LAPORAN KERJA PRAKTEK LAPANGAN

TAHAPAN PROSES FABRIKASI MODUL SURYA

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Akademik Jurusan Teknik Elektro Program Strata (S1) Fakultas Teknik Universitas Komputer Indonesia

Oleh :

LINGGA SARININGRUM

13104046



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS KOMPUTER INDONESIA

2008

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN KERJA PRAKTEK

TAHAPAN PROSES FABRIKASI MODUL SURYA

Oleh :

LINGGA SARININGRUM

13104046

Disetujui dan disahkan di Bandung pada tanggal :

6 Februari 2008

Koordinator Kerja Praktek	**Pembimbing Kerja Praktek II**
Tri Rahajoeningroem, M.T	**Muhammad Aria, S.T.**
NIP : 4127.70.04.015	**NIP: 4127.70.04.008**

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Muhammad Aria, S.T.
NIP :4127.70.04.008

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN KERJA PRAKTEK

TAHAPAN PROSES FABRIKASI MODUL SURYA

Oleh :

LINGGA SARININGRUM

13104046

Disetujui dan disahkan di Bandung pada tanggal :

6 Februari 2008

Pembimbing I	Pembimbing II
Ir. Agus Herman	**Rahmat**
NIK : 9101791	**NIK : 914781**

Ketua Bagian Unit Produksi

Ir. Agus Herman
NIK : 9101791



KATA PENGANTAR

Bismillaahirrokhmanirrokhim,

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT Yang Maha Kuasa atas rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Kerja Praktek ini. Adapun pelaksanaan kerja praktek ini bertempat di PT LEN Industri (Persero), Jl Soekarno-Hatta 422 Bandung.

Laporan kerja praktek ini disusun untuk memenuhi persyaratan akademis bagi mahasiswa dalam menempuh jenjang pendidikan sarjana program strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia. Masalah yang penulis berikan dalam laporan kerja praktek ini yaitu mengenai ” Tahapan Proses Fabrikasi Modul Surya ” dalam penyusunan laporan kerja praktek ini, penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih antara lain sebagai berikut.

1. Bapak dan Ibu serta keluarga yang telah banyak memberikan bantuan baik materil maupun sepirituil.
2. Bapak Ir. Dodi Hidayat Rivai, Msc selaku direktur utama PT. LEN INDUSTRI (PERSERO)

3. Bapak Ir. Agus Herman, selaku pembimbing yang telah mengarahkan dan membimbing penyelesaian Laporan Kerja Praktek ini.
4. Bapak Achmad Fiqri, Spd yang telah memberikan dukungan penuh serta beberapa masukan ide yang bermanfaat.
5. Bapak Ir. Rahmat selaku pembimbing ke II yang telah memberikan bimbingan sumbangan pemikiran dan wawasan yang lebih jauh dalam mengkaji studi pengembangan modul surya.
6. Bapak Ir. Ruhayat selaku bagian kepala SDM
7. Bapak Budi Setiadi, MT selaku ketua jurusan teknik elektro universitas komputer indonesia
8. Semua staff dan karyawan PT. LEN Industri (Persero).
9. Semua rekan-rekan Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro UNIKOM serta pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT memberikan rahmat dan hidayahnya serta membalas segala amal perbuatannya.

Penulis menyadari bahwa Laporan Kerja Praktek ini jauh dari sempurna, Oleh karena itu penulis berharap adanya kritik dan saran dari pembaca yang bersifat membangun.

Semoga Laporan Kerja Praktek ini memberikan manfaat bagi penulis sendiri maupun pembaca untuk pengembangan ilmu pengetahuan di masa mendatang.

Bandung, Februari 2008

Penulis

To see the world in a grain of sand

And a heaven in a wild flower

Hold infinity in the palm of your hand

And Eternity in an hour. (William Blake)

Everything good is costly, and the developement of the personality is one of the most costly of all things. It will cost you your innocence, your illusions, your certainty. (unknown)

This writing dedicated to

my beloved Aparents, sisters and brother

for all supports and

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR i

DAFTAR ISI iii

DAFTAR GAMBAR vi

DAFTAR TABEL viii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang Masalah 1

1.2 Identifikasi Masalah 3

1.3 Maksud dan Tujuan 3

1.4 Manfaat Pembahasan 3

1.5 Lokasi dan Waktu Praktik Kerja Lapangan 4

1.6 Teknik Pengumpulan Data 4

1.7 Sistematika Penulisan 5

BAB II GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN 6

2.1 Sejarah PT. LEN INDUSTRI 6

2.2 Tujuan Perusahaan 8

2.3 Struktur Organisasi PT.LEN INDUSTRI 11

2.3.1 Direktur Utama 13

2.3.2 Pusat *Quality Assurance* 13

2.3.3 Sekretaris Perusahaan 13

2.3.4 Satuan Pengawas Intern 14

2.3.5 Unit Bisnis Elektronika Multimedia 14

2.3.6 Departemen Pemasaran dan Penjualan 17

BAB III PRINSIP DASAR MODUL SURYA 18

3.1 Sejarah Perkembangan Modul Surya 18

3.1.1 Sejarah fotovoltaik Komersial 19

3.1.2 Perkembangan Teknologi sel surya 19

3.2 Manfaat Modul Surya 21

BAB IV PROSES FABRIKASI MODUL SURYA …….22

4.1 Tahapan Proses Terbentuknya Silikon Menjadi Sel Surya 23

4.2 Tahapan Proses Fabrikasi Sel Surya Menjadi Modul Surya …….....25

4.2.1 *Inspection I* ……....25

4.2.2 *Soldering* …….....26

4.2.3 *Tabbing* ……...27

4.2.4 *Matrixing* ……..28

4.2.5 *Inspection II* …….....28

4.2.6 *Lay Up* …….....29

4.2.7 *Laminating* ……...30

4.2.8 *Inspection III* ……....31

4.2.9 *Terminating* ……..32

4.2.10 *Flas Test* ……..33

4.2.11 *Framing* ……...34

4.2.12 *Cleaning* ……..34

4.2.13 *Packing* 34

4.3 Daftar Peralatan dan Bahan yang Digunakan.....35

4.4 Cara Kerja Modul surya 37

4.5 Keuntungan dan Kerugian Penggunaan Modul Surya 38

4.5.1 Keuntungan Penggunaan Modul surya.....38

4.5.2 Kerugian Penggunaan Modul Surya.....38

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 39

5.1 KESIMPULAN.....39

5.2 SARAN.....39

DAFTAR PUSTAKA 40

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Bagan Struktur Organisasi PT. LEN INDUSTRI.....12

Gambar 4.1 Silikon *Polykristal* 23

Gambar 4.2 Proses Peleburan *Polykristal Silikon*.....23

Gambar 4.3 Proses Pemurnian Silikon yang Meleleh dengan Metode Czocharlsky.....24

Gambar 4.4 Proses Pemotongan Batang Silikon yang Telah Beku.....24

Gambar 4.5 Penampang Keping Silikon.....24

Gambar 4.6 Bagan Proses Tahapan Fabrikasi Modul Surya 25

Gambar 4.7 I-V Meter Alat Pengukur Arus dan Tegangan.....26

Gambar 4.8 Proses Pemberian Cairan *Fluks* Sebagai Penghilang Karat.....26

Gambar 4.9 Penampang Kawat dengan Ukuran 0.1mm dan 0.3mm.....27

Gambar 4.10 Proses *Tabbing P-N Junction*…….27

Gambar 4.11 Proses *Matrixing* 28

Gambar 4.12 Meja Simulasi Cahaya Buatan ……..29

Gambar 4.13 Proses *Inspection II*.....29

Gambar 4.14 Proses *Lay up* ……30

Gambar 4.15 Mesin Laminasi SPI-LAMINATOR 350……...31

Gambar 4.16 Tombol Otomatis ……..31

Gambar 4.17 Proses *Laminating* 31

Gambar 4.18 Proses *Inspection III* 32

Gambar 4.19 Proses *Terminating* 32

Gambar 4.20 Proses Flash Test dengan Menggunakan Mesin SPI-SUN SIMULATOR 240A 33
Gambar 4.21 Hasil Simulasi dengan Menggunakan Software Sun Simulator....33
Gambar 4.22 Modul Surya yang Telah Dipasang Frame.....34

DAFTAR TABEL

TABEL Halaman

IV.1 Daftar peralatan …….....41

IV.2 Daftar bahan …….....42

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

PT LEN Industri adalah salah satu industri milik negara, yang memiliki tugas sebagai suatu industri elektronika dan prasarana. Dalam pengembangannya PT LEN INDUSTRI (PERSERO) memanfaatkan energi surya sebagai salah satu alternatif untuk menghemat pemakaian sumber daya alam yang berasal dari fosil untuk pembangkit listrik khususnya di Indonesia. Pada kenyataannya sulit dibantah, banyak alasan yang menjadikan demikian. Mulai dari ketidakmampuan pemerintah menyediakan jaringan listrik sehingga harga yang sulit dijangkau oleh warga. Mengingat besarnya investasi yang harus dikeluarkan untuk membangun jaringan sistem kabel, maka PT LEN INDUSTRI mengembangkan Modul surya sebagai alternatif yang digunakan bagi warga desa yang belum tersentuh jaringan listrik.

Pemanfaatan energi surya melalui sistem fotovoltaik sudah berlangsung lama dan banyak digunakan untuk berbagai keperluan. Di Indonesia pengembangannya sudah dilakukan pada tahun 1980-an, BPPT bekerjasama dengan kementrian Riset dan Teknologi Republik Federasi Jerman telah melaksanakan program pengkajian dan pengembangan serta pemanfaatan teknologi surya untuk listrik. Penerapan pertama pemanfaatan energi surya oleh Lembaga Elektronika Nasional (LEN) yang juga diresmikan oleh Presiden Soeharto dilakukan di Kecamatan Sukatani, Kabupaten Purwakarta pada tahun 1989. hal ini dikarenakan kondisi wilayah topografi di Indonesia untuk menjangkau masyarakat daerah terpencil, pengembangan modul surya tampaknya akan menjadi sebuah tuntutan yang tidak bisa ditawar. Selain sumber energinya (matahari) begitu melimpah sehingga pemanfaatannya tak terbatas, modul surya relatif lebih mudah dipasang dan dipelihara, ramah lingkungan, tahan lama, dan tidak menimbulkan radiasi elektromagnetik yang berbahaya bagi kesehatan. Selain itu energi surya dapat digunakan untuk segala kebutuhan seperti , pompa air (*solar pumping system*), lampu penerangan jalan (*solar street lamp*), wartel satelit tenaga surya (*solar*

satellite public phone), pembangkit tenaga hibrida (*hybrid solar diesel*), telekomunikasi, dan salah satunya sebagai sistem penerangan rumah tangga (*solar home system*).

Produksi modul surya buatan PT. LEN INDUSTRI (PERSERO) umumnya berukuran relatif besar yang tersebar di berbagai pelosok tanah air. Khususnya di daerah-daerah terpencil di kawasan Timur Indonesia (KTI) seperti Lombok dan Nusa Tenggara Barat dengan hasil yang cukup menggembirakan. Mengingat pasaran sistem listrik tenaga surya rumah tangga (*Solar Home System*) yang cukup besar, maka upaya tersebut akan dibarengi dengan program pengembangan teknologi dan industri. Dengan demikian akan meningkatkan kandungan lokal nilai tambah sumber daya manusia dan peningkatan kemampuan teknologi khususnya di dalam pemanfaatan energi di Indonesia.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi permasalahan yang dipaparkan diatas maka saya membatasi masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut. Memaparkan bagaimana tahapan proses pembuatan sel surya menjadi modul surya yang diproduksi oleh PT. LEN INDUSTRI. Hal ini dimaksudkan agar para pembaca khususnya individu yang bersangkutan dalam bidang elektronika dapat mengetahui dan memahami manfaat dari pembuatan modul surya.

1.3 Maksud dan Tujuan

Kerja praktek adalah bagian kurikulum jurusan teknik elektro, sebagai salah satu syarat yang diperlukan dalam menyelesaikan program studi strata satu (S-1) di Fakultas Teknik Universitas Komputer Indonesia. Kerja Praktek ini dilaksanakan sebagai upaya penerapan teori untuk memperoleh pengalaman dan pengetahuan lain yang tidak didapatkan diperkuliahan.

Adapun tujuan kerja praktek ini agar dapat mengetahui langkah-langkah penting yang diambil diperusahaan dalam proses pembuatan modul surya. dan dapat dijadikan dalam suatu bentuk laporan sebagai bahan bacaan untuk menambah pengetahuan bagi pembaca dibidang elektronika.

1.4 Manfaat Pembahasan

Manfaat dari pembahasan laporan ini yaitu bagi saya dapat mengembangkan kemampuan keilmuan yang saya peroleh selama ini dalam membuat karya tulis, serta dapat menjadi suatu informasi untuk para mahasiswa lainnya dalam mencari informasi yang dibutuhkan khususnya dalam bidang elektronika. Sedangkan untuk instansi yang bersangkutan dapat menjadi suatu motivasi dalam meningkatkan kualitas Sumber Daya Manusia dengan meningkatkan suatu efektifitas kerja yang lebih baik.

1.5 Lokasi dan Waktu Praktik Kerja Lapangan

Saya melakukan Praktik Kerja Lapangan di PT. LEN INDUSTRI yang berlokasi di jalan Soekarno – Hatta No 422 Bandung. Waktu Pelaksanaan praktik kerja di mulai pada tanggal 2 Juli sampai dengan 31 Agustus 2007 dalam waktu kurang lebih 180 jam. Dilaksanakan pada hari kerja setiap hari yaitu senin sampai dengan jumat, pada pukul 07.30 sampai dengan 16.30 sore WIB.

Di Perusahaan ini saya ditempatkan dibagian Unit Produksi yang menangani kegiatan produksi elektronika. Selama praktek kerja saya hanya meneliti dan mengamati proses pembuatan sel surya menjadi modul surya serta mencari data-data yang saya perlukan dalam penyusunan laporan.

1.6 Teknik Pengumpulan Data

Selama melaksanakan kerja praktek tidak hanya melakukan kerja praktek dilapangan saja, tetapi juga sambil mencari data-data yang butuhkan dalam penyusunan laporan ini. Metode yang gunakan dalam penulisan laporan ini menggunakan metode diskriptif yaitu dengan menggambarkan keadaan yang sebenarnya sesuai dengan kenyataan aktifitas di lokasi kerja praktek.

Teknik pengumpulan data lainya adalah dengan cara observasi yaitu suatu teknik pengumpulan data melalui pengamatan langsung pada objeknya. dengan mencatat segala yang ditemukan, yang ada kaitanya dengan tema yang sedang dibahas. Dari hasil pengamatan tersebut dapat dijadikan evaluasi dari berbagai macam perkembangan dan data yang mengandung unsur kebenaran.

Adapun cara lainnya yaitu seperti studi kepustakaan yaitu suatu teknik pengumpulan data dengan sumber dari buku-buku, jurnal, dan litertur lainya yang ada hubungannya dengan masalah yang sedang dibahas. Selain itu juga dilakukan teknik pengumpulan data dengan wawancara yaitu, suatu teknik pengumpulan data yang dilakukan berupa pertanyaan lisan kepada pegawai orang yang berwenang dan bersangkutan untuk mengungkap hal-hal yang sedang saya bahas. Melalui teknik observasi dan studi kepustakaan sebagai konfirmasi informasi data yang sudah terkumpul.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk mendapatkan gambaran yang jelas dan lengkap tentang masalah yang sedang dibahas dalam laporan ini maka laporan ini dibagi dalam 5 (lima) bab dengan sistematika penulisan adalah sebagai berikut :

- **Bab I Pendahuluan**

  Dalam bab ini saya membahas tentang latar belakang masalah, identifikasi masalah, maksud dan tujuan, manfaat pembahasan, lokasi dan waktu pelaksanaan praktek kerja lapangan, teknik pengumpulan data, serta sistematika penulisan.

- **Bab II Tinjauan Umum**

  Dalam bab ini saya menjelaskan tentang gambaran umum perusahaan seperti sejarah PT. LEN INDUSTRI, tujuan perusahaan, serta struktur organisasi PT. LEN INDUSTRI.

- **Bab III Prinsip Dasar Modul Surya**

  Dalam bab ini saya menerangkan beberapa prinsip dasar modul surya seperti sejarah perkembangan modul surya, sejarah fotovoltaik komersial, perkembangan teknologi sel surya, manfaat modul surya.

- **Bab IV Proses Fabrikasi Solar Module**

  Dalam bab ini saya memaparkan tahapan proses terbentuknya silikon menajdi sel surya, tahapan proses fabrikasi sel surya menjadi modul surya antara lain sebagai berikut. *inspection I, soldering, tabbing, matrixing, inspection II, lay up, laminating, inspection III, terminating, flas test, framing, cleaning, paking*.

- **Bab V Kesimpuan dan saran**

  Dalam bab ini saya memberikan kesimpulan dan saran saya mengenai bahasan dalam laporan yang saya buat ini.

BAB II

GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN

2.1 Sejarah PT. LEN INDUSTRI (PERSERO)

PT LEN INDUSTRI yang berlokasi di Jl . Soekarno - Hatta 442 Bandung adalah salah satu industri yang bergerak di bidang elektronika. Lembaga Elektronika Nasional (LEN), merupakan akar dari PT. LEN INDUSTRI (PERSERO) yang merupakan salah satu unit pemelihara dan pengembangan di lingkungan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).

LEN dibentuk pada tahun 1965 dengan SK Ketua Majelis Ilmu Pengetahuan Indonesia (MIPI) Nomor II/MIPI/A-1/1965dan kemudian menjadi salah satu unit pemelihara dan pengembangan di lingkungan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Pembentukan ini merupakan perwujudan lebih lanjut dari suatu proyek Lembaga Elektronika berdasarkan SK MPRS Nomor 2/1960.

Melalui Kepres Nomor 128/1967, LEN dinyatakan sebagai salah satu lembaga yang bernaung dibawah Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) sesuai dengan nama lembaganya. Secara garis besar tugas utama LEN-LIPI adalah melaksanakan penelitian dan pengembangan dibidang Elektronika yang meliputi bidang-bidang elektronika, tenaga listrik, telekomunikasi, komponen dan sebagainya. Keberhasilan LEN-LIPI pada kurun waktu 1967-1980 dalam memenuhi kebutuhan masyarakat dan pemerintah akan produk-produk Elektronika ditandai dengan tugas tambahan dari pemerintah, melalui Kepres No.17/1980 untuk melaksanakan pembangunan dibidang elektronika. Sejak itu PT. LEN INDUSTRI mampu menyisihkan keuntungan yang diperolehnya untuk membangun prasarana dan sarana yang menyangkut tanah, gedung dan peralatan laboratorium yang berskala semi produksi di kota Bandung.

Pada tahun 1983, berdasarkan Kepres No.59/1983, Keores No.6/1984, LEN-LIPI dinyatakan sebagai salah satu industri strategis dibawah naungan Badan Pembina Industri Strategis (BPIS). Dalam upaya mempersiapkan LEN-LIPI menjadi suatu industri yang berbadan hukum persero, telah dibentuk kelompok kerja / panitia

Antar departemen Perseroan Unit Produksi LEN-LIPI. Kelompok kerja tersebut telah menghasilkan Rencana Peraturan Pemerintah (RPP) untuk pendirian persero LEN dan *study* kelayakan pemerseroan LEN, pada bulan Maret 1986.

Sejalan dengan kegiatan pemerseroan tersebut, LIPI melakukan reorganisasi LEN-LIPI selanjutnya dikembangkan menjadi tiga pusat penelitian dan pengembangan (Puslitbang) dan satu unit pelaksanaan teknis, antara lain sebagai berikut.

1) Puslitbang Telekomunikasi, Elektronika Strategis Komponen dan Materai (TELKOMA).
2) Puslitbang Tenaga Listrik dan Mekatronik (TELIMEK)
3) Puslitbang Informatika dan Komputer (INKOM)
4) UPT Pusat *Laboratorium Enginering Nasional* (Pusat LEN).

Pada tahun 1989, melalui Kepres No.44/1989 pemerintah membentuk Badan Pengelola Industri Strategis (BPIS). LEN dinyatakan termasuk dalam salah satu Industri Strategis yang langsung dibawah pembinaan, pengelolaan dan pengawasan BPIS. Sebagai tindak lanjut dari Kepres tersebut, pada tanggal 8 Maret 1990 telah dilakukan serah terima sarana, prasarana dan perbantuan karyawan puslitbang TELKOMA, TELIMEK, INKOM dan UPT Pusat LEN-LIPI dari menteri / sekretaris Negara kepada Menteri Negara Riset dan Teknologi selaku ketua BPIS. Seluruh sarana dan prasarana serta bantuan yang diserah - terimakan kemudian disatukan kedalam suatu wadah organisasi dan disebut Unit Produksi LEN-BPIS.

Merujuk pada Peraturan Pemerintah No.16 tahun 1991, Lembaran Negara No.22 tanggal 9 Maret 1991, telah terjadi perubahan status dari UP LEN-BPIS menjadi Perusahaan Perseroan (Persero) PT. LEN INDUSTRI. Selanjutnya, melalui peraturan pemerintah no 35 tahun 1998 mengenai penyertaan modal Negara Republik Indonesia untuk pendirian perusahaan perseroan di bidang industri maka PT. LEN berubah menjadi anak perusahaan Persero yang kemudian pada tanggal 17 september 1998 dikembalikan lagi menjadi BPIS. Dengan penglikuiditasan PT BPIS maka pada tahun 2002 staus PT LEN INDUSTRI kembali menjadi perusahaan perseroan (PERSEROAN).

2.2 Tujuan Perusahaan.

Sasaran utama PT LEN INDUSTRI adalah mengembangkan peralatan elektronika profesional dan komponen – komponennya. yang dilaksanakan dengan efisien dan produktif maka hal ini merupakan suatu tujuan dari PT LEN INDUSTRI. Sebagai salah satu Perusahaan di lingkungan industri strategis, PT. LEN INDUSTRI (PERSERO) memiliki tujuan idiil yang dinyatakan sebagai berikut.

> "*Memenuhi kebutuhan nasional dan tuntutan kebutuhan global di bidang elektronika nasional dan komponennya dengan memanfaatkan sumber daya dan kemampuan sendiri demi tercapainya tujuan pembangunan nasional*."

Untuk mencapai tujuan idiil sebagaimana diungkapkan diatas PT. LEN INDUSTRI (PERSERO) pertama-tama bergerak dan mengembangkan diri dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi yang didukung oleh sumber daya manusia berikut fasilitas dan penunjangnya. Sedangkan dalam Perubahan anggaran dasar perusahaan Pasal 3 bahwa tujuan dari perusahaan adalah sebagai berikut.

> *" melaksanakan dan menunjang kebijaksanaan dan program pemerintah di bidang ekonomi dan pembangunan nasional pada umumnya dan khususnya dalam bidang industri Elektronika industri dan prasarana, yang mencakup bidang – bidang Broadcasting, Multimedia, Teknologi Informasi, Elektronika daya, Elektronika Energi, jaringan Telekomunikasi, Sistem Pengendalian dan Pengaturan, Navigasi, Persinyalan Kereta Api, Elektronika Kelautan (Maritim), Elektronika Penerbangan (Avionics), Elektronika Pertahanan baik perangkat lunak maupun perangkat kerasnya,selanjutnya di sebut Elektronika Industri dan Prasarana serta rekayasa di bidang keteknikan lainya dengan menerapkan prinsip – prinsip perseroan terbatas"*.

Selain kedua tujuan diatas PT. LEN INDUSTRI memiliki tujuan jangka panjang yang telah di susun antara lain sebagai berikut.

1) Menjadi pusat keunggulan di bidang elektronika professional dan kompnenya guna meningkatkan Meningkatkan kemampuan nasional di bidang elektronika profesional termasuk elektronika Hankam.

2) Menjadi penunjang utama industri elektronika di Indonesia dengan produksi komponen - komponen elektronika yang dibutuhkan.
3) Menjadi pendorong timbulnya industri pendukung elektronik dan komponen nya.
4) Menjadi salah satu sumber penghasil devisa bagi Indonesia.
5) Menjadi industri elektronika dan komponen tingkat dunia.

Kemampuan PT LEN INDUSTRI mengembangkan usahanya adalah di bidang elektronika profesional sedangkan kemampuan mengembangkan komponen di bidang komponen dan elektronika Hankam masih terbatas meski tidak menutup kemungkinan PT LEN INDUSTRI masih akan mengembangkan bidang – bidangnya yang lain. Pola umum pengembangan PT LEN INDUSTRI akan bertumpu dan dimulai dari elektronika profesional yang kini makin berkembang tidak hanya di bidang elektronika profesional. yang mana pengembangan di bidang Elektronika profesional di mulai dari peralatan yang teknologinya telah terkuasai dan telah diproduksi oleh PT LEN INDUSTRI maka di dapat pola pengembangan sebagai berikut.

1) Peningkatan kualitas dari peralatan yang sudah di produksi dan di kuasai teknologinya serta pemanfaatan teknologi terbaru pada peralatan tersebut.
2) Perencanaan seri terbaru dari peralatan – peralatan yang di produksi maupun di kembangkan dalam versi yang berbeda.
3) Perencanaan peralatan yang teknologinya tidak jauh berbeda dengan peralatan – peralatan yang di produksi dan di kembangkan.

Sedangkan pengembangan di bidang elektronika Hankam dilaksanakan dengan cara berikut.

1) Pembuatan peralatan versi militer dari peralatan elektronika profesional yang teknologinya telah di kuasai.
2) Perencanaan peralatan baru yang teknologinya tak jauh berbeda dengan peralatan versi militer.

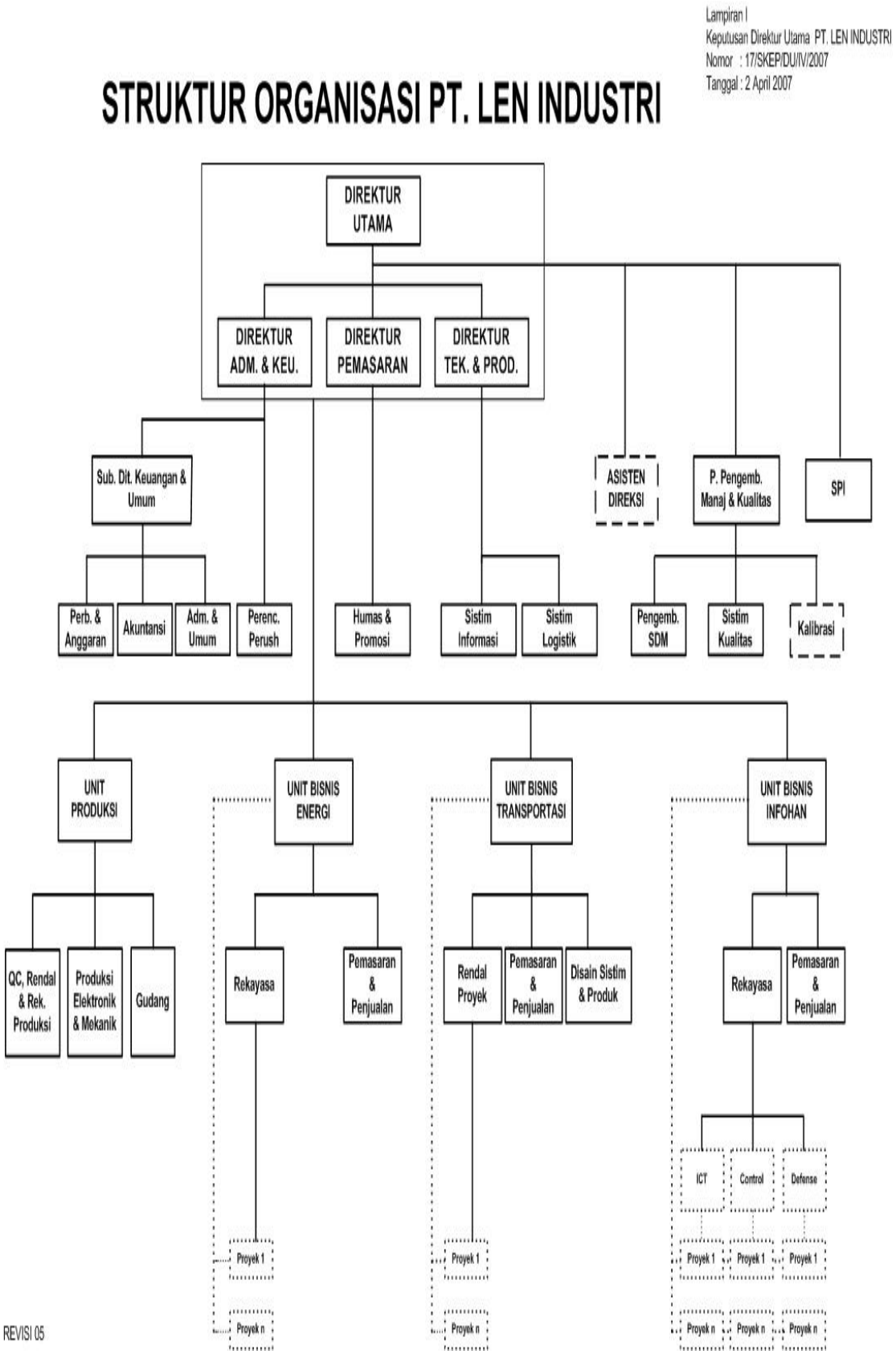
Pola pengembangan di bidang komponen dilaksanakan dengan beberapa usaha diantaranya adalah sebagai berikut.

1) Peningkatan kualitas dan penerapan material baru terhadap komponen - komponen saat ini sudah di kuasai teknologinya dan telah di produksi meliputi komponen *hybrid/costumized* yang baru digunakan pada produksi PT LEN INDUSTRI sendiri.
2) Perencanaan komponen yang sejenis yang di gunakan untuk industri lain.
3) Usaha untuk memproduksi komponen semi-konduktor, bahan mentah, komponen - komponen, barang modal, dan peralatan untuk pemeliharaan, perbaikan serta operasi perusahaan,yang teknologinya telah di kuasai dan juga telah sampai pada tahap skala produksi. Selain di usahakan agar dapat dilaksanakan dalam industri lain dengan memanfaatkan pula kemampuan yang ada disekitar PT LEN INDUSTRI dan lebih mengutamakan komponen *costumized*, akan tetapi komponen umum pun akan di perhatikan agar lebih dapat memantapkan kinerjanya.
4) Pengembangan komponen baru yang teknologinya tidak jauh berbeda dengan komponen yang telah dikembangkan dalam waktu beberapa tahun ke depan, diharapakan produk – produk PT LEN INDUSTRI akan terdiri dari elektronika profesional 40 %, elektronika Hankam 20 %, dan komponen elektronika 40 %.

PT LEN INDUSTRI merupakan salah satu industri yang strategis sehingga industri ini telah merencanakan jauh ke depan sasaran – sasarannya. Walaupun mengenai elektronika yang ada beberapa di datangkan dari luar. Selain itu salah satu sasarannya adalah menjadi pusat keunggulan satu – satunya di kawasan industri elektronika di Indonesia untuk membuat komponen semi-konduktor dan untuk kebutuhan industri itu sendiri.

2.3 Struktur Organisasi PT. LEN INDUSTRI

Dalam mencapai tujuan perusahaan, perusahaan memerlukan pemisahan atau pembagian tugas, susunan wewenang dan tanggung jawab yang ada dalam perusahaan agar tercipta interaksi yang baik dalam kerjanya. PT LEN INDUSTRI dalam operasionalnya dipimpin oleh dewan direksi yang dikepalai oleh direktur utama yang dibantu oleh direktur teknologi dan produksi, direktur pemasaran, dan direktur administrasi keuangan. yang bertanggung jawab dalam mengawasi dan mengelola seluruh jalanya kegiatan perusahaan.yang dibawahi oleh masing-masing staff diantaranya sub dit keuangan dan umum, asisten direksi, pengembangan manajemen dan kualitas, juga SPI. yang dibantu oleh masing-masing staff yang ada dibawahnya seperti perbaikan dan anggaran, akuntansi, administrasi dan umum, perencanaan perusahaan, humas dan promosi, sistim informasi, sistim logistik, pengembangan SDM, sistim kualitas, kalibrasi. Selain mengawasi staff diatas tugas lainya yaitu yaitu mencakup bidang unit produksi, unit bisnis dan energi, unit bisnis transportasi, dan unit bisnis infohan. yang mana setiap devisi tersebut dibantu oleh masing-masing staffnya seperti QC, rendal dan rekayasa produksi, produksi elektronik dan mekanik, gudang, rekayasa, pemasaran dan penjualan, rendal proyek, pemasaran dan penjualan, disain sistim dan produk. Untuk staff rekayasa dibawahi oleh ICT, bagian control, *defense*. Tugas lain dari unit bisnis energi, unit bisnis transportasi, unit bisnis infohan dan rekayasa yaitu menjalankan proyek perusahaan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada bagan struktur organisasi PT.LEN INDUSTRI (PERSERO) adalah sebagai berikut pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 : Bagan Struktur Organisasi PT. LEN INDUSTRI

2.3.1 Direktur Utama

Direktur Utama PT LEN INDUSTRI merupakan pemimpin dan memiliki tugas-tugas sebagai berikut.

1) Merumuskan kebijakan – kebijakan dalam semua bidang yang meliputi perusahaan.
2) Memimpin dan mempertimbangkan kebijakan yang akan di jalankan oleh perusahaan dalam rapat dengan direktur.
3) Membina disiplin, mengarahkan, membimbing dan mendorong karyawan dalam meningkatkan efiktivitas dan efisiensi kerja.
4) Mengangkat, menurunkan, memindahkan, dan memberhentikan karyawan untuk kepala bagian, staff dan lainya.
5) Mengadakan penilaian – penilaian terhadap kegiatan perusahaan secara berkala dan mengadakan perbaikan bila perlu.

2.3.2 Pusat *Quality Assurance*

Pusat *Quality Assurance* (PQA) adalah organ dari struktur organisasi PT. LEN INDUSTRI yang dipimpin oleh seorang *General Manager Eselon IB* Perusahaan dengan fungsi dan tugas pokok sebagai berikut.

1) Membantu Direksi dalam merencanakan, dan mengembangkan sistem manajemen mutu Perusahaan, dalam usahanya untuk secara terus menerus meningkatkan mutu produk dan jasa sesuai dengan kebijakan Perusahaan.
2) Melaksanakan tugas khusus di bidangnya dari Direksi.

2.3.3 Sekretaris Perusahaan

Sekretariat Perusahaan adalah organ dari stuktur organisasi PT.LEN Industri yang dipimpin oleh seorang Sekretaris Perusahaan (*Corporate Secretary*) *Eselon IB* Perusahaan, dengan fungsi dan tugas pokok sebagai berikut.

1) Membantu Direksi dalam menangani Hubungan antar Perusahaan, Pemerintah aliansi bisnis baik dari dalam negeri maupun luar negeri.
2) Menyelesaikan berbagai kegiatan yang menyangkut hak paten / merek, aspek hukum lainnya yang diperlukan Perusahaan;
3) Melakukan fungsi lain yang ada hubungannya dengan tugas kesekretariatan perusahaan secara khusus ditugaskan Direksi.

2.3.4 Satuan Pengawas Intern

Satuan Pengawas Intern adalah struktur organisasi PT. LEN INDUSTRI yang dipimpin oleh seorang *General Manager Eselon IB* Perusahaan, dengan fungsi : sebagai berikut.

1) Melakukan pengawasan dan pengendalian terhadap pengelolaan manajemen Perusahaan yang dilaksanakan oleh seluruh unit organisasi Perusahaan.
2) Melaksanakan tugas khusus di bidangnya dari Direksi.

Dalam tugasnya Kepala Satuan Pengawas Intern dibantu oleh karyawan yang melakukan fungsi :

1) Pengawas Keuangan
2) Pengawas Operasional

2.3.5 Unit Bisnis Elektronika Multimedia

Unit Bisnis Elektronika Multimedia adalah organ dari struktur organisasi PT. LEN INDUSTRI yang dipimpin oleh seorang *General Manager (GM) Eselon IA* Perusahaan, dengan fungsi dan tugas pokok sebagai berikut.

Adapun fungsi dari *General Manager (GM) Eselon IA* yaitu sebagai berikut.

1) Mengelola Unit Bisnis Elektronika Multimedia secara efektif dan efisien berdasarkan strategi dan sasaran yang ditetapkan Perusahaan
2) Melaksanakan tugas khusus di bidangnya dari Direksi

Dalam tugasnya GM Unit Bisnis Elektronika Multimedia diantaranya membawahi sebagai berikut.

1) Manajer Departemen *Eselon IIA* Perusahaan, dengan tugas sebagai manajer departemen pemasaran dan penjualan serta manajer departemen rekayasa.
2) Koordinator proyek sesuai dengan kebutuhan proyek yang ditangani serta tenaga profesional sesuai dengan kebutuhan Unit Bisnis.

Dengan tugas pokoknya adalah sebagai berikut.

1) Melakukan analisis kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats - SWOT*) dengan mengacu pada strategi dan kebijakan Perusahaan.
2) Mempertimbangkan masukan yang diberikan oleh Departemen Pemasaran dan Penjualan serta Departemen Pemasaran Ekspor dalam memajukan performansi Unit Bisnis.
3) Merencanakan strategi dan sasaran Unit Bisnis berdasarkan hasil analisis *SWOT* dan mengusulkan kepada Direksi.
4) Merencanakan program anggaran biaya dan pendapatan serta *cash flow* Unit Bisnis, dengan persetujuan Direksi.
5) Mengendalikan program pada Unit Bisnis mulai dari kegiatan pemasaran, penjualan, desain dan pengembangan produk terutama yang menjadi produk unggulan (OBM, ODM, OEM), keuangan, utilisasi fasilitas dan peralatan, pembinaan karyawan, serta kegiatan pendukung yang lain.
6) Dalam hal performansi keuangan harus bekerja sama dengan akuntansi korporasi sehingga setiap saat dapat dimonitor dan dapat diambil keputusan secara tepat.
7) Memantau dan bertanggung jawab atas penerapan sistem manajemen mutu di lingkungan Unit Bisnis.
8) Melakukan evaluasi ketidaksesuaian pelaksanaan kegiatan Unit Bisnis, dan memberikan arahan pelaksanaan tindakan koreksi / pencegahan yang diperlukan.
9) Menyusun laporan dan mempertanggungjawabkan performansi Unit Bisnis kepada Direksi dalam pertemuan tinjauan manajemen Perusahaan.

2.3.6 Departemen Pemasaran dan Penjualan

Departemen Pemasaran dan Penjualan adalah organ dari struktur organisasi PT. LEN INDUSTRI yang dipimpin oleh seorang Manajer Departemen *Eselon IIA* Perusahaan, dengan fungsi dan tugas pokok sebagai berikut.

1) Mengelola kegiatan Pemasaran dan Penjualan secara efektif dan efisien berdasarkan perencanaan Unit Bisnis

2) Melaksanakan tugas khusus di bidangnya dari GM Unit Bisnis.

Dalam tugasnya Manajer Departemen Pemasaran dan Penjualan dibantu oleh karyawan yang melakukan fungsi sebagai berikut.

1) Pemasaran
2) Penjualan

Dengan tugas pokoknya adalah sebagai berikut.

1) Merencanakan penjualan dan membuat Business Plan baik jangka pendek maupun jangka panjang Unit Bisnis untuk keperluan RKAO, RKAP, dan RJPP.
2) Melaksanakan riset pasar (identifikasi besarnya pangsa pasar, segmentasi, banyaknya pesaing) dan studi kelayakan produk yang sudah, sedang dan yang akan dikembangkan oleh Unit Bisnis serta menjalankan kerjasama bisnis dengan mitra bisnis di dalam maupun di luar negeri.
3) Melakukan analisis dan evaluasi hasil riset untuk menetapkan strategi memasuki pasar pada waktu yang paling tepat (*time to market*).
4) Bersama-sama dengan GM Unit Bisnis, Departemen Pemasaran Ekspor serta Direktur Komersial merumuskan strategi pemasaran dan menetapkan produk strategis untuk peningkatan bisnis di masa datang.
5) Melakukan akses pasar atau melakukan pendekatan pada *customer* hingga yakin ada indikasi bahwa calon *customer* dapat menerima proposal atau produk yang ditawarkan.
6) Melaksanakan aktivitas penjualan dan perluasan pasar dalam kaitan dengan peningkatan penjualan.
7) Bekerjasama dengan Kepala Unit Bisnis, merencanakan dan melaksanakan kegiatan-kegiatan promosi yang efisien dan efektif seperti pameran, seminar dan lain-lain untuk kepentingan bisnis perusahaan dan sesuai dengan rencana pengembangan bisnis.
8) Melaksanakan kegiatan administrasi seperti perjanjian kerja sama, kontrak pekerjaan, administrasi instalasi dan purna jual, administrasi yang berkaitan dengan operasi pemasaran dan penjualan.

9) Menyiapkan dan mengkaji ulang setiap draft dokumen kontrak bersama unit terkait sebelum pengesahan.
10) Membantu kelancaran penagihan piutang atas proyek unit bisnis berdasarkan surat perjanjian yang ada.
11) Melaksanakan pengendalian peraturan perundangan dan dokumen acuan antara lain : keputusan pemerintah, undang-undang perpajakan, referensi kerja yang dipergunakan serta menyimpan semua *record* hasil kegiatan departemen pemasaran dan penjualan.
12) Menganalisis data keluhan pelanggan serta melakukan koordinasi dengan Fungsi Hukum dalam menyelesaikan masalah hukum yang terjadi akibat kegiatan unit Bisnis.
13) Mengelola setiap informasi yang diperoleh dari hasil kegiatan Departemen Pemasaran dan Penjualan.
14) Melakukan evaluasi ketidaksesuaian pelaksanaan kegiatan Departemen Pemasaran dan Penjualan, dan memberikan arahan terhadap tindakan pencegahan yang diperlukan, serta analisis data untuk peningkatan kemampuan proses pemasaran.

BAB III

PRINSIP DASAR MODUL SURYA

Pada dasarnya di dalam kristal silikon terdapat berderet-deret atom silikon yang begitu panjangnya menuju tak terhingga dengan beberapa atom boron serta fosfor, tiga dasar unsur tersebut merupakan penyusun sebuah sel surya yang saling berubungan dan dapat menghasilkan arus listrik. Ketika gelombang surya yang jatuh pada permukaan sel surya (*solar cell*), akan menimbulkan perbedaan tegangan antara lapisan tipe-n dan tipe-p. Hal ini terjadi karena perpindahan elektron yang dapat menghasilkan listrik. Peristiwa ini dipergunakan sebagai dasar pembuatan sel surya, beberapa kumpulan sel surya yang di gabungkan disebut modul surya.yang dapat menghasilkan listrik dan banyak digunakan pada daerah yang belum tersedia jaringan listrik PLN.

3.1 Sejarah Perkembangan Modul Surya

Pada dasarnya sejarah perkembangan modul surya dimulai dengan adanya periode Fisika dimana sejarah sel surya (fotovoltaik) tidak terlepas dari sejarah fisika. Dilanjutkan tahun 1550 pada periode ini disebut periode awal zaman Yunani, *Thales ot Melitus, Phytogras, Anaxagoras, Empedocles, Democritus, Aristotle, Arisstrarcus, Archimides, Ptolemy, Roger Bacon, Leonardo da Vinci, Copernicus*. Tahun 1564-1800 ini merupakan metode percobaan. *Galileo Galilei, Tycho Brache, Kepler, Torricelli, Pascal, Newton, Huygens, Hooke, Coloumb*. Tahun 1800 ini merupakan sejarah fisika klasik diantaranya *Davy, Carrot Joule, Kelvin , Fresnel , Gfalvani, Faraday, Hendry, Maxwall, Berzelius, becequered*. Tahun 1839 adanya efek fotovoltaik yang pertama kali diidentifikasi oleh seorang ahli fisika berkebangsaan prancis *Alexandre Edmond Becquerel*. Kemudian tahun 1883 merupakan pertama kali bahan *solar sel* berhasil dibuat oleh *Charles Fritts* dimana pada saat itu membuat semi-konduktor Selenium yang dilapisi emas yang sangat tipis sehingga berhasil membentuk rangkaian seperti hubungan semi-konduktor tipe-p dan tipe-n. Pada saat itu efisiensi yang didapat baru sekitar satu persen. Pada perkembangan berikutnya seorang ahli peneliti bernama *Russel Olh* dikenal sebagai orang pertama yang membuat tentang alat *solar sel* modern. yang

terjadi pada tahun 1890-kini ini merupakan sejarah dari adanya fisika modern yang ditandai dengan adanya *fotoelektrik.*

3.1.1 Sejarah fotovoltaik Komersial

Jika dilihat dari segi pengembangan sel surya, banyak harapan yang ditujukan pada pengembangan sel-sel dengan harga yang cukup murah untuk meringankan masalah energi meskipun seluruh industri fotovoltaik di dunia baru sekitar 10 tahun. Sel surya yang praktis dibuat 30 tahun yang lalu, sedang dasar-dasar teori pemahaman fotovoltaik baru dapat dipaparkan awal saat ini. Pada akhir abad ke-19 adanya fenomena tentang cahaya yang menimpa sel cair hingga menghasilkan arus listrik telah diamati tetapi tidak diperoleh penjelasan lebih lanjut. Kemudian pada awal abad ke-20 *Albert Enstein* menyajikan suatu penjelasan terhadap fenomena serupa, yaitu ”*Efek Photovoltaic*”. Dalam mengamati efek fotovoltaik, cahaya pada suatu permukaan logam dan suatu aliran listrik yang keluar dari logam ditemukan. kemudian menerangkan bahwa cahaya itu sendiri terdiri dari suatu aliran ”*foton*” *renk* atau partikel dari energi cahaya. Sejak penerapan otomatisasi, maka terjadi kemajuan dalam rancangan dan pembuatan fotovoltaik, yang dapat menekan biaya pengeluaran energi. Jika harga fotovoltaik turun dan harga bahan bakar minyak naik, jumlah penerapan dan pasaran untuk fotovoltaik sebagai daya listrik menjadi alternatif ekonimis yang cukup menarik, hal ini dapat memberikan dampak yang positif terhadap industri fotovoltaik.

3.1.2 Perkembangan Teknologi sel surya

Pengembangan fotovoltaik sangat berguna bagi kepentingan negara maupun pribadi, secara nasional pengembangan fotovoltaik ini dapat menumbuhkan industri, keamanan di bidang energi, alternatif energi dan yang terpenting melestarikan lingkungan. Pada saat fotovoltaik ini mencapai tahap komersial, jika dilihat dari teknologinya baru ada lima jenis tetapi dalam laporan kerja praktek ini penulis hanya akan memberikan empat jenis teknologi *Photovoltaic* yaitu : mono-kristsal, Polikristal, a-Si 4. ribbon, konsentrasi. di samping ini masih banyak yang sedang di teliti dan dikembangkan. Berikut penjelasan tentang jenis teknologi sel surya.

Generasi pertama dari sel surya adalah jenis *wafer* (berlapis) silikon kristal tunggal (monokristal). Generasi pertama dari sel surya (fotovoltaik) adalah konfigurasi normal untuk sel surya (fotovoltaik) yang terdiri dari P-N Mono-kristal silikon materialnya mempunyai kemurnian yang tinggi 99,999%. Dengan menggunakan metode *Czochralski*, hasilnya berbentuk silinder dengan panjang 12 cm, diameter tertentu 2 s.d 5 inch, memiliki ketebalan *wafer* 250 mikrometer. *Wafer* ini yang menjadi material dasar untuk pembuatan sel fotovoltaik berupa tipe p atau n kemudian *wafer* akan diproses membentuk *p-n junction* dengan difusi, *ion implantation*, atau teknologi lainya. Efisiensi rata-rata modul fotovoltaik yang telah dikomersial 12,3% dengan kapasitas modul 56 Wp.

Generasi kedua dari fotovoltaik yaitu polikristal, dikarenakan material untuk pembuatan mono kristal dirasakan masih cukup mahal maka untuk menurunkan material ini dipergunakan material polikristal, yang memiliki ukuran 40 × 40 cm^2, 10 × 10 cm^2,. 15 × 15 cm^2 (efisiensi yang dikeluarkan hingga 100 Wp dengan efisiensi 15 %) efisiensi modul fotovoltaik polikristal yang komersial dicapai 9,5%. Pada saat ini telah dikembangkan mencapai 16% s.d 18%.

Sedangkan untuk generasi ketiga antara lain sebagai berikut.

1) HEM *Heat Exchanger Methode* dengan mempergunakan proses cor (*casting*) yang umumnya untuk material monokristal atau polikristal dengan panjang 30 – 35 cm, kemudian dipotong-potong dengan mengunakan ”*fast silikon machines*” teknologi pemotongan yang lebih maju.
2) *EFG The Edge Defined Film Growth Ribbon*, proses ini menimbulkan *wafer* monokristal seperti pita langsung dari cairan silikon dengan menggunakan pipa kapiler, dengan lebar 5 -10 cm dengan ketebalan 250 - 350 mikrometer dengan efisiensi sampai 13%.
3) *WEB The Dendrite Web Growth proses*. Proses ini hampir mirip dengan EFG, dengan lebar 12 cm panjang 150 m dengan ketebalan 500 mikrometer dengan efisiensi 13%.

Generasi ke empat atau thin film, thin film dengan ketebalan sekitar 10µm di atas substrat kaca atau stell atau juga disebut *advace sel fotovoltaik*. Permasalahan

umum teknologi ini adalah terjadinya penurunan efisiensi atau tidak stabil setelah beroprasi, mislanya Fuji Elektrik. Luas sel 30 × 40 cm^2 sesudah 13000 jam di test efisiensi turun dari 10,7 menjadi 9,7 %. Permasalahan kedua adalah ”engkapsulasi” atau pelindung yang harus sempurna agar tidak terjadi oksidasi.

3.2 Manfaat Modul Surya

Adapun manfaat dari energi surya yang dihasilkan oleh modul surya diantaranya sebagai berikut.

1) Energi surya yang dihasilkan oleh modul surya dapat dimanfaatkan yaitu sebagai penerangan rumah tangga (*Solar Home System)*.untuk daerah pedesaan yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik PLN di Indonesia.
2) Sebagai lampu penerangan jalan (*Solar Street lamp*)
3) Energi surya yang dihasilkan oleh modul surya juga dapat dimanfaatkan sebagai wartel satelit tenaga surya (*Solar Satellite Public Phone*), hal ini diharapkan khususnya warga pedesaan dapat mempermudah dalam penyampaian informasi.
4) Energi surya juga dapat dimanfaaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga hibrida(*Hybrid Solar Diesel*) dan sistem pompa air tenaga surya (*Solar Pumping System*).
5) Di samping itu energi surya bisa juga digunakan untuk para nelayan untuk penerangan di bagian apung atau tancap, hingga sistem pengisian batrai radio komunikasi di lapangan.

BAB IV

PROSES PABRIKASI MODUL SURYA

Pada dasarnya Masalah energi tampaknya akan tetap menjadi topik yang hangat sepanjang peradaban umat manusia. Upaya mencari sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak bumi masih tetap ramai dibicarakan. Ada beberapa energi alam sebagai energi alternatif yang bersih, tidak berpolusi, aman dan dengan persediaan yang tidak terbatas. Di antaranya adalah energi surya, angin, gelombang dan perbedaan suhu air laut. Di masa yang akan datang, dengan adanya kebutuhan energi yang makin besar, penggunaan sumber energi listrik yang beragam tampaknya tidak bisa dihindari. Energi surya merupakan satu-satunya sumber energi bagi bumi yang dapat dikembangkan untuk mengatasi masalah ketersediaan energi yang belum tercukupi. Adapun pemanfaatan energi surya tersebut yaitu dengan menggunakan Teknologi fotovoltaik yang mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan divais semikonduktor yang disebut sel surya (*solar cell*).

Energy surya atau dalam dunia internasional lebih dikenal sebagai *solar cell* atau *photovoltaic cell*, merupakan sebuah *divais* semikonduktor yang memiliki permukaan yang luas dan terdiri dari rangkaian dioda tipe p dan n, yang mampu merubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. Pengertian fotovoltaik sendiri merupakan proses merubah cahaya menjadi energi listrik. Oleh karena itu bidang penelitian yang berkenaan dengan energi surya ini sering juga dikenal dengan penelitian *photovoltaic*. *photo*s yang berarti cahaya dan volta tegangan listrik. Sehingga dapat diartikan sebagai cahaya dan listrik *photovoltaic.*

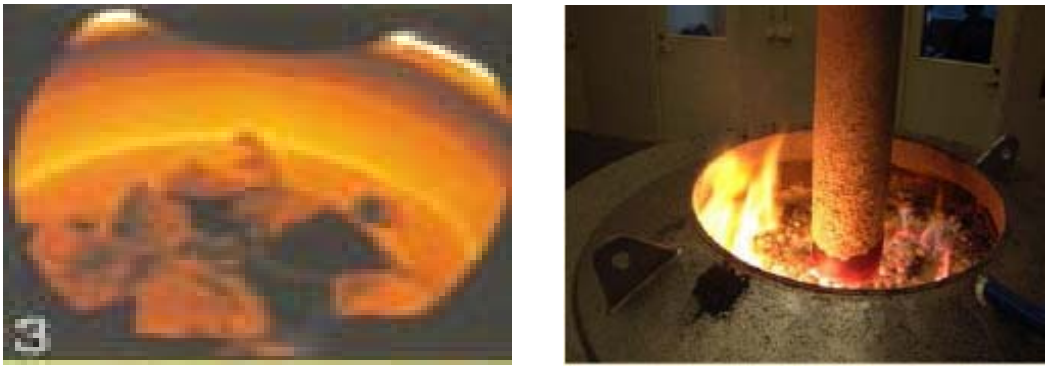
4.1 Tahapan Proses Terbentuknya Silikon Menjadi Sel Surya

Pada tahap ini penulis akan memaparkan tahapan-tahapan terbentuknya silikon polikristal menjadi sel surya sebagai berikut.

1) Tahap pertama ditunjukan pada **Gambar 4.1** yang merupakan pasir silika **Gambar 4.2** yaitu proses peleburan pasir silika (*silikon polykristal*) sehingga menjadi silikon cair dengan cara dipanaskan hingga meleleh dengan suhu yang digunakan sekitar 1420^0C.

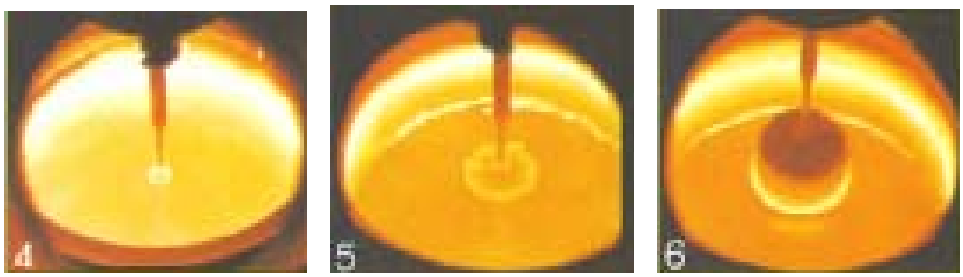


Gambar 4.1 : ***Silikon Polykristal***



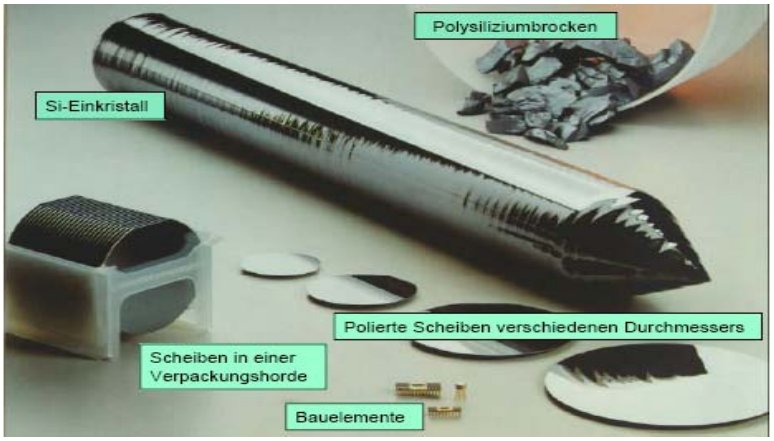
Gambar 4.2 : Proses Peleburan ***Polykristal Silikon***

2) Tahap kedua ditunjukan pada **Gambar 4.3** yaitu pemurnian dari pasir silika yang telah meleleh menjadi jadi metal grade dengan metode *Czochralsky* yaitu dengan menggunaan alat yang menyerupai jarum dengan cara diputar sehingga terbentuk suatu kumpulan sel surya yang berbentuk batangan silinder memanjang dengan ukuran 150 ±0,5mm (maximal 300mm).



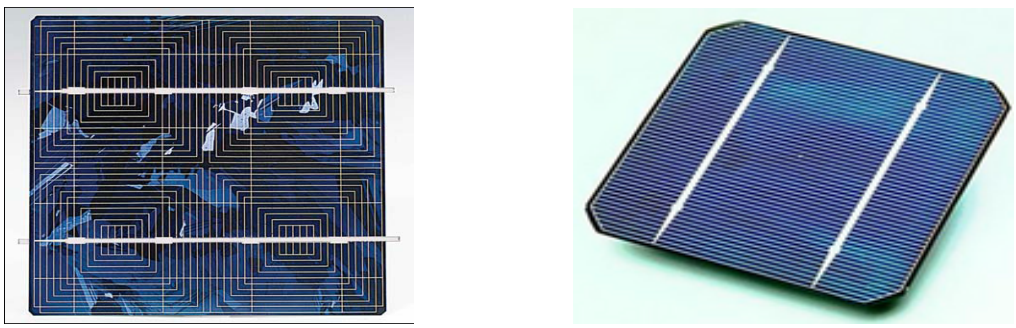
Gambar 4.3 : Proses Pemurnian Silikon Polikristal yang Meleleh dengan Metode *Czochralsky*

3) Tahap ke tiga ditunjukan pada **Gambar 4.4** yaitu pembekuan pasir silika yang telah meleleh yang dibentuk menjadi batang kristal silindris sehingga dapat dipotong setebal 0,3mm maka terbentuklah sel-sel silikon yang tipis atau yang disebut juga dengan sel surya fotovoltaik.



Gambar 4.4 : Proses Pemotongan Batang Silikon yang Beku

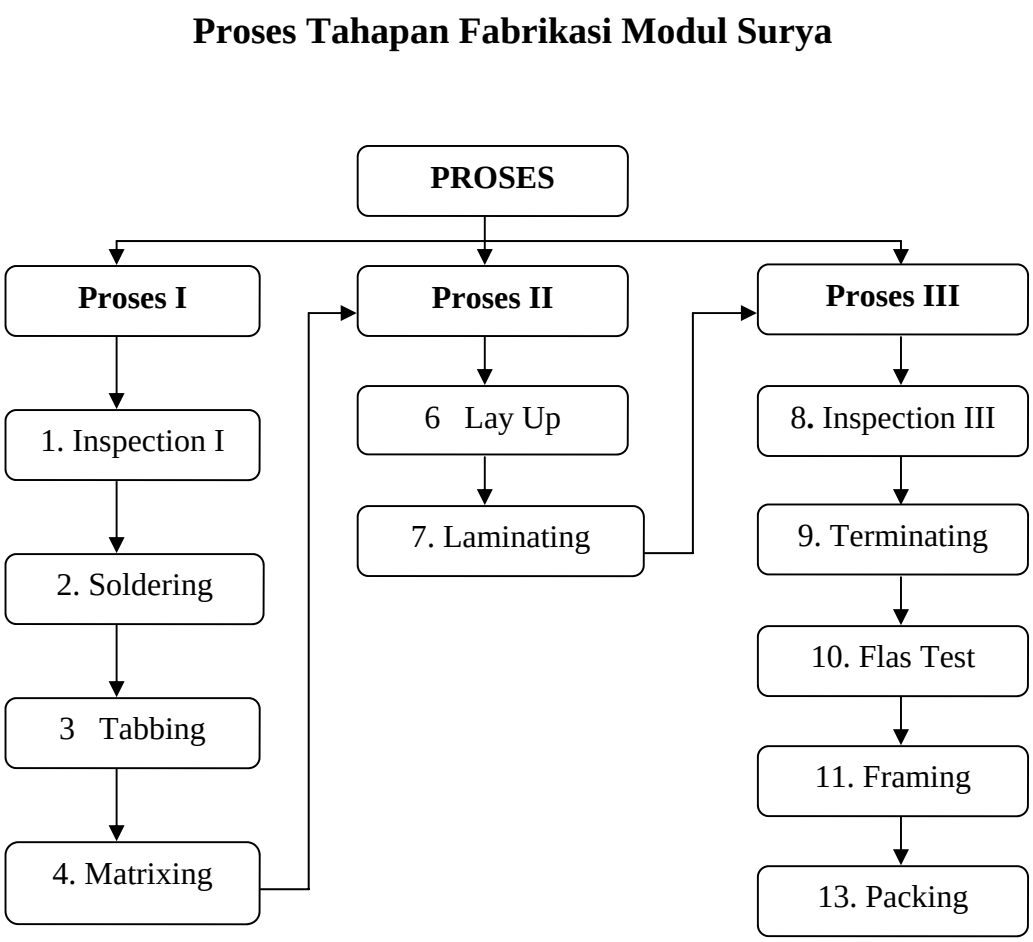
4) Tahap ke empat ditunjukan pada **Gambar 4.5** yaitu membuat kumpulan sel-sel surya menjadi keping sel surya dengan ukuran setiap keping silikon 15cm × 13,3cm.



Gambar 4.5 : Penampang Keping Silikon

4.2 Tahapan Proses Fabrikasi Sel Surya Menjadi Modul Surya

Pada tahapan ini penulis akan memaparkan langkah-langkah proses pabrikasi sel surya menjadi solar modul yang diproduksi oleh PT LEN INDUSTRI (Persesro) berikut bagan proses fabrikasi modul surya **Gambar 4.6**



Gambar 4.6: Bagan Proses Tahapan Fabrikasi Modul Surya

4.2.1 *Inspection I*

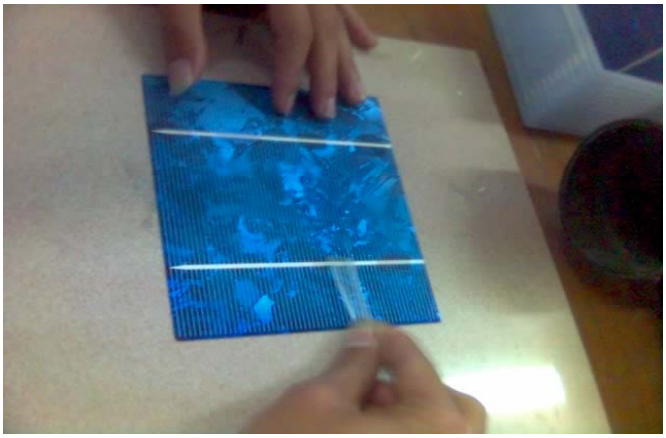
Proses *inspection I* merupakan proses pendeteksian kualitas sel surya dengan menggunakan alat pengukur arus dan tegangan *I-V meter* yang ditunjukan pada **Gambar 4.7**. alat ini digunakan untuk mengetahui apakah setiap sel surya menghasilkan tegangan dan arus,untuk setiap sel surya memiliki garis metal sebagai jalur konduktor yang difungsikan sebagai penghantar arus.



Gambar 4.7 : I-V Meter Alat Pengukur Arus dan Tegangan

4.2.2 *Soldering*

Proses *soldering* merupakan tahap penyolderan dengan menggunakan *hand solder*, sebelum dilakukan penyolderan sel surya dilapisi cairan terlebih dahulu yaitu dengan menggunakan cairan *fluks* pemberian cairan *fluks* ditunjukan pada **Gambar 4.8,** cairan ini berfungsi sebagai penghilang karat yang terdapat pada sel surya, setelah tahap ini selasai kemudian dilakukan proses gurinda dengan menggunakan alat *hand grinding*. Proses ini dimaksudkan agar sel surya tidak terlalu licin saat dilakukan penyolderan. Pada tahap penyolderan ini jarak yang digunakan harus sama untuk setiap sel surya. agar sel tetap bersih maka digunakan alat penyedot udara untuk membersihkan sisa hasil dari gurinda. setelah tahap ini selesai maka tahap penyolderan pun dilakukan dengan bagian depan sel surya merupakan terminal negatif dan bagian belakang sel surya merupakan bagian terminal positif.



Gambar 4.8 : Proses Pemberian Cairan *Fluks* sebagai Penghilang Karat

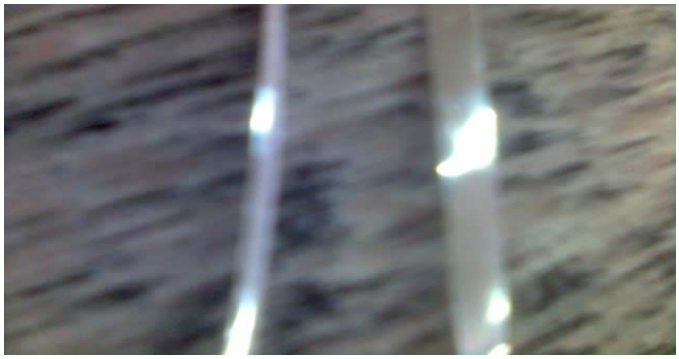
4.2.3 *Tabbing*

Proses *Tabbing* merupakan tahap pemasangan kawat *tabbing* yang terbuat dari bahan timah dengan ukuran kawat yang digunakan sebagai penyambung setiap sel surya baik terminal positif maupun terminal negatif masing masing 0,1mm ditunjukan pada **Gambar 4.9**, pada tahap ini antara terminal positif dan terminal negatif digabungkan dengan cara disolder dengan menggunakan alat *hand solder* yang tersusun secara seri **Gambar 4.10**. Pada tahap ini juga kita dapat menentukan daya yang diinginkan dengan menentukan berapa jumlah keping sel surya yang harus digunakan jika setiap sel surya memiliki karakteristik tegangan sebesar 0,5 dari silikon dan arus yang dihasilkan 6A maka daya yang didapat :

$$P = V \times I$$

$$P= 0.5 \times 6 = 3Watt$$

Pada tahap ini juga kita dapat menentukan berapa jumlah sel surya yang harus digunakan untuk menentukan daya yang diinginkan bagi setiap pembuat modul surya.



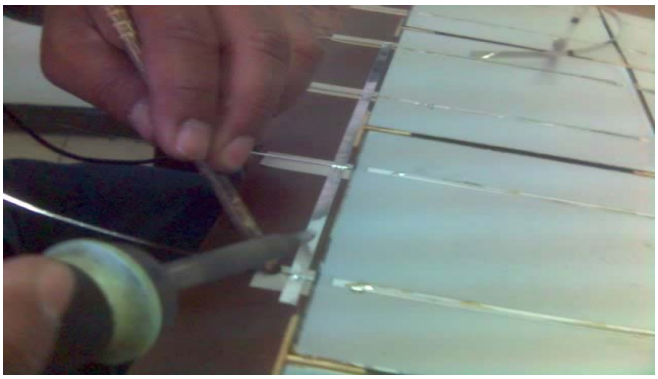
Gambar 4.9 : Penampang Kawat dengan Ukuran 0.1mm dan 0.3mm



Gambar 4.10 : Proses *Tabbing P-N Junction*

4.2.4 *Matrixing*

Proses *matrixing* ditunjukan pada **Gambar 4.11**. Merupakan proses penyambungan setelah tahap terminal positif dan terminal negatif terhubung menjadi rangkaian seri, didalam proses *matrixing* ini dilakukan dengan cara menghubungkan tepi-tepi terminal dengan menggunakan kawat timah dengan ukuran 0,3mm dengan cara disolder mengggunakan alat *hand solder* sehingga rangkaian terhubung pararel satu sama lain.



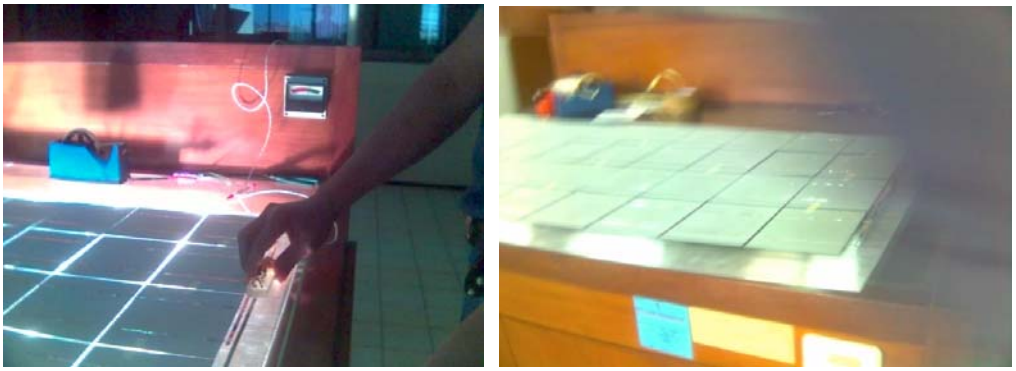
Gambar 4.11 : Proses *Matrixing*

4.2.5 *Inspection II*

Proses *inspection II* merupakan proses pengetesan tegangan setelah melakukan proses *matrixing* yaitu dengan menggunakan meja simulasi cahaya **Gambar 4.12** dan **Gambar 4.13**, meja ini dilengkapi dengan tiga buah lampu dengan daya masing-masing lampu 1000watt dimana besarnya intensitas cahaya yang dihasilkan oleh tiga buah lampu tersebut sama dengan intensitas cahaya matahari biasa. proses ini dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat tegangan apa tidak pada rangkaian sel surya yang telah terhubung satu sama lain karena pada tahap ini merupakan proses yang sangat penting dalam pembuatan modul surya jika pada rangkaian yang telah terhubung terdapat rangkaian yang *short circuit* maka pembuatan modul surya dapat dikatakan gagal, sehingga proses harus diulang kembali.kegagalan ini mengakibatkan modul surya yang telah dibuat tidak dapat digunakan karena tidak menghasilkan tegangan yang diharapkan selain itu sel surya memiliki karakteristik yang sensitif salah satunya sel surya merupakan kepingan yang sangat tipis sehingga mudah patah.



Gambar 4.12 : Meja Simulasi Cahaya Buatan



Gambar 4.13 : Proses *Inspection II*

4.2.6 *Lay Up*

Proses *lay up* merupakan proses pelapisan sel surya yang telah terhubung yaitu dengan menggunakan kaca (*tempered glass*), bahan *polimer Ethylene vinyl Acetate* (EVA). Pada proses *lay up* ini digunakan Meja *lay up* **Gambar 4.14** yaitu meja yang dilengkapi dengan kaca dan cermin untuk mengetahui jika rangkaian sel surya terjadi *short circuit*. tahap pertama dari proses *lay up* yaitu dengan meletakan kaca diatas meja *lay up* jenis kaca yang digunakan merupakan kaca *low iron* (yang memiliki kandungan besi yang rendah). Kemudian tahap kedua dari proses *lay up* yaitu pembersihan kaca, kaca terlebih dahulu dibersihkan terlebih dahulu dengan menggunakan Cairan *Iso Propil Alkohol* (IPA) dengan cara disemprotkan keseluruh bagian kaca cairan ini difungsikan agar tidak ada kontaminasi. Tahapan ketiga dari proses *lay up* yaitu sel surya yang telah terhubung diletakan diatas kaca dengan bagian negatif menyentuh permukaan kaca. Jika pada tahap ini tidak terjadi *short circuit* maka tahap pelapisan pun dilakukan. Tahapan keempat dari proses *lay up* yaitu pemasangan bahan *polimer Ethylene vinyl Acetate* (EVA) pada bagian atas (negatif sel surya), selanjutnya

tahap terakhir yaitu pemasangan lapisan *tedlar layer* pada bagian bawah bahan polimer yang digunakan untuk mengikat antara kaca dan *tedlar layer* maka tahap *lay up* pun telah selesai.



Gambar 4.14 : Proses *Lay up*

4.2.7 *Laminating*

Proses *laminating* merupakan proses pelelehan bahan *polimer Ethylene vinyl Acetate* (EVA) setelah proses *lay up* selesai selanjutnya sel surya yang telah dilapisi tersebut dimasukan kedalam mesin Laminasi SPI-LAMINATOR 350 yang ditunjukan pada **Gambar 4.15**. Proses ini berlangsung selama kurang lebih 15 menit dan suhu yang digunakan sebesar 150^0C dan besarnya hampa udara di dalam vakum sebesar $10^{-3.}$,proses ini merupakan proses pelelehan bahan *polimer Ethylene vinyl Acetate* (EVA) sehingga antara sel surya, kaca, dan *tedlar layer* dapat merekat yang salah satunya dengan cara divakum hal ini difungsikan agar udara tidak masuk kedalamnya, mesin laminasi SPI-LAMINATOR 350 ini bekerja secara otomatis ketika mesin ini mencapai suhu 150^0C maka mesin akan berhenti secara otomatis ditunjukan pada **Gambar 4.16** dan proses laminasi pun telah selesai **Gambar 4.17** .



Gambar 4.15 : Mesin Laminasi SPI LAMINATOR 350



Gambar 4.16 : Tombol Otomatis



Gambar 4.17 : Proses *Laminating*

4.2.8 *Inspection III*

Proses *inspection III* merupakan proses pengetesan tegangan setelah proses *laminating* selesai. Pada proses ini sama dengan proses pada *inspection II* yaitu dengan menggunakan meja simulasi cahaya ditunjukan pada **Gambar 4.18**, meja ini dilengkapi dengan tiga buah lampu dengan daya masing-masing lampu 1000 watt dimana besarnya intensitas cahaya yang dihasilkan oleh tiga buah lampu tersebut sama dengan intensitas cahaya matahari biasa. Proses *inspection III* ini dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat tegangan apa tidak pada rangkaian sel surya yang telah mengalami proses laminasi karena pada tahap ini merupakan proses yang sangat penting dalam pembuatan modul surya jika pada rangkaian yang telah terhubung terdapat rangkaian yang short sirkuit maka pembuatan modul surya dapat dikatakan gagal, sehingga proses harus diulang kembali.

kegagalan ini mengakibatkan modul surya yang telah dibuat tidak dapat digunakan.



Gambar 4.18 : Proses *Inspection III*

4.2.9 *Terminating*

Proses *terminating* merupakan proses pelubangan modul surya dengan menggunakan alat seperti obeng, tang dan bor yang digunakan untuk melubangi modul surya. Disini terdapat tiga buah kabel terminal yang mana kabel pertama difungsikan sebagai terminal positif, bagian kedua difungsikan sebagai proteksi dan kabel bagian ketiga difungsikan sebagai terminal negatif **Gambar 4.19**. Terminating ini digunakan untuk menghubungkan antara modul surya dengan *Batrai Control Unit* (BCU) *batrai control unit* ini digunakan untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh modul surya.



Gambar 4.19: Proses *Terminating*

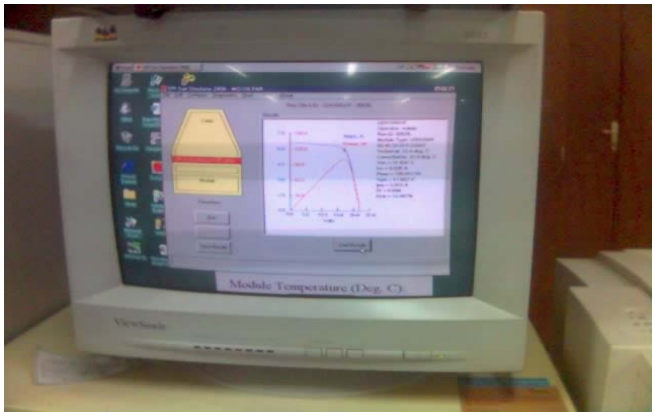
4.2.10 *Flash Test*

Proses *flash test* merupakan proses pengujian dengan menggunakan mesin SPI-SUN SIMULATOR 240A. Yaitu dengan memasukan modul surya yang telah diberikan terminating kedalam mesin SPI-SUN SIMULATOR 240A **Gambar 4.20**. disini berlangsung proses pengujian cahaya buatan yang dijatuhkan pada modul surya kekuatan cahaya yang digunakan sama dengan kekuatan cahaya matahari biasa yaitu sekitar 1KW/m^2

Pada proses ini ditandai dengan kurva fungsi arus terhadap tegangan yang diambil berdasarkan simulasi yang dihasilkan dengan menggunakan *software sun simulator* pada kurva ini kita dapat mengetahui baik tidaknya tingkat kualitas dari modul surya yang telah dibuat berdasarkan daya yang dihasilkan dari hasil simulasi *sun simulator* yang ditunjukan pada **Gambar 4.21**.



Gambar 4.20 : Proses *Sun Simulator* dengan Menggunakan Mesin SPI-SUN SIMULATOR 240A



Gambar 4.21: Hasil Simulasi dengan Menggunakan *Software Sun Simulator*

4.2.11 *Framing*

Proses *framing* merupakan proses pembuatan pigura atau *frame*, yaitu dengan merapihkan setiap sisi-sisi modul surya yang telah dilaminasi Setelah tahap tersebut selesai maka tahap pemasangan pigura atau *frame* pada modul surya pun dilakukan.untuk proses *frame* digunakan bahan yang terbuat dari aluminium dengan bantuan palu dan alat pemotong gergaji besi kemudian untuk merekatkan antara *frame* dengan modul surya digunakan lem dengan jenis *glue gune*. Selanjutnya dilakukan kembali tahap pengetesan tegangan seperti pada tahap inspection III untuk mengetahui ada tidaknya tegangan yang dihasilkan pada modul surya, pada tahap ini kecil kemungkinan untuk gagal, jika pada tahap ini telah sukses dilakukan maka pembuatan modul surya pun telah selesai **Gambar 4.22**.



Gambar 4.22 : Modul Surya yang Telah Dipasang *Frame*

4.2.12 *Cleaning*

Proses *cleaning* merupakan proses pembersihan permukaan modul surya secara keseluruhan setelah proses *framing.*

4.2.13 *Packing*

Proses *packing* merupakan proses pengepakan modul surya untuk kemudian dipasarkan dan digunakan dalam berbagai kebutuhan.

4.3. Daftar Tabel Peralatan dan Bahan yang Digunakan

Berikut daftar paralatan dan bahan yang digunakan dalam proses pembuatan modul surya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel IV.1 Daftar peralatan

Peralatan	Kegunaan
1). Meja kayu	Alas untuk melakukan proses fabrikasi modul surya
2). Penggunaan alat seperti : obeng, tang, palu, *glue gune* dan bor.	Peralatan bantu yang diperlukan pada saat proses pabrikasi
3). Bingkai aluminium	Sebagai bingkai untuk modul surya
4). *Hand solder*/Solder tangan	Digunakan untuk melakukan penyolderan
5). *Hand grinding*	Agar sel surya tidak terlalu licin saat dilakukan penyolderan
6). sistem penyedot udara/*exhaust system*	Untuk membersihkan sisa hasil gurinda
7). *I-V meter*	Alat yang digunakan untuk mengukur arus dan tegangan untuk mengetahui arus dan tegangan yang dihasilkan pada sel surya
8). Meja simulasi	Yaitu meja yang dilengkapi dengan kaca dan cermin untuk mengetahui jika rangkaian sel surya terjadi *short circuit*
9). Mesin laminasi SPI-LAMINATOR 350	Untuk melaminasi modul surya
10). SPI-SUN SIMULATOR 240A	Untuk melakukan pengujian pada modul surya

Tabel IV.2 Daftar bahan

Bahan	Kegunaan
1). Keping sel surya ukuran 15cm × 13,3cm.	Sebagai bahan dasar dari pembuatan modul surya
2). Kawat *tabbing*	Kawat tabbing yang terbuat dari bahan timah untuk menghubungkan setiap sel surya dengan ukuran 0,1mm
3). Kawat *Bush bar layer*	Kawat *bush bar layer* yang terbuat dari bahan timah untuk menghubungkan rangkaian sel surya keseluruhan dengan ukuran 0,3mm
4). Cairan Fluks	Cairan *Fluks* sebagai penghilang karat
5). Kaca (*Tampered glass*)	Penggunaan kaca dengan jenis kaca low iron (*tempered glass*) yang memiliki kandungan besi rendah sebagai pelpis modul surya
6). Bahan polimer *Ethylene vinyl Acetate* (EVA)	Bahan polimer yang digunakan sebagai pelpis modul surya
7). Cairan *Iso Propil Alkohol* (IPA)	Cairan *Iso Propil Alkohol* (IPA) untuk membersihkan kaca agar tidak terkontaminasi
8). Kabel *terminating*	Sebagai *terminating* pada modul surya

4.4 Cara Kerja Modul surya

Sebagaimana kita ketahui bahwa suplai energi surya dari sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi besarnya dapat mencapai 3 x 10^{24} joule pertahun. Pada tengah hari radiasi sinar matahari mampu mencapai 1.000 Watt per m^2 hanya saja tidak seluruhnya energi surya dapat ditangkap oleh modul surya hanya 5 sampai 15 % saja tergantung material penyusunnya. sel surya adalah salah satu alat yang dapat menangkap energi surya atau dikenal dengan teknologi fotovoltaik yang merupakan sistem pembangkit listrik yang mengubah secara langsung sinar matahari (*photon*) menjadi tenaga listrik (*voltaic*). Adapun cara kerja dari sel surya yaitu dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel pada dasarnya cahaya yang tampak maupun tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat sebagai partikel yang disebut dengan *photon.* Energi yang dipancarkan oleh sebuah cahaya dengan panjang gelombang L frekuensi photon V dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut.

$$E = h \times c / L$$

Dimana : h = konstanta plank (6.62 x 10^{-34} J.s)

c = kecepatan cahaya dalam vakum (3.00 x 10^{8} m/s)

Persamaan diatas menunjukan bahwa *photon* dapat dilihat sebagai sebuah partikel energi atau sebagai gelombang dengan panjang gelombang dan frkuensi tertentu. Dengan menggunakan sebuah alat semikonduktor yang memiliki permukaan yang luas energi yang jatuh kepermukaan sel surya yang mana sel surya terbuat dari bahan silikon yang terdiri dari banyak sekali elektron yang dihasilkan. Elektron-elektron ini melewati banyak *juction P-N*, maka setiap kali elektron melewati *juction P-N* tegangan akan bertambah, sehingga cahaya yang datang akan mampu merubah energi listrik.

4.5 Keuntungan dan Kerugian Penggunaan Modul Surya

Adapun keuntungan dan Kerugian yang didapatkan dari penggunaan modul surya sebagai berikut.

4.5.1 Keuntungan Penggunaan Modul surya

Berikut ini keuntungan dari modul surya.

1) Modul surya merupakan salah satu sumber energi yang ramah lingkungan dan sangat menjanjikan pada masa yang akan datang, karena tidak menimbulkan polusi yang dihasilkan selama proses konversi energi.
2) Sumber energinya banyak tersedia d ialam yaitu sinar matahari terlebih di negeri tropis seperti Indonesia yang menerima sinar matahari sepanjang tahun.
3) Tidak Menimbulkan kebisingan karena peralatan bekerja tanpa suara dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan
4) Tidak bergantung terhadap sumber alam
5) Perawatan mudah dan sedarhana
6) tidak terdapat peralatan yang bergerak, sehingga tidak perlu penggantian suku cadang dan penyetelan pada pelumasan
7) Modul surya bekerja secara otomatis
8) Menghemat biaya pembangunan khususnya dalam bidang energi listrik.

4.5.2 Kerugian Penggunaan Modul Surya

Berikut ini kerugian dari modul surya.

1) Penggunaan modul surya yang cukup besar harus membutuhkan lahan yang cukup luas.
2) Adanya ketidakpastian cuaca dan sinar matahari.
3) Harga modul surya yang masih mahal dibandingkan dengan listrik yang dibangkitkan dengan sumber energi lain, sehingga penggunaan sekarang masih terbatas hanya dalm sekala kecil

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah saya memberikan uraian dan pembahasan pada laporan ini mengenai masalah tahapan proses pabrikasi modul surya di PT LEN INDUSTRI BANDUNG, maka akhirnya saya dapat menarik kesimpulan dan memberikan saran-saran sebagai berikut.

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan laporan yang dibuat maka Pada proses fabrikasinya PT.LEN INDUSTRI memproduksi modul surya dengan berbagai macam jenis, hal ini dimaksudkan untuk memperoleh tingkat efisiensi yang tinggi. Semakin tinggi tingkat efisiensinya maka semakin baik hasilnya. Jika dilihat dari jenis materialnya PT. LEN INDUSTRI memproduksi dua macam jenis modul surya yaitu jenis monokristal dan polikristal. Modul surya jenis monokristal jauh lebih banyak diproduksi oleh PT. LEN industri karena tingkat efisiensi yang dihasilkan cukup tinggi dibandingkan dengan jenis polikristal, namun harganya pun masih cukup mahal. Sampai saat ini PT. LEN INDUSTRI merupakan Badan Usaha negara yang paling baik tingkat produksinya. pembuatan modul surya yang diproduksi oleh PT. LEN INDUSTRI bertujuan untuk memanfaatkan energi yang ada untuk menghemat pengeluaran listrik negara.

5.2 SARAN

1) Hendaknya PT. LEN INDUSTRI tidak hanya memproduksi dua jenis modul surya yaitu monokristal dan polikristal tetapi juga penggunaan jenis lain agar tingkat efisiensi yang dihasilkan tinggi.

2) Penggunaan peralatan untuk proses fabrikasi ditunjang dengan peralatan yang lebih modern.
3) Hendaknya pembuatan modul surya ini terus dikembangkan karena jika dipandang dari segi manfaatnya cukup besar bagi banyak orang.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Mustovan, Aman, 2000. TF-52 Energi Surya, Bandung : ITB

[2] McDonald SA, Konstantatos G, Zhang S, Cyr PW, Klem EJ, Levina L,Sarget EH (2005). ”Solution –processed Pbs quantum dot infrared photodetector and photovoltaics ”. Nature Materials 4 (2): 138-42. pmid 15640806

[3] Barlow, R., McNelis, B. and Derrick, A., *Solar Pumping: An Introduction and Update on theTechnology, Performance, Costs and Economics,* Intermediate Technology Publications and The World Bank, Washington, DC, USA, 1993. www.retscreen.net, July 2008