LAPORAN KERJA PRAKTEK

SISTEM PEMBANGKIT, INSTALASI, OPERASI DAN PEMELIHARAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIBRIDA SURYA, BAYU DAN DIESEL PT. LEN INDUSTRI

Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan mata kuliah Kerja Praktek di Jurusan Teknik Elektro

Oleh:
Wiandini Fauziah
13106009

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS KOMPUTER INDONESIA
BANDUNG
2009

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN KERJA PRAKTEK

SISTEM PEMBANGKIT, INSTALASI, OPERASI, DAN PEMELIHARAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIBRIDA SURYA, BAYU DAN DIESEL

PT. LEN INDUSTRI

Oleh:

Wiandini Fauziah

13106009

Disetujui atau disahkan di Bandung pada tanggal :

Pembimbing I	Pembimbing II
Ir.Petrus Tri Bakti N.	Ade Solihin
NIK. 9400670	NIK.9104801

Kepala Bagian Pengembangan SDM

Ir. Ruhayat

NIK.9104251

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN KERJA PRAKTEK

SISTEM PEMBANGKIT, INSTALASI, OPERASI, DAN PEMELIHARAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIBRIDA SURYA, BAYU DAN DIESEL

PT. LEN INDUSTRI

Oleh:

Wiandini Fauziah

13106009

Disetujui atau disahkan di Bandung pada tanggal :

Ketua Jurusan Teknik Elektro	Pembimbing Kerja Parktek
Muhammad Aria, ST.MT.	Tri Rahajoeningroem,MT
NIP. 4127.70.04.008	NIP.4127.70.04.015

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah swt. yang senantiasa melimpahkan taufik serta hidayah-Nya kepada penulis selama penulisan laporan ini.

Laporan ini dirumuskan dalam judul "Sistem Pembangkit, Instalasi, Operasi, dan Pemeliharaan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Surya, Bayu, dan Diesel", merupakan salah satu syarat kelulusan mata kuliah Kerja Praktek di jurusan Teknik elektro.

Penulis menyadari, bahwa dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan baik isi maupun susunan bahasanya.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Ir.Tri Bakti selaku pembimbing ketika penulis melakukan kerja praktek di PT.LEN
2. Bapak Ir.Ruhayat sebagai kepala bagian SDM yang telah memberikan ijin penulis untuk dapat melaksanakan kerja praktek di PT.LEN.
3. Bapak Dedy dan Bapak Odang yang telah membantu penulis untuk dapat masuk PT.LEN dan membantu penulis selama penulis melaksanakan kerja praktek
4. Bapak Prof.Dr.Ir.Ukun, MT sebagai Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Komputer Indonesia
5. Bapak Muhammad Aria, ST. MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro

6. Ibu Tri Rahajoeningroem, ST.MT selaku pembimbing dan koordinator kerja praktek yang telah mengarahkan dan membimbing penulis dalam melaksanakan kerja praktek serta memberi masukan kepada penulis selama penulisan laporan ini
7. Kedua Orang Tua , beserta adik yang telah memberikan dukungan moril serta materiil kepada penulis selama penulisan laporan ini
8. rekan-rekan mahasiswa yang telah memberikan bantuan dan semangat kepada penulis selama penulisan laporan ini.

Semoga amal baik yang telah diberikannya mendapat imbalan yang setimpal dari Allah swt. Amin .

Bandung, Mei 2009

Penulis

Wiandini Fauziah

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

KATA PENGANTAR ……. i

DAFTAR ISI…… iii

DAFTAR GAMBAR…… v

DAFTAR TABEL……. vi

BAB I PENDAHULUAN……. 1

1.1 Latar Belakang……. 1

1.2 Tujuan…….. 2

1.3 Rumusan Masalah…… 3

1.4 Batasan Masalah…….. 3

1.5 Metode Penelitian……. 4

1.6 Sistematika Penulisan Laporan……5

BAB II GAMBARAN UMUM PT.LEN……7

2.1 Sejarah Singkat Perusahaan……... 7

2.2 Visi dan Misi Perusahaan……. 9

2.3 Lingkup Pekerjaan Perusahaan…… 12

2.4 Struktur Organisasi……. 15

BAB III TINJAUAN PUSTAKA……. 17

3.1 Perencanaan dan Deskripsi Sistem Hibrida……. 18

3.2 Konfigurasi Pembangkit Hibrida…….. 19

3.3 Konfigurasi PLTH-SBD…….. 22

3.4 Spesifikasi PV Array…… 23

3.5 Spesifikasi Battery Bank…….. 24

3.6 Diesel Generator……... 25

3.7 Hybrid Power Conditioner (HPC)…… 27

3.8 Wind Turbine……28

BAB IV ANALISA SISTEM KERJA PLTH-SBD……. 31

4.1 Prinsip kerja PLTH……. 31

4.2 Petunjuk Instalasi…… 41

4.3 Pengoperasian Sistem Hybrid……. 44

4.4 Pemeliharaan Sistem Hybrid……... 58

BAB V KESIMPULAN……. 67

5.1 Kesimpulan ……. 67

5.2 Saran ……68

DAFTAR PUSTAKA ……69

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur organisasi PT. LEN Industri (Persero)…… 16

Gambar 3.1 Konfigurasi PLTH Surya Bayu Diesel ……. 19

Gambar 3.2 Blok Diagram PLTH-SBD …… 22

Gambar 3.3 Solar Panel…….. 24

Gambar 3.4 Deep Cycle Battery type OPzS Solar……. 25

Gambar 3.5 *Diesel Perkins 1006TAG*..... 26

Gambar 3.6 *Hybrid Power Conditioner (HPC)*..... 28

Gambar 3.7 *Wind Turbine*..... 28

Gambar 3.8 Kurva Turbin Angin …….. 30

Gambar 4.1 Aliran Daya pada Beban Rendah…… 32

Gambar 4.2 Aliran Daya pada Beban Menengah …….. 33

Gambar 4.3 Aliran Daya pada Beban Puncak ……34

Gambar 4.4 Kurva Beban Desa Nemberala ……... 36

Gambar 4.5 Estimasi Kurva Beban desa Nemberala Paska Pembangunan.....38

Gambar 4.6 Blok Diagram Hybrid Sistem 45

Gambar 4.7 Kurva Dasar Pembangkit 48

Gambar 4.8 Panel Operator LCD…….. 50

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Estimasi Beban Desa Nemberala Paska Pembangunan..... 38

Tabel 4.2 Estimasi Kebutuhan dan Sumber Energi yang mensuplainya..... 40

Tabel 4.3 Pilihan Mode Operasi Manual..... 51

Tabel 4.4 Pilihan Mode Operasi Otomatis..... 51

Tabel 4.5 Mode Tampilan Sistem Parameter..... 56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pulau kecil selama ini dialiri listrik oleh pembangkit listrik tenaga diesel yang menggunakan bahan bakar solar. Ketergantungan pada BBM itu belakangan memunculkan masalah karena harganya kian mahal, pasokan tersendat, dan emisi karbonnya tinggi. Masalah itu bukan hanya menghambat keberlanjutan pengoperasian PLTD, tetapi juga program nasional elektrifikasi di pulau-pulau kecil selanjutnya. Solusi yang ditawarkan untuk mengatasi masalah itu adalah mengembangkan penerapan pembangkit listrik tenaga hibrida (PLTH). Hal ini ditempuh Kementerian Negara Riset dan Teknologi dengan mengoordinasi lembaga riset dan industri nasional.

Beberapa sistem PLTH yang diresmikan pengoperasiannya oleh Menteri Negara Riset dan Teknologi Kusmayanto Kadiman ada di Nusa Tenggara Timur, yaitu di Nemberala, Kabupaten Rote Ndao dan di Wini, Kabupaten Timor Tengah Utara.

Dalam pengembangannya, PLTH memang mengandalkan potensi energi lokal yang bersifat terbarukan untuk mengurangi penggunaan diesel. Dalam hal ini, PLTH memadukan PLTD dengan minimal dua jenis sumber energi lain, misalnya angin dan sinar matahari (surya). Listrik dari tiga pembangkit ini digabung dalam sistem PLTH lalu memasok listrik ke jaringan di pulau.

Ada beberapa manfaat dari penerapan PLTH, yaitu mengurangi penggunaan minyak solar secara signifikan. Kebutuhan solar dapat lebih ditekan dengan mengintroduksi minyak bahan bakar nabati (BBN) yang bersumber dari tanaman lokal yang melimpah seperti jarak, kesambi, nyamplung, dan kelapa.

Penggunaan energi bayu dan surya pada PLTH akan menekan polusi udara dari pembakaran solar. Dampak positif lain adalah terbukanya lapangan kerja bukan hanya dalam pengoperasiannya, tapi juga budidaya dan pengolahan BBN. Ini bisa mengurangi jumlah orang miskin di pulau kecil.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang menguntungkan itu, PLTH menjadi solusi kompetitif daripada pembangkit listrik konvensional, terutama di daerah yang tidak terhubung ke jaringan listrik nasional dan memiliki sumber daya energi lokal yang melimpah.

Hal tersebut di atas yang melatar belakangi keinginan penulis untuk memahami lebih dalam tentang cara instalasi, pengoperasian, dan pemeliharaan dari pembangkit listrik tenaga hibrida surya, bayu, dan diesel. Oleh karena keinginan tersebut maka penulis mengambil judul "Sistem Pembangkit, Instalasi, Operasi, dan Pemeliharaan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Surya, Bayu, dan Diesel".

1.2 Tujuan

Yang menjadi tujuan dalam penulisan laporan ini adalah untuk lebih mengerti tentang Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Surya, Bayu dan Diesel (PLTH-

SBD).Secara terperinci tujuan yang hendak dicapai dalam pembahasan ini adalah sebagai berikut:

a. Untuk mengetahui tentang Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Surya, Bayu dan Diesel.
b. Untuk mengetahui tentang Petunjuk Instalasi dari Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Surya, Bayu dan Diesel.
c. Untuk mengetahui tentang Cara Pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Surya, Bayu dan Diesel.
d. Untuk mengetahui tentang Cara Pemeliharaan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Surya, Bayu dan Diesel.

1.3 Rumusan Masalah

Sesuai dengan judul laporan ini , maka yang menjadi pokok-pokok pembahasan dalam laporan ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

a. Bagaimanakah Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Surya, Bayu dan Diesel ?
b. Bagaimanakah Petunjuk Instalasi dari Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Surya, Bayu dan Diesel ?
c. Bagaimanakah Cara Pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Surya, Bayu dan Diesel ?
d. Bagaimanakah Cara Pemeliharaan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Surya, Bayu dan Diesel ?

1.4 Batasan Masalah

Permasalahan tentang "sistem pembangkit, instalasi, operasi, dan pemeliharaan pembangkit listrik tenaga hibrida surya, bayu, dan diesel", dirasakan terlalu luas. Untuk menghindari terlalu luasnya masalah yang dibahas maka perlu dibatasi sesuai dengan kemampuan penulis, yang antara lain adalah sebagai berikut :

a. Prinsip Kerja PLTH

   Prinsip kerja yang akan diteliti ialah prinsip kerja pada kondisi beban rendah, beban menengah, dan beban puncak.

b. Petunjuk Instalasi

   Petunjuk instalasi yang akan diteliti ialah prosedur keamanannya terlebih dahulu dan kemudian prosedur instalasinya.

c. Pengoperasian Sistem Hibrida

   Pengoperasian sistem hibrida yang akan diteliti ialah mengenai pengecekan fungsi dari setiap sistem, proses kerja dan sistem operasi, pemilihan mode operasi, dan pemilihan mode tampilan.

d. Pemeliharaan Sistem Hibrida

   Pemeliharaan sistem hibrida yang akan diteliti ialah mengenai pemeliharaan HPC, pemeliharaan rangkaian modul (solar array), pemeliharaan batere bank, dan pemeliharaan diesel generator.

1.5 Metoda penelitian

Metoda yang dilakukan penulis dalam penyusunan laporan ini adalah :

a. Tinjauan Pustaka

Browsing di internet dan mempelajari sejumlah buku sumber yang dapat memberikan kontribusi bagi masalah yang diteliti. Dengan demikian tinjauan pustaka dimaksudkan untuk memperoleh data yang dapat menunjang pendapat penulis dalam penelitian ini.

b. Analisa

Menganalisa data yang sudah ada dengan mengemukakan pendapat penulis mengenai data yang sudah ada.

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Sistematika pembahasan yang akan diuraikan dalam laporan ini terbagi dalam bab-bab yang akan dibahas, yaitu sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Menguraikan latar belakang, tujuan, permasalahan, batasan masalah, metoda penelitian, dan sistematika penulisan laporan yang digunakan dalam pembuatan laporan ini.

BAB II : GAMBARAN UMUM PT.LEN INDUSTRI

Membahas tentang sejarah singkat, visi, misi, kebijakan kualitas, dan struktur organisasi PT.Len Industri (Persero).

BAB III : TINJAUAN PUSTAKA

Teori-teori yang digunakan dalam menyelesaikan laporan ini akan dibahas dalam bab ini.

BAB IV : ANALISA SISTEM KERJA PLTH-SBD (Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Surya, Bayu dan Diesel).

Membahas tentang prinsip kerja, petunjuk instalasi, cara pengoperasian, cara pemeliharaan, dan analisa dari pembangkit listrik tenaga hibrida surya, bayu dan diesel.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari pembahasan serta analisa yang diperoleh, untuk meningkatkan mutu dari sistem yang telah dibuat serta saran-saran untuk perbaikan dan penyempurnaan sistem.

BAB II

GAMBARAN UMUM PT. LEN INDUSTRI

2.1 Sejarah Singkat

PT. LEN Industri (Persero) yang lebih dikenal sebagai LEN, adalah perusahaan elektronika industri dan prasarana yang bergerak dalam bidang transportasi, informasi & pertahanan, dan energi, kegiatan LEN mencakup :

- *Product Development*
- *Manufacturing*
- *System Solution*
- *System Design*
- *Engineering*
- *System Integration*
- *Services*
- *Procurement*
- *Installation*
- *Commissioning*
- *Testing*

PT. LEN didirikan sejak tahun 1965, LEN kemudian bertransformasi menjadi sebuah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) pada tahun 1991. Sejak saat itu, LEN bukan lagi merupakan kepanjangan dari Lembaga Elektronika Nasional, tetapi telah menjadi sebuah entitas bisnis profesional dengan nama PT LEN Industri. Saat ini LEN berada di bawah koordinasi Kementrian Negara BUMN.

Berdiri pada tahun 1965 sebagai institusi penelitian dan berubah menjadi Badan Usaha Milik Negara pada tahun 1991, kini LEN berada di bawah koordinasi Kementrian BUMN. Didukung oleh kemampuan teknologi terkini dan keinginan untuk selalu berada satu langkah di muka, sebagai industri elektronika LEN dikenal sebagai produsen pemancar TV sejak tahun 70- an, di mana ratusan pemancar TV LEN terpasang di seluruh pelosok wilayah Indonesia dan bahkan ke luar negeri. LEN juga membangun kemampuan sebagai produsen Stasiun Bumi Kecil pada tahun 80-an. Pada tahun 90-an, LEN mengembangkan Sistem Persinyalan Kereta Api yang hingga kini telah terpasang di berbagai lokasi di Pulau Jawa, Juga pada tahun 90-an LEN mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang hingga kini telah tersebar puluhan ribu unit di seluruh pelosok wilayah Indonesia hingga ke mancanegara. Setelah merintis sejak tahun 90-an, pada tahun 2000, LEN membangun keunggulan di bidang elektronika untuk menunjang system pertahanan darat, laut, dan udara.

Melalui penyempurnaan teknik produksi dan rekayasa yang berkesinambungan, komitmen dan pemahaman pribadi pada kebutuhan-kebutuhan pelanggan, menjadikan LEN sebagai produsen lokal Sistem Persinyalan Kereta Api, Pembangkit Listrik Tenaga Surya, dan Pemancar TV. Dalam usaha memberikan manfaat kepada bangsa dan menyumbangkan peran strategis kepada negara, PT LEN Industri (Persero) telah mengembangkan :

·Teknologi yang mendukung peningkatan kesejahteraan masyarakat, yaitu produkproduk berbasis *renewable energy* (tenaga surya)

·Teknologi yang mendukung kedaulatan negara, yaitu pertahanan, transportasi, dan teknologi informasi dan komunikasi.

·Pendukung keduanya yaitu manufacturing.

Sebagai BUMN, LEN memperoleh perlakuan yang sama seperti entitas bisnis lainnya. LEN harus mampu berdiri sendiri dan memberikan manfaat bagi negara. Penerapan standar - standar Internasional untuk pelaporan, produksi, perawatan dan pengolahan data merupakan bagian dari usaha yang tak kenal lelah untuk menjadikan LEN sebagai pemain global. Dalam menjalankan bisnisnya, LEN juga bertanggung jawab pada masyarakat dan menjunjung tinggi etika dengan menerapkan prinsip - prinsip *Good Corporate Governance* untuk menciptakan perusahaan yang sehat, bersih dan memiliki daya saing tinggi.

2.2 Visi dan Misi Perusahaan

- Visi

  Menjadi perusahaan elektronika kelas dunia.

- Misi

  Meningkatkan kesejahteraan stakeholder melalui inovasi produk elektronika industri dan prasarana

2.2.1 Kebijakan Kualitas

PT. LEN Industri mempunyai komitmen untuk senantiasa menyediakan produk yang memuaskan dan menyenangkan pelanggan :

1. Untuk memenuhi komitmen tersebut, perusahaan melakukan upaya perbaikan secara terus menerus dalam hal :
   a. Pemenuhan order tepat waktu
   b. Peningkatan mutu produk

c. Peningkatan kompetensi karyawan
d. Peningkatan kecepatan dan ketepatan aliran informasi dan dokumentasi

2. Manajemen menjamin ditetapkannya sasaran mutu di setiap kerja unit kerja
3. Sebagai metode dasar sistem manajemen mutu, perusahaan mengacu pada standar ISO 9001 : 2000

LEN didukung oleh lebih dari 300 tenaga ahli yang berpengalaman selama puluhan tahun melaksanakan proyek-proyek dalam bidang elektronika industri dan prasarana. Diatas segalanya, kunci keberhasilan LEN adalah semangat tim yang hebat, seperti penekanan kami pada penciptaan atmosfir 'keluarga' yang saling berpaut, di mana semua anggota 'keluarga' berketetapan untuk tumbuh bersama perusahaan. LEN menyadari bahwa kesuksesan perusahaan bergantung kepada kepuasan pelanggan. Oleh karena itu, LEN mempunyai komitmn kuat untuk senantiasa menyediakan produk dan atau jasa yang memiliki kualitas sesuai harapan pelanggan. Untuk mempertahankan keunggulan dalam berkompetisi, bagian penelitian dan pengembangan LEN memainkan kunci utama dalam pengembangkan produk dengan teknologi yang sesuai dengan keingin pelanggan. Pemenuhan jasa dengan kualitas terbaik untuk perencanaan dan desain, system instalasi dan pengujian, sistem perawatan dan konsultasi purna jual bagi pelanggan merupakan kegiatan terus menerus yang selalu mngalami pengembangan peningkatan jasa dari waktu ke waktu. Untuk memperoleh manfaat yang optimal dari produk dan jasanya, LEN memiliki unit pelatihan yang berfungsi untuk menginformasikan bagaimana standarstandar produk dan jasa

LEN sehingga dapat dioperasikan dan dirawat dengan baik. Kualitas tidak pernah terjadi tanpa di sengaja, kualitas selalu merupakan hasil dari kemauan yang kuat, usaha yang tulus, arah yang benar, dan keputusan yang tepat , kual i tas memperlihatkan pilihan yang bijak dari sekian banyak alternatif. LEN bertanggung jawab untuk memastikan bahwa produk / jasa LEN sepenuhnya dapat diimplementasikan dengan baik oleh pelanggan di lapangan, selama masa instalasi, masa garansi, dan juga selama masa penggunaan dan pengoperasian. LEN juga memastikan bahwa semua peralatan terpasang dengan baik, tepat waktu, dan memiliki spesifikasi yang sesuai dengan kontrak yang sudah di sepakati bersama. Dukungan langsung dari tenaga-tenaga ahli terbaik LEN dapat di laksanakan setiap waktu saat di butuhkan. Sebagai bentuk komitmen terhadap jaminan kualitas , LEN mengembangkan dan menerapkan Sistem Manajemen Mutu berdasarkan standar ISO 9001:2000 secara konsisten. Di samping itu, LEN juga memiliki Laboratorium Kalibrasi yang telah diakreditasi oleh Komite Akreditasi Nasional (KAN). Dalam rangka layanan kepuasan pelanggan, LEN memiliki beberapa pegangan utama:

- Fleksibilitas dalam solusi
- Ketangguhan produk dan jasa
- Pengontrolan biaya
- Peduli pada ketepatan waktu.

LEN juga menitikberatkan pada upaya untuk memahami kebutuhan pelanggan dan membantu pelanggan secara konsisten dan terus menerus selama proyek berlangsung. Dengan sistem ini, LEN dapat memberikan suatu layanan yang

konsisten, efektif, dan menyeluruh terhadap kepuasan pelanggan (*Customer Total Solution*)

2.3 Lingkup Pekerjaan Perusahaan

Selama ini, PT. LEN telah mengembangkan bisnis dan produk-produk dalam bidang elektronika untuk industri dan prasarana, serta telah menunjukkan pengalaman dalam bidang :

- Broadcasting, selama lebih dari 30 tahun, dengan ratusan Pemancar TV dan Radio yang telah terpasang di berbagai wilayah di Indonesia.
- Jaringan infrastruktur telekomunikasi yang telah terentang baik di kota besar maupun daerah terpencil.
- Sistem Persinyalan Kereta Api di berbagai jalur kereta api di Pulau Jawa.
- Elektronika untuk pertahanan, baik darat, laut, maupun udara.
- Sistem Elektronika Daya untuk kereta api listrik.
- Ribuan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya, yang telah digunakan oleh masyarakat di berbagai daerah di Indonesia bahkan di luar negeri.

LEN memiliki unit produksi yang melaksanakan seluruh kegiatan yang berkaitan dengan perencanaan, pengendalian, dan pelaksanaan sistem produksi, serta mendukung unit bisnis dalam memproduksi produk bisnisnya. Unit produksi LEN mempunyai fasilitas produksi:

- *Electronic & Electrical floor Shop*
- *Mechanical Floor Shop*
- *Solar Module Facility*

Produk-produk LEN telah terpasang di berbagai pelosok Indonesia dan manfaatnya dapat dirasakan langsung oleh masyarakat luas Nilai tambah sosial yang diberikan LEN di antaranya:

a. Keamanan dan kenyamanan bagi pengguna transportasi KA

Produk system interloking LEN (SIL-01 dan SIL-02) yang diinstalasikan di berbagai stasiun telah mampu mengatur lalu lintas kereta api di stasiun. Produk sistem peringatan otomatis (AWAS) dan pintu perlintasan kereta api(Level Crossing) yang telah terpasang di berbagai perlintasan kereta api secara signifikan telah mengurangi kecelakaan kereta api dengan kendaraan lainnya di persimpangan jalan kereta api.

b. Menerangi daerah-daerah terpencil

Lebih dari 50.000 produk berbasis tenaga surya buatan LEN telah dipasang di daerah-daerah terpencil yang tidak terjangkau listrik PLN. Masyarakat dapat beraktivitas pada malam hari dengan penerangan SHS dan Sistem Pembangkit Tenaga Hibrida. Sistem Pembangkit Tenaga Hibrida LEN telah juga digunakan Sebagai pembangkit dalam pengoperasioan mercu suar di daerah perbatasan.

c. Jendela Informasi dan Komunikasi

Masyarakat didaerah perbatasan, terpencil, dan blank spot area dapat menikmati siatan TV dalam negeri karena pemancar TV buatan LEN telah diinstalasikan di berbagai pelosok Indonesia. Mereka pun dapat menikmati komunikasai melalui Wartel Satelit Tenaga Surya. Untuk masyarakat yang membutuhkan informasi ramalan cuaca yang akurat, LEN telah meluncurkan produk radar cuaca dan Radiosonde yaitu alat untuk mengirim parameter cuaca yang akan diolah oleh B M G .

d. Program Kemitraan dan Bina Lingkungan (PKBL)

Perusahaan selain bertujuan menghasilkan keuntungan bagi pemegang sahamnya, juga memanfaatkan sebagian keuntungan untuk masyarakat sebagai suatu tanggung jawab sosial. Perusahaan ikut berpartisipasi dalam meningkatkan pertumbuhan ekonomi

kerakyatan dengan mewujudkan usaha kecil yang efisien, kuat dan mandiri. Usaha ini terus diupayakan dengan mengalokasikan sebagian keuntungan perusahaan yang disalurkan melalui program kemitraan BUMN dengan usaha kecil dan Program Kemitraan dan Bina Lingkungan (PKBL).

e. Panitia Pembina Keselamatan dan Kesehatan Kerja (P2K3)

Dalam rangka mendukung upaya pencegahaan dan pengendalian kecelakaan kerja, penyakit akibat kerja, pencemaran lingkungan, dan pengamanan sarana produksi, PT. LEN Industri (Persero) membentuk fungsional P2K3 (Panitia Pembina Keselamatan dan Kesehatan Kerja).

2.4 Struktur Organisasi

PT LEN Industri (Persero) adalah perusahaan elektronika industri dan prasarana yang bergerak dalam bidang transportasi, informasi & pertahanan, dan energi. Selama ini, PT. LEN telah mengembangkan bisnis dan produk-produk dalam bidang elektronika untuk industri dan prasarana seluruh kegiatannya berkaitan dengan perencanaan, pengendalian, dan pelaksanaan sistem produksi, serta mendukung unit bisnis dalam memproduksi produk bisnisnya.

Dalam struktur organisasinya posisi tertinggi dalam perusahaan di pegang oleh direktur utama, dimana direktur utama dibantu oleh direktur-direktur yang membantu tugas direktur utama diantaranya

- Direktur Administrasi dan Keuangan
- Direktur Pemasaran
- Direktur Teknologi dan Produksi

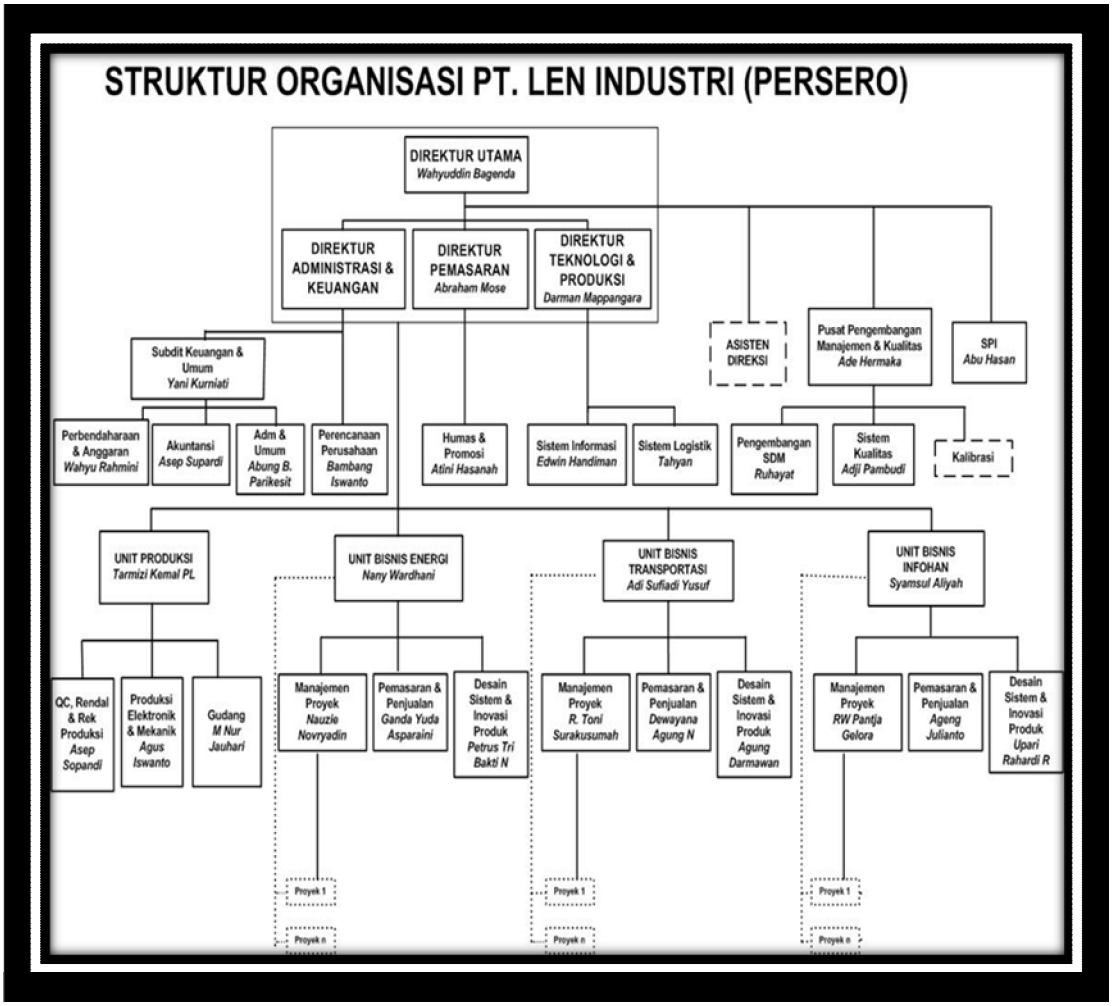
Dalam melaksanakan visi, misi dan pengelolaan perusahaan,Direktur-direktur dibantu oleh:

- 3 unit bisnis :
    1. Unit bisnis dan energi
    2. Unit bisnis transportasi
    3. Unit bisnis informasi dan pertahanan
- 1 unit produksi :
    4. Unit produksi
- 11 unit organisasi pendukung
    5. Satuan pengawas intern
    6. Pusat quality assurance
    7. Sekertaris perusahaan
    8. Bagian sistem logistik
    9. Bagian sistem informasi
    10. Bagian perbendendaharaan dan anggaran
    11. Bagian akuntansi
    12. Bagian perencanaan perusahaan
    13. Bagian humas dan promosi

14. Bagian pengembangan sdm
15. Bagian administrasi dan umum

- Kelompok fungsional senior

16. Asisten direksi



Gambar 2.1 Struktur Organisasi PT. LEN Industri (Persero)

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem pembangkit listrik tenaga hibrida (PLTH-SBD) adalah suatu sistem pembangkit listrik dengan menggunakan beberapa sumber energi, seperti misalnya sumber energi matahari dengan diesel, sumber energi matahari dengan angin dan diesel serta *mikrohydro*.

Pada sistem hibrida di sini menggunakan tiga (3) sumber energi yaitu :

a. Sumber energi matahari dengan melalui Solar Panel
b. Sumber energi angin dengan melalui Turbin Angin
c. Sumber energi minyak dengan menggunakan Diesel-Generator

Ke tiga sumber energi tersebut dirancang untuk pengoptimasikan sistem pembangkit guna memenuhi kebutuhan beban yang bervariasi sebagai fungsi waktu. Penggunaan diesel di sini diperlukan untuk memenuhi kekurangan kebutuhan yang disuplai oleh energi terbarukan dan juga pada saat terjadi beban puncak.

Dalam pengoptimasian sistem pembangkit listrik tenaga diesel, perlu dilihat karakterisasi operasi diesel terutama SFC dari kerja diesel agar diesel dapat dikerjakan secara optimum terhadap pemakaian bahan bakar. Untuk daya beban yang mendekati kapasitas daya diesel maka kerja diesel menjadi efisien tapi untuk beban kecil misalnya pada siang hari maka kerja diesel menjadi tidak efisien. Untuk itu perlu dilakukan penggabungan dengan sumber energi terbarukan yang tersedia di lokasi seperti misalnya energi matahari, energi angin agar kerja sistem pembangkit menjadi lebih efisien dan optimum dalam melayani para pelanggan.

3.1 Perencanaan dan Deskripsi Sistem Hibrida

Hybrid Power System atau Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Surya, Bayu dan Diesel (PLTH-SBD) adalah salah satu alternatif dari sistem pembangkit untuk daerah yang memang sukar dijangkau oleh sistem pembangkit besar seperti jaringan PLN dan PLTD. PLTH ini memanfaatkan energi matahari untuk menjadi energi listrik melalui *photovoltaic module (green energy)* dan energi angin melalui turbin angin, yang dikombinasikan dengan Diesel-Generator Set sehingga menjadi suatu pembangkit yang lebih efisien, efektip, dan handal untuk dapat mensuplai kebutuhan energi listrik baik sebagai penerangan rumah atau kebutuhan peralatan listrik yang lain seperti TV, pompa air, strika listrik serta kebutuhan industri kecil didaerah tersebut. Diharapkan ketiga sumber energi tersebut dapat menyediakan catu daya listrik yang kontinyu dengan efisiensi yang paling optimal.

Pola yang direncanakan untuk sistem catu daya listrik pada Sistem Pembangkit Hibrida tenaga Surya, Bayu, dan Diesel adalah sebagai berikut :

a. Daya Listrik yang dihasilkan oleh sistem pembangkit disalurkan melalui sambungan udara tegangan menengah lewat trafo step-up yang sudah ada sebelumnya

b. Sambungan ke feeder jaringan dengan melalui COS (*Change Over Switch*) agar dapat mengisolasi dan atau memilih kedua pembangkit eksisting (lama) dan yang baru

c. Jumlah dan jenis beban sudah diprediksi dari data eksisting pembangkit dan ekstrapolasi adanya daftar tunggu

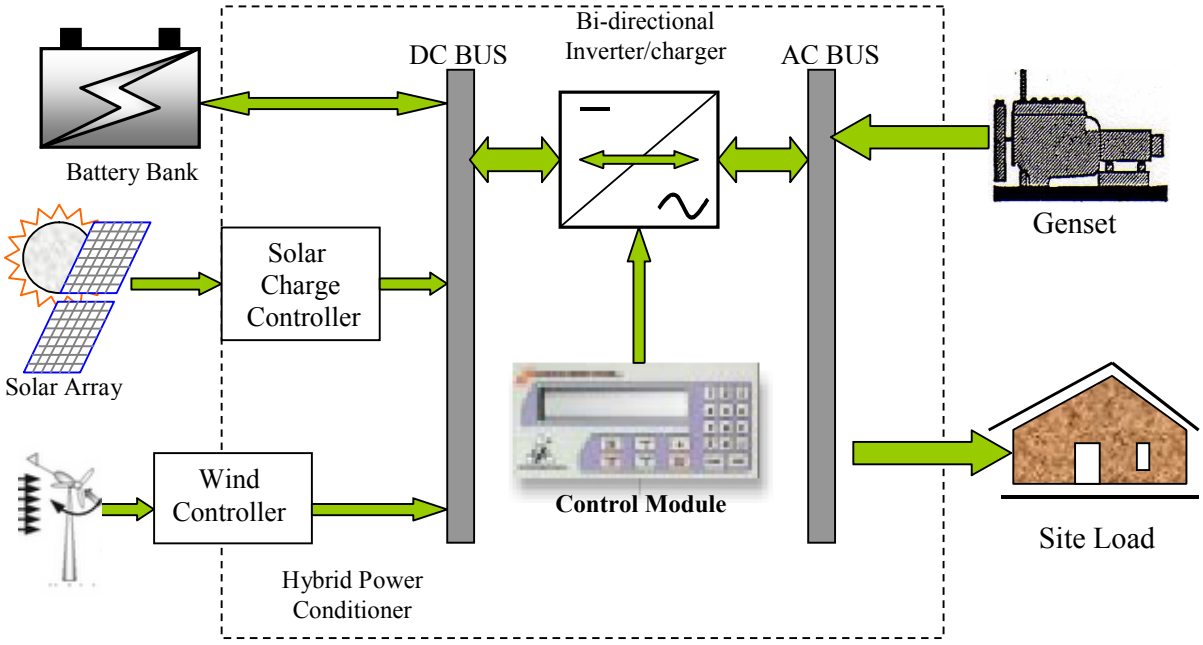
d. Paling tidak sudah diperkirakan jumlah sambungan rumah dan pola beban serta memperhatikan *Specified Fuel Consumption* (SFC) Diesel Generator

e. Sistem catu daya yang direncanakan adalah sistem hibrida, yakni kombinasi operasi sistem Diesel-Generator, Sistem Tenaga

f. Surya Fotovoltaik dan Sistem Tenaga Angin (*Wind Turbine*)

3.2 Konfigurasi Pembangkit Hibrida

Secara umum Unit Sistem Pembuat Listrik Sistem Hibrida surya bayu dan diesel dapat dilihat seperti terlihat pada blok diagram berikut :



Gambar 3.1 Konfigurasi PLTH Surya Bayu Diesel

Konfigurasi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH) seperti terlihat di atas yang meliputi beberapa komponen utama yaitu:

1) *Hybrid Power Conditioner* yang didalamnya berisi :

   a. *Bi-Directional inverter*, merupakan pengubah dua arah yaitu merubah tegangan DC dari batere menjadi tegangan AC atau sebaliknya dari keluaran generator ke sistem DC untuk pengisian energi ke batere (*charge battery*).

   b. *Solar Charge conditioner* berfungsi untuk mengatur pengisian batere dari input "PV-Module" agar batere terkontrol pengisiannya sehingga tidak akan terjadi over charge maupun over discharge.

   c. *Management Energy* di sini difungsikan sebagai tujuan utama dari sistem hybrid dimana aliran beban akan selalu dikontrol dari ketiga sumber energi. Jika sumber Genset harus beroperasi maka beban yang dipikul oleh genset harus dioptimalkan pada posisi min 70% dari kapasitas diesel agar tercapai efisiensi pemakaian bahan bakar sesuai kurva SFC Diesel-Generator. Semua aliran energi di sini akan dimonitor dan dikontrol untuk dapat mencapai titik efisiensi secara sistem dalam pemakaian BBM. Tanpa Management Energy maka PLTH layaknya hanya berfungsi sebagai switch over atau backup sistem yang tidak akan memperbaiki SFC pada Genset

2) *Solar Array* adalah rangakaian dari beberapa modul photovoltaic untuk mencapai nilai tegangan dan daya yang diinginkan, pada siang hari akan menghasilkan energi listrik yang kemudian disimpan dalam batere sehingga sewaktu waktu dapat dipergunakan. Proses penyimpanan melalui module charge control (*PWM Solar Controller*) yang ada pada unit HPC, sehingga sistem pengisian batere akan terkendali dan optimum. Pada sistem ini

dipergunakan dc sistem sebesar 240 volt nominal sehingga tercapai efisiensi yang optimum.

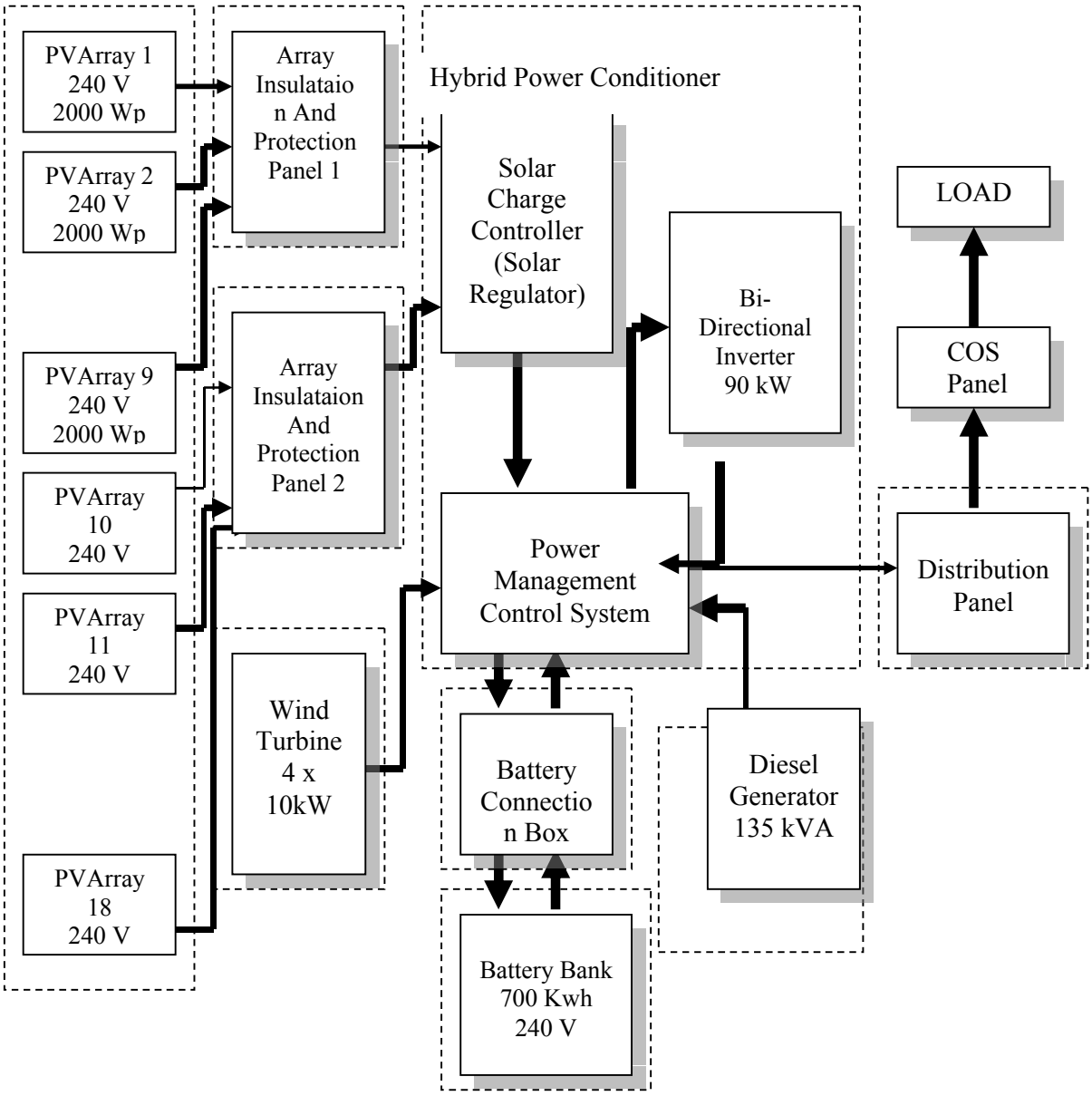
3) Wind Turbine adalah salah satu energi terbarukan yang akan merubah energi kinetik (*kinetic energy*) ke energi mekanik dalam bentuk putaran dan dengan melalui generator listrik pada porosnya akan terjadi energi listrik. Keluaran dari energi angin berupa tegangan dc yang nilainya disesuaikan dengan besaran tegangan batere yang terpasang. Jadi didalam wind energy ini sudah termasuk didalamnya control untuk batere, yaitu yang merubah tegangan AC dari keluaran generator turbin menjadi tegangan dc yang sesuai dengan besaran tegangan pengisian batere.

4) Baterry Bank, digunakan untuk menyimpan energi pada siang dan malam hari yang berasal dari "Energi Solar Array dan Energi Angin" yang sewaktu waktu dapat dipergunakan sesuai permintaan pada Sistem Management Energy yang ada pada *Hybrid Power Conditioner*. Batere yang dipergunakan adalah dari jenis "*Deep Cycle Tubular Stationary VLA Opzs Solar*" yang merupakan batere khusus untuk solar panel dan hybrid sistem.

5) Diesel Generator diperlukan sebagai kombinasi energi untuk dapat mencapai nilai optimalisasi penyaluran sistem energi pada pelayanan beban. Untuk beban normal dan rendah diesel tidak akan kerja, tetapi untuk beban puncak atau energi yang tersimpan di batere dibawah ambang bawah, maka diesel akan mulai beroperasi untuk mensuplai kekurangan beban dan besarnya beban yang dipikul oleh genset diatur sampai min 70% agar tercapai optimalisasi dan efisiensi pemakain BBM terhadap energi yang dikeluarkan.

3.3 Konfigurasi PLTH-SBD

Spesifikasi masing-masing komponen pada Sistem PLTH-SBD digambarkan pada diagram blok berikut :



Gambar 3.2 Blok Diagram PLTH-SBD

Blok diagram di atas memperlihatkan konfigurasi **"Pembangkit Listrik Sistem Hibririda Tenaga Surya Bayu dan Diesel".**

3.4 Spesifikasi P V Array

PV Array adalah gabungan dari beberapa solar panel yang dirangkai secara seri dan parallel sehingga menghasilkan nilai tegangan tertentu dengan besar daya yang diinginkan. Total energy yang dihasilkan dari PV Array ini tergantung dari :

a. Jumlah Solar Panel yang dipasang atau total watt peak module

b. Intensitas matahari (*KW/m^2/day*) di tempat yang akan dipasang

Untuk sistem ini spesifikasi dan jumlah solar panel yang dipakai adalah :

- *Product type* : LEN-100, *Polycristalline*
- Daya Puncak : @ 100 Wp
- Jumlah Modul : 360 Buah
- Total daya Puncak : 36 kWp
- Tegangan nominal array : 240 V
- Tegangan peak power array : 330-340 Vp
- Jumlah array panel : 18 *string array*, @ 20 seri modul
- *Support type* : *Free standing, hot deep galvanize*

Gambaran Umum Solar Panel

100 Wp *Polycristalline Photovoltaic Module* adalah solar panel dengan daya nominal 100 watt-peak yang terdiri dari 36 sel dan dihubungkan secara seri agar menghasilkan tegangan yang sangat efektif untuk melakukan pengisian baterai pada semua kondisi cuaca.

Sel-sel tersebut dilaminating diantara lembaran Tedlar dan EVA (*Ethylene Vynil Acetate*) dan ditutup dengan kaca jenis *high-tranmissivity low-iron*, sehingga keluaran solar panel jenis *Polycristalline* ini dari pabrik digaransi atau diwarranty sampai 20 tahun.



Gambar 3.3 Solar Panel

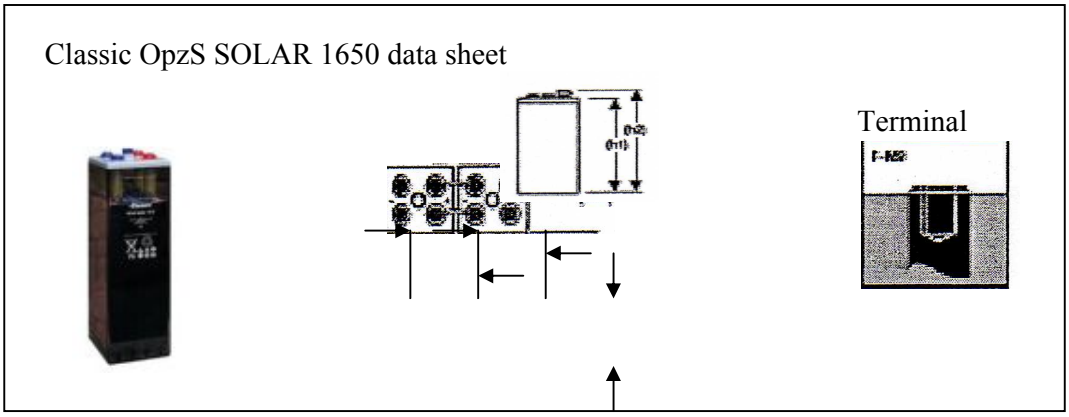
3.5 Spesifikasi Battery Bank

Battery Bank atau rangkaian baterai adalah bagian dari PLTH yang fungsinya untuk menyimpan energi yang diperoleh dari solar panel dan turbin angin. Baterai ini juga dapat dicharge dari genset dengan melalui *bi-directional inverter,* yang kesemuanya diatur oleh Manajemen Kontrol Sistem. Baterai yang dipakai adalah Tubular Stationary VLA OpzS Solar, type Exid Classic OpzS 1650 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- *Product type* : *Classic OpzS-Solar*
- *Battery type* : *OpzS Solar 1650*
- Total : *240 cells*
- *Capacity at C100* : 1620 Ah (777 kWh)
- *Capacity at C24* : 1290 Ah (619 kWh)
- *Nominal Voltage/cell* : 2 V
- *Typical discharge time* : 1 h – 120 h
- *Water refilling interval* : *> 3 years Separator*
- *Float Voltage* : *2.23 V/Cell*

- *Dimentions (pxlxh)* : (215 x 235 x 695) mm
- *Weight* : *73.2 kg, included electrolyte*

Gambaran umum baterai VLA OpzS



Gambar 3.4 Deep Cycle Battery type OPzS Solar

Battery VLA OPzS adalah jenis baterai lead acid deep cycle sampai 80%, tahan lama, operating life > 8 tahun pada temperatur kerja 25°C dan sangat cocok untuk Photovoltaic, yang diperlukan untuk mensuplai beban dalam waktu yang relatif lama.

3.6 Diesel-Generator

Diesel-Generator Set (genset) pada PLTH bekerja pada saat terjadi beban puncak atau jika kondisi energi yang disimpan di baterai sudah pada level bawah. Pengaturan start-stop genset dan load sharing diperintahkan oleh *Sistem Control and Power Management yang ada di HPC.*.

Diesel Genset yang dipergunakan pada sistem ini adalah Diesel Perkins 1006TAG.



Gambar 3.5 *Diesel Perkins 1006TAG*

Standard Spesifikasi dan Data Umum

- *Type of engine* : *Perkins (Series 1006TAG)*
- *Number of Cylinders* : 6
- *Cylinder Arrangement* : *Vertical in-line*
- *Cycle* : *4 stroke*
- *Induction System* : *Turbocharged, air to air after cooled*
- *Combution System* : *Direct injection,electronic governor*
- *Typical Gen. Output* : 136 kVA
- *Cooling System* : *Water-cooled*
- *Direction of Rotation* : *Clockwise, viewed front the front*
- *Fuel Consumpt at 75% max* : *24.1 liter/hour*
- *Total Lubrication System* : 19,0 Liter
- *Coolant Capacity* : 37,22 liter
- *Generator Type* : *Stampford – UCI 274 E*
- *Model Cabinet* : *Silent type*

- *Total Dimensions* : *Length 3200 mm, width 1250 mm*
  Height 1500 mm
- *Total Weight (wet)* : 1630 kg

3.7 Hybrid Power Conditioner (HPC)

Hybrid Power Conditioner (HPC) merupakan Sistem Kontrol yang berfungsi mengatur seluruh aliran energi pada system hybrid. HPC terdiri dari beberapa peralatan utama yang terintegrasi menjadi sistem kontrol yang handal. Peralatan-peralatan tersebut sebagai berikut :

- Solar Charge Controller

  Solar Charge Controller atau disebut juga Solar Regulator adalah peralatan kontrol untuk sistem solar panel (photovoltaic) yang berfungsi untuk mengatur proses pengisian dan pelepasan baterai sehingga baterai tidak akan terjadi over charge dan over discharge yang dapat menyebabkan baterai jadi cepat rusak. Peralatan ini merupakan bagian dari apa yang ada di HPC.

- Power Management Control System

  Power Management Control System adalah bagian utama dari HPC yang mengendalikan semua proses kerja yang ada pada sistem PLTH. Jadi bagian ini yang selalu memonitoring besarnya beban, kondisi baterai dan PV-modul serta memerintahkan start-stop diesel. Bagian ini juga yang mengatur kerja paralel antara inverter dengan genset dan mengatur load sharing keduanya.

- Bi-Directinal Inverter

  Bi-Directional Inverter adalah bagian dari HPC yang merupakan inverter dua arah yang dapat merubah tegangan DC menjadi tegangan AC atau

sebaliknya dari tegangan AC ke sistem DC untuk charge baterai. Disamping itu inverter ini harus sanggup mensinkronisasikan dengan genset untuk dapat bekerja paralel.



Gambar 3.6 *Hybrid Power Conditioner (HPC)*

3.8 Wind Turbine



Wind Turbine adalah salah satu sumber energi terbarukan yang berasal dari tenaga angin yang diubah menjadi tenaga listrik dengan melalui turbin angin. Keluaran dari Turbin angin sudah merupakan tegangan searah yang besarnya sesuai dengan tegangan nominal baterai pada sistem ini. Energi ini akan mengisi baterai bersama-sama dengan Solar Panel (PV Array)

Gambar 3.7 *Wind Turbine*

Data Teknis Fortis Alize Turbin Angin

- *Type* : Alize
- *Rated output* : 10kW
- *Rotor diameter* : 7,0 m

- *Rated of wind speed* : 12 m/sec
- *Cut in of wind speed* : 3.1 m/sec
- *Hub height* : *variable*
- Total : 4 set *wind turbine*
- *Tower* :*triangle Guywire, 30 meter, hot deep galvanize*

Rotor System

- *Type* : *Upwind with fixed pitch*
- *Direction of rotation* : *Clock wise*
- *Number of blades* : 3
- *Blade Length* : 3,4 meter
- *Rotor Area* : 38,5 m^2
- *Blade material* : *Fibre glass reinforced epoxy*
- *Rotor speed* : *Variable*, 2,5 – 350 rpm
- *Max. Speed* : 350 rpm
- *Tip speed* : max 100 m/sec
- *Cone Edge* : 0^0
- *Rotor Shaft edge* :10^0
- *Blade pitch system* : *Fixed pitch*

Generator with main shaft

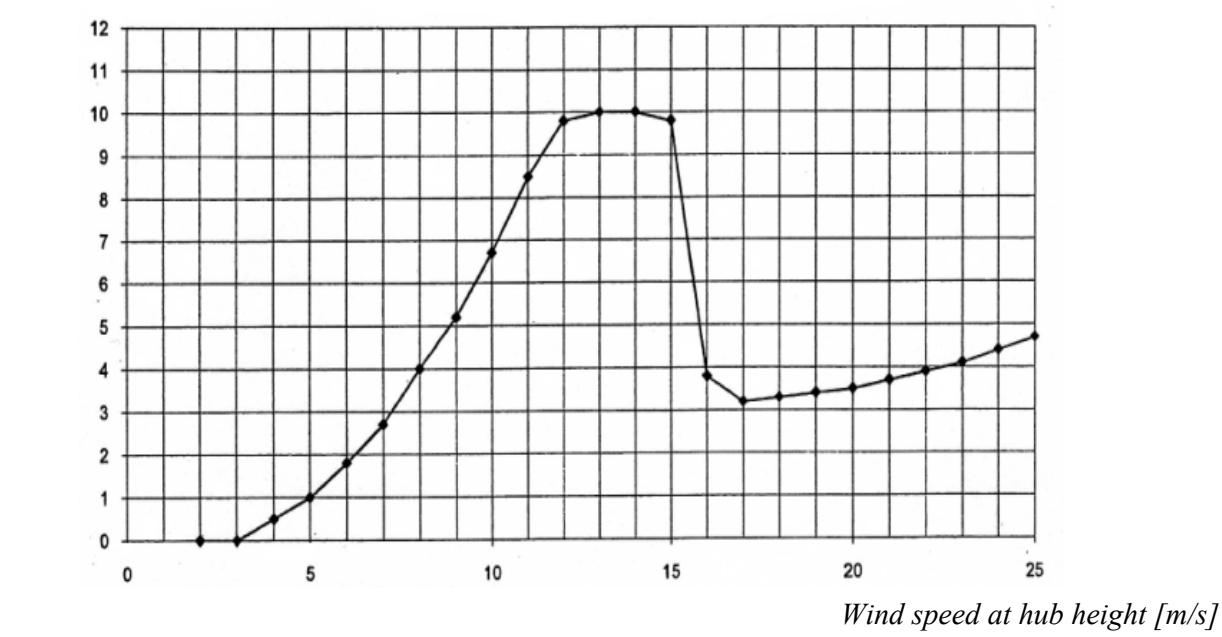
- *Hub type* : rigid
- *Bearing* : *Ball beaings*
- Generator : *Permanent Magnet Fortis Synchron machine*

Dilengkapi dengan peralatan monitoring dan logging atribut yang meliputi :

- Kecepatan angin/ *Wind Speed*

- Arah angin / *Wind Direction*
- *Ambient Temperature*
- *Solar Radiation*
- Kelembapan / *humidity*, yang dapat diakses dan dimonitoring setiap saat.

Karakteristik Kurva Turbin Angin



Gambar 3.8 Kurva Turbin Angin

BAB IV

ANALISA SISTEM KERJA PLTH-SBD

4.1 Prinsip Kerja PLTH

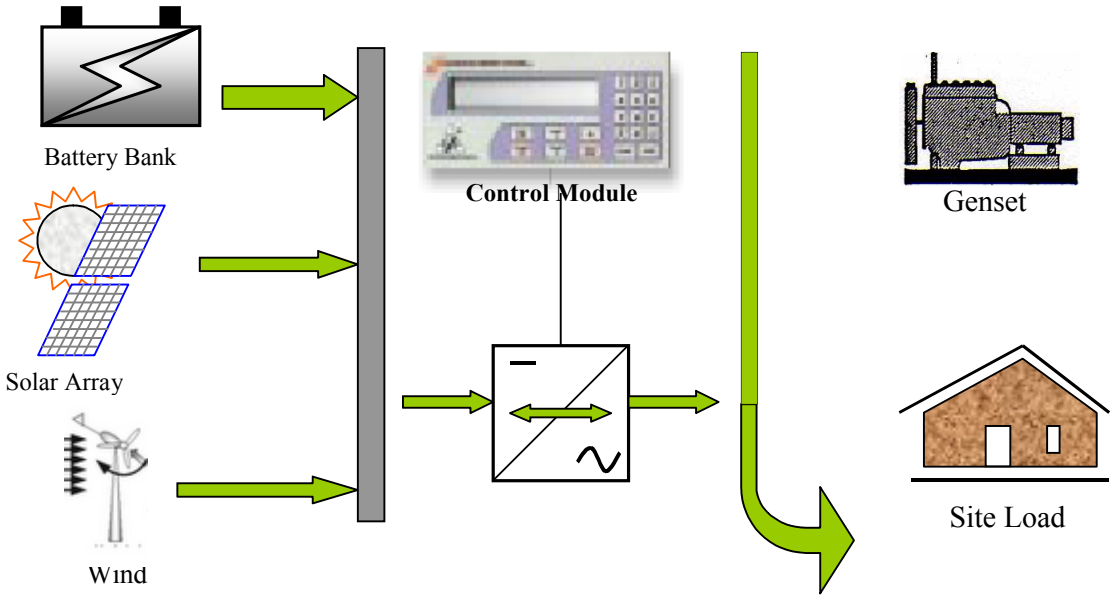
Cara kerja Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Surya, Bayu, dan Diesel (PLTH-SBD) sangat tergantung dari bentuk beban atau fluktuasi pemakaian energi (*load profile*) yang mana selama 24 jam distribusi beban tidak merata untuk setiap waktunya. Load profile ini sangat dipengaruhi oleh homogenitas atau faktor kebersamaan dimana pembangkit tersebut dipasang.

Untuk mengatasi permasalahan beban yang tidak sama sepanjang hari maka kombinasi sumber energi antara *PV Module* dengan Turbin Angin dan Solar Diesel atau disebut Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Surya Bayu dan Diesel (PLT Hibrida - SBD) adalah salah satu solusi paling cocok untuk sistem pembangkitan yang terisolir dengan jaringan yang lebih besar seperti jaringan PLN.

Pada umumnya PLTH-SBD bekerja dalam tiga tahap kategori yang sesuai urutan sebagai berikut :

4.1.1 Pada kondisi beban rendah (<50% beban puncaknya)

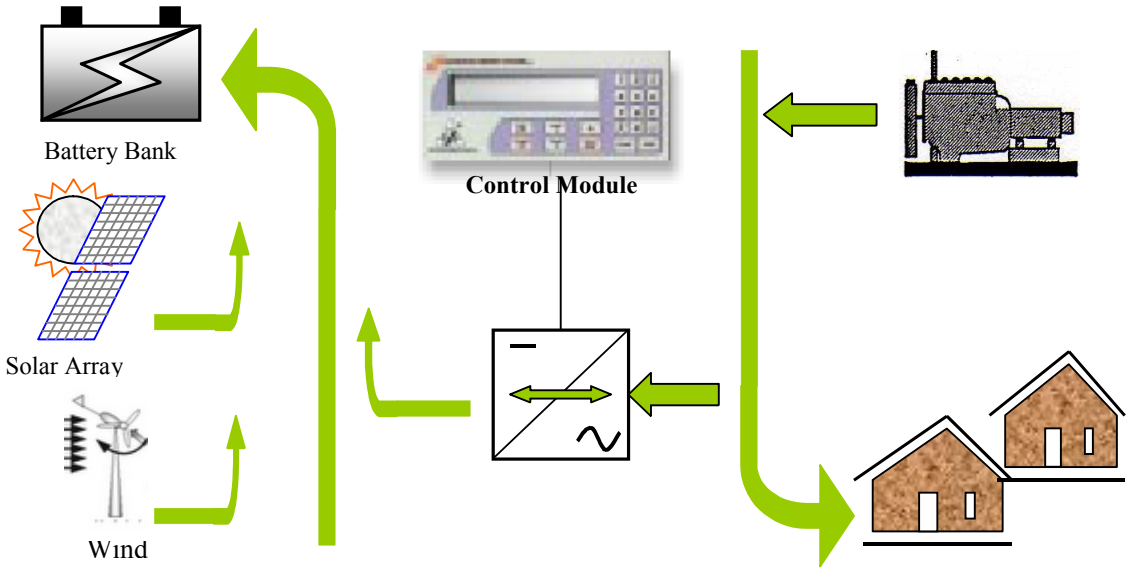
Pada kondisi ini semua beban disuplai 100% dari baterai, yang berasal dari sumber PV module dan Turbin Angin. Jadi pada kondisi ini Inverter yang ada di HPC akan merubah sistem DC ke sistem AC untuk mensuplai beban, selama kondisi baterai masih penuh sehingga diesel tidak perlu beroperasi (ilustrasi gambar 4.1 di bawah).



Gambar 4.1 Aliran Daya Pada Beban Rendah

4.1.2 Pada kondisi beban menengah (> 50% beban puncak)

Pada kondisi ini dan baterai sudah kosong sampai level bawah yang disyaratkan, maka diesel secara otomatis mulai beroperasi untuk mensuplai beban dengan sebagian mengisi baterai sampai beban yang disyaratkan diesel mencapai 70-80 % kapasitasnya. Jadi pada kondisi ini inverter bekerja sebagai charger (merubah tegangan AC dari generator menjadi tegangan DC) untuk mengisi baterai (fungsi bi-directional Inverter). Setelah baterai sudah penuh dan dirasa cukup untuk mensuplai beban maka secara otomatis diesel akan dimatikan dan beban di handel oleh Baterai dan Inverter tersebut.(iliustrasi gambar 4.2 di bawah)

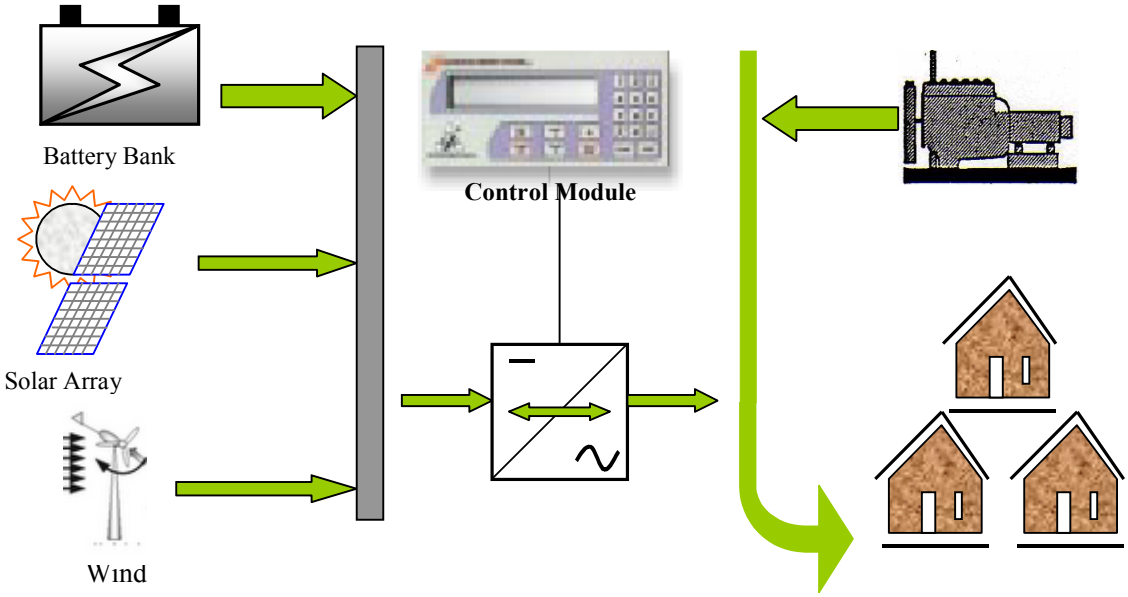


Gambar 4.2 Aliran Daya Pada Beban Menengah

Jika pada saat beban menengah 50% seperti di atas tetapi baterai masih mencukupi, maka diesel tidak akan beroperasi dan beban tetap disuplai oleh baterai melaui inverter yang akan merubah tegangan dc ke tegangan ac 50 Hz.

4.1.3 Pada kondisi beban puncak

Pada kondisi ini baik diesel maupun inverter akan beroperasi dua-duanya untuk menuju paralel sistem dan ini terjadi apabila kapasitas terpasang diesel atau inverter tidak mampu sampai beban puncak. Jika kapasitas genset cukup untuk mensuplai beban puncak, maka inverter tidak akan beroperasi paralel dengan genset. Apabila baterai sudah mulai penuh energinya maka secara otomatis genset akan dimatikan dan beban disuplai dari baterai melalui inverter (ilustrasi gambar 4.3 di bawah).



Peak Load :
Diesel beroperasi pada kondisi optimal bekerja paralel dengan baterai dan *renewable energy* (bayu dan solar) melalui inverter

Gambar 4.3 Aliran Daya Pada Beban Puncak

Ketiga proses kerja sistem pembangkit di atas dikendalikan oleh apa yang dinamakan HPC (*Hybrid Power Conditioner*) :

- Semua proses kerja tersebut di atas diatur oleh sistem kontrol power management yang ada pada HPC. Proses kontrol ini bukan sekedar mengaktifkan dan menonaktifkan diesel tetapi yang utama adalah pengaturan energi agar pemakaian BBM diesel menjadi efisien.
- Energi angin disini utamanya diperuntukan untuk mengisi baterai bank karena keluarannya adalah tegangan dc. Kontrol pengisian ada pada sistem turbin angin itu sendiri, sehingga HPC hanya memonitoring besaran arus yang masuk ke baterai bank.

Jadi pada pembangkit PV-Bayu-Diesel yang utama adalah pengaturan aliran energi (manajemen energi) sehingga sistem pembangkit menjadi efisien dalam pemakaian BBM, bukan hanya sekedar paralel sistem dan atau *switch over* ke diesel atau inverter.

4.1.4 Prakiraan Kebutuhan Beban

Perhitungan beban dilakukan dengan memperhatikan kurva beban harian dan perkiraan operasi berbagai jenis beban / pelanggan yang akan disuplai oleh pembangkit ini, dengan pola operasi 24 jam.

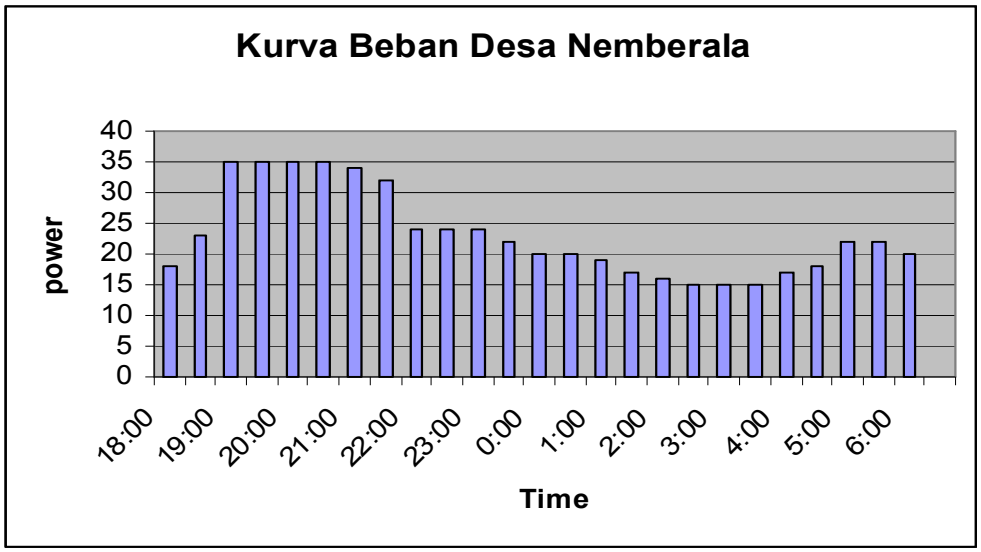
Perkiraan kondisi beban didasarkan pada pengalaman kondisi operasi berbagai sistem pembangkit listrik sejenis yang telah terpasang, seperti yang ditunjukan dalam bentuk kurva harian dari hasil pra survey atau peninjauan lokasi.

Berdasarkan pra survey atau peninjauan lokasi dapat diketahui bahwa dilokasi tersebut sudah ada PLTH-SBD dengan kapasitas 50 kW yang dikelola oleh PLN cabang Rote, dengan pola operasi selam 12 jam per hari.

Pembangkit tersebut dioperasikan dari jam 18.00 WIT – 06.00 WIT dengan data-data sebagai berikut:

- Nilai beban puncak perhari berkisar : 35- 42 kW,
- Beban dasar per hari berkisar : 15-17 kW
- Kebutuhan energi harian berkisar : 280-310 kWh,
- Jumlah pelanggan : 190 rumah

Salah satu data beban perhari di Desa Nembrala dapat dilihat pada gambar 4.4 di bawah:



Gambar 4.4 Kurva Beban Desa Nemberala

Kurva di atas merupakan bentuk pola beban yang beroperasi hanya pada malam hari selama 12 jam

Berdasarkan kurva di atas dapat ditunjukan bahwa :

- Beban puncak : 35 kW
- Energi beban per hari : 282 kWh
- Daya rata per 12 jam : 12 kW
- Beban Dasar (minimum) : 15 kW
- Faktor beban selama 12 jam : 0,67

Pembangkit yang akan dipasang disini direncanakan beroperasi selama 24 jam perhari dan jumlah sambungan rumah dengan memperhitungkan daftar tunggu diperkirakan mencapai 269 rumah, serta dengan memperhitungkan pertumbuhan sebesar 10% maka perhitungan dilakukan sebagai berikut :

Dari data eksisting diambil nilai pembulatan yang lebih besar dari nilai yang terbaca pada data beban listrik untuk 190 pelanggan :

a. Beban puncak : 40kW

b. Energi harian : 300 kWh

c. Beban rata-rata : $\frac{\text{Energi_harian}}{\text{Lama_pembebanan}} = \frac{300\ \text{kWh}}{12\ \text{h}}$ = 25 kW

d. Beban dasar : 16 kW

e. Faktor beban : $\frac{\text{Beban_rata-rata}}{\text{Beban_puncak}} = \frac{250\ \text{kW}}{40\ \text{kW}}$ = 0,63

Dari angka-angka tersebut diturunkan estimasi beban sistem untuk 269 pelanggan:

f. Beban puncak : (269/190)x 40 = 56,63 kWh

g. Beban malam hari : (269/190)x 300 = 424,74 kWh

h. Estimasi siang hari dicari dari profil kurva beban yang serupa diprediksi sebesar 6,05 kW, sehingga energi pada siang hari :

beban dasar x 12 jam = 6,05 x 12 = 72,63kWh

i. Energi Harian : 'Beban malam hari' + ' estimasi beban siang hari '

: 424,74 + 72,63 = 497,37 kWh

j. Beban rata-rata : $\frac{\text{Energi_harian}}{\text{lama_pembebanan}} = \frac{497{,}37\ \text{kWh}}{24\ \text{h}}$ = 20,72 kW

k. Beban dasar : berdasarkan profil kurva beban serupa = 6,05 kW

: $\frac{\text{Beban_rata-rata}}{\text{Beban_puncak}} = \frac{20{,}72\ \text{kW}}{56{,}63\ \text{kW}}$ = 0,37

Angka-angka tersebut adalah estimasi beban untuk 269 pelanggan. Dalam perancangan, sistem yang baru dipersiapkan untuk memenuhi kebutuhan hingga 10% lebih banyak dari beban pelanggan tersebut. Angka estimasi yang akan dipakai dalam perancangan adalah sebagai berikut :

l. Beban puncak : 110 % x 56,63 kW = 62,29 kW ≈ 63 kW

m. Energi harian : 110 % x 497,37 kWh = 547,11kWh ≈ 548 kWh

n. Beban rata-rata : 110 % x 20,72 kW = 22,79 kW ≈ 22,8 kW

o. Beban dasar : 110 % x 6,05 kW = 6,6 kW ≈ 6,7 kW

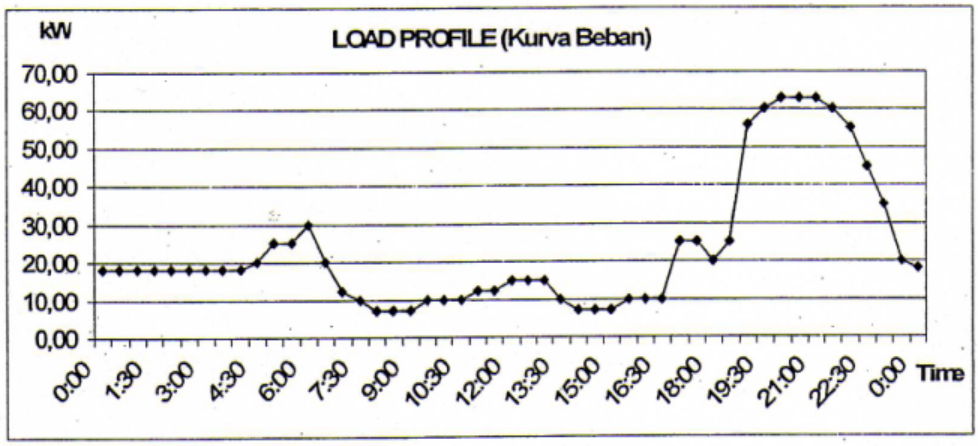
p. Faktor puncak : sama dengan sebelumnya = 0,37

Hasil perhitungan tersebut dituliskan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 4.1 Estimasi Beban Desa Nemberala Paska Pembangunan

Jenis Beban	Satuan	Eksisting/ 12 jam	Rencana/ 24 jam	Pertumbuhan
Beban puncak	kW	40	56.63	63
Energi harian	kWh	300	497.37	548
Beban rata-rata	kW	25.00	20.72	22.8
Bahan Dasar/min	kW	16	6.05	6.7
Load Factor		0.63	0.37	0.36

Load Profile atau pola beban berdasarkan data di atas dapat diestimasikan sebagai berikut :



Gambar 4.5 Estimasi Kurva Beban Desa Nemberala Paska Pembangunan

Dari bentuk kurva di atas dapat digeneralisir bahwa :

1. Beban puncak terjadi hanya selama 2-4 jam yaitu antara jam 19.00 sampai dengan jam 23.00

2. Pada jam 24.00 sampai jam 16.00 beban relatif kecil karena pada jam tersebut masyarakat tidak menggunakan listrik (mengurangi pemakaian penerangan) kecuali bagi mereka yang punya TV atau radio
3. pada jam-jam beban rendah tersebut beban akan disuplai dari baterai yang berasal dari PV modul dan turbin angin, sehingga diperlukan estimasi kebutuhan energi sesuai kurva di atas.
4. Untuk mengestimasi kebutuhan energi harian suatu pembangkit perlu analisa ekstrapolasi dari kurva di atas dan "Faktor Beban" rata-rata dimana pembangkit tersebut mensuplai beban.

4.1.5 Optimalisasi Daya Sistem PLTH

Tujuan utama dari PLTH PV-Diesel-Bayu adalah untuk memperoleh optimalisasi dalam penggunaan bahan bakar terhadap energi yang dihasilkan. Jadi perencanaan harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

a. Jenis dan Total beban yang tersambung dengan PLTH
b. Perkiraan Load Profile dari kelompok beban
c. Estimasi faktor beban
d. Kurva SFC untuk engine pembangkit

Berdasarkan tabel dan perhitungan di atas dapat dibuat estimasi Optimalisasi Daya Sistem PLTH. Perhitungan yang terkait dalam estimasi tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.2 Estimasi Kebutuhan dan Sumber Energi yang mensuplainya

No.	Sumber / Kebutuhan Energi	Daya		Energi / hari	
1.	*Photovoltaic* modul @100 Wp x 360 buah *Equvalent sun* energi = 5 jam/hari	36	kWp	162	kWh
2.	*Wind Turbine* @ 10 kW x 4 Unit *Evarge windspeed* = 4-4.5 m/sec	40	kW	88.5	kWh
3	Total energi Baru Terbarukan			250.5	kWh
4	Kebutuhan Energi Harian Rata-rata	22.8	kW	548	kWh
5	Estimasi Beban Puncak, antara jam 19.00-23.00	63	kW		
6	Kekurangan energi yang akan disuplai Genset			297.5	kWh
7	Kapasitas Genset yang terpasang	135	kVA		
8	Operasi genset 70% kapasitas, rata-rata /hari	4	jam	302.4	kWh

Dari perhitungan tersebut dapat diindikasikan bahwa :

a. Beban puncak bisa di atasi oleh sumber dari Inverter atau Genset saja dan tanpa terjadi paralel sistem, karena masing-masing dapat memikul besarnya beban puncak.
b. Rata-rata Genset bekerja 4 jam per harinya, yaitu terjadi pada saat beban puncak dari jam 19.00 sampai dengan jam 22.00
c. Kapasitas Baterai yang dipilih dapat untuk mengatasi atau menampung energy yang dihasilkan dari PV module dan Wind turbine.
d. Kapasitas Bi-Directional Inverter sebesar 90 kVA sehingga sangat mampu untuk mengatasi beban puncak jika ada permasalahan di Genset.

e. Pada saat awal kemungkinan genset hanya nyala sekali dalam dua hari karena belum ada pertumbuhan beban yang berarti.

4.2 Petunjuk Instalasi

Petunjuk instalasi meliputi :

4.2.1 Prosedur Keselamatan

1) Semua sambungan kabel untuk instalasi harus dilakukan oleh ahli yang berpengalaman. Dilarang mengubah atau berusaha untuk mengatur atau memodifikasi segala peralatan elektronik yang ada didalam sistem pembangkit. Perubahan tanpa ijin akan membatalkan jaminan (waranty) pabrik atas perlatan yang ada.
2) Dilarang meletakkan modul inverter dan baterai bersama-sama dalam satu ruangan yang tertutup. Memastikan bahwa baterai ditempatkan diruang yang cukup dengan ventilasi udaranya.
3) Inverter ditempatkan pada ruangan yang temperaturnya terkontrol dengan baik, bebas debu dan kotoran serta temperatur ruangan tidak boleh berlebihan (diusahakan menggunakan air conditioner).
4) Pentanahan atau grounding yang baik sangat penting untuk keselamatan dan meminimalkan gangguan.
5) Dua orang yang terlatih dan memiliki ijin harus selalu ada setiap saat disekitar statiun pembangkit pada waktu dilakukan pemeliharaan dan perbaikan.
6) Semua orang yang masuk ke lingkungan stasiun pembangkit harus menggunakan pakaian dan alas kaki yang sesuai setiap saat.

7) Ada peralatan bergerak secar mekanis ada di stasiun pembangkit ini sehingga luka serius atau kematian bisa timbul akibat pengoperasian oleh orang yang tidak berpengalaman dan tidak memiliki ijin saja yang boleh bekerja di peralatan ini.
8) Tegangan tinggi baik AC atau DC, digunakan di dalam stasiun pembangkit ini sehingga luka serius atau kematian bisa timbul akibat pengoperasian oleh orang yang tidak berpengalaman dan tidak memiliki ijin. Orang yang berpengalaman dan memiliki ijin saja yang boleh bekerja di peralatan ini.
9) Prosedur pertolongan darurat (P3K) harus dipasang didalm ruang kontrol HPC. Semua petugas harus memahami prosedur ini sebelum bekerja pada peralatan stasiun pembangkit.
10) Setiap orang yang tidak dilatih bisa memasuki lingkungan stasiun pembangkit harus selalu ditemani oleh petugas yang berpengalaman dan memiliki ijin dan harus selalu mematuhi instruksi yang diberikan.
11) Prinsip kehati-hatian harus selalu menjadi perhatian setiap saat. Mematuhi manual ini tidak menjamin bahwa stasiun pembangkit beroperasi dengan mode manual. Peralatan pembangkit dapat saja beroperasi dan berhenti setiap saat secara otomatis
12) Orang yang secara sengaja melakukan perbuatan yang tidak aman atau berbahaya didalam stasiun pembangkit akan dituntut ke depan meja hijau sesuai dengan peraturan dan per Undang-undangan yang berlaku

13) Petugas sebaiknya menggunakan pelindung suara bila harus bekerja didalam ruangan genset diesel karena genset ini dapat beroperasi dan berhenti sewaktu-waktu tanpa peringatan.
14) Prosedur isolasi yang benar harus diikuti jika melakukan pemeliharaan dan perbaikan peralatan.
15) Saklar pemilih kontrol lokal yang tepat harus diputar ke posisi 'Control Off' sebelum melakukan pemeliharaan dan perbaikan genset.

4.2.2 Prosedur Instalasi

1) Membuka Paking
   - Pindahkan sistem 3P-HPC dari packing/ kotaknya dan letakkan pada lokasi yang diinginkan. Buka pintu kabinet dan pindahkan setiap material penyangga atau paking dari dalam kabinet.
   - Untuk baterai bank, buka paking secara hati-hati dan pindahkan / letakkan setiap sel baterai ke dalam rak kayu yang telah disediakan sebelum dilakukan pengisian elektrolit.
2) Instalasi
   - Memastikan ventilasi yang cukup ada didalam ruangan dimana peralatan pembangkit ditempatkan. Khusus untuk 3P-HPC harus ditempatkan diruangan yang terkontrol temperaturnya.
   - Baterai harus ditempatkan di ruangan yang memiliki ventilasi cukup dan terpisah dengan ruangan 3P-HPC

- Pasang interkoneksi baterai dengan benar sesuai petunjuk dan gunakan torque meter untuk mengencangkan baut-baut pada terminal baterai, sebelum dilakukan pengisian aiar baterai / elektrolyte.
- Gunakan sarung tangan dan kasa pelindung hidung untuk menghindari pengisapan udara asam pada saat pengisian elektrolit baterai.

3) Instalasi Peralatan Tambahan

- Cek petunjuk instalasi secara hati-hati untuk setiap komponen seperti baterai modul surya, isolator switch, generator diesel dan peralatan lain yang terkait.
- Untuk Panel Surya harus diletakkan ditempat yang terbuka dan bebas dari bayangan matahari sehingga akan efektif menghasilkan daya maksimum.

4.3 Pengoperasian Sistem Hybrid

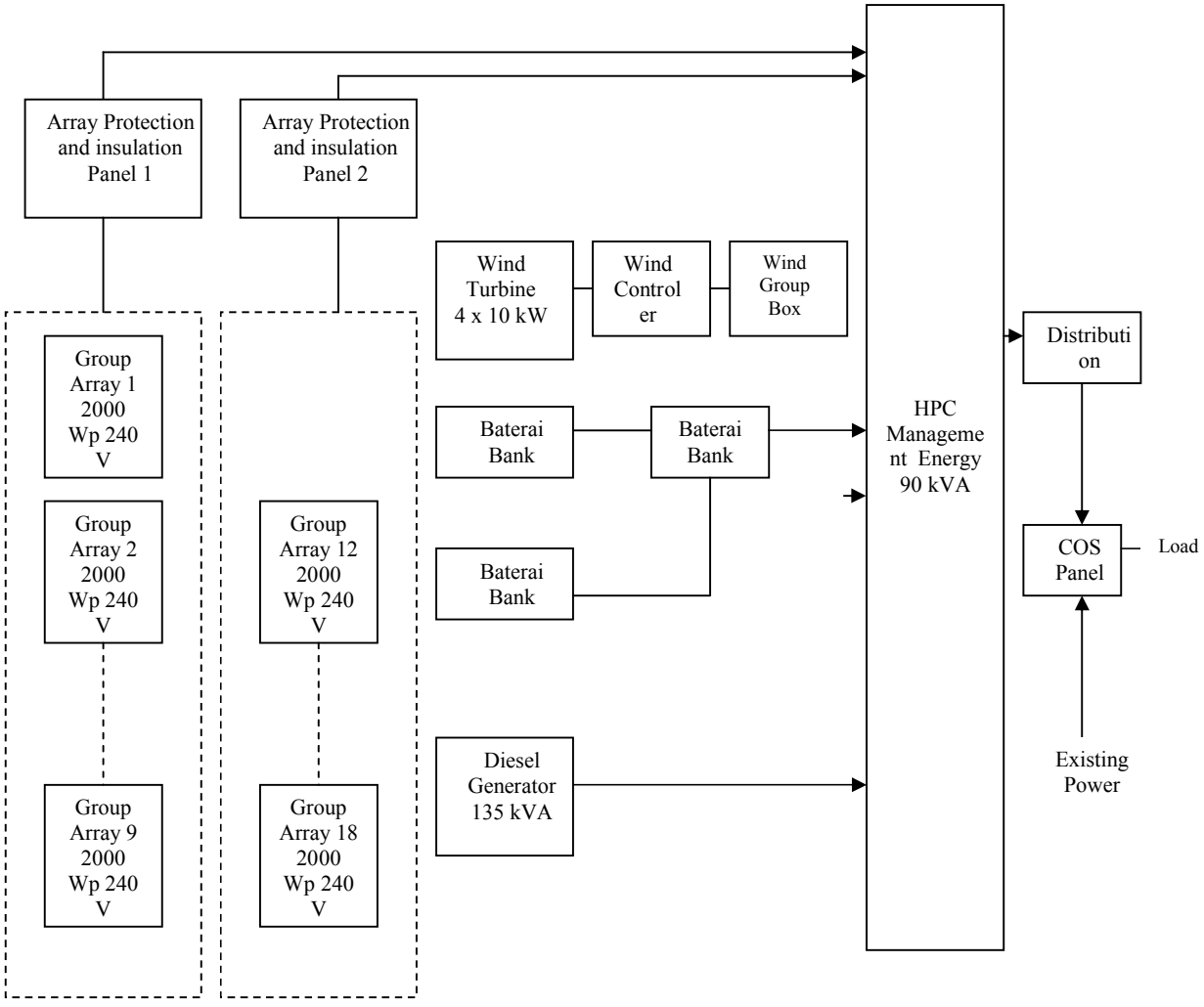
Seluruh mode operasi pada sistem hybrid dikendalikan oleh Hybrid Power Conditioner (HPC) yaitu sebuah Sistem Kontrol yang berfungsi mengatur seluruh aliran energi pada sistem hybrid. Pada Sistem Hybrid Surya Bayu Diesel ini menggunakan HPC 3 fasa, 90 kVA berbasis DSP.

Sistem Hibrida Tenaga Surya Bayu dan Diesel seperti telah diuraikan dimuka terdiri atas 6 komponen utama yaitu meliputi :

- Modul Fotovoltaik
- *Wind Turbine*
- *Diesel-Generator (Genset)*

- Baterai
- Inverter
- Panel Distribusi

Hubungan satu sama lain antara ke enam komponen utama tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah .



Gambar 4.6 Blok Diagram Hybrid Sistem

4.3.1 Pengecekan Fungsi dari Setiap Sistem

Prosedur berikut harus dilakukan sebelum melaksanakan pengetesan fungsi Hybrid System yang meliputi :

1) Memastikan bahwa semua perkabelan dari PV Array, Turbin Angin, Genset, dan Bank Baterai berakhir pada ujung terminal HPC.
2) Memastikan bahwa kabel kontrol berakhir pada bagian ujung ‘terminal HPC’
3) Cek dan kencangkan (bila perlu) semua terminal dan baut didalam kabinet peralatan stasiun pembangkit.
4) Cek bahwa semua konektor pada berbagai kartu kontrol (control card) pada sistem pembangkit sudah terpasang secara aman.
5) Memastikan bahwa “Selector switch” pada ke empat control wind turbine pada posisi “GO”
6) Pasang MCCB/fuse pengisolasian baterai yang terletak pada “Panel Insulation Baterai” di ruang baterai dengan memakai alat (tool) yang disediakan
7) Naikkan ke posisi ON semua MCB pemutus modul surya yang ada didalam kedua kotak penghubung (Array Insulation Panel) rangkaian pembangkit surya
8) Naikkan ke posisi ON handle Insulator Genset (CB2), Pemutus DC utama (CB11) dan Pemutus masukan pembangkit panel surya. (Solar Circuit Breaker, CB12A, B dan C) dan Memastikan bahwa arus pengisian panel surya dapat menuju ke baterai bank, yang nampak pada meter indicator (panel LCD)

9) Naikkan Saklar ON batang pemutus daya keluaran AC di dalam kabinet kontrol genset
10) Pilih mode “AUTO” pada saklar kontrol dan lepaskan tombol “STOP” darurat (emergency) pada “Panel Control Genset”. Keduanya terletak di Panel Kontrol Genset
11) Pilih mode “AUTO/Remote” pada “selector switch” di DIESEL CONTROL yang ada pada kontrol Genset
12) “RISET” setiap kegagalan sistem yang mungkin terjadi dengan menekan “hot key” FAULT RESET pada “keypad” yang ada pada console depan
13) pilih mode SISTEM OFF untuk memutuskan hubungan inverter dari Genset maupun dari beban. Genset akan benar-benar berhenti setelah tercapai waktu pendingin yang sudah ditetapkan awal.

4.3.2 Proses Kerja dan Sistem Operasi

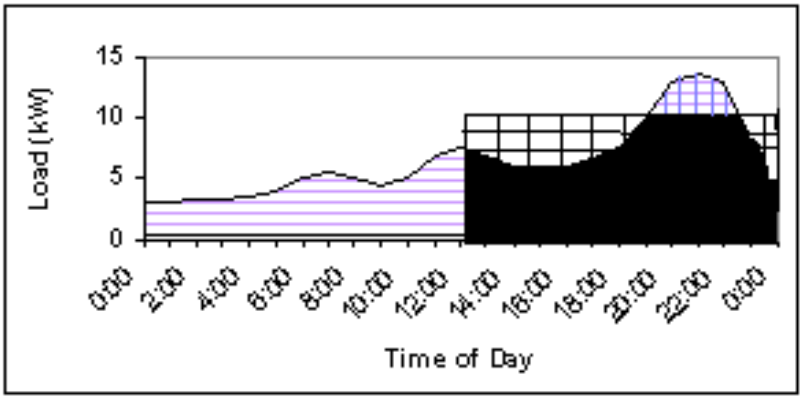
Hybrid Power Conditioner (HPC) tiga fasa berbasis *Digital Signal Processing* (DSP) ini dirancang untuk beroperasi mengkombinasikan modul PV dengan sumber-sumber AC eksternal yang lain seperti Turbin Angin dan Diesel-Generator sehingga dapat meningkatkan kapasitas sistem Pembangkit. HPC dapat berfungsi baik sebagai *charger* ataupun inverter dan secara cerdas memerintahkan generator menyala (*start*) atau berhenti (*stop*) pada kondisi-kondisi tertentu.

Pada mode pengisian (*charging*), sistem mengatur tegangan baterai sesuai dengan nilai yang telah ditentukan oleh pengguna (*user*) dan melakukan pengisian ke baterai berdasarkan prosedur pabrikan, hal ini genset pada saat bekerja dimana

genset akan dibebani secara optimal untuk mencapai efisiensi bahan bakar dan efisiensi kerja.

HPC berbasis DSP ini dapat mengoperasikan beberapa sumber AC secara paralel untuk memenuhi beban puncak.

Prinsip kerja HPC dapat dilihat pada gambar di bawah



Gambar 4.7 Kurva Dasar Pembangkit

Keterangan Gambar 4.7 :

Diesel suplai beban

Diesel off line, baterai suplai beban lewat inverter

Inverter Charging baterai dengan kelebihan power diesel

Inverter dan diesel kerja parallel untuk suplai beban puncak

Prinsip kerja HPC pada *Hybrid Power System* dapat dilihat seperti contoh kurva di atas. Kurva ini menunjukan pembagian beban (load sharing) agar kerja diesel selalu pada beban 80% dari kapasitasnya.

Disini terlihat bahwa kontrol akan mengatur sedemikian rupa sehingga genset akan bekerja apabila kondisi :

- Pada saat terjadi beban puncak dan inverter dan atau betere tidak mampu mensuplai beban puncak tersebut
- Baterai sedang kondisi kosong atau tidak ada muatan

- Genset akan bekerja pada pembebanan sampai 80% sehingga pemakaian bahan bakar akan efisien
- Pada kondisi beban rendah, genset akan dimatikan secara otomatis dan inverter akan mensuplai beban dari bank baterai dan atau solar panel tergantung ketersediaan energi dari solar power
- Jika kapasitas baterai drop di bawah 50% DOD dan beban meningkat, genset bekerja secara otomatis untuk menyuplai beban dan kelebihan energi dari genset digunakan untuk mengisi baterai. Saat baterai mencapai level pengisian yang telah ditetapkan, seluruh renewable energy akan aktif untuk mengurangi beban genset dan kemudian genset akan berhenti mensuplai beban.

4.3.3 Pemilihan Mode Operasi

Pemilihan berbagai mode operasi pada Sistem HPC 3 phase dapat dilakukan dengan menggunakan tombol “Hot Key” yang berjumlah 8 buah pada keypad atau dengan menekan kode-kode angka tertentu yang diikuti dengan menekan ENTER. Mode operasi HPC ini secara umum terbagi ke dalam 2 kategori yaitu :

- **Mode Operasi Manual**

  Pada dasarnya selama operasi manual diaktifkan, hanya satu sumber (Inverter, Source A atau Source B) yang akan terhubung ke beban pada suatu waktu dan akan terus kontinyu beroperasi selama sumber tersebut aktif dan terhubung (dengan HPC).Selama periode ini parameter tegangan, frekuensi, dan overload akan terus dimonitor dan apabila nilai-nilai

parameter tersebut diluar setpoint yang ditentukan maka sumber akan diMemutuskan (dan dihentikan untuk genset) dari pemakaian selanjutnya.

Operasi *Fault Reset* dibutuhkan untuk mengaktifkan kembali sumber energi tersebut. Khusus pengoperasian inverter, tegangan baterai juga dimonitor untuk memastikan bahwa baterai tidak mengalami *discharge* di bawah nilai yang ditentukan.

- **Mode Operasi Otomatis**

Selama mode Operasi Otomatis, setiap sumber dapat beroperasi sendiri-sendiri atau serentak pada waktu yang sama untuk mensuplai ke beban, termasuk proses pengisian baterai dari genset juga dapat berlangsung pada mode opearsi ini. Pada mode ini disuplai ke beban diutamakan dari baterai melalui Inverter sampai batas level bawah baterai , yang kemudian akan disuplai dari genset secara otomatis.

4.3.4 Panel Operasi LCD

Untuk memilih mode Operasi, melihat Informasi Status Sistem, dan modifikasi setpoint dapat dilakukan dengan bantuan Sistem Menu panel kontrol pada HMI (Human Machine Interface)Lokal. Panel kontrol membran dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.8 Panel Operator LCD

4.3.5 Pilihan Mode Operasi

Tabel 4.3 Pilihan Mode Operasi Manual

SYSTEM OFF (50 ENTER)	Pada Mode ini semua Sumber akan putus dan semua genset akan berhenti 'System off' akan terekam dan ditampilkan pada LCD
MANUAL INVERTER (51 ENTER)	Pada mode ini hanya inverter yang akan bekerja. 'manual Inverter' akan terekam dan ditampilkan pada LCD
MANUAL SOURCE A (52 ENTER)	Pada mode ini hanya Source A yang akan beroperasi menyuplai beban Souce A ini dapat berupa dapat Genset ataupun Jala-jala PLN. 'Manual Source A only' akan terekam dan ditampilkan pada LCD
MANUAL SOURCE B (53 ENTER)	Pada Mode ini hanya Source B yang akan beroperasi menyuplai beban Source A ini dapat berupa Genset ataupun jala-jala PLN. 'Manual Source B only' akan terekam dan ditampilkan pada LCD.

Tabel 4.4 Pilihan Mode Operasi Otomatis

FULL AUTO (54 ENTER)	Pada mode ini inverter, source A atau source B beroperasi dan tersambung ke sistem. Jika inverter bukan sumber yang pertama beroperasi maka selanjutnya inverter akan beroperasi parallel dengan source yang sedang beroperasi.
GEN A + GEN B (55 ENTER)	Pada mode ini Genset A dan Genset B akan beroperasi dan terhubung dengan sistem tanpa inverter beroperasi. Genset A atau Genset B akan berhenti secara otomatis sesuai degan besar beban yang disupply. Jika beban cukup disupply dari satu genset maka genset yang lain secara otomatis akan berhenti beroperasi.'Auto Src A+B only' akan terekam dan ditampilkan pada LCD
ISOLATE SRC A (56 ENTER)	Tersedia beban yang tidak terlalu tinggi sehingga inverter akan over load, dan dengan memilih mode ini akan membuat sumber daya akan menarik diri dalam mensuplai

	daya, “Isolated Source A” akan terekam dan ditampilkan pada LCD
ISOLATE SRC B (57 ENTER)	Tersedia beban yang tidak terlalu tinggi sehingga inverter akan over load, dan dengan memilih mode ini akan membuat sumber daya B akan menarik diri dalam mensuplai daya. “Isolated Source B” akan terekam dan ditampilkan pada LCD
FORCE A ON LINE (58 ENTER)	Tersedia Source A yang telah teridentifikasi sebagaimana yang terdapat di set point dan tidak tersambung dengan sistem (sebagai akibat dari fault), dengan memilih mode ini source A akan tersambung dan mulai tersambung dan mulai bekerja secara parallel dengan modul inverter. “Force Start Source A” akan terekam dan ditampilkan pada LCD
FORCE B ON LINE (59 ENTER)	Tersedia Source B yang telah teridentifikasi sebagaimana yang terdapat di set point dan tidak tersambung dengan sistem (sebagai akibat dari fault), dengan memilih mode ini source B akan tersambung dan mulai tersambung dan mulai bekerja secara parallel dengan modul inverter. “Force Start Source B” akan terekam dan ditampilkan pada LCD
BATTERY EQUALIZE (60 ENTER)	Tersedia setpoint “Equalize enable” yang diset ke yes, dengan memilih mode ini pada tahap selanjutnya sistem akan mengisi battery dengan jumlah yang sama, salah satu dari source A atau Source B akan on line. Jika salah satu dari source tersebut sudah on line terlebih dahulu maka sistem akan lansung masuk masuk pada mode pengisian battery dengan jumlah yang sama.
INVERTER TEST (70 ENTER)	Dengan memilih mode ini akan mengaktifkan modul inverter pada tegangan nominalnya, sehingga inverter dapat diset tanpa mengaktifkan tegangan AC dan DC sensing protection. Inverter tidak akan bisa on line selama dalam mode ini, mode ini hanya dapat dipanggil pada saat “System off” atau salah satu sumber yang diaktifkan berada pada manual mode.

4.3.6 Mode External dan Pemilihan Kontrol

Input ini didapat berdasarkan keadaan luar, *Voltage free contact closure* digunakan sebagai input dari *Multi Interface Card*(MIC).

- *FAULT RESET*

  Ketika terjadi hubungan singkat atau terjadi kesalahan, Fault reset akan meng clear seluruh sistem fault dan memutuskan seluruh sumber,"Fault reset" akan terekam dan ditampilkan di LCD

- *FORCE START GENSET*

  Kondisi ini akan muncul hanya pada sistem HPC ketika beroperasi pada *auto mode*. Ketika close, HPC akan memaksa genset berikutnya yang telah teridentifikasi untuk beroperasi pada normal automatic mode."Force Gen start" akan terekam dan ditampilkan. Genset yang terpilih akan terus bekerja secara continue, genset tersebut akan bekerja secara parallel dengan inverter mengacu pada beberapa kondisi stop yang telah terpenuhi. Pada sistem GSC, ketika beroperasi dengan source B online, line source B (*back up genset*) akan mengidentifikasi bahwa source A (*Grid Supply*) telah kembali mengijinkan sistem untuk men stop genset dan menyelidiki apakah grid supply telah tersambung dengan benar sebelum menyambungkan kembali secara parallel dengan sumber tersebut (source A).

- *EMERGENCY STOP*

Emergency stop dilakukan dengan menggunakan Normally Closed Contact. Ketika open akan mengakibatkan seluruh source diputus dan seluruh genset akan berhenti saat itu juga. “Emergency Stop” akan terekam dan ditampilkan di LCD.

4.3.7 Mode Transisi dan Manual Bypass Mode

Terdapat dua mode untuk mengubah mode otomatis dan mode manual :

Mode transisi:

Mengubah dari auto ke manual mode tidak akan memunculkan kehilangan daya beban. Misalakan jika perubahan itu trjadi dari Auto-Inv Only ke Manual Source A, Mode itu akan menstart genset, sinkronisasi source dan kontraktor inverter akan open segera kontaktor genset closed. Hal yang sama juga terjadi ketika mengubah dari mode Manual-Inv Only ke Manual-Source A.

Mengubah dari auto mode ke manual mode tidak akan menimbulkan kehilangan daya selama source yang telah bekerja sebelumnya tetap bekerja.

Manual Bypass Mode :

Memilih mode manual bypass dengan menggunakan rotary switch yang ada di panel depan akan mengijinkan salah satu atau keduanya (source A dan Source B) untuk menyuplai daya langsung ke beban tanpa melalui inverter. Untuk memastikan bahwa sumber yang akan di bypass dengan menggunakan keypad.

Setelah sumber on line, di putar ke posisi START dan RUN (untuk sistem HPC) atau langsung ke posisi RUN (untuk sistem GSC). Battery dan Solar dimatikan setelah mode manual BYPASS telah dipilih.

Untuk mengembalikan kontrol dari sistem hybrid sangat penting untuk memilih yang sebelumnya dalam keadaan mode BYPASS lalu memutar switch kembali ke posisi Auto dalam 10 detik. Hal ini agar daya ke beban tidak terganggu.

4.3.8 Pemilihan Mode Tampilan

Tampilan halaman parameter sistem, halaman setpoint dan halaman konfigurasi sistem dapat dengan mudah diakses secara langsung dari panel operator LCD dengan menggunakan tombol ↑ atau tombol ↓ atau dengan memilih nomor halaman kemudian menekan tombol ENTER.

Tampilan halaman parameter sistem, halaman setpoint dan halaman konfigurasi sistem dapat dengan mudah diakses secara langsung dari panel operator LCD dengan menggunakan tombol ↑ atau tombol ↓ atau dengan memilih nomor halaman kemudian menekan tombol ENTER.

Mode tampilan sistem parameter, setpoint dan konfigurasi dapat dilihat pada tabel di bawah :

Tabel 4.5 Mode Tampilan Sistem Parameter

Halaman	Tombol	Tampilan
MAIN STATUS PAGE Halaman Status Utama	1 ENTER	Baris 2 : Mode Operasi saat ini Baris 3 : Status sistem saat ini Baris 4 : Kegagalan Sistem (Sistem Faults)
SYSTEM OVERVIEW Gambaran Keseluruhan Sistem	2 ENTER	Baris 2 : Rangkuman parameter Sumber Baris 3 : Rangkuman parameter Inverter Baris 4 : Rangkuman parameter Baterai
LOAD LINE SUMMARY Rangkuman Sisi Beban	3 ENTER	Baris 2 : Parameter Detail Line 1 dari Beban Baris 3 : Parameter Detail Line 2 dari Beban Baris 4 : Parameter Detail Line3 dari Beban
SOURCE LINE SUMMARY Rangkuman Sisi Sumber	4 ENTER	Baris 2 : Parameter Detail Line 1 dari Sumber Baris 3 : Parameter Detail Line 2 dari Sumber Baris 4 : Parameter Detail Line 3 dari Sumber
INVERTER LINE SUMMARY Rangkuman Sisi Inverter	5 ENTER	Baris 2 : Parameter Detail Line 1 dari Inverter Baris 3 : Parameter Detail Line 2 dari Inverter Baris 4 : Parameter Detail Line 3 dari Inverter
INVERTER PRIMARY CURRENT Arus Primer Inverter	6 ENTER	Baris 2 : Arus Primer Transformer Inverter Sisi 1 Baris 3 : Arus Primer Transformer Inverter Sisi 2 Baris 4 : Arus Primer Transformer Inverter Sisi 3
DC SUMMARY Rangkuman DC	7 ENTER	Baris 2 : Informasi tegangan baterai Baris 3 : Informasi Arus dan temperatur baterai Baris 4 : Informasi Arus Solar Modul dan Arus Aux
BATTERY STATUS Status Baterai	8 ENTER	Baris 2 : Sisa Waktu ke Kondisi Equalise Baris 3: Mode Pengisian Baterai dan Kompensasi Temperatur Baris 4 : Mode Pengisian Baterai, Arus & Tegangan
SUMMATION LOGS Rekaman Penjumlahan	9 ENTER	Baris 2 : kWh Export dan kWh Import Inverter Baris 3 : kWh Export dan kWh Import Source A Baris 4 : kWh Export dan kWh Import Source B
RUN HRS dan SITE LOGS Rekaman jam operasi dan Site	10 ENTER	Baris 2 : kWh Site dan kWh Pengisian Solar Modul Baris 3 : kWh Export Baterai & kWh Import Baterai Baris 4 : Jam Operasi Source A & Source B
MISCELLANEOUS LOGS 1	11 ENTER	Baris 2 : Solar Radiation & Level Bahan Bakar

Rekaman Lain-Lain 1		Baris 3 : Kecepatan Angin & Aliran Bahan Bakar A Baris 4 : Miscellanous & Aliran Bahan Bakar B
MISCELLANEOUS LOGS 1 Rekaman Lain-Lain 2	12 ENTER	Baris 2 : Heatsink 1- Heatsink 4- Temperatur Amb Baris 3 : Heatsink 2- Temperatur Kabinet Baris 4 : Heatsink 3- Temperatur Battery
SYSTEM CONFIGURATION Konfigurasi Sistem	13 ENTER	Baris 2 : Tipe System- Versi DSP- Versi GSM Baris 3 : Tegangan Nom Sistem – MIC Version- HMI Version Baris 4 : Freq nom sist-WiFi Version- Serial Number
SETPOINT EDITOR Editor Setpoint	14 ENTER	Baris 2 : Baris 3 : Enter PIN ..... (default 000X) Baris 4 :
DAY & DATE SETUP Pengaturan hari dan Tanggal	15 ENTER	Baris 2 : hh : mm : ss Baris 3 : dd : mm : yy Baris 4 :
HMI CONFIGURATION EDITOR Editor Konfigurasi HMI	16 ENTER	Baris 2 : 0 Button Sound Baris 3 : 1 Backlight Baris 4 : 2 Site Kwh (calculated or direct)
EVENT BROWSER Pencarian Kejadian	17 ENTER	Baris 2 : 08 Event 08 or 108 0r 1008 or 25108 etc Baris 3 : 07 Event 07 or 107 0r 1007 or 25107 etc Baris 4 : 06 Event 06 or 106 0r 1006 or 25106 etc
CALIBRATION EDITOR Editor Kalibrasi	18 ENTER	Baris 2 : Baris 3 : Enter PIN ..... (default 5555) Baris 4 :
LICENSING Lisensi	19 ENTER	Baris 2 : Authorisation Key 1 ..... Baris 3 : Authorisation Key 1 ..... Baris 4 :

4.4 Pemeliharaan Sistem Hybrid

Pemeliharaan sistem *hybrid* meliputi :

4.4.1 Pemeliharaan HPC

HPC didesain untuk *low maintenance* (mudah dalam pemeliharaan). Tingkat perawatan tergantung kepada lokasi instalasi dan kemungkinan terdapatnya kotoran ataupun debu. Tujuan utama dari perawatan HPC adalah untuk meyakinkan system pendingin berfungsi secara baik, karena itu untuk memenuhi tujuan ini maka harus dimengerti faktor-faktor yang mempengaruhi operasi dari sistem pendingin, yaitu :

- Ventilasi

  Terdapat beberapa ventilasi udara dengan filter pada sisi depan dan samping dari kabinet. Filter atau saringan udara harus diMemeriksa secara periodik dan jika saringan tersebut kotor maka dibersihkan dengan cara mencucinya dengan air sabun kemudian dikeringkan sebelum dipasang kembali. Pada kondisi ideal, sebaiknya dilakukan pemeriksaan tiap enam bulan sekali untuk memastikan tidak adanya kotoran yang menghalangi aliran udara melalui saringan .

  Tindakan yang dibutuhkan :

  Cek system ventilasi secara periodik terhadap debu dan serangga, hilangkan semua hambatan dan sedot debu lemari (kabinet)

- Fan (Kipas)

  Fan terpasang pada bagian belakang atau bagian atas dari kabinet. Jika sistem dipasang pada daerah dengan kelembaban tinggi dan korosi mudah terjadi, maka fan harus senantiasa diMemeriksa secara periodik dengan

memindahkan pelindung Fan dan memutar kipas secara manual untuk memastikan fan berputar secara bebas.

Tindakan yang dibutuhkan :

Inspeksi “Fan” secara periodik terhadap tanda-tanda karat.

4.4.2 Pemeliharaan Rangkaian Modul (Solar Array)

- Kejutan Listrik dan bahaya luka bakar

Modul fotovoltaik (photovoltaic) atau disebut PV membangkitkan listrik atau searah (DC Current) bila ada sinar matahari yang mengenainya. Dengan hhubungan seri dan paralel pada sistem pembangkit ini maka bahaya kejutan luka bakar akan mungkin terjadi jika terjadi persentuhan antara terminal keluaran modul. Pada pembangkit ini keluaran rangkaian modul surya dapat mencapai tegangan 400 V DC, dan ini sangat bahaya bila tidak ditangani secara hati-hati.

- Perancangan dan penggunaan umum
  a. Modul PV biasanya cukup kokoh, tetapi harus ditangani dengan sanagat hati-hati khususnya bagian permukaan depan dan belakang dari modul
  b. Untuk proteksi terhadap kejutan listrik, gunakan alat-alat berisolasi yang sesuai prosedur keselamatan.
  c. Jangan melipat modul PV
  d. Jangan mencopot modul PV atau mengurangi jumlahnya
  e. Jangan berusaha menaikkan keluaran modul dengan cara mengkonsentrasikan cahaya pada permukaannya

f. Tempatkan modul pada tempat yang bebas hambatan matahari untuk mengenainya dan lindungi dari bahaya benda-benda keras mengenainya.

- Tugas pemeliharaan modul surya dan susunannya
  a. Memeriksa susunan modul seperlunya berkaitan dengan kekuatan mekanis (kencangkan bila ada yang kendor)
  b. Memeriksa bahwa hubungan listrik cukup kuat dan bebas korosi
  c. Bersihkan permukaan modul dari debu dengan kain lembut dan air bersih secara periodik sesuai kebutuhan. Jangan menggunakan sikat karena akan menggores permukaan modul surya.
  d. Lindungi modul surya dari benda-benda keras dan binatang piaraan lainnya. Pagar penutup harus terkunci untuk menghindari binatang masuk wilayah modul surya.
  e. Tebang pohon sekitarnya jika akan mengganggu atau menghalangi masuknya sinar matahari ke permukaan modul surya.

4.4.3 Pemeliharaan Baterai Bank

Classic OPzS solar telah terbukti dengan baik untuk dekade dengan kapasitas medium dan kebutuhan besar sebagai penyimpan energi modul surya, yang memiliki pemelihraan rendah dalam pengMenggantian electrolyte atau penambahan air aki. Oleh karenanya baterai ini umumnya dipakai pada sistem pembangkit tenaga solar seperti Sistem Pembangkit Hibrida disini atau pada sentral telepon yang memerlukan keandalan dan jangka waktu pakai yang relatip lebih lama.

- Keamanan

Dalam keadaan normal baterai mengeluarkan sedikit gas dan uap asam, seperti pada umumnya baterai ‘lead Azid’ yang lain. Pada kondisi terpaksa seperti kerusakan charger atau kerusakan fisik pada kotak baterai, akan menegeluarkan uap asam yang berbahaya dan untuk pencegahan yang menyeluruh harus benar-benar diperhatikan.

Untuk menghindari dan mencegah akses terhadap bunga api, maka merokok atau menyalakan api disekitar tetap tidak diijinkan dan ruangan harus memiliki ventilasi yang mencukup

- Peralatan pelindung

Peralatan berikut harus tersedia untuk personil yang bekerja dengan baterai :

a. Buku manual petunjuk atau petunjuk yang lain yang cocok
b. Alat-alat yang berisolasi (terbungkus bahan karet)
c. Sarung tangan berisolasi
d. Kaca mata pelindung
e. Masker pelindung hidung dan mulut
f. Pemadam api
g. Abu soda

- Tindakan pencegahan keselamatan

Cara menjalankan tindakan pencegahan setiap saat :

a. Jangan menjatuhkan benda metal di antara terminal baterai. Arus hubung singkat sangat berbahaya

b. Hindari memakai benda-benda metal semacam jam atau perhiasaan selama bekerja di dalam ruang baterai
c. Gunakan alat-alat yang berisolasi
d. Netralisir listrik elektrolisis perorangan dengan cara menyentuh suatu permukaan yang ditanahkan sebelum bekerja dengan baterai.
e. Pada saat uji beban, Memastikan ada proteksi hubung singkat dan bahwa pada test tersebut cukup lama untuk menghindari bunga api disekitar lingkungan baterai.
f. Jika suatu saat ada penggantian sel baterai, jangan lupa untuk memutuskan (mengisolasi) sistem DC
g. Pasang proteksi sekering (*fuse*) hubung singkat pada masing-masing saluran penghubung.
h. Gunakan peralatan angkut yang sesuai untuk mengangkat baterai dari gudang ke tempat rak atau susunan baterai.
i. Gunakan kaca mata, sarung tangan dan masker untuk pekerjaan pemasangan
j. Pintu ruangan baterai harus tetap terkunci guna menghindari akses bagi personil yang tidak berkepentingan.

- Instalasi

  Sebelum melaksanakan instalasi baterai, persiapkan peralatan yang diperlukan dan pelindung terhadap kemungkinan penguapan cairan asam sulfat.

  Baterai urutan pemasangan baterai :

  a. Siapkan dudukan baterai sesuai dengan gambar ‘layout’ baterai

b. Letakkan sel-sel baterai pada dudukan kayu sesuai dengan arah kutub-kutub yang sesuai dengan gambar layout.
c. Gunakan konektor antar terminal baterai yang sudah disiapkan (intercell flexible cable), sebagai penghubung antar sel baterai. Ada dua konektor untuk menghubungkan antar sel baterai.
d. Kencangkan semua penghubung terminal sel baterai dengan baut M8 dan oleskan gemuk/vaselin pada ulir terminal baterai. Salah satu terminal kendor menyebabkan system "Error"
e. Gunakan kabel fleksibel untuk hubungan antar baris baterai dan sambungan positif dan negatif baterai ke panel baterai (fuse / MCCB box)
f. Tandai semua sel dengan nomor sel dan blok dengan label kertas dari nomor 1 sampai 20 dan blok bank A dan B
g. Lepaskan sekering/MCCB pada panel baterai sebelum melakukan pengisian elektrolit ke setiap sel baterai
h. Gunakan peralatan bantu (corong dan gayung plastik), sarung tangan dan masker pada saat mulai megisikan elektrolit (Asam Sulfat) ke setiap baterai
i. Mengukur dan mencatat Tegangan dan SG setiap sel baterai pada buku catatan operasi dan pemeliharaan.

- Prosedur Reguler

Pemantauan dan pencatatan reguler dari tegangan dan SG baterai adalah sangat penting untuk memastikan bahwa tidak ada sel-sel baterai yang bermasalah dalam menerima pengisian muatan secara penuh dari

pembangkit listrik dari genset ataupun modul surya. Pemantauan ini sebaiknya dilakukan paling sedikit tiap 3 bulan sekali dalam kondisi pelepasan (discharge) yaitu dalam mode '*INVERTER ONLY*'.

Seluruh test sebaiknya diulang pada saat kondisi pengisian baterai dimana pembangkit PV dan genset berfungsi untuk mencatu daya ke baterai.

- Pemeriksaan bulanan
    a. Mengukur tegangan setiap sel baterai
    b. Mengganti baterai bila tegangan sel mempunyai devisi yang jauh berbeda dengan rata-rata tegangan sel baterai.
    c. Cek terminal terhadap tanda-tanda korosi
- Pemeriksaan Kuartalan (3 bulanan)
    a. Mengukur tegangan dan SG setiap sel baterai
    b. Mengukur seluruh tegangan rangkaian pada terminal sekering
    c. Cek kebersihan ruangan baterai, korosi dan kebocoran pada terminal, keretakan dan dudukan baterai.
    d. Cek temperatur sel baterai
- Pemeriksaan tahunan
    a. Cek kekuatan dari semua sambungan
    b. Cek Impedansi dari konektor antar sel
- Catatan-catatan

    Data harus dicatat setiap dilakukan inspeksi dan harus menjadi bagian dari prosedur pemeliharaan.

Pencatatan data mencakup :

a. Inspeksi data (tegangan sel, SG temperatur dsb) serta kondisi baterai saat pengisian
b. Laporan untuk usaha perbaikan
c. Laporan untuk tes-tes kapasitas dan tes lainnya yang menunjukan laju pelepasan (discharge rate), durasi dan hasil-hasilnya
d. Tegangan jatuh pada koneksi antar sel

4.4.4 Pemeliharaan Diesel Generator

- Petunjuk Kemanan
  a. Jangan membersihkan, menambah minyak pelumas, atau menyetel mesin pada saat beroperasi
  b. Memastikan bahwa mesin tidak dioperasikan di tempat yang bisa menyebabkan konsentrasi dari emisi beracun
  c. Jangan berada terlalu dekat dengan mesin pada saat mesin beroperasi
  d. Jangan menlepaskan tutup saluran pengisian radiator pada saat mesin masih panas.
  e. Jangan menggunakan air garam atau cairan pendingin lain yang dapat menyebabkan korosi dalam sirkuit cairan pendingin yang tertutup
  f. Memutuskan hubungan ke terminal baterai sebelum dilakukan perbaikan sistem kelistrikan.

- Pemeliharaan yang dianjurkan

  Layanan pertama setelah setiap 200-250 jam :

  a. Memeriksa cairan pendingin

  b. Memeriksa ‘belt’

  c. Cek adanya air di bahan bakar

  d. Cek tekanan oli

  e. Mengganti oli dan filter oli

  f. Bersihkan filter udara

  g. Memastikan Charger Baterai Eksternal selalu dalam kondisi ON

  Layanan setiap 400-500 jam:

  a. Mengganti filter bahan bakar

  b. Cek dan atur jarak bebas katup/*valve clearance* oleh mekanik ahli

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari uraian bab III dan bab IV dapat disimpulkan bahwa :

1. Prinsip kerja dari PLTH-SBD sangat tergantung dari bentuk beban atau fluktuasi pemakaian energi (*load profile*) yang mana selama 24 jam distribusi beban tidak merata untuk setiap waktunya sehingga PLTH-SBD akan bekerja sesuai beban yang dibutuhkan yakni pada beban rendah, beban menengah, dan beban puncak. Pada pembangkit Surya-bayu-diesel yang utama adalah pengaturan aliran energi (manajemen) sehingga sistem pembangkit menjadi efisien dalam pemakaian BBM.
2. Petunjuk instalasi dari sistem pembangkit Surya-Bayu-Diesel ini meliputi dua prosedur yakni prosedur keselamatan yang mana harus diikuti untuk menghindari terjadinya kecelakaan ataupun kerusakan alat, yang dapat merugikan perusahaan maupun pemakai/masyarakat. Yang kedua yaitu prosedur instalasi yang meliputi membuka paking, instalasi dari batere seperti pengisian dan pemasangan batere, dan instalasi peralatan tambahan.
3. Seluruh mode operasi pada sistem pembangkit Surya-Bayu-Diesel ini dikendalikan oleh *Hybrid Power Conditioner* yaitu sebuah sistem kontrol yang berfungsi mengatur seluruh aliran energi pada sistem ini dan pada sistem pembangkit ini menggunakan HPC 3 Fasa, 90 kVA berbasis *Digital Signal Processing* (DSP), HPC ini secara umum

terbagi dalam dua kategori yaitu mode operasi manual dan mode operasi otomatis.

4. Cara pemeliharaan sistem pembangkit Surya-Bayu-Diesel meliputi pemeliharaan HPC, pemeliharaan rangkaian modul (*Solar Array*), pemeliharaan batere bank, dan pemeliharaan diesel generator, semua pemeliharaan ini dilakukan untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan seperti kecelakaan, kerusakan alat yang belum waktunya, dan lainnya.

5.2 Saran

1. Untuk Pemeliharaan dari pembangkit listrik tenaga hibrida surya bayu diesel diharapkan lebih teliti karena jika tidak akan berakibat sangat fatal apalagi proses pemeliharaan yang sangat banyak yang biasanya membuat petugas atau orang yang dipercaya menjadi kurang teliti dengan hal yang sangat sederhana ini.
2. Mengingat harga listrik per kWh masih di atas harga listrik pembangkit konvensional, maka PLTH perlu mendapat dukungan biaya APBN atau APBD agar rakyat pengguna listrik tidak terbeban.
3. PLN hanya mengaktifkan PLTH selama 12 jam pada malam hari, sedangkan siang tidak berfungsi penuh. Padahal, pengaktifan PLTH siang hari perlu untuk pengisian baterai.

DAFTAR PUSTAKA

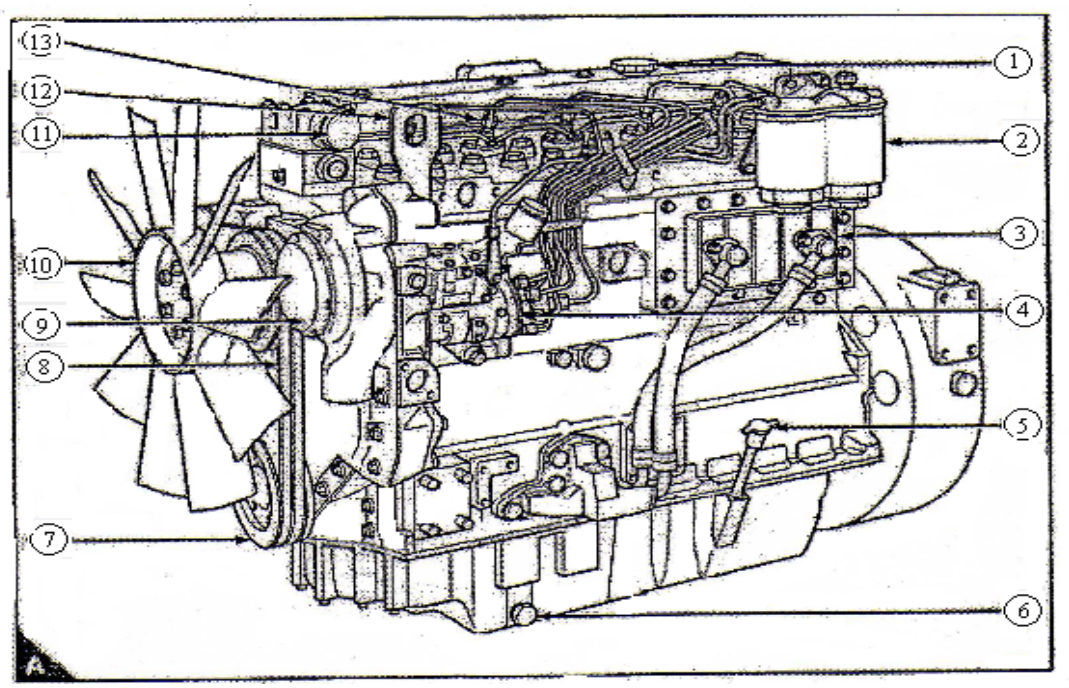
- 2007. *Hybrid System Photovoltaik, Wind Turbine, and diesel generator*. Bandung:PT.LEN industri (persero).
- Cuksupriyadi.blogspot.com/s320/Hybrid_ac.gif/15 Mei 2009
- www.leonics.com/pv_wind_turbine_en.php/17 Mei 2009
- www.kaskus.us/showthread.php?t=1047413/17 Mei 2009
- yuni, Ikawati.2009. *Energi Listrik : Terang dari Pulau Kecil*.Kompas. Edisi: 16 Januari 2009

LAMPIRAN

Location of engine parts

Front and left side of the YB engine (A)

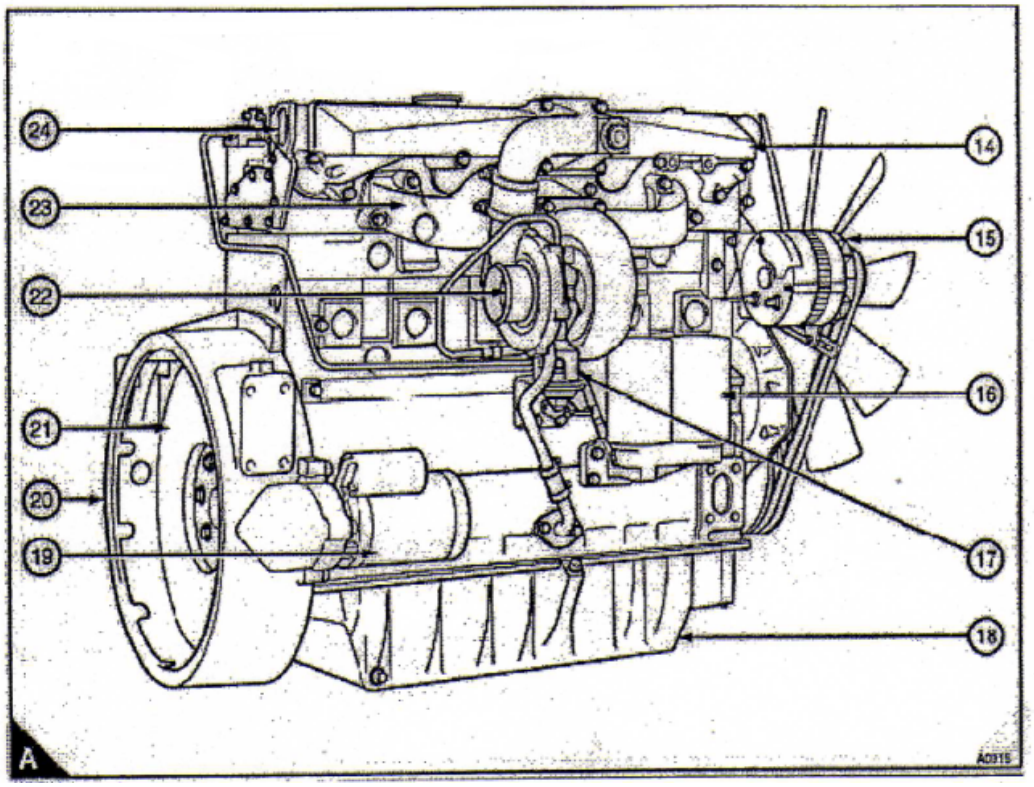
1 Filter Cap for the lubricating oil
2 fuel filter
3 Lubricating oil cooler
4 Fuel injection pump
5 Lubricating oil dipstick
6 Drain plug for the lubricating oil
7 Crankshaft for the
8 Drive belt
9 Coolant pump
10 Fan
11 Coolant outlet
12 Front lift bracket
13 Atomiser



Pandangan depan dan samping kiri engine

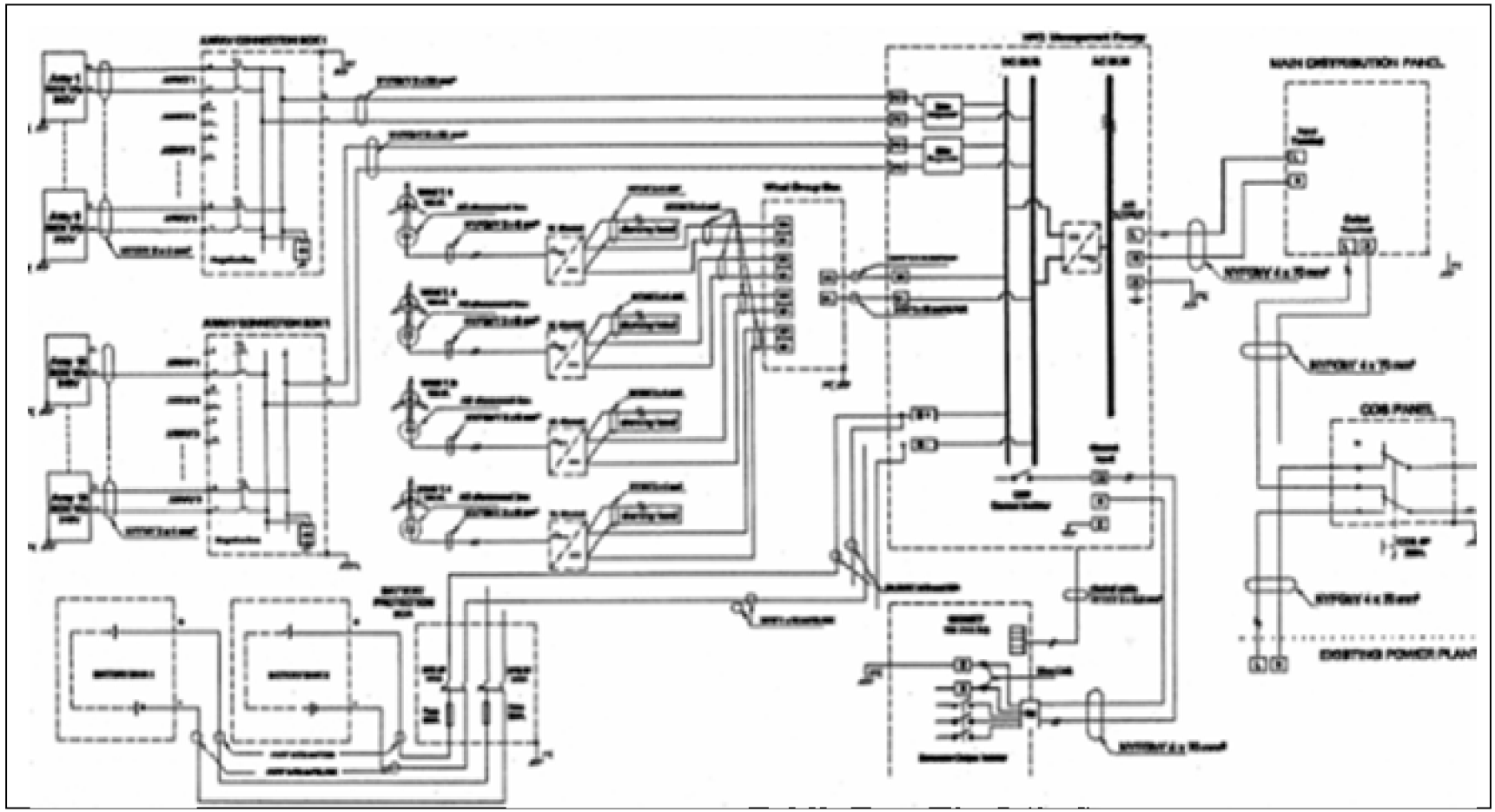
Rear and right side of the YB engine (A)

14 induction manifold
15 alternator
16 Lubricating oil sump
17 Fuel lift pump
18 Lubricating oil sump
19 Starter motor
20 Flywheel housing
21 Flywheel
22 Turbocharger
23 Exhaust manifold
24 Rear lift bracket

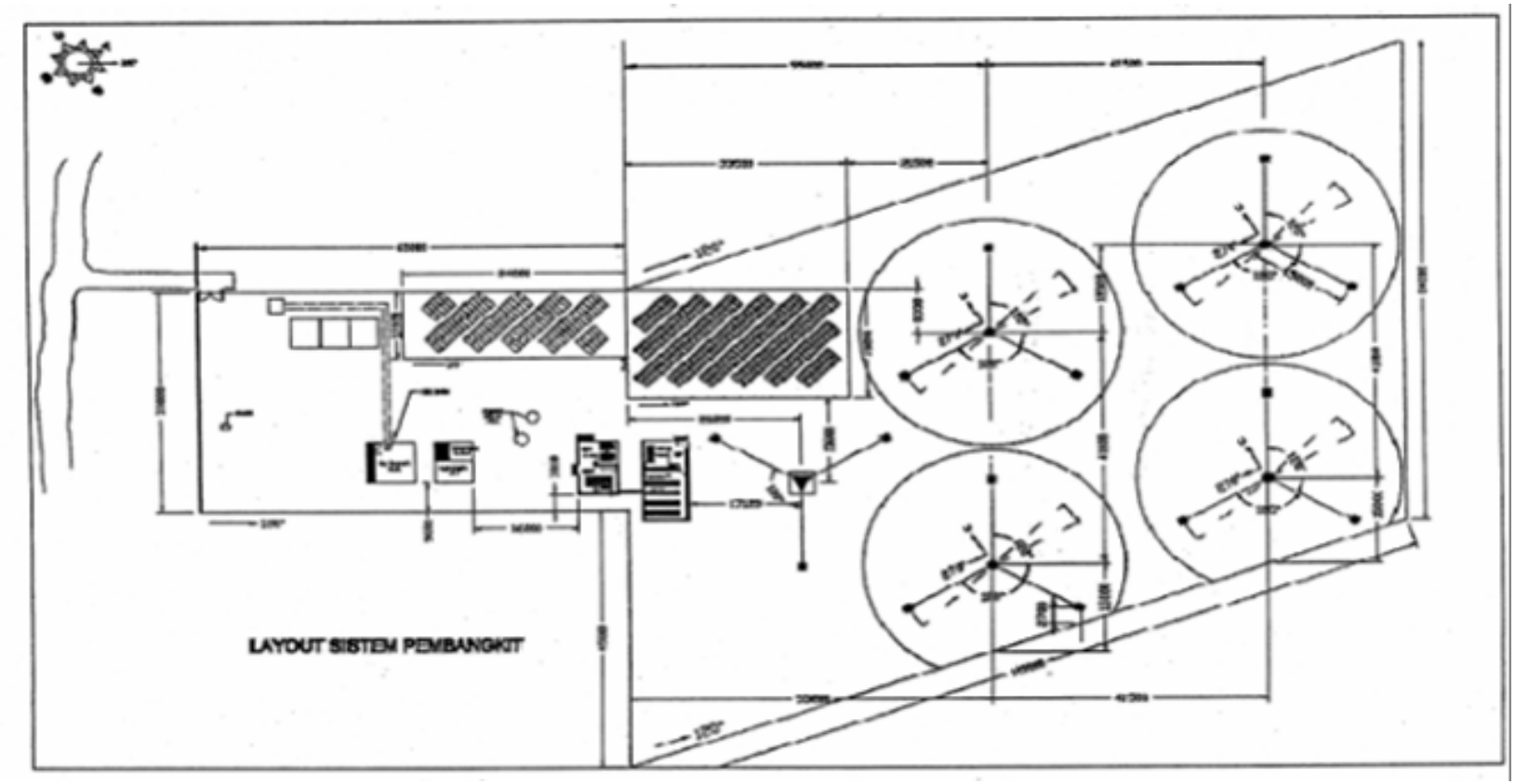


Pandangan belakang dan samping kanan engine

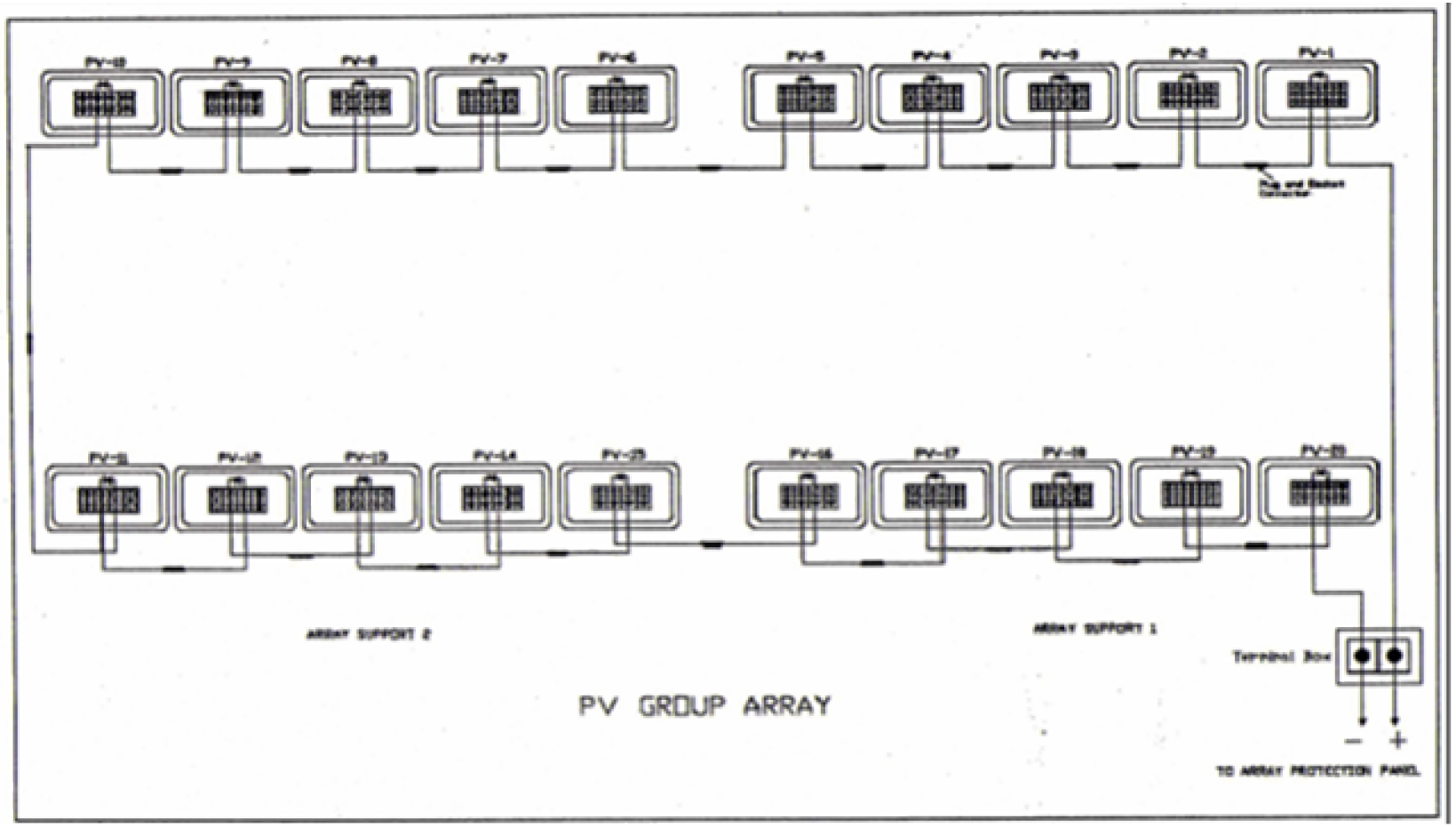
Single Line Diagram Hybrid Power System



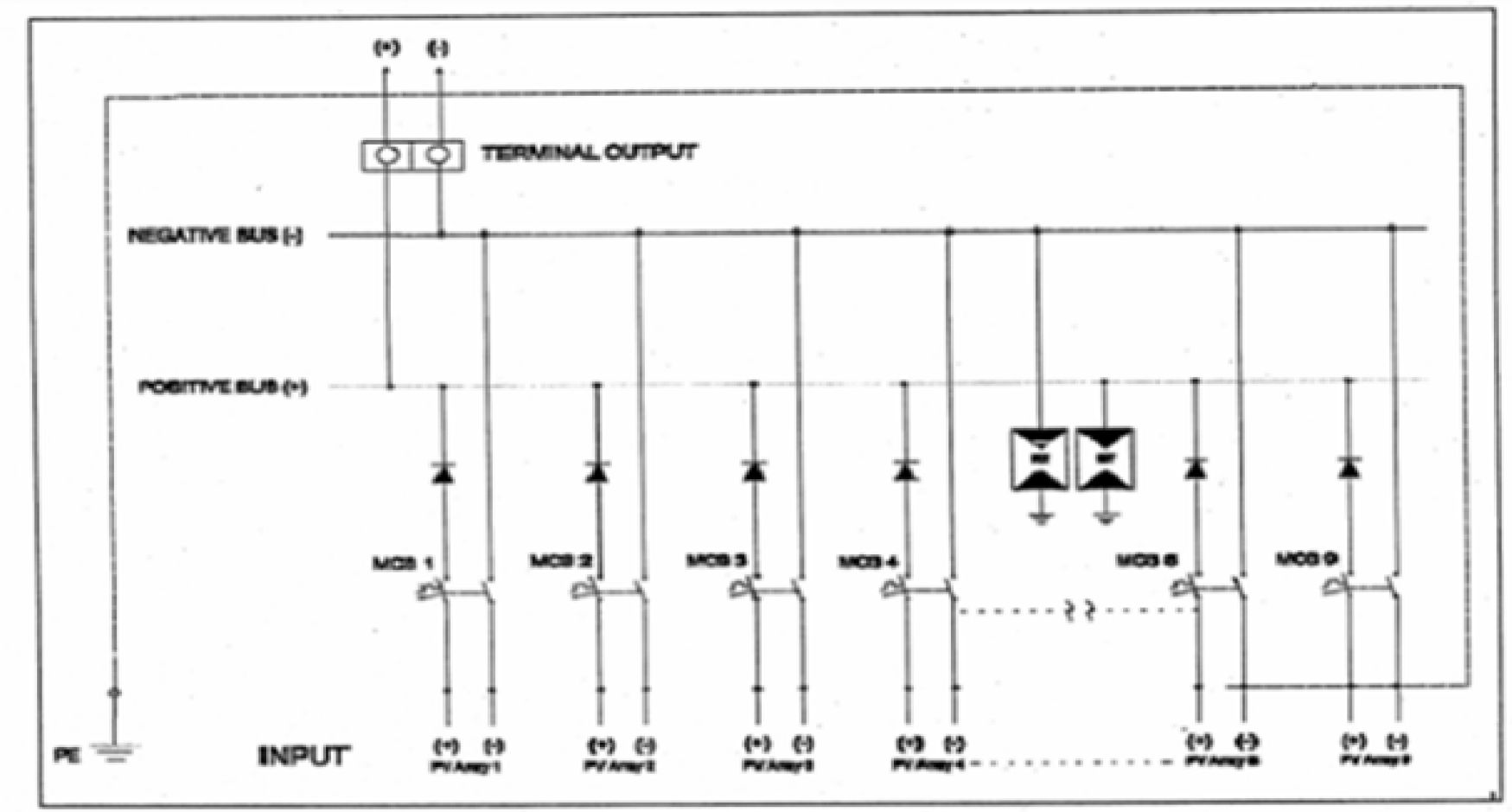
Layout Sistem Pembangkit



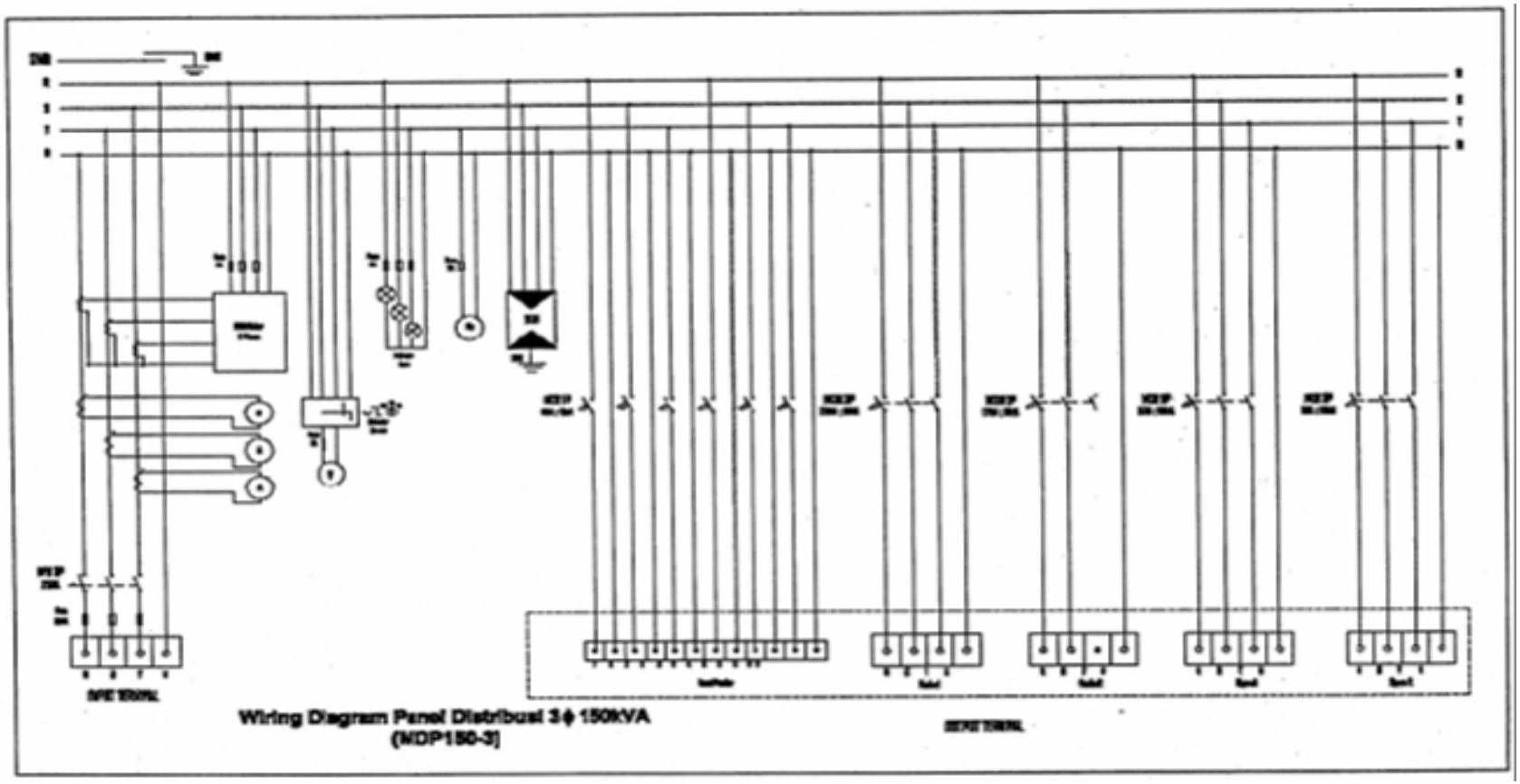
PV Array Connection Cable



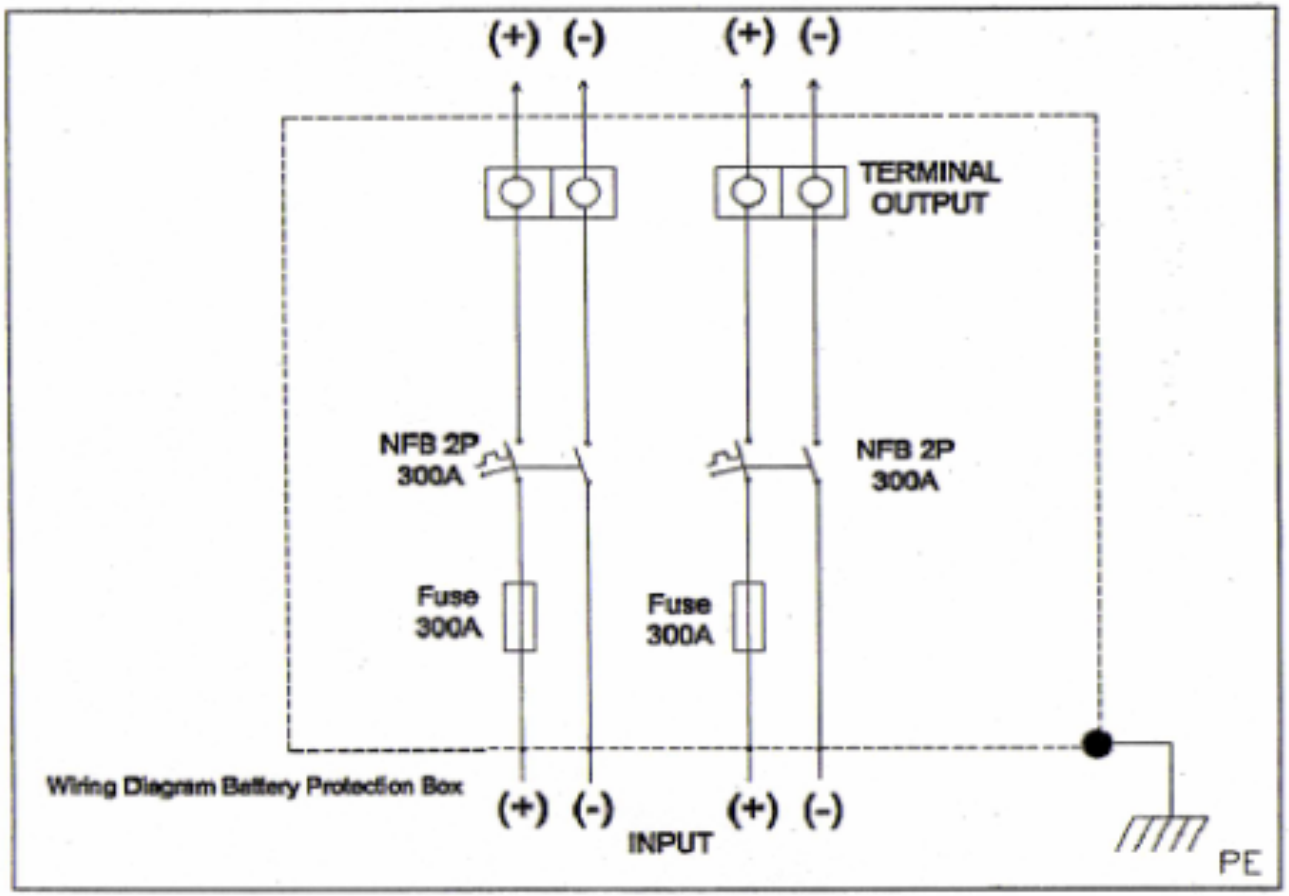
Array Insulation & Protection Panel



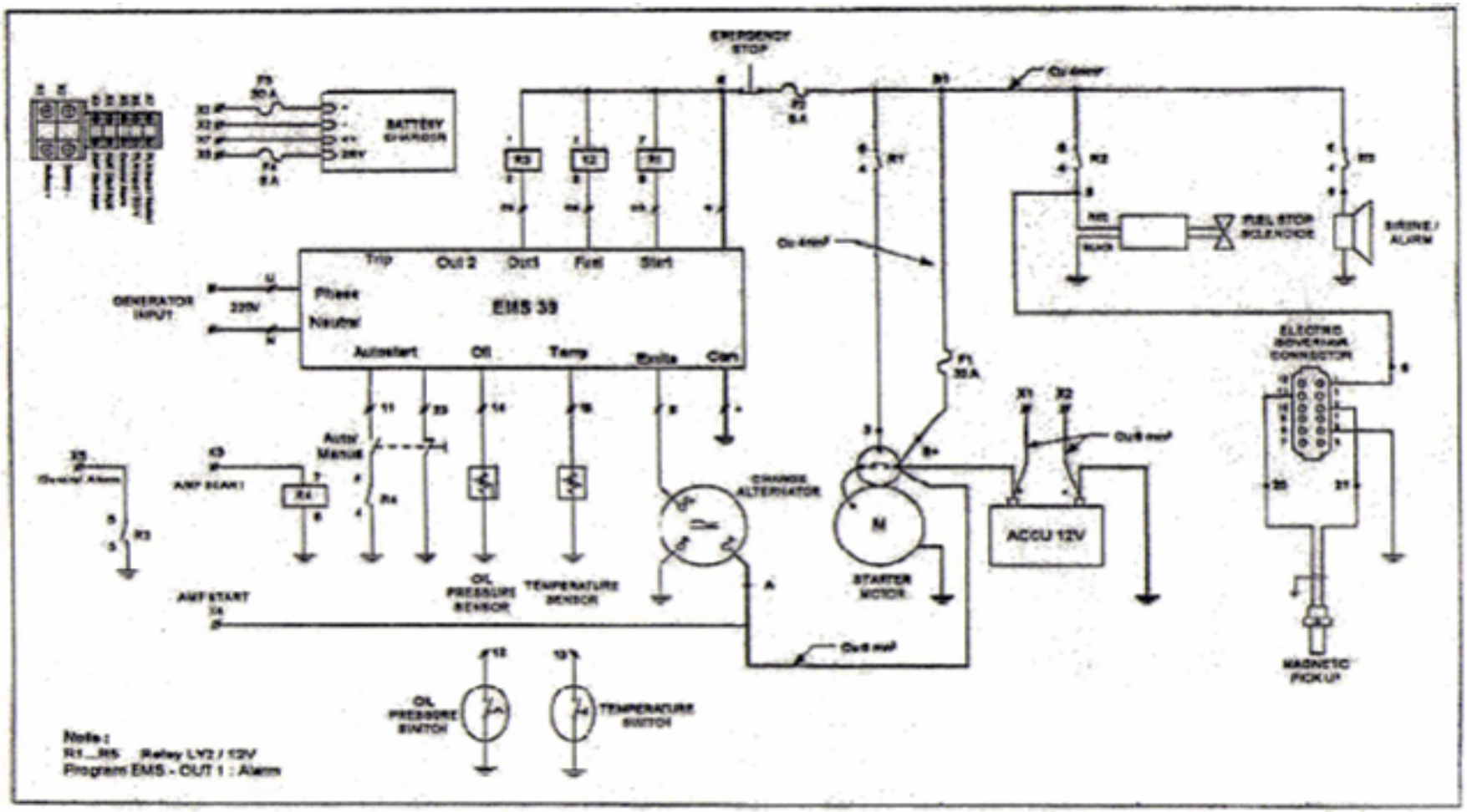
Panel Distribusi



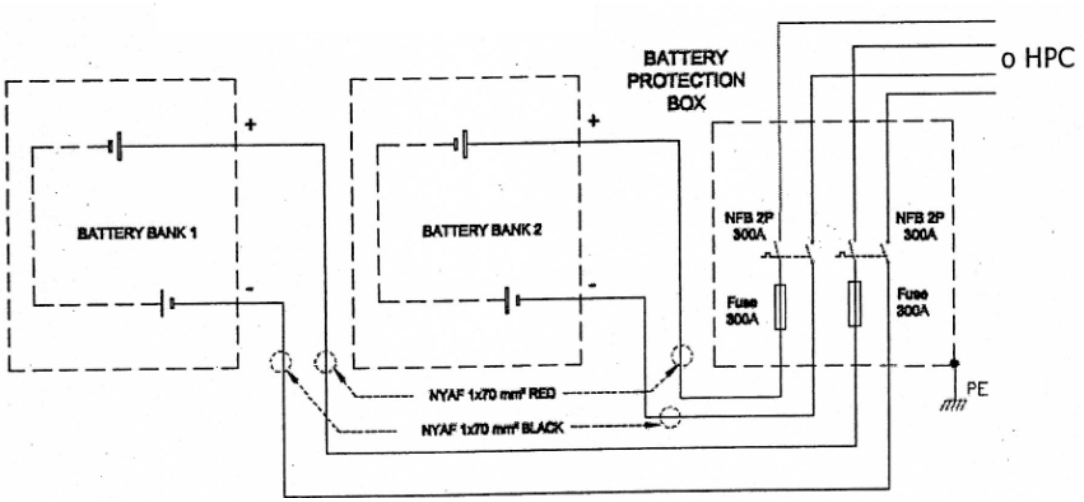
Wiring Diagram Battery Protection Box



Engine Control Wiring Diagram Perkins 135 kVA



Battery Connection



Solar Panel Connection

