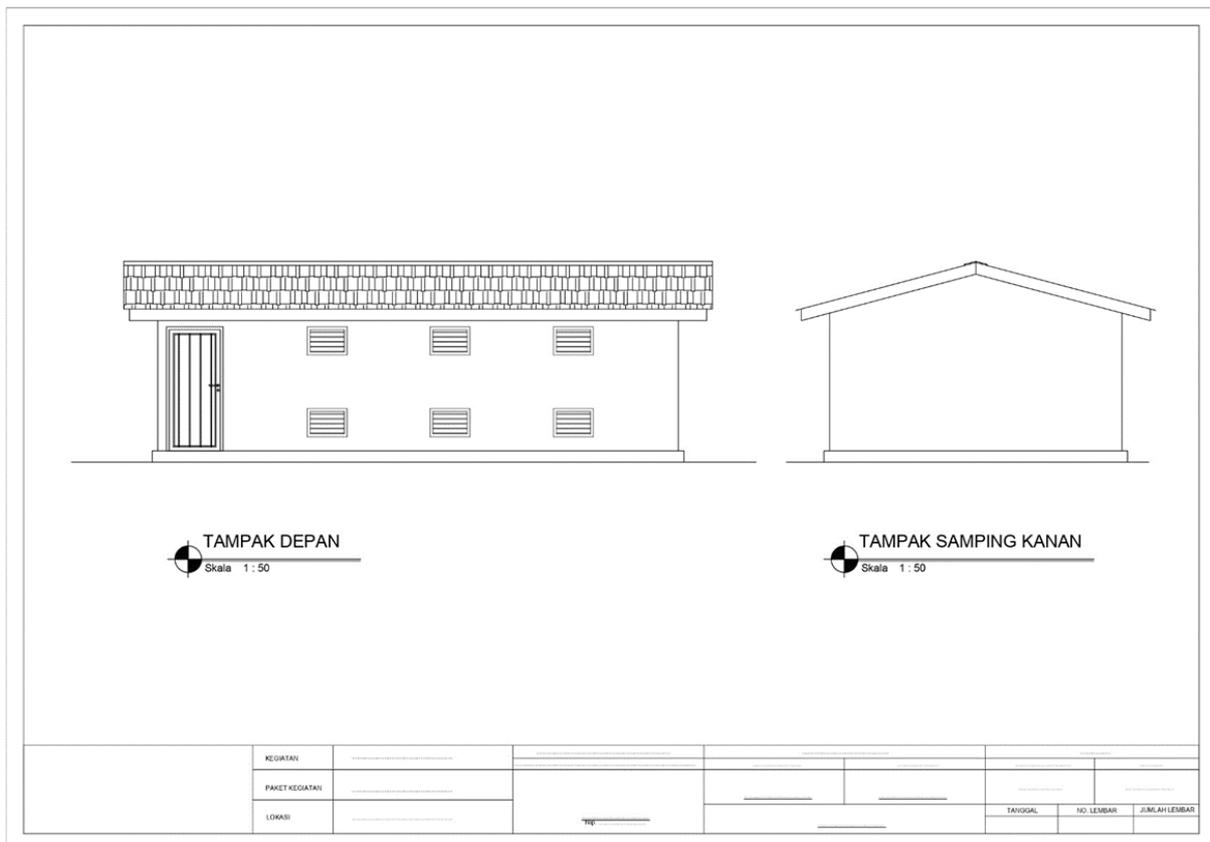
Gambar 3. Layout PLTS Desa Pelaju



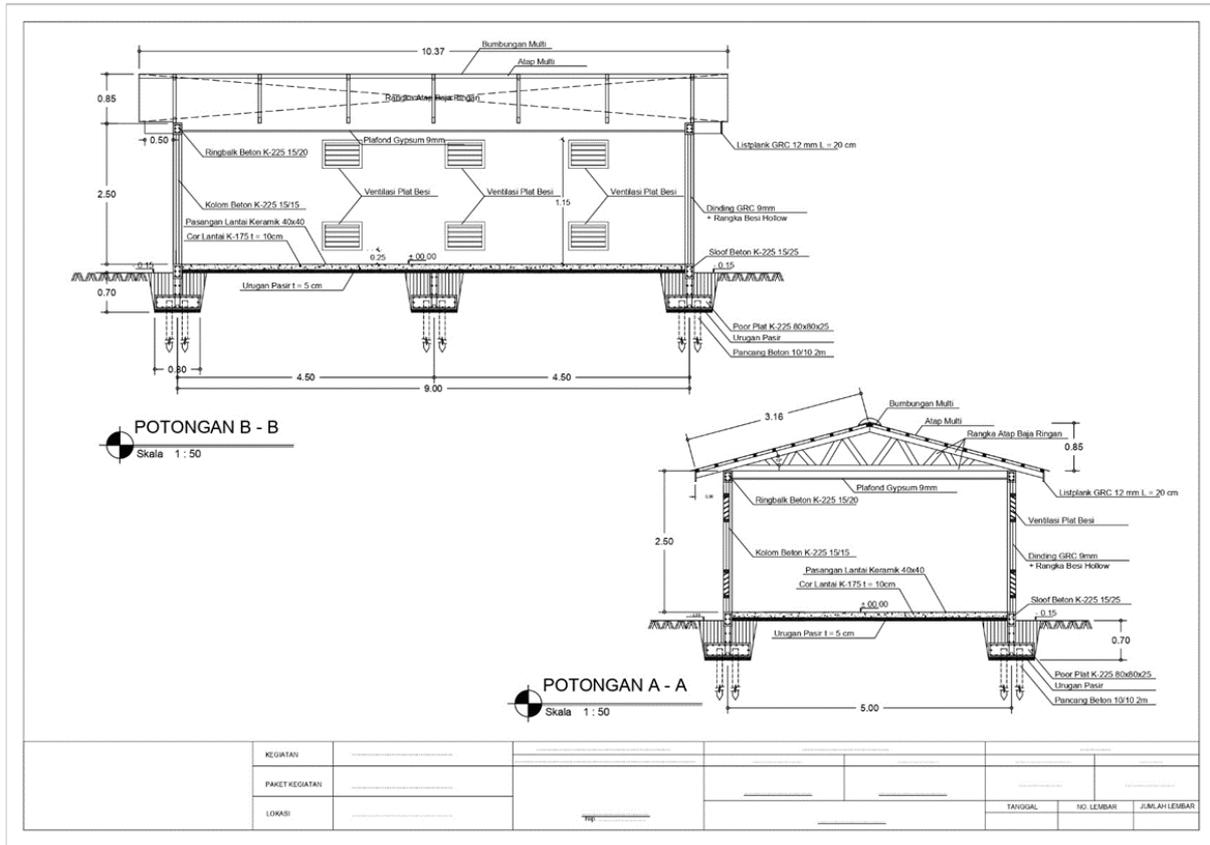
Gambar 4. Denah Pondasi Panel PLTS Desa Pelaju 1



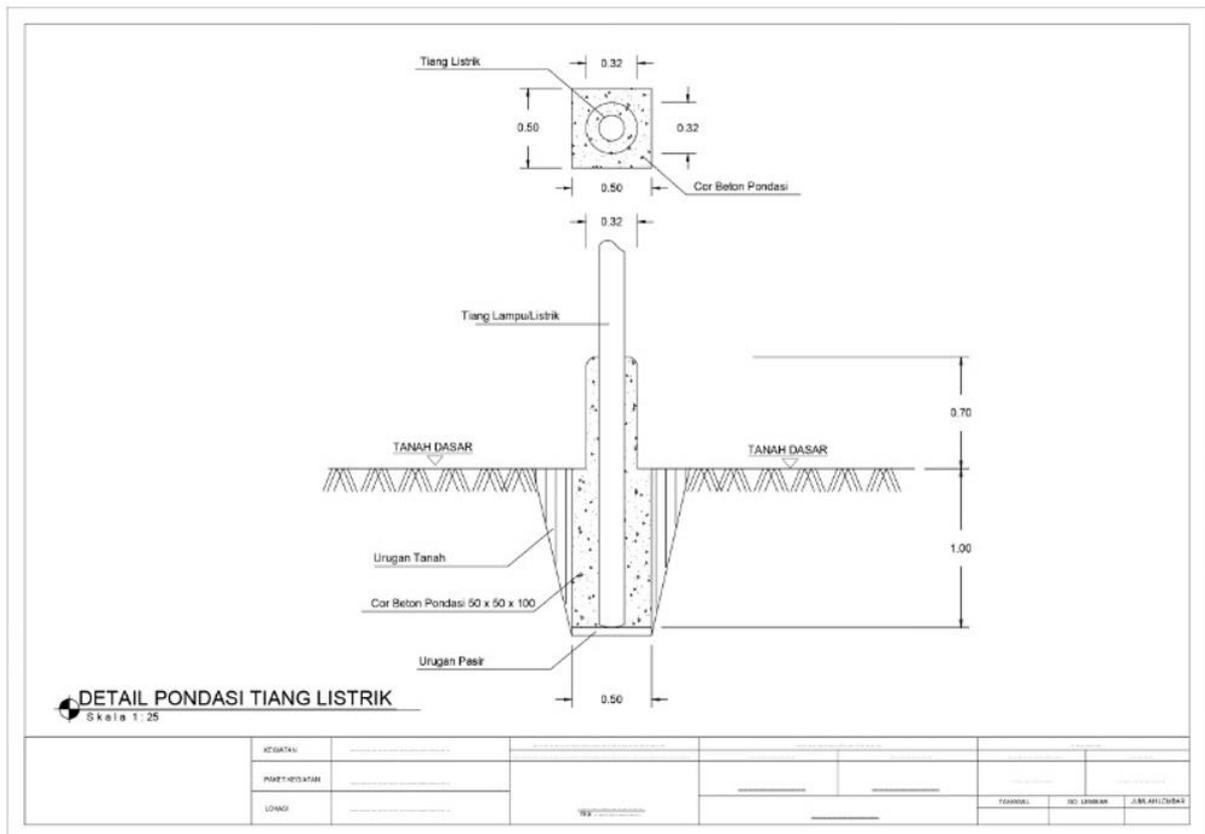
Gambar 5. Denah Pondasi Panel PLTS Desa Pelaju 2



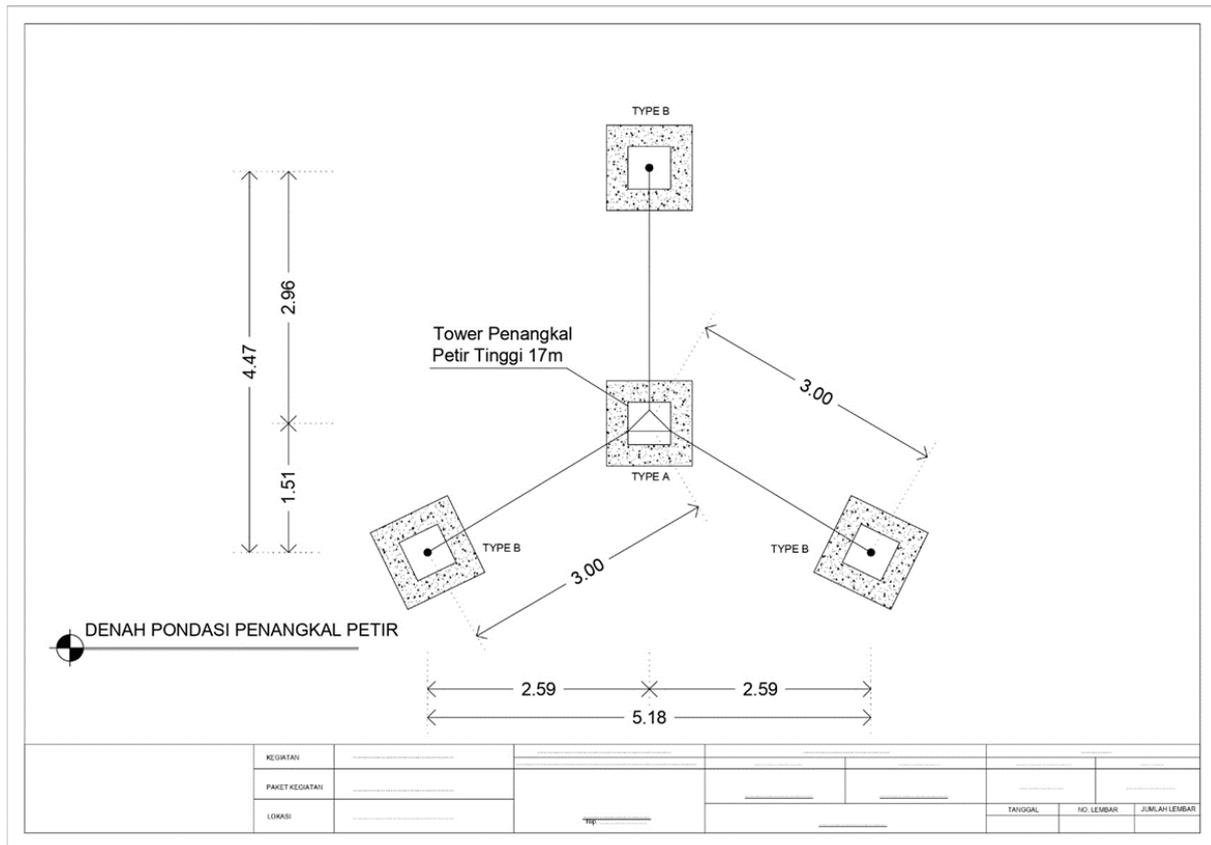
Gambar 6. Power House PLTS Desa Pelaju



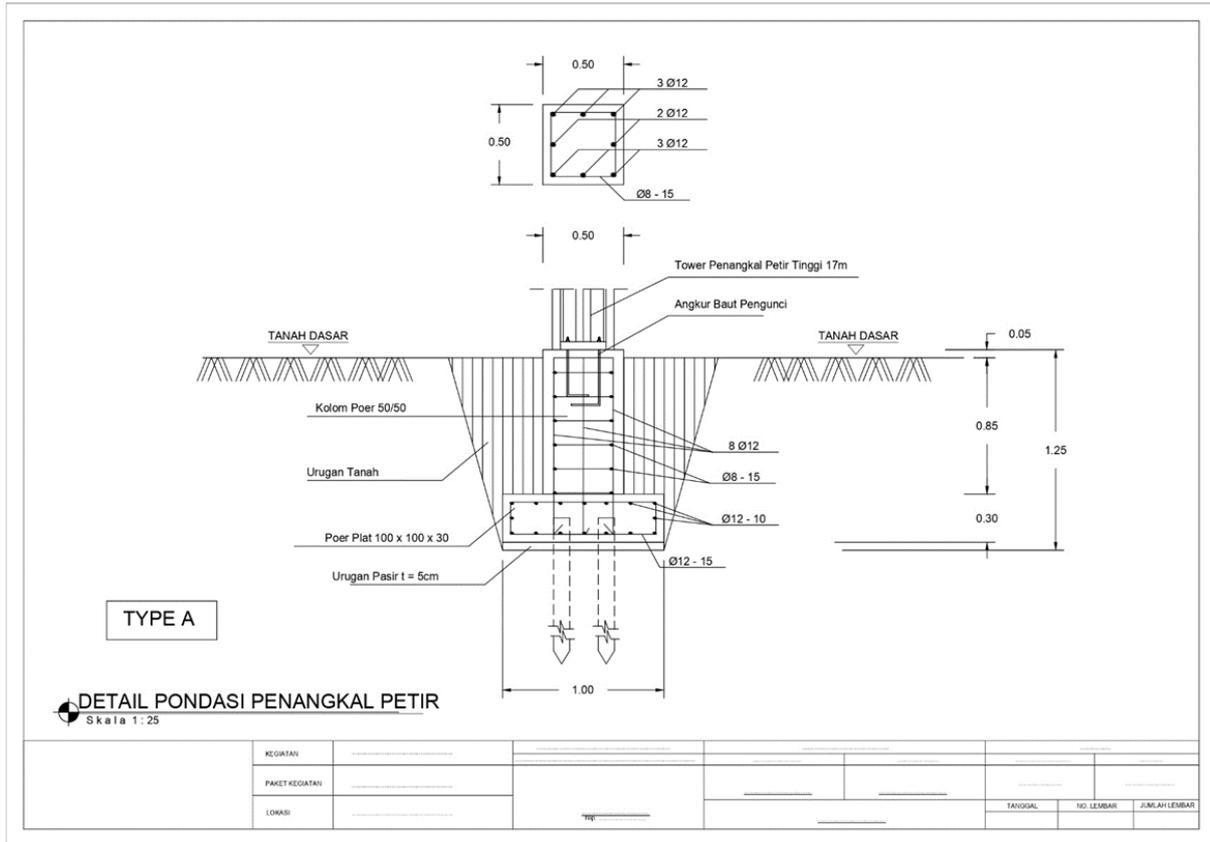
Gambar 7. Denah Pondasi Power House PLTS Desa Pelaju



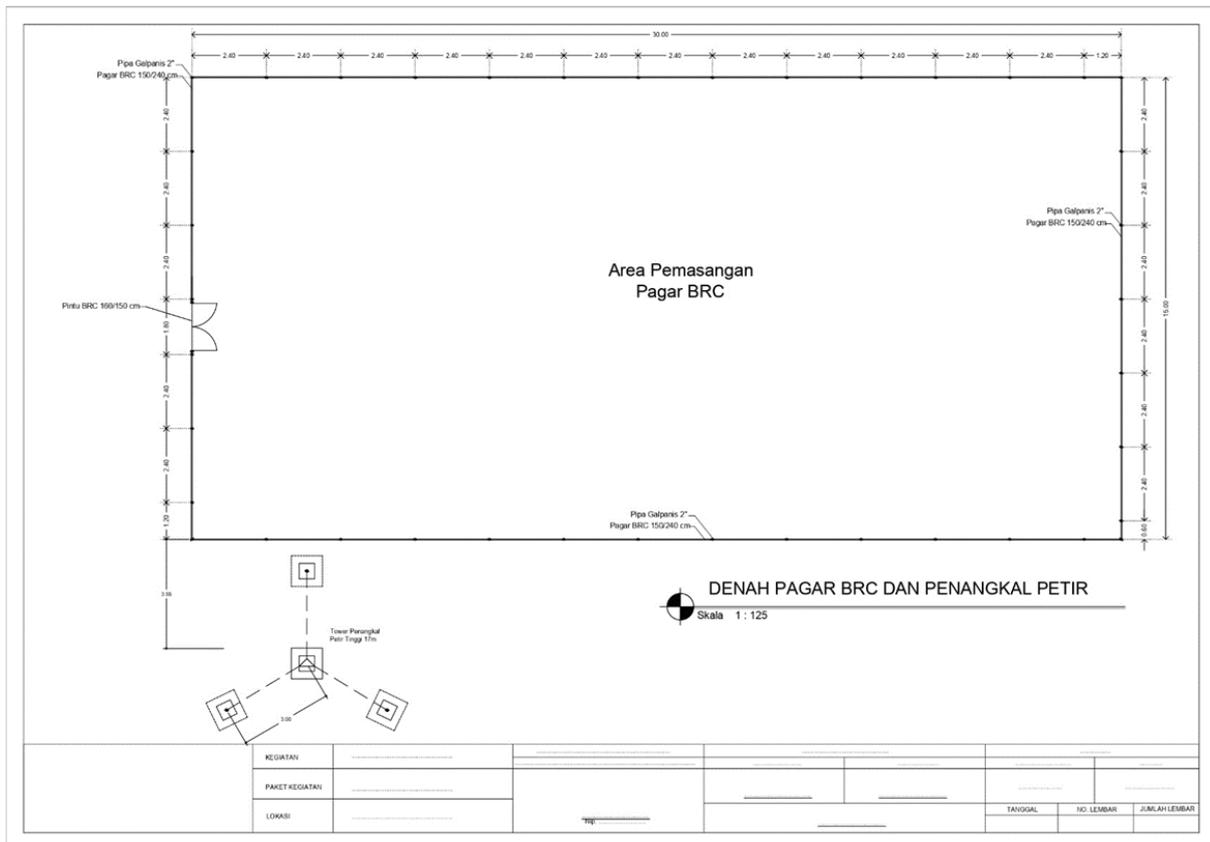
Gambar 8. Detail Pondasi PLTS Desa Pelaju



Gambar 9. Denah Pondasi Penangkal Petir PLTS Desa Pelaju



Gambar 10. Detail Pondasi Penangkal Petir PLTS Desa Pelaju



Gambar 11. Denah Pagar BRC dan Penangkal Petir PLTS Desa Pelaju