

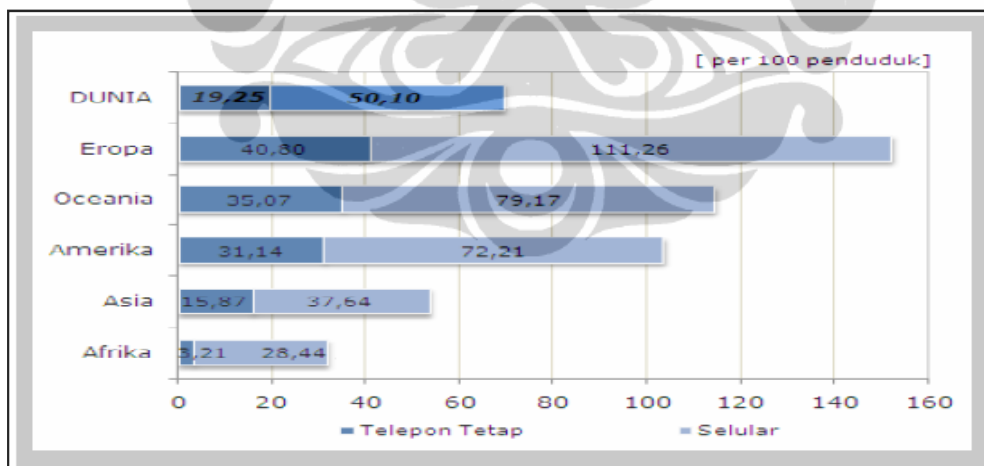
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Telekomunikasi Selular Di Indonesia

2.1.1. Umum.

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi di era globalisasi secara umum mendorong perkembangan ekonomi suatu negara. Menurut survey dari ITU, 1% pembangunan infrastruktur telekomunikasi akan mendorong pertumbuhan ekonomi sebesar 3%². Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi seakan – akan barparalel dengan keinginan manusia dalam berkomunikasi, mendapatkan data guna menunjang aktivitas sehari – hari.

Penetrasi telepon pada masyarakat di suatu daerah atau negara dapat dinyatakan dengan teledensitas, yang dinyatakan dengan perbandingan antara jumlah sambungan telepon (main lines) dengan jumlah penduduk di daerah tersebut. Semakin tinggi angka teledensitas artinya kemudahan berkomunikasi dan mendapatkan informasi akan semakin mudah. Gambaran teledensitas di dunia digambarkan pada grafik di bawah ini.



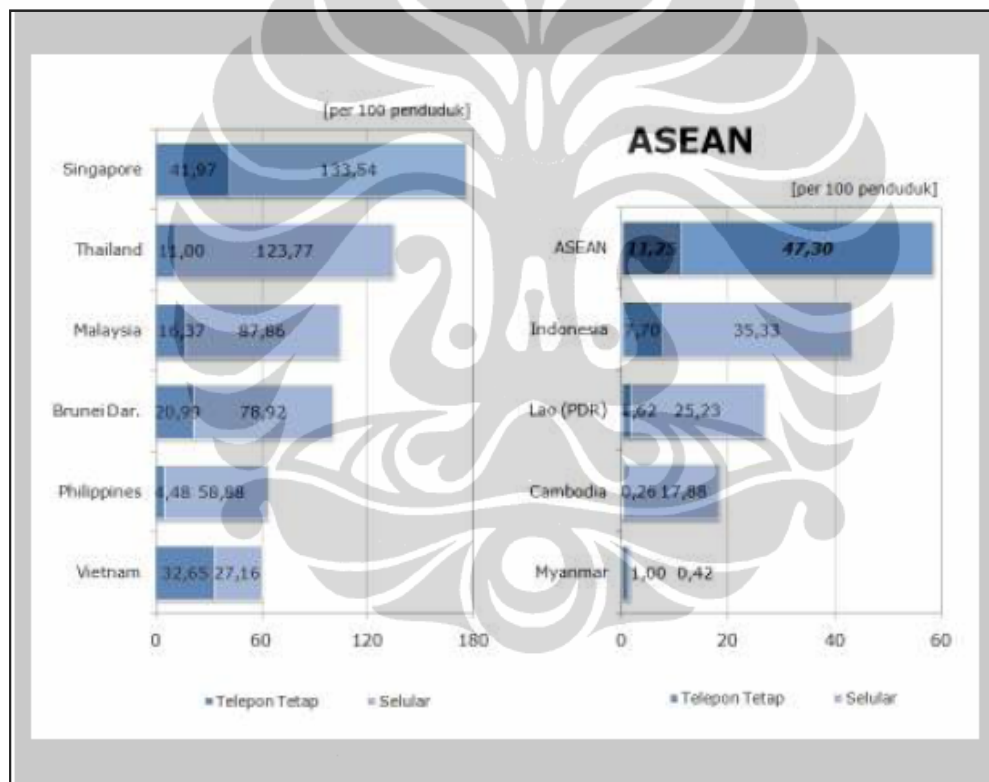
Sumber : Badan Pengkajian dan Penerapan Tehnologi, Indikator Tehnologi Informasi dan Komunikasi, 2008.

Gambar 2- 1 : Teledensitas 5 benua di dunia

Pada grafik tersebut, untuk kondisi ke seluruhan benua pada tahun 2007, teledensitas pemegang selular lebih tinggi daripada telepon tetap. Hal ini mengingat kemudahan telepon selular yang saat ini hanya selebar tangan manusia,

harga murah dan kemampuan serta fitur yang menarik guna menunjang aktivitas si pemakai.

Pada tahun 2007 teledensitas rata-rata negara-negara ASEAN (Association of Southeast Asian Nations) adalah sekitar 58,55 telepon per 100 penduduk yang memiliki komposisi teledensitas telepon tetap sebesar 11,25 dan selular sebesar 47,30 telepon per 100 penduduk. Teledensitas selular telah mencapai lebih dari 4 kali lipat telepon tetap. Teledensitas di Indonesia sendiri masih di bawah rata-rata teledensitas ASEAN, dengan teledensitas sebesar 43,03 dengan komposisi telepon tetap 7,70 dan selular 35,33 telepon per 100 penduduk.

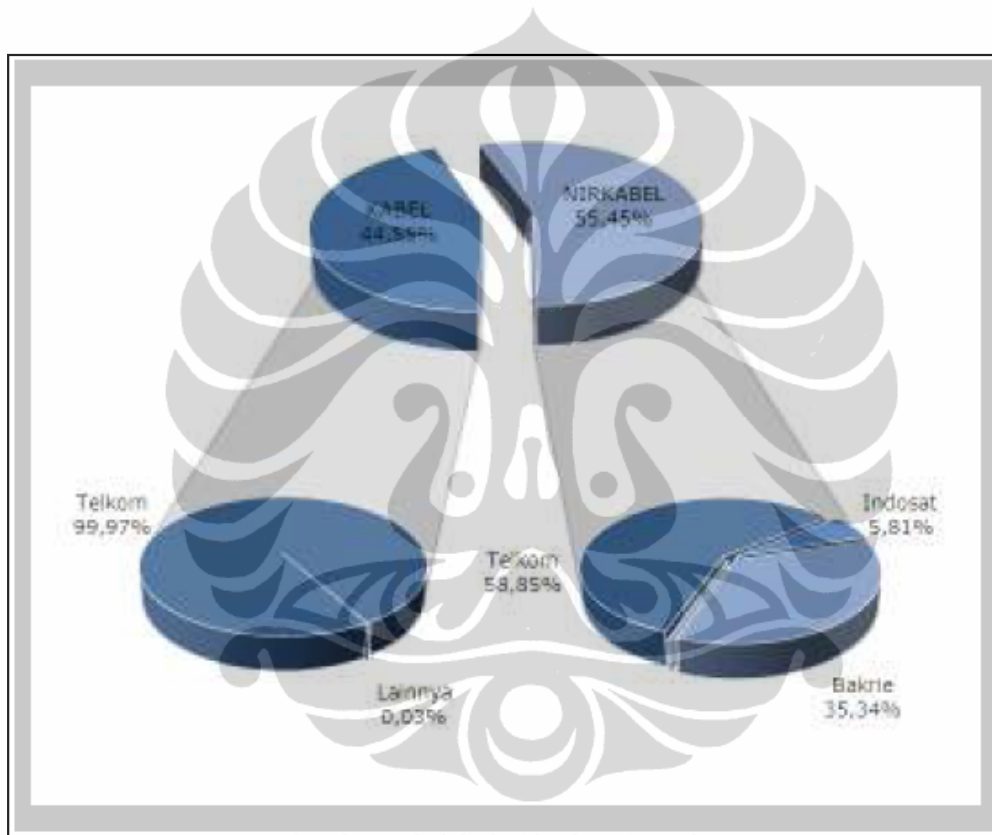


Sumber : Badan Pengkajian dan Penerapan Tehnologi, Indikator Tehnologi Informasi dan Komunikasi, 2008.

Gambar 2- 2 : Teledensitas Negara Di Asean

Pada saat teknologi selular muncul, untuk negara negara yang maju di Asean seperti Malaysia, Singapore, teknologi ini merupakan pelengkap dari teknologi telepon tetap (fixed telepon). Untuk Indonesia teknologi selular merupakan yang utama mengingat pada beberapa daerah masih ada yang belum

terjangkau kabel telephone (*fixed phone*). Sejak tahun 2005 hingga tahun 2007, total teledensitas Indonesia meningkat dari 26.79 per 100 penduduk menjadi 43.03 per 100 penduduk. Pertumbuhan yang cukup besar mengingat harga perlengkapan telepon selular pada saat itu masih cukup mahal. Tetapi pada kurun waktu tersebut, pertumbuhan daripada telepon tetap hanya meningkat dari 5.33 – 7.7 per 100 penduduk, dalam arti pertumbuhan yang sangat kecil untuk telepon tetap dibandingkan dengan telepon selular.



Sumber : Badan Pengkajian dan Penerapan Tehnologi, Indikator Tehnologi Informasi dan Komunikasi, 2008

Gambar 2- 3 : Pangsa pasar telepon di Indonesia tahun 2007

2.1.2. Operator Selular di Indonesia

Pertumbuhan operator selular di Indonesia dalam kurun waktu 3 tahun meningkat cukup tajam. Pada tahun 2007 tercatat hanya 4 operator selular dan meningkat menjadi 8 operator selular pada tahun 2009. Operator selular adalah

suatu badan usaha yang diberikan izin dalam mengelola bisnis telekomunikasi selular (nirkabel) pada frekwensi tertentu.

Pertumbuhan yang meningkat cukup tajam dikarenakan antara lain :

- Jumlah penduduk Indonesia yang besar dan luas wilayah yang besar.
- Harga dari perangkat telekomunikasi (sarana) serta handset yang dimiliki oleh para pelanggan semakin murah dengan tehnologi yang dapat diandalkan.
- Masih banyak wilayah yang belum terkena coverage dari sistim telekomunikasi selular.

Berdasarkan laporan tahunan pemegang saham salah satu operator terbesar di Indonesia pada tahun 2008 dengan mengasumsikan jumlah BTS adalah sama konfigurasinya, keuntungan dapat mencapai hingga Rp 1 milyar lebih per tahunnya per BTS.

Tabel 2 - 1: Pendapatan salah satu operator dari pelayanan selular

Tahun	Pendapatan Bersih (Dalam Juta Rupiah)	Jumlah BTS	Rata rata pendapatan 1 BTS dalam 1 tahun (dalam Rupiah)
2007	12,752,496	10,000	1,275,249,600
2008	14,178,922	11,677	1,215,301,449

Sumber : http://www.indosat.com/html/annual_report_2008/id/1718_notes.html, Laporan keuangan tahunan Indosat 2008.

2.1.3. BTS di Indonesia

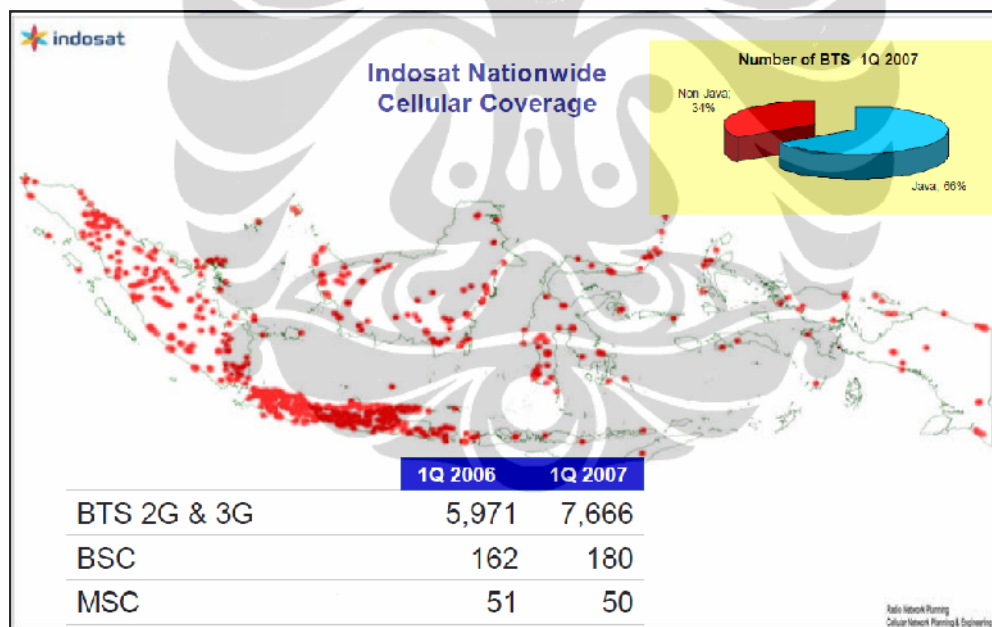
Base Transmission Station atau lebih dikenal dengan BTS merupakan bangunan yang dimiliki oleh operator guna menempatkan peralatan telekomunikasinya.

Didalam suatu BTS minimal tersedia :

- Tower Antenna.

- Peralatan Telekomunikasi. Peralatan telekomunikasi ini biasanya akan terupgrade kemampuannya seiring demand yang dilayani dalam coverage area BTS tersebut.
- Pendingin ruangan untuk menjaga peralatan telekomunikasi tidak cepat panas.
- Rectifier dan Battery. Rectifier adalah alat yang mengubah arus AC dari PLN menjadi arus DC yang dibutuhkan oleh perangkat telekomunikasi.

Berdasarkan sumber dari berbagai website di internet, tercatat hingga saat ini di Indonesia terbangun 86,000 buah BTS yang dimiliki oleh berbagai operator. Peta penyebaran BTS di pulau Jawa yang dimiliki oleh salah satu operator telekomunikasi terbesar dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Sumber : Indosat, Corporate Presentation Result 1st Quarter 2007,2007

Gambar 2- 4 : Coverage Area Indosat tahun 2007

Pada gambar diatas terlihat betapa padatnya jumlah BTS yang dimiliki oleh salah satu operator tersebut di pulau Jawa. Bisa kita bayangkan apabila ke 8 operator yang ada di Indonesia saat ini dipresentasikan didalam bentuk gambar diatas, mungkin gambar pulau Jawa sudah tidak tampak lagi.

Pada gambar tersebut pula terlihat masih adanya daerah – daerah yang belum mendapatkan coverage area (pada beberapa propinsi di pulau Sumatera & Kalimantan) . Pada waktu yang akan datang seiring dengan pertumbuhan ekonomi daerah, daerah yang belum mendapatkan coverage area tersebut akan terlayani oleh jaringan selular dengan dibangunnya BTS. Selain itu Sumatera dan Kalimantan memiliki potensi daerah seperti minyak, gas, perkebunan dan hasil tambang. Adanya potensi tersebut memungkinkan akan menjadi sasaran penetrasi jaringan selular selanjutnya bagi para operator tersebut. Adanya sasaran penetrasi artinya operator dipastikan akan membangun sejumlah BTS yang baru pada kawasan tersebut.

2.1.4. Listrik bagi BTS

Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa BTS merupakan suatu bangunan dimana operator menempatkan peralatan telekomunikasinya akan membutuhkan listrik guna mengoperasikan peralatan tersebut. Listrik yang digunakan umumnya berasal dari PLN tergantung ada / tidaknya jaringan listrik di daerah dimana BTS berlokasi. Umumnya daya yang digunakan bagi BTS ini sebesar 10 KVA. Mengingat kondisi listrik terutama di daerah masih kurang baik / sering padam, guna mengantisipasi hal tersebut pihak operator mengandalkan generator set (Genset) dengan bahan bakar solar. Mengingat daerah yang sering mengalami pemadaman listrik berada di daerah remote area dan terletak cukup jauh dari pusat team maintenance operator berada, pihak operator mendirikan tanki solar dengan kapasitas minimum hingga 100 liter. Hal ini dimaksudkan apabila listrik padam dalam waktu yang cukup lama, maka genset akan bekerja selama pemadaman tersebut dengan menggunakan solar yang ada di tangki tersebut. Pengechekkan kondisi genset dan bahan bakarnya biasanya dilakukan rutin tergantung jumlah team maintenance yang tersedia.

Dalam hal penyediaan listrik oleh PLN, untuk pembangunan BTS baru dengan konfigurasi 4/4/4 dengan daya sebesar 10 KVA, secara resmi pihak operator akan mengeluarkan biaya minimum Rp 5 juta rupiah. Tetapi apabila ternyata masih diperlukannya sejumlah trafo guna menurunkan tegangan listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah, pihak operator telepon akan

mengeluarkan biaya tambahan lagi. Demikian juga apabila kapasitas slot bebas / cadangan yang ada di daerah BTS tersebut pada taraf kritis, pihak operator tidak segan – segan mengeluarkan biaya yang cukup besar untuk mendapatkan pasokan listrik dari PLN. Biaya – biaya tersebut bisa mencapai ratusan juta rupiah.

Pada saat pemadaman listrik terjadi , battery sebagai tenaga cadangan akan memberikan supply tenaga ke perangkat. Kemampuan battery ini tergantung pada kapasitas yang dibeli oleh operator telekomunikasi tersebut. Biasanya battery yang ada di BTS dapat memberikan supply listrik hingga 5 jam. Setelah 5 jam, ditandai dengan menurunnya supply listrik, genset akan otomatis bekerja. Sinyal perpindahan dari PLN ke battery dan ke genset ini dikirimkan ke pusat BTS monitoring. Team di pusat monitoring akan mengetahui bahwa BTS yang dibawah naungannya terjadi mati listrik. Apabila genset ternyata tidak bekerja yang mungkin diakibatkan oleh kerusakan mesin atau habis bahan bakar, ditandai dengan tidak terisnya kembali battery, sinyal akan dikirimkan kembali ke pusat monitoring. Pada kondisi ini pihak BTS monitoring akan mengkontak team maintenance yang bertugas di wilayah tersebut guna melakukan *site intervention* / pengecekan BTS. Apabila di daerah tersebut juga difasilitasi oleh mobile genset, biasanya mereka akan meluncurkan pula *mobile* genset tersebut ke daerah gangguan. Kemampuan pengiriman sinyal bahwa BTS bermasalah seperti yang dijelaskan diatas bisa jadi tidak dimiliki oleh setiap operator telekomunikasi dalam rangka menekan biaya investasi (*Capex*) mereka.

Krisis listrik yang menimpa Indonesia pada akhir penghujung 2009 ternyata berakibat pula kepada sektor telekomunikasi selular. Pemadaman yang terlampau panjang membuat para operator harus mengoperasikan diesel genset tersebut untuk tetap mendapatkan revenue yang diharapkan. Pengoperasian diesel genset ini ternyata membuat biaya operasional BTS tersebut menjadi meningkat. Selain itu seringkali kejadian listrik padam ternyata membuat umur daripada peralatan menurun.

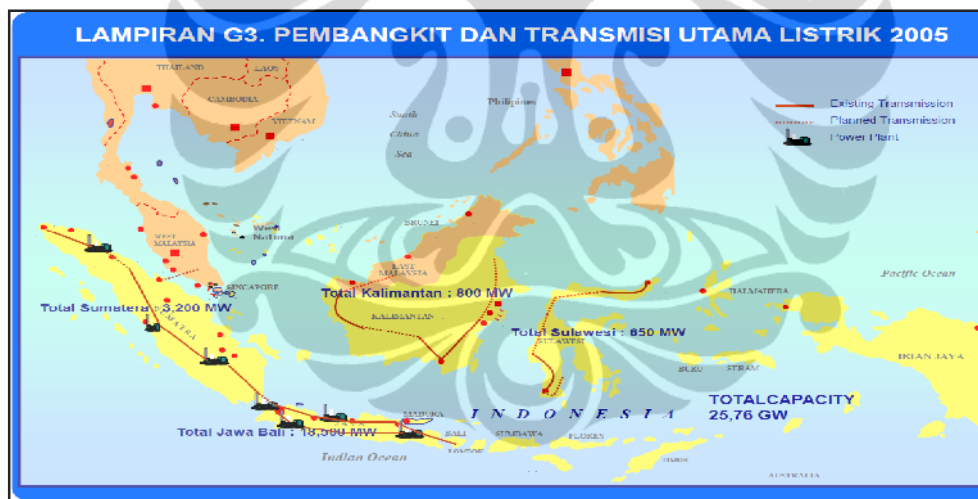
Pada daerah daerah yang memiliki suhu yang cukup panas seperti daerah Duri – Riau, monitoring terhadap kesiapan genset sangat mutlak dilakukan. Apabila keadaan listrik mati dan genset ternyata rusak, membuat suhu di dalam BTS akan meningkat mengingat pendingin ruangan tidak bekerja. BTS biasanya

tidak berventilasi guna mencegah partikel debu masuk dan merusak peralatan di dalamnya sehingga tidak heran peningkatan suhu didalam BTS akan berlangsung cepat. Apabila hal ini tidak segera terantisipasi maka equipment didalam BTS akan melengkung dan akhirnya akan rusak. Operator akan mengganti komponen yang rusak tersebut dengan biaya yang cukup mahal.

2.2. Listrik di Indonesia.

2.2.1. Umum

Pemadaman listrik bergilir di Jakarta dan sekitarnya pada akhir tahun 2009 lebih cepat teratasi dari yang dijadwalkan oleh pemerintah yakni 19 Desember 2009³. Namun di luar pulau Jawa, pemadaman masih akan berlangsung. Pasokan listrik yang ada belum bisa memenuhi kebutuhan. Intinya, listrik yang sudah menjadi kebutuhan masyarakat luas di Indonesia masih tetap meresahkan.



Sumber : Kementrian Energi dan Sumberdaya Mineral, Blueprint pengelolaan energi nasional 2006 – 2025.

Gambar 2- 5 : Peta penyebaran pembangkit dan transmisi utama listrik 2005



Sumber : Dr, Dadan Kusdiana. (Desember 2008). Kondisi Riil Kebutuhan Energi di Indonesia dan Sumber Sumber Energi Alternatif Terbarukan.

Gambar 2- 6 : Kondisi Sistem Kelistrikan awal tahun 2008

Tabel 2 - 2: Kondisi kelistrikan di Indonesia November 2009

Daerah	Daya Mampu (D M) - M W	Beban Puncak (B P) - M W	Balance (B L) - M W	Keterangan
Sumatera Bagian Utara	1,250.20	1,227.50	22.7	Normal
Sumatera Bagian Selatan dan Tenggara	1,563.30	1,727.00	-178.7	Pemadaman bergilir
Kepulauan Riau	34.00	38.00	-4	Pemadaman bergilir
Belitung	2.0	1.5	5	Normal
Jawa Madura Bali	20,587	16,580	4,007	Normal
Lombok	90.6	90.5	0.1	Siaga, Tidak ada pemadaman
Kupang	24.00	25.00	-1.5	Pemadaman bergilir
Pontianak	141.9	131	10.9	Normal
Pangkalan Bun	16	14	2.23	Siaga, Tidak ada pemadaman
Barito	252.60	311.80	-59.2	Pemadaman bergilir
Mahakam	214	213	1	Siaga, Tidak ada pemadaman
Sulawesi Selatan	524	506	18	Siaga, Tidak ada pemadaman
Kendari	33.00	36.50	-3.5	Pemadaman bergilir
Palu	40.00	50.00	10	Pemadaman bergilir
Minahasa	171.7	146.4	25.3	Normal
Ambon	31	31	0	Siaga, Tidak ada pemadaman
Ternate	15.00	14.00	1	Pemadaman bergilir
Sorong	18.00	19.80	-1.8	Pemadaman bergilir
Jayapura	40.00	39.70	0.3	Pemadaman bergilir
Total	25,066.30	21,216.20	21,216.20	

Sumber : Harian Kompas 30 November 2009

Dari data pada kelistrikan pada tahun 2005 hingga Juli 2009 seperti yang terlihat diatas, walaupun adanya kenaikan daripada daya mampu PLN dalam menyediakan listrik ternyata tidak seimbang dengan kenaikan beban puncak seperti terlihat pada data Juli 2009, beberapa daerah sudah mengalami defisit listrik saat beban puncak. Pada daerah tersebut pemadaman riskan terjadi bahkan tidak mungkin pemadaman total pada seluruh daerah terjadi apabila terjadi kerusakan pada pembangkit listrik. Usangnya peralatan, belum memadainya jaringan transmisi dan tidak beroperasinya cadangan mesin pembangkit merupakan beberapa penyebab utama krisis listrik yang tengah melanda saat ini.

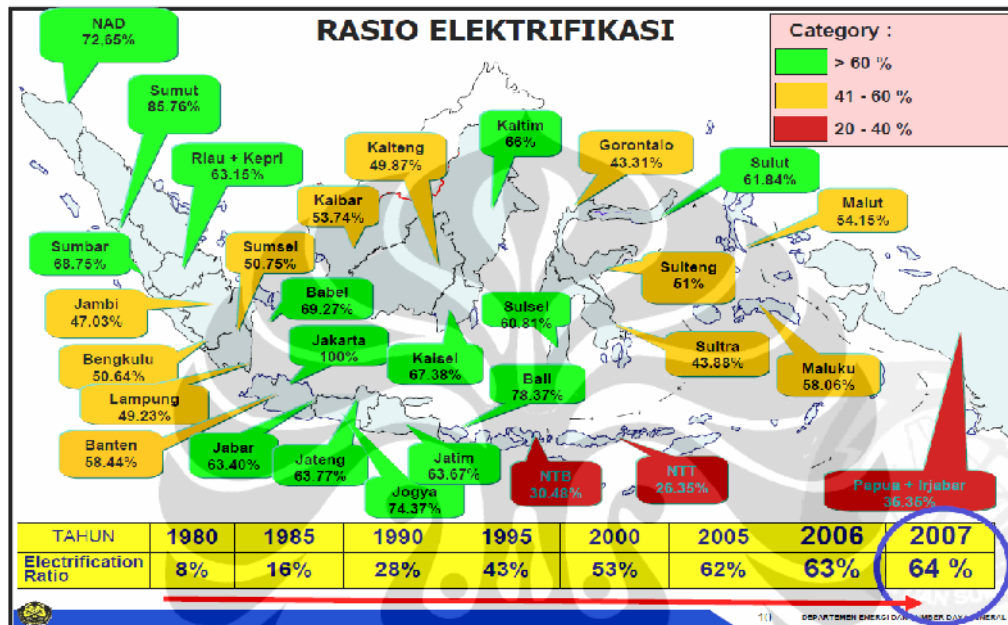
Kerbatasan pasok listrik juga disebabkan umur pembangkit yang sudah tua sehingga tidak efisien, serta pasokan bahan bakar yang sering tersendat. Kondisi ini diperparah dengan adanya gangguan dari beberapa pembangkit listrik yang besar. Sepanjang 2007 terjadi penurunan produksi listrik dari beberapa pembangkit yaitu PLTU Tanjung Jati B akibat suplai batubara terganggu karena pengangkutannya mengalami gangguan cuaca. Demikian juga gangguan terjadi pada PLTU Suralaya karena gangguan Trafo Unit 5, PLTGU Cilegon mengalami gangguan akibat pasokan gas yang berkurang, PLTU Gresik akibat adanya pengalihan suplai gas ke PLN dialihkan ke industri. Selain itu juga terjadi penurunan pasokan dari listrik swasta (Independent Power Producer) akibat gangguan teknis yaitu dari PLTU Cilacap, PLTGU Cikarang, PLTP Drajat III, PLTP Dieng dan PLTA Jatiluhur. Jaringan pipa transmisi dan distribusi gas bumi saat ini hanya terdapat pada lokasi lokasi-lokasi tertentu sehingga pembangkit tenaga listrik belum dapat memanfaatkan gas bumi secara optimal.

2.2.2. Rasio Elektrifikasi.

Rasio Elektrifikasi yaitu jumlah rumah tangga yang sudah berlistrik dengan jumlah rumah tangga yang ada, sampai saat ini relatif masih rendah. Namun demikian dari tahun ke tahun terjadi kenaikan yaitu dari 62% tahun 2005 menjadi 64% tahun 2007.

Rasio elektrifikasi di P. Jawa mencapai 68,9% sedangkan diluar Jawa dan Sumatera masih sekitar 56,5%. Daerah – daerah yang masih memiliki rasio elektrifikasi yang rendah umumnya berada di wilayah Indonesia bagian timur

seperti Nusa Tenggara Barat dan Timur serta propinsi Papua. Kendala daerah yang belum memiliki jaringan tersebut merupakan salah satu permasalahan yang dihadapi oleh operator telekomunikasi seluler dalam mengembangkan area jangkauan atau *coverage*.



Sumber : Dr, Dadan Kusdiana, Kondisi Riil Kebutuhan Energi di Indonesia dan Sumber Sumber Energi Alternatif Terbarukan, Dirjen Listrik dan Pemanfaatan Energi Departemen ESDM, Bogor, 3 Desember 2008

Gambar 2- 7 : Rasio Elektrifikasi di Indonesia

2.2.3. Supply dan demand listrik di Indonesia.

Data supply demand pada tahun 2005 menunjukkan sudah mulai terjadi ketidakseimbangan antara supply dan demand. Dengan pertumbuhan ekonomi dalam beberapa tahun terakhir sekitar 5-6%, maka terjadi peningkatan permintaan listrik yang berkisar 7-8% per tahun. Padahal, produksi listrik hanya tumbuh sekitar 3% per tahun. Pembangunan pembangkit baru pun sejak 2006 belum menambah kapasitas listrik yang cukup berarti. Hal ini mengakibatkan terjadinya krisis pasokan listrik, yang dalam jangka panjang akan dapat memperlambat pertumbuhan ekonomi Indonesia ⁴.

Menteri Hatta Radjasa pada seminar "Indonesian Electricity Policy and Outlook" yang diselenggarakan di Jakarta pada tanggal 16 Desember 2009 mengatakan bahwa dengan asumsi PLN masih berperan sebagai penyedia listrik utama, rasio elektrifikasi sebesar 91% dan pertumbuhan ekonomi sebesar 6.2% per tahun maka kebutuhan listrik hingga tahun 2019 tumbuh sebesar 9.2% per tahun dengan rincian Jawa – Bali sebesar 8.7% per tahun dan luar Jawa – Bali sebesar 9.88% per tahun.

Pertumbuhan kebutuhan listrik akan didominasi oleh konsumen industri sejalan dengan berkembangnya kegiatan ekonomi, konsumen rumah tangga mengingat masih banyak masyarakat yang belum menikmati listrik, dan bisnis atau komersial. Untuk memenuhi pertumbuhan kebutuhan listrik sesuai asumsi, diperlukan penambahan kapasitas pembangkit hingga Tahun 2019 sekitar 54,700MW atau setara dengan penambahan kapasitas pembangkit per tahun sekitar 4,970MW.

2.2.4. Rencana Pembangkit Listrik PLN,

Sejak dua tahun lalu untuk mengatasi krisis listrik tersebut, pemerintah mendorong percepatan crash program pembangunan pembangkit berbahan bakar batubara 10.000 MW. Tahap I sedang berjalan dan direncanakan selesai secara bertahap mulai 2009 hingga 2011. Dalam pembangunan proyek batubara ini setidaknya akan menghabiskan dana sebesar US\$ 10 milyar.

Menurut Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral, Indonesia masih membutuhkan energi listrik 35.000 MW hingga 2015. Untuk mengantisipasi krisis listrik, PLN mendorong investasi pembangkit listrik terbarukan dan mendorong perusahaan listrik swasta (Independent Power Producer/IPP) untuk segera merealisasikan proyek-proyek listriknya.

Menurut informasi yang diberikan oleh PT. PLN seperti yang diberitakan pada harian Kompas 30 November 2009, bahwa tidak ada satupun dari 25 proyek pembangunan pembangkit listrik di luar Jawa akan beroperasi mulai tahun 2009. Proyek yang termasuk dalam paket proyek 10,000 MW terhambat penyelesaiannya akibat lambatnya proses pembangunan awal yang seharusnya dimulai pada tahun 2006. 25 proyek yang berada di luar pulau Jawa tersebut, pada

tahun 2010 pembangkit listrik diperkirakan beroperasi sebesar 121 MW dan tahun 2011 sebesar 1500 MW. Untuk Jawa dan Bali diharapkan pada bulan Desember 2009 pasokan 900 MW dari PLTU Banten Labuan dan Rembang.

Berdasarkan rencana umum kelistrikan nasional tahun 2008 – 2027, kebutuhan investasi untuk pembangkit, jaringan transmisi, gardu induk serta jaringan distribusi diperkirakan mencapai US\$ 208.7 Milyar atau rata – rata investasi pertahun sebesar Rp 100 triliun. Pemerintah hanya mampu mendanai 10 – 20% dari kebutuhan.

Listrik mutlak diperlukan untuk kegiatan investasi dan selanjutnya menciptakan pertumbuhan ekonomi sebesar 7% seperti yang ditargetkan oleh pemerintah. Pada triwulan III – 2009 , sektor manufacturing tumbuh sebesar 1.3%, lebih rendah dari dua triwulan sebelumnya yang sebenarnya juga sudah sangat rendah yaitu sebesar 1.5%. Pasokan listrik ditenggarai sebagai salah satu kendala utama yang dihadapi oleh industri manufacture.

Beberapa tantangan yang dihadapi sistim kelistrikan di Indonesia adalah sebagai berikut :

- “*Mismatch*” keberadaan sumber energi primer vs keberadaan penduduk.
- 80% penduduk Indonesia tinggal di Jawa-Bali.
- Sumber energi primer mayoritas berada diluar Jawa-Bali.
- Penggunaan energi primer untuk pembangkitan tenaga listrik masih mengandalkan BBM. Cadangan batubara di beberapa daerah cukup melimpah, namun penyediaan tenaga listrik didominasi PLTD. Operasional PLTD membutuhkan biaya yang besar dibandingkan dengan batubara.
- Keterbatasan dana investasi pemerintah disektor ketenagalistrikan.

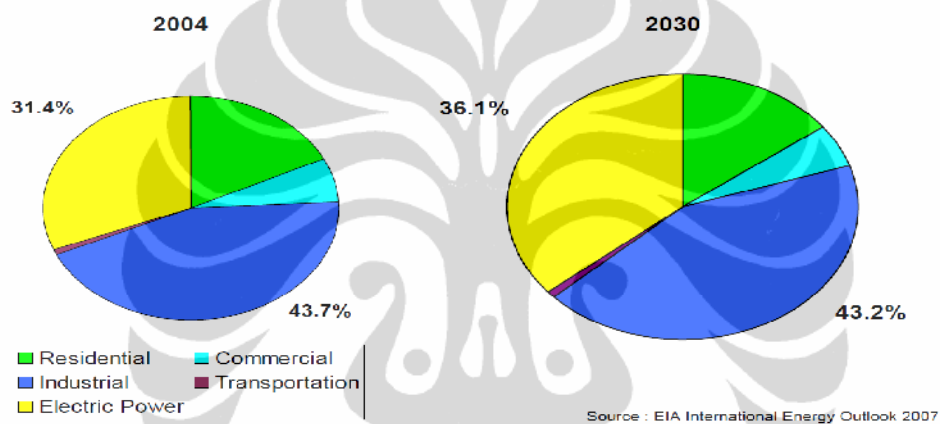
2.3. Gas di Indonesia.

2.3.1. Umum

Natural gas adalah salah satu komoditas energi penting di dunia. Hingga saat ini dunia sangat bergantung akan ketersediaan minyak, sedangkan natural gas hanya merupakan sumber energi alternatif saja. Kenyataan yang terjadi saat ini

fluktuasi harga minyak terus naik dengan tajam sedangkan supply yang tersedia (proven quantity) tidak dapat memenuhi demand yang semakin meningkat.

Peningkatan penggunaan gas banyak didorong oleh meningkatnya kebutuhan energi listrik seperti terlihat pada grafik dibawah.. Penggunaan gas bagi kebutuhan listrik diproyeksikan akan meningkat. Sebagai gambaran suatu pembangkit listrik dengan menggunakan batubara sebagai sumber energi memberikan biaya produksi sebesar \$84/MWhr. Sedangkan apabila menggunakan energi gas, biaya produksi menurun menjadi \$41/MWhr .

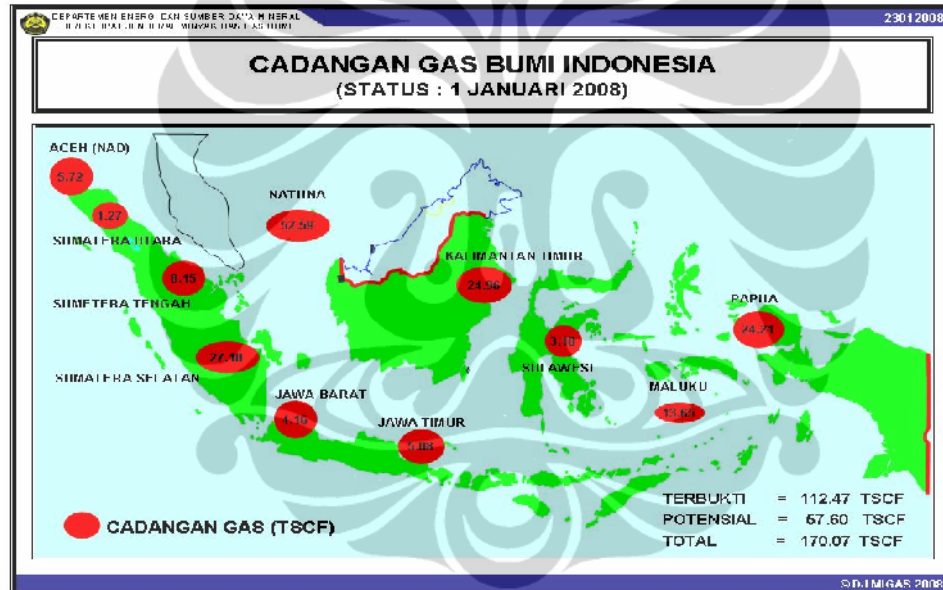


Sumber : Mitsubishi Corporation (2007). *Natural Gas & LNG Outlook* .

Gambar 2- 8 : Proyeksi pemakaian gas dunia

Cadangan terbukti gas Indonesia relatif kecil yakni sekitar 1.5% dari cadangan dunia. Produksi gas bumi selain digunakan untuk memenuhi kebutuhan domestik, juga sebagai komoditas ekspor. Gas bumi Indonesia diekspor dalam bentuk gas pipa, LNG dan LPG. LNG diproduksi dari Arun (Aceh) dan Bontang (Kalimantan Timur). Secara keseluruhan jumlah LNG yang diproduksi menurun karena menurunnya jumlah cadangan gas bumi untuk bahan baku kilang LNG. LNG juga akan diproduksi dari Tangguh (Papua), Donggi (Sulawesi Tengah) dan Masela (Maluku). Dengan cadangan gas bumi Indonesia yang relatif kecil di dunia, pada tahun 2007 Indonesia termasuk negara eksportir utama LNG di dunia dengan jumlah ekspor lebih dari 20 juta ton atau sekitar 12% dari penyediaan gas dunia. Disamping itu, Indonesia juga mengekspor LPG dan gas melalui pipa. Pada tahun 2006 besarnya ekspor LPG sebesar 289.7 ribu ton dan ekspor gas pipa sebesar 161 mmscf⁵.

Indonesia saat ini memiliki cadangan gas bumi sebesar 170.07 TSCF (Triliun Standard Cubic Feet) status 1 Januari 2008⁶. Dengan rata – rata produksi 3 TSCF setiap tahunnya maka cadangan gas Indonesia mencukupi untuk 57 tahun. Sumatera sebagai contohnya diperkirakan pada tahun 2015 memiliki 600 mmscfd gas yang belum memiliki demand. Demand yang belum termanfaatkan ini bisa dijadikan potensi pemrosok sumber energi bagi stasiun – stasiun yang dimiliki oleh operator tersebut. Sumber – sumber gas yang berada di Sumatera hingga saat ini berada di didaerah Aceh Nanggroe Darussalam, Sumatera Utara, Sumatera Selatan dan Sumatera Selatan bagian tengah, dengan total perkiraan pada tahun 2015 memiliki cadangan sebesar 2464 mmscfd. Potensi ini adalah sangat besar.



Sumber : Departemen Energi dan Sumberdaya Daya Mineral

Gambar 2- 9 : Peta cadangan gas bumi Indonesia

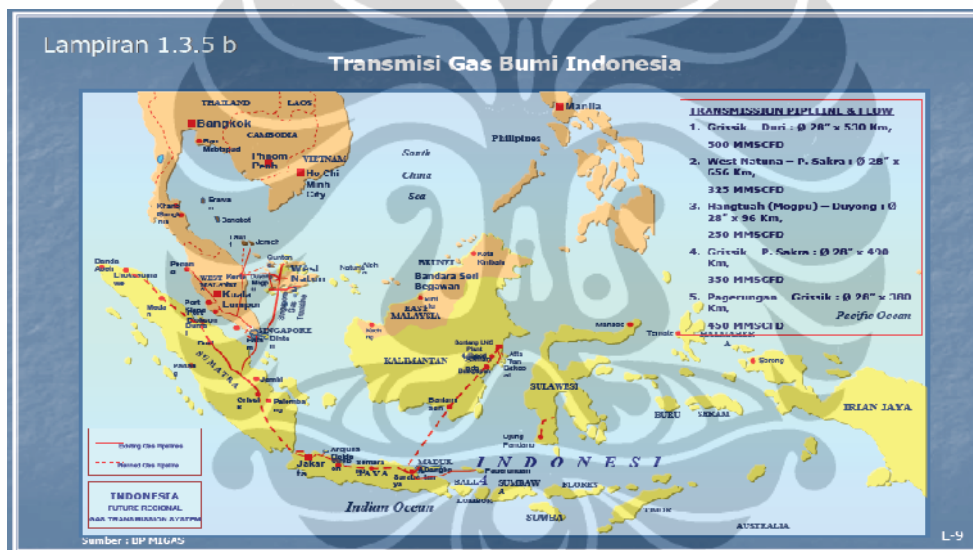
2.3.2. Jaringan Pipa Transmisi Gas di Indonesia.

Pulau Jawa merupakan pusat kegiatan ekonomi dan pulau yang terpadat penduduknya di Indonesia. Hal ini menyebabkan hampir 62% kebutuhan energi secara nasional ada di Jawa. Jaringan interkoneksi antara pulau Sumatera dan pulau Jawa masih dalam rencana demikian pula interkoneksi antara pulau Kalimantan dan pulau Jawa. Adanya interkoneksi itu mengingat bahwa Jawa memiliki cadangan gas yang kecil (9.25 TCF) dibandingkan dengan pulau

Universitas Indonesia

lainnya tetapi demand gas untuk keperluan pembangkit listrik dan industri di pulau ini sangat tinggi dibandingkan pulau lainnya. Jaringan interkoneksi pipa gas Bontang (Kalimantan) dan Semarang (Jawa Tengah) diharapkan akan selesai pada tahun 2011⁷. Panjang pipa transmisi 2.152 Km sedangkan pipa distribusi 2.850 Km.

Usaha pemanfaatan gas bagi sumber energi listrik BTS tampaknya hingga tahun 2015 akan lebih feasible apabila diterapkan pada pulau Sumatera dan Jawa. Pulau lainnya belum memiliki infrastruktur pipa yang lengkap walaupun cadangan gas sudah terdapat disana. Investasi jaringan pipa transmisi sangat mahal, oleh sebab itu walaupun demand ada menjadi tidak ekonomis mengingat investasi yang ditanamkan pada jaringan pipa cukup mahal.



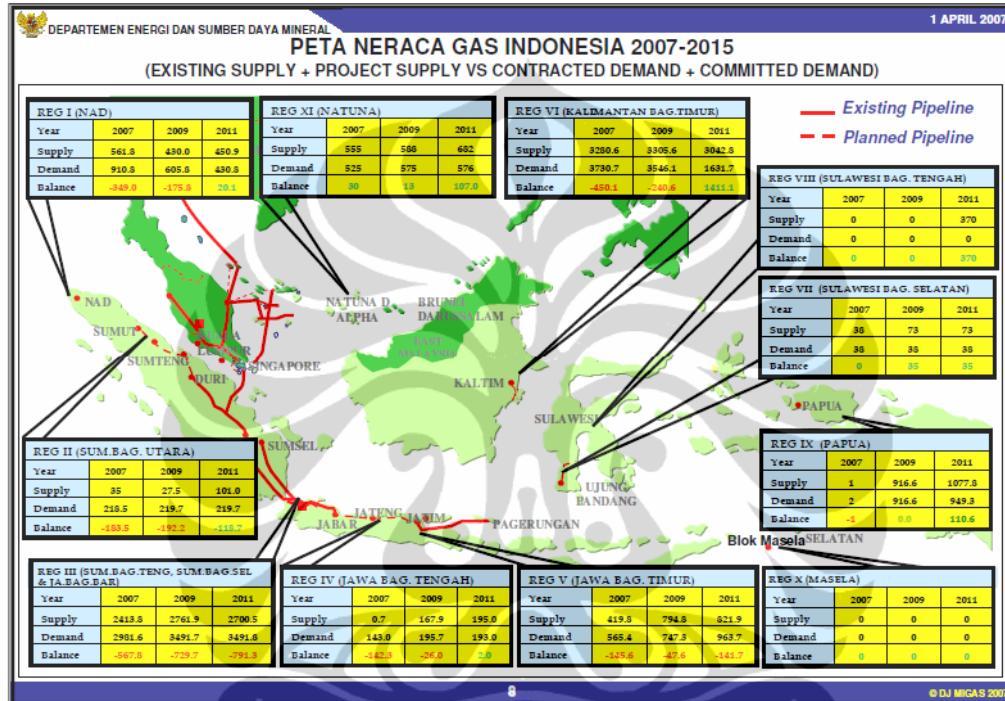
Sumber : Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral, Pedoman dan pola tetap kebijakan pemanfaatan gas bumi nasional 2004 – 2020.

Gambar 2- 10: Pipa Transmisi gas bumi di Indonesia

2.3.3. Supply dan Demand Gas Indonesia.

Gas bumi digunakan pada sektor industri, transportasi, rumah tangga, komersial, pembangkit listrik dan proses. Proses merupakan sektor yang dominan dalam penggunaan gas bumi, diikuti oleh sektor industri dan pembangkit listrik. Gas bumi terutama digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan LNG. Kebutuhan gas untuk LNG diperkirakan menurun karena terbatasnya cadangan gas yang merupakan bahan baku pembuatan LNG. Pada sektor industri, gas bumi

digunakan sebagai bahan bakar dan bahan baku. Sebagai bahan bakar, gas bumi digunakan untuk bahan bakar boiler dan furnace guna menggantikan BBM mengingat harganya yang murah dan lebih bersih. Pada sektor pembangkit listrik, gas banyak digunakan guna menggerakkan generator (PLTG) pada saat beban puncak.



Sumber : Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral, Neraca gas Indonesia 2007-2015.

Gambar 2- 11: Neraca gas Indonesia 2007 – 2015.

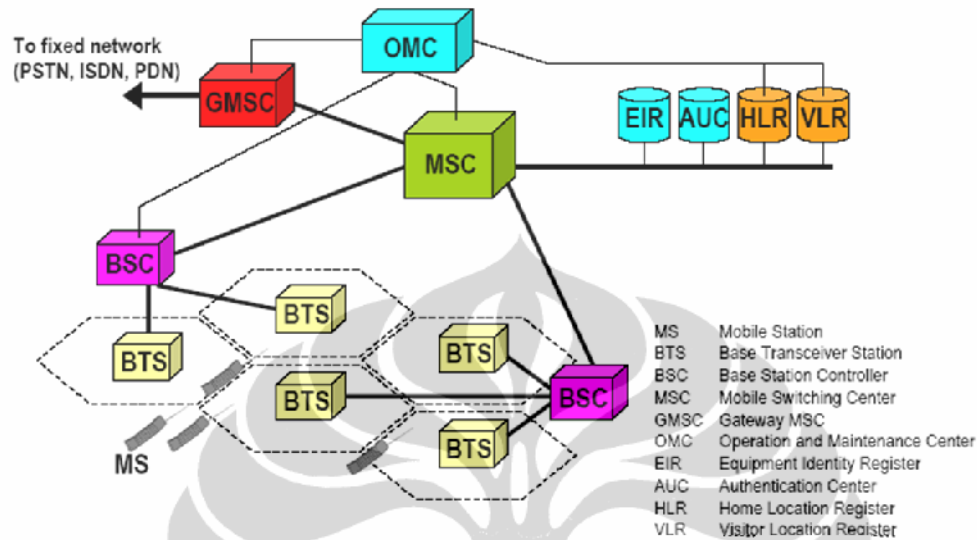
2.4. Tehnologi Global System Mobile (GSM).

2.4.1. Umum.

Global System for Mobile communication (GSM) adalah sebuah standar global untuk komunikasi bergerak digital. GSM adalah nama dari sebuah group standarisasi yang dibentuk di Eropa tahun 1982 untuk menciptakan sebuah standar bersama telpon bergerak selular di Eropa yang beroperasi pada daerah frekuensi 900 MHz. GSM saat ini banyak digunakan di negara-negara di dunia.

Komponen didalam sistim GSM dapat digambarkan sebagai berikut :

GSM essential components



Sumber : Uke Kurniawan Usman, *Global System for Mobile Communication (GSM)*, STT-Telkom.

Gambar 2- 12: Komponen Penting di dalam teknologi GSM

2.4.2. Mobile Station (MS).

Merupakan terminal yang dipakai oleh pelanggan untuk melakukan proses komunikasi. Mobile Station ini terdiri dari Mobile Equipment (ME) / HandPhone (HP) dan Subscriber Identification Module (SIM). Mobile Station tidak akan dapat berhubungan tanpa instalasi SIM card. Subscriber Identity Module (SIM) adalah sebuah smart card yang menyimpan seluruh informasi user seperti no telepon dan beberapa feature dari GSM.

2.4.3. Base Tranceiver Station (BTS).

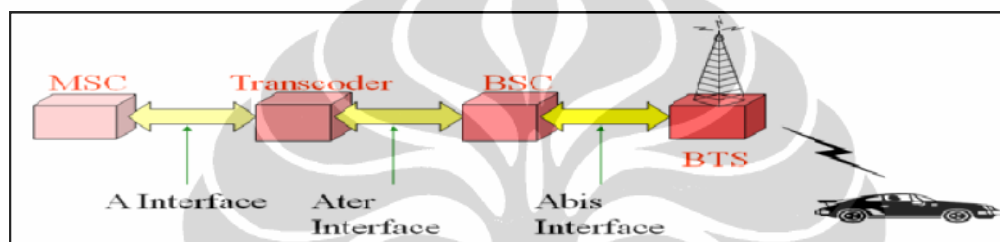
BTS merupakan tranceiver yang mendefinisikan sebuah sel dan menangani hubungan link radio dengan MS. BTS terdiri dari perangkat pemancar dan penerima, seperti antenna dan pemroses sinyal untuk sebuah interface.

2.4.4. Base Station Controller (BSC).

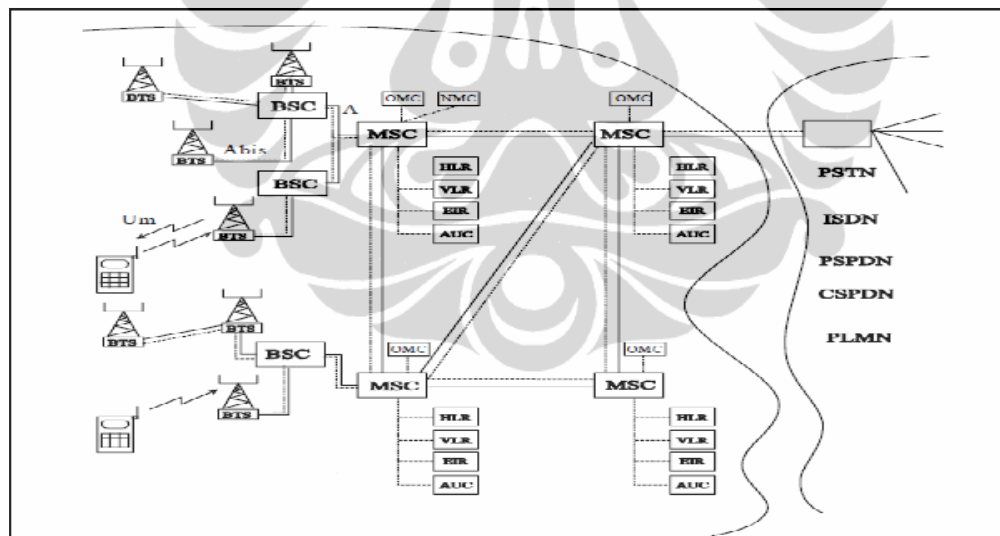
BSC mengatur sumber radio untuk sebuah BTS atau lebih. BSC menangani radio-channel setup, frequency hopping, and handover intern BSC.

2.4.5. Mobile Switching Center (MSC).

MSC melakukan fungsi switching dasar, mengatur BSC melalui A-interface dan Sebagai penghubung antara satu jaringan GSM dengan jaringan lainnya melalui Internetworking Function (IWF).



Gambar 2- 13 : Proses Data & Voice / Suara pada GSM



Sumber : ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG, GSM Basic Module, 2005.

Gambar 2- 14: Struktur Komunikasi GSM

2.5. Listrik untuk berbagai konfigurasi perangkat GSM

Stasiun stasiun yang berperan didalam sistem GSM seperti yang di terangkan sebelumnya yaitu BTS, BSC, MSC dan lain – lain memiliki tipe equipment yang berbeda fungsinya. *Equipment – equipment* ini ditempatkan pada

Universitas Indonesia

suatu gedung yang dilengkapi dengan fasilitas penunjang lainnya seperti tower dimana antenna akan dipasang, sistim pendingin ruangan, battery dan rectifier, diesel genset sebagai tenaga *backup* dikala arus listrik utama contohnya PLN mengalami gangguan / pemadaman, dan berbagai alat lainnya.

Apabila seseorang melakukan inisiatif pembicaraan, sinyal akan diterima oleh BTS dimana orang tersebut berada yang kemudian dilakukan suatu proses dan berakhir pada sisi BTS lawan dimana lawan bicara berada.

Kebutuhan listrik untuk BTS bervariasi tergantung konfigurasi yang ada di dalam BTS tersebut. Kemampuan dalam mengolah pembicaraan diatur oleh suatu *card* yang dinamakan *card* TRX. Semakin banyak jumlah *card* TRX tersebut maka kemampuan mengatur sejumlah pembicaraan per satuan waktu akan semakin besar. Tabel dibawah memperlihatkan kebutuhan daya dari berbagai tipe stasiun BTS beserta konfigurasinya.

Tabel 2 - 3 : Konsumsi Listrik (Watts) - Hi Power TRX

	Konfigurasi per Sektor						
	2 / 2 / 2	3 / 3 / 3	4 / 4 / 4	5 / 5 / 5	6 / 6 / 6	7 / 7 / 7	8 / 8 / 8
Peralatan Telekomunikasi Utama @Dual Band (900&1800)	1,492.0	2,296.0	2,548.0	3,482.0	3,734.0	4,538.0	4,780.0
Lampu Penerangan 8 Buah @20 Watt	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0	160.0
AC 1/2 PK 2 Buah @360 watt	720.0	720.0	720.0	720.0	720.0	720.0	720.0
AC 1 PK 2 Buah @850 watt	1,700.0	1,700.0	1,700.0	1,700.0	1,700.0	1,700.0	1,700.0
Microw ave (1+1)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Spare 15%	625.8	746.4	784.2	924.3	962.1	1,082.7	1,119.0
Total Watt	4,797.8	5,722.4	6,012.2	7,086.3	7,376.1	8,300.7	8,579.0

Pada daerah remote area dimana operator selular melakukan penetrasi awal guna membuka isolasi suatu daerah biasanya menggunakan konfigurasi 2/2/2 single band (900 mhz). Pada daerah perkotaan seperti Jakarta biasanya menggunakan konfigurasi minimal 4/4/4 dual band (900 & 1800 MHZ).

Tabel 2 - 4 : Kebutuhan daya untuk single band (900 mhz) konfigurasi 2/2/2

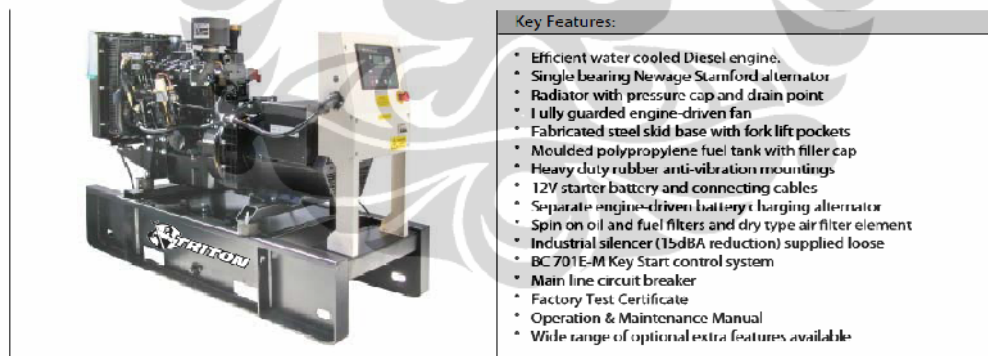
	2 / 2 / 2 Single Band
Peralatan Telekomunikasi Utama @ Single Band (900)	781.0
Lampu Penerangan 2 Buah @ 20 Watt	40.0
AC 1/2 PK 2 Buah @ 360 watt	720.0
AC 1 PK 2 Buah @ 800 watt	
Microwave (1+1)	100.0
Total Watt	1,641.0

Sumber listrik yang digunakan dalam pengoperasian peralatan didalam BTS menggunakan sumber listrik AC yang bersumber dari PLN kemudian diubah oleh rectifier menjadi arus DC . Daya yang diambil untuk konfigurasi 4/4/4 sebesar 7.5 KVA.

2.6. Peranan Generator Set dalam penyediaan listrik.

Dalam memberikan pelayanan yang terbaik bagi para pelanggan yang berdampak pada revenue yang dihasilkan oleh operator telepon selular, peranan pasokan listrik guna menjalankan segala perangkat yang ada didalam stasiun telekomunikasi tersebut sangatlah penting. Hilangnya pendapatan sebagai akibat tidak terjaminnya pasokan listrik yan berakibat beralihnya pelanggan ke penyedia jaringan seluler lainnya adalah hal yang tidak diinginkan oleh penyelenggara.

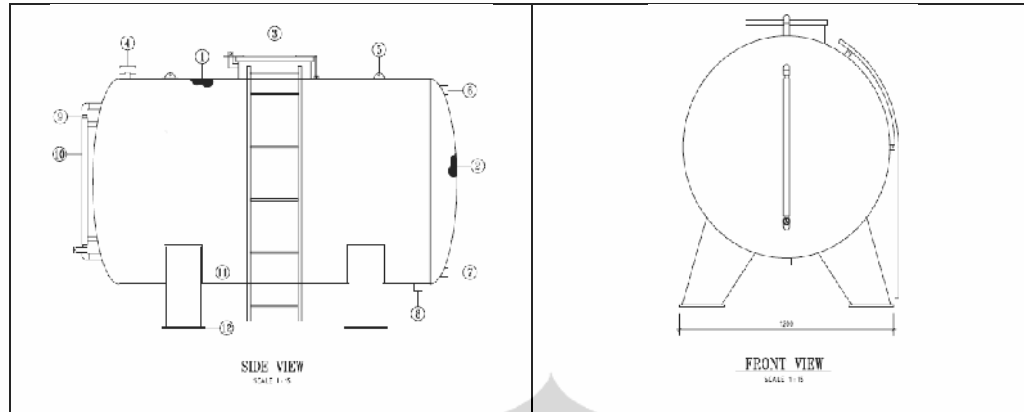
Guna mengantisipasi terjadinya pemadaman dari sumber arus utama PLN, pihak operator biasanya memasang Generator Set (Genset) sebagai tenaga cadangan. Umumnya genset yang dipakai menggunakan tenaga solar dan besarnya bervariasi tergantung kebutuhan.



Sumber : Triton Website

Gambar 2- 15: Genset dengan tenaga diesel berbahan bakar solar

Genset biasanya dilengkapi oleh tanki kapasitas 2000 liter solar guna menjaga terjaminnya pasokan listrik selama pemadaman berlangsung. Besarnya kapasitas tanki bervariasi. Semakin jauh lokasi BTS dari pusat kota atau semakin sulit dalam akses pembelian solar, biasanya tanki yang dipergunakan akan lebih besar kapasitasnya.



Gambar 2- 16 : Tanki untuk generator bahan bakar solar.

Genset dengan bahan bakar solar relatif berisik dan asap pembakarannya sangat polutif. Tetapi sisi baiknya genset berbahan bakar solar ini relative murah dan sudah lama dipakai oleh masyarakat ataupun bisnis. Mengingat sudah lama pengaplikasiannya, dari segi maintenance lebih mudah. Di tinjau dari segi biaya operasi, genset ini menjadi mahal mengingat bahan bakar yang dipakai adalah solar.

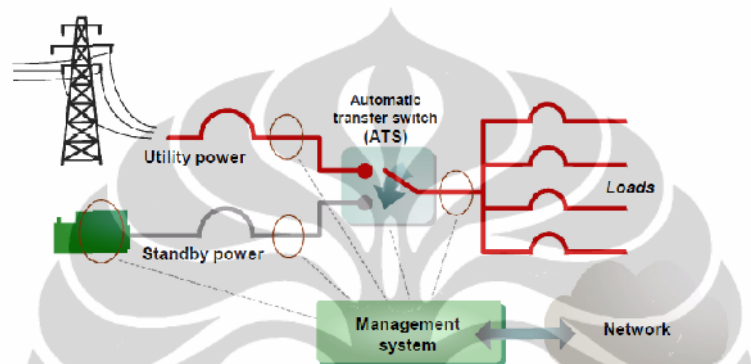
Saat ini genset dengan bahan bakar gas sudah mulai banyak berada dipasaran. Dari yang berdaya 500 watt hingga ribuan watt. Genset dengan bahan bakar gas bisa memakai LPG ataupun natural gas yang dialirkan oleh pipa PGN sebagai contohnya. Genset dengan bahan bakar gas lebih senyap suaranya serta relatif bersih pembakarannya dibandingkan dengan genset berbahan bakar solar. Mengingat genset dengan tenaga gas masih belum banyak pemakainya, biaya maintenance mungkin lebih mahal dibandingkan genset solar.



Gambar 2- 17: Genset dengan bahan bakar gas

Di saat pemadaman listrik terjadi pada suatu BTS, ATS switch yang merupakan bagian dari perlengkapan genset tersebut secara otomatis memutus

hubungan listrik yang bersumber dari PLN dan menyalakan genset guna memberikan arus AC ke BTS. Arus AC ini sebagian disimpan ke DC baterai dengan bantuan rectifier yang mengubah arus AC menjadi DC. Peranan battery disini seperti layaknya aki dalam mobil. Battery bekerja disaat cadangan solar yang menyuplai genset habis. Biasanya battery tersebut dapat bertahan hingga 6 – 8 jam.



Sumber : Robert Wolfgang, Fundamental Principles of Generators for Information Technology, APC,2004.

Gambar 2- 18: Genset sebagai tenaga cadangan.



Sumber : Enatel

Gambar 2- 19: Contoh Rectifier



Gambar 2- 20: Contoh Battery

Jumlah battery yang terpasang tergantung dengan seberapa besar daya yang disimpan secara kontinue guna mengoperasikan peralatan telekomunikasi.

Penggunaan genset sebagai tenaga cadangan ataupun sebagai tenaga utama apabila jaringan PLN tidak begitu baik atau tidak ada sama sekali membutuhkan perawatan yang lebih kompleks dibandingkan PLN. Hal ini mengingat bahwa operator membayar apa yang ditagihkan oleh PLN sudah termasuk servis oleh PLN tersebut guna terjaminnya pasokan listrik kepada konsumen. Beberapa hal perawatan dalam penggunaan genset antara lain :

- Perawatan pipa injeksi yang menyemprotkan bahan bakar. Pada umumnya pipa injeksi untuk genset tenaga diesel lebih cepat kotor daripada genset tenaga gas mengingat deposit yang dibawa oleh solar lebih tinggi daripada gas.
- Sistem kelistrikan meliputi bagian daripada generator seperti penggantian brush dan kondisi battery.
- Saringan udara.
- Sistem pendinginan genset.
- Sistem bahan bakar seperti filter, pompa bahan bakar dan tangki.
- Pemeriksaan berkala daripada mesin seperti overhaul dan pelumasan untuk menjaga keawetan daripada mesin tersebut.

Dalam pengoperasiannya, penggunaan genset oleh operator sebagai tenaga cadangan atau utama membutuhkan suatu tim khusus yang menangani genset tersebut guna terjaminnya pasokan listrik pada kondisi apapun. Adanya tim khusus ini memerlukan biaya overhead bagi operator. Lain halnya apabila menggunakan sepenuhnya listrik PLN. Selain itu adanya genset membutuhkan ekstra biaya bahan bakar yang tidak murah dikala terjadinya suatu gangguan listrik oleh PLN seperti pemadaman akibat pengaturan beban puncak atau kerusakan pada sistem distribusi PLN. Bahan bakar solar sebagai contohnya, operator harus membayar solar lebih mahal daripada yang dijual oleh SPBU yang ada di pinggir jalan. Belum lagi apabila akses terhadap pembelian solar tersebut terbatas seperti sulitnya medan seperti di Irian atau Kalimantan yang menyebabkan harga bahan bakar membung tinggi.

2.7. Investasi pembangkit listrik.

Pembangkit listrik atau power plant terdiri atas satu sistem atau beberapa sub sistem guna menghasilkan tenaga listrik. Pembangkit listrik harus ekonomis dan ramah lingkungan ketika pengoperasiannya. Ketika studi pemilihan pembangkit listrik ada beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain :

- Investasi yang murah.
- Biaya operasi yang rendah.
- Biaya maintenance yang rendah.
- Biaya energi yang dihasilkan yang murah.

Biaya investasi atau capex dari pembangkit listrik meliputi antara lain :

- Fixed Cost atau biaya tetap yang meliputi antara lain :
 - Biaya lahan.
 - Biaya bangunan apabila generator ditempatkan di dalam ruangan.
 - Biaya generator.
 - Biaya investasi.
- Operational Cost atau biaya operasional yang meliputi antara lain :
 - Biaya bahan bakar.

- Biaya pegawai dalam pengoperasian pembangkit.
- Biaya maintenance atau pemeliharaan.

Tabel dibawah ini akan memberikan gambaran perhitungan kasar mengenai perkiraan besarnya investasi dan biaya operasi dan maintenance untuk berbagai jenis pembangkit yang ada di Indonesia⁸ dibandingkan energi output (KW) yang dihasilkan.

Tabel 2 - 5: Karakteristik pembangkit listrik di Indonesia

Jenis pembangkit	Kapasitas (MW)	Biaya investasi (US\$/kW)	Biaya tetap O&M (\$/kW/yr)	Lifetime (Tahun)
PLTU batubara	600	1502	14,1	25
PLTU batubara skala kecil	7	1183	27	25
PLTU minyak	120	1710	10,4	25
CCGT	500	830	3,5	20
Cogen. Temp. rendah	25	2218	3,4	25
Pembangkit diesel	3,5	1462	11,5	20
Gas Turbine	120	437	3,6	20
Nuklir*)	600	2703	34,0	25
Nuklir*)	1000	2260	62,4	35
Panas bumi	55	1245	36	25
Bagasse/Biomasa	25	3061	37	25
Sampah rumah tangga *)	25	3000	50	20

Sumber: Pustaka 5, Catatan:*) hanya untuk Jawa

Sumber : Pusat pengkajian dan penerapan teknologi BPPT, Strategi penyediaan listrik nasional dalam rangka mengantisipasi pemanfaatan PLTU batubara skala kecil, PLTN dan pembangkit listrik terbarukan.

Dari tabel diatas untuk jenis pembangkit diesel dan gas turbin, untuk lifetime yang sama biaya investasi per kilowatt listrik yang dihasilkan, pembangkit listrik dengan tenaga diesel berbahan bakar solar menunjukkan nilai yang lebih mahal dibandingkan dengan pembangkit listrik tenaga gas turbin berbahan bakar solar. Nilai menunjukkan biaya investasi pembangkit diesel mencapai lebih dari tiga kali biaya investasi gas turbin. Demikian pula halnya dengan biaya operasi dan maintenance menunjukkan untuk pembangkit diesel lebih mahal 1.5 kali dari biaya pembangkit gas turbin.

Secara umum biaya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) lebih mahal dibandingkan dengan biaya pembangkitan pembangkit listrik tenaga fosil, pembangkit listrik tenaga air, minihidro, dan panas bumi. Tetapi seiring dengan adanya penelitian dari Amerika yang menyatakan bahwa biaya investasi PLTS di masa datang akan menurun, sehingga dengan dihapuskannya subsidi Bahan Bakar

Minyak (BBM) secara bertahap dimungkinkan PLTS dapat dipertimbangkan sebagai pembangkit listrik alternatif.

Dari studi yang dilakukan oleh Badan Pengkajian dan Penerapan Tehnologi (BPPT) dengan melakukan simulasi model yang dinamakan Markal (MARket Allocation) mengidentifikasi biaya investasi daripada PLTS pada tahun 2010 dapat bersaing dengan pembangkit listrik lainnya, bahkan setiap periode terjadi kenaikan kapasitas. Hal ini disebabkan pada tahun 2010 PLTD di beberapa wilayah Indonesia, khususnya di wilayah-wilayah terpencil seperti di Maluku, Nusa Tenggara dan Kalimantan kapasitasnya berkurang, sehingga untuk daerah yang berpotensi memanfaatkan PLTS akan menggantikan kekurangan kapasitas PLTD dengan PLTS. Selain kapasitas PLTD berkurang karena umurnya juga karena biaya bahan bakarnya yang semakin mahal dengan adanya penghapusan subsidi BBM secara bertahap. Biaya investasi diperkirakan akan semakin menurun untuk pembangunan PLTS dimana pada tahun 2010 diperkirakan berkisar US\$1,650/Kwatt kemudian turun hingga US\$ 968/Kwatt.

2.8. Bahan Bakar penggerak Generator Listrik.

2.8.1. Solar sebagai bahan bakar genset diesel.

Solar merupakan produk bahan bakar yang berasal dari fosil. Solar merupakan bahan bakar bagi penggunaan mesin berjenis diesel. Di Indonesia prosentasi pemakaian terbesar bahan bakar minyak (BBM) adalah Solar. Pemakaian solar di Indonesia pada tahun 2003 tercatat sebesar 24.1 juta kilo liter atau sekitar 41.7 % dari total pemakaian BBM di Indonesia.

Bahan bakar jenis solar atau Automotive diesel fuel memiliki prosentase sebesar 47.42% dari total konsumsi bahan bakar untuk sektor transportasi. Solar yang beredar di Indonesia hanya memiliki spesifikasi regular sedangkan merk dagang PertaminaDex yang diluncurkan oleh PT. Pertamina memiliki spesifikasi non regular. Seperti halnya bensin, solar merupakan hasil pengolahan dari minyak bumi namun solar hanya dapat digunakan pada mesin diesel.

Tabel 2 - 6: Spesifikasi daripada Solar

NO	Karakteristik	UNIT	Batasan		Metode Uji ASTM/lain	
			MIN	MAX	ASTM	IP
1	Angka Setana		45	-	D-613	
2	Indeks Stana		48	-	D4737	
3	Berat Jenis pada 15 °C	Kg/m ³	815	870	D-1298 / D-4737	
4	Viskositas pada 40 °C	Mm ² /sec	2.0	5.0	D-445	
5	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0.35	D-1552	
6	Distilasi : T95	°C	-	370	D-86	
7	Titik Nyala	°C	60	-	D-93	
8	Titik Tuang	°C	-	18	D-97	
9	Karbon Residu	merit	-	Kelas I	D-4530	
10	Kandungan Air	Mg/kg	-	500	D-1744	
11	Biological Growth	-	Nihil			
12	Kandungan FAME	% v/v	-	10		
13	Kandungan Metanol & Etanol	% v/v	Tak Terdeteksi		D-4815	
14	Korosi bilah tembaga	Merit	-	Kelas I	D-130	
15	Kandungan Abu	% m/m	-	0.01	D-482	
16	Kandungan Sedimen	% m/m	-	0.01	D-473	
17	Bilangan Asam Kuat	mgKOH/gr	-	0	D-664	
18	Bilangan Asam Total	mgKOH/gr	-	0.6	D-664	
19	Partikulat	Mg/l	-	-	D-2276	
20	Penampilan Visual	-	Jernih dan terang			
21	Warna	No.ASTM	-	3.0	D-1500	

Spesifikasi sesuai Surat Keputusan Dirjen Migas 3675 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006

Sumber : Pertamina

Solar memiliki karakteristik berwarna gelap serta memiliki bau yang khas. Bahan bakar ini tidak terlalu mudah menguap dalam temperatur normal, titik bakar bila disulut api pada suhu 40-100 derajat celcius. Dibandingkan dengan bensin, solar memiliki kandungan belerang yang lebih banyak⁹.

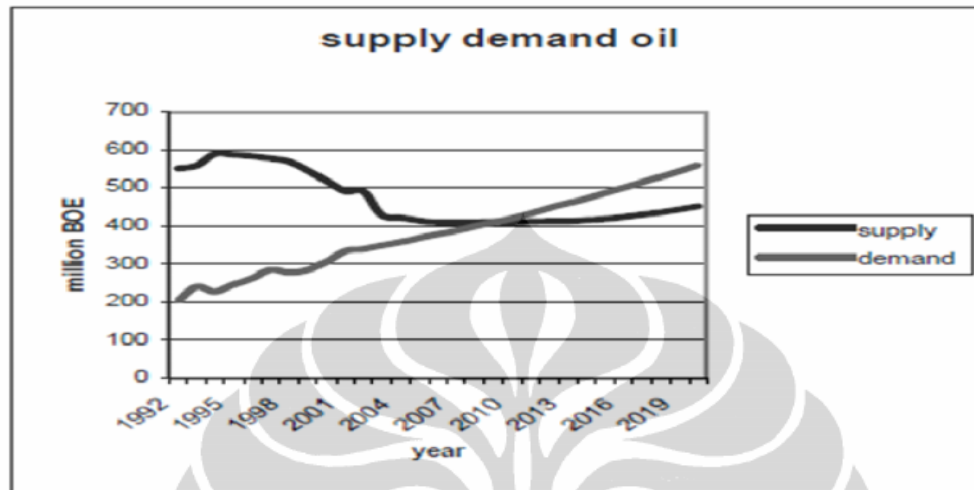
Solar merupakan campuran minyak bumi yang disebut juga middle distilates dikarenakan memiliki berat jenis yang lebih besar daripada bensin namun lebih ringan daripada pelumas.

Energi yang terkandung dalam solar umumnya diukur dengan British Thermal Unit (BTU) per galonnya. Kandungan BTU Solar sekitar 130,000 BTU/gallon.

Penyediaan BBM dalam negeri sebagian besar diperoleh dari kilang – kilang yang berada di Indonesia, sisanya diperoleh dengan cara impor. Disamping impor dalam bentuk BBM, Indonesia juga mengimpor dalam bentuk minyak mentah yang nantinya diolah oleh kilang kilang di Indonesia. Pada tahun 2003, impor minyak mentah mencapai 300 ribu barrel per hari (hampir 50% dari produksi). Mengingat kemampuan lapangan – lapangan minyak saat ini terus cenderung menurun sedangkan kapasitas kilang dalam negeri tetap, maka

Universitas Indonesia

kebutuhan impor minyak dalam bentuk BBM maupun minyak mentah akan terus meningkat di masa datang.



Sumber : Anondho Wijanarko, et.all.2005. *Tinjauan Kelayakan Ekonomi dan Teknis Perancangan Awal Pabrik Pengolahan Gas Alam*. Universitas Indonesia.

Gambar 2- 21 : Supply dan Demand minyak di Indonesia

Kapasitas kilang dalam negeri pada tahun 2003 tercatat sebesar 1,057 juta barrel per hari dan beroperasi antara 750 – 800 ribu barrel per hari. Sebagian kilang yang ada berusia tua sehingga apabila terjadi kerusakan dapat mengganggu kestabilan pasokan BBM dalam negeri. Kapasitas kilang dalam beberapa tahun terakhir tidak mengalami peningkatan mengingat investasi kilang sangat besar.

Volume permintaan di kawasan asia mulai mendekati kapasitas terpasang dari kilang yang ada sebagai dampak permintaan BBM oleh Cina yang meningkat pesat dan menurunnya aktivitas kilang di kawasan timur tengah (program perawatan). Trend perkembangan di sisi kilang tersebut perlu dicermati apakah bersifat permanen atau temporary.

Biaya distribusi BBM di Indonesia cukup tinggi hal ini dikarenakan dalam pendistribusian tersebut banyak melibatkan moda transportasi laut. Sebagian besar fasilitas dermaga khusus BBM yang ada di Indonesia hanya mampu melayani kapal – kapal kecil.

Masyarakat di Indonesia sudah sejak lama terbiasa dengan harga BBM yang tersubsidi oleh pemerintah. Pemerintah sudah berupaya melakukan penghapusan subsidi tersebut tetapi mengingat daya beli yang ada di masyarakat

Universitas Indonesia

masih rendah maka program penghapusan subsidi tersebut belum sepenuhnya dapat dilaksanakan.

Sejak tahun 2002, harga BBM seperti bensin premium, solar dan minyak bakar lainnya ditentukan berdasarkan harga MOPS (Mid Oil Platt's Singapore) rata – rata pada periode sebelumnya ditambah 5% plus PPN. Kenyataannya mengingat harga beli masyarakat yang rendah hal ini belum dapat sepenuhnya dilakukan. Harga solar di level SPBU saat ini mencapai harga Rp 4,500 per liter sedangkan untuk solar industri mencapai harga Rp 6,100 per liternya. Harga solar industri dapat menjadi lebih mahal dari harga tersebut tergantung jarak yang ditempuh dan tingkat kesulitan dalam mensuplai BBM tersebut dari depo BBM sampai ke konsumen jaraknya jauh dan susah dicapai. Umumnya selama masih dalam radius 40 km dari depo pensuplai harga solar industri masih di level Rp 6,100 per liternya.



Sumber : BPH Migas.

Gambar 2- 22: Fasilitas depo bahan bakar PT. Pertamina

2.8.2. Liquefied Petroleum Gas (LPG) sebagai bahan bakar genset gas.

Liquefied petroleum gas atau bisa disebut juga LPG, LP Gas adalah merupakan suatu hidrokarbon yang diproduksi oleh kilang minyak ataupun gas

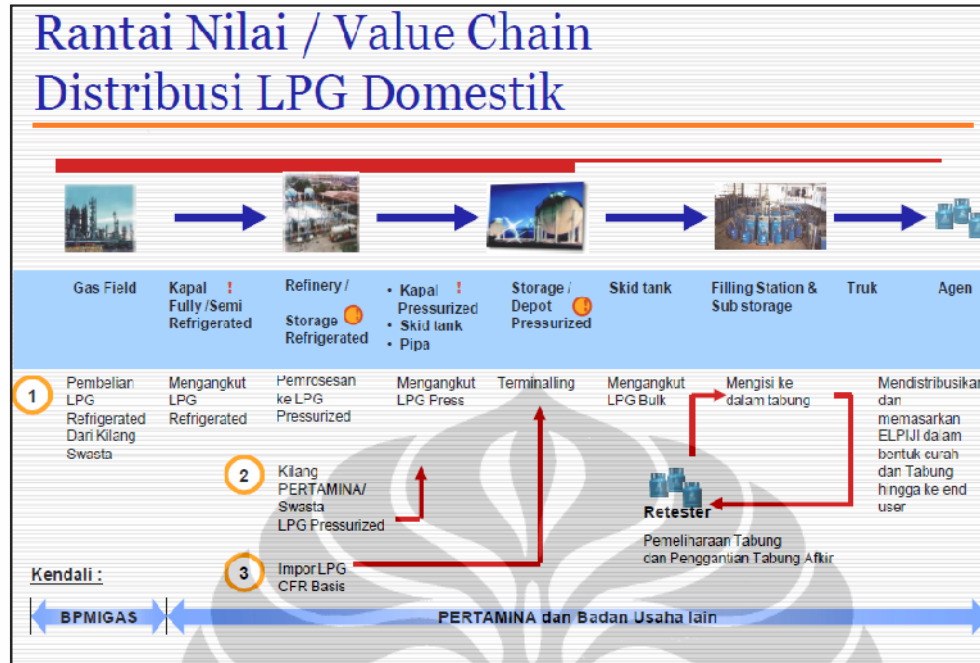
dimana saat ini banyak digunakan pada rumah tangga, industri hingga kendaraan bermotor, pembangkit listrik dan lain - lain. Jenis LPG yang ada umumnya adalah butane (C_4H_{10}) dan propane (C_3H_8) dan mix LPG yang merupakan campuran propane dan butane. LPG butane dan LPG mix biasanya dipergunakan oleh masyarakat umum untuk bahan bakar memasak, sedangkan LPG propane biasanya dipergunakan di industri-industri sebagai pendingin, bahan bakar pemotong, untuk menyemprot cat dan lainnya.

Pada suhu kamar, LPG akan berbentuk gas. Perubahan bentuk LPG menjadi cair adalah untuk mempermudah pendistribusiannya. Berdasarkan cara pencairannya, LPG dibedakan menjadi dua, yaitu LPG Refrigerated dan LPG Pressurized.

LPG Pressurized adalah LPG yang dicairkan dengan cara ditekan ($4-5 \text{ kg/cm}^2$). LPG jenis ini disimpan dalam tabung atau tanki khusus bertekanan. LPG jenis inilah yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi di rumah tangga dan industri, karena penyimpanan dan penggunaannya tidak memerlukan handling khusus seperti LPG Refrigerated. LPG jenis ini yang dipasarkan oleh Pertamina.

LPG Refrigerated adalah LPG yang dicairkan dengan cara didinginkan. LPG jenis ini umum digunakan untuk mengapalkan LPG dalam jumlah besar (misalnya, mengirim LPG dari pengeksport ke Indonesia). Dibutuhkan tanki penyimpanan khusus yang harus didinginkan agar LPG tetap dapat berbentuk cair. Sedangkan untuk mengubah LPG refrigerated ke pressurized dibutuhkan suatu proses khusus.

LPG yang dipasarkan oleh PERTAMINA di Indonesia tersimpan dalam kemasan tabung 3 kg, 12 kg, 50 kg dan juga dalam bentuk curah yang merupakan LPG mix, dengan komposisi + 30% propane dan 70% butane. Suatu zat yang disebut mercaptan ditambahkan ke LPG sehingga memberikan bau yang khas. Maksudnya apabila terjadi suatu kebocoran dalam penggunaan oleh konsumen, hal tersebut dapat cepat terdeteksi. Harga gas LPG di Indonesia pada akhir tahun 2009 berkisar Rp 7,355 / Kg.



Sumber : Pokja gas. <http://energialternatif.ekon.go.id>

Gambar 2- 23: Rantai distribusi LPG



Gambar 2- 24: Tabung LPG Kapasitas 50 Kg

Berikut adalah keuntungan dan kerugian daripada LPG ¹⁰:

Keuntungan :

- Mudah digunakan dan dipindahkan.
- Bersih dan ramah lingkungan.
- Pembakaran mudah disesuaikan.
- Temperatur panas yang tinggi.

- Berbau khas.
- Kompor tidak perlu dipanaskan terlebih dahulu tidak seperti layaknya penggunaan minyak tanah.

Kerugian :

- Memerlukan tabung yang harganya cukup mahal mengingat tabung terbuat dari baja dan harus mampu menahan tekanan yang tinggi. Hal ini dikarenakan pada tekanan dan temperatur normal, LPG mudah menguap.
- Memerlukan peralatan seperti kompor gas yang harganya lebih mahal dibandingkan dengan kompor biasa.
- Harus dibeli dalam satuan tertentu (tidak bisa eceran).

Sesuai Keputusan Dirjen Migas No. 25 K/36/DDJM/1990 tanggal 14 Mei 1990 tentang Spesifikasi Bahan Bakar Gas Elpiji untuk Keperluan Dalam Negeri, berikut adalah Spesifikasi LPG Propane (C₃H₈) :

Tabel 2 - 7 : Spesifikasi Propane

Test	Min	Max	Method
Spesific Gravity at 60/60 °F	To be reported		ASTM D-1657
Vapour Pressure 100 °F, psig	-	210	ASTM D-1267
Weathering Test 36 °F,%vol	95	-	ASTM D-1837
Copper Corrosion 1 hr, 100 °F	-	No. 1	ASTM D 1838
Total Sulfur, grains/100 cuft	-	15 *)	ASTM D-2784
Composition: <ul style="list-style-type: none"> • C3 total % vol • C4 and heavier % vol 	95	2.5	ASTM D-2163
Ethyl or Butyl mercaptan added, ml/100 AG	50		∅

*)Sebelum ditambahkan Ethyl atau Butyl mercaptan

Sumber : Pertamina.

LPG memiliki nilai kalori sebesar 46.1 MJ/kg, bila dibandingkan dengan solar 42.5 MJ/kg dan bensin premium 43.5 MJ/kg. Tetapi energi density per unit volume lebih rendah dibandingkan dengan solar ataupun bensin premium.

Guna menghadapi ekspansi panas, tabung LPG tidak sepenuhnya terisi. Umumnya gas yang ada pada tabung LPG berisi antara 80 – 85% dari kapasitas

tabung. Rasio antara vaporised gas (Uap Gas) dan liquefied gas (gas cair) bergantung pada komposisi tekanan dan temperatur.

2.8.3. Natural gas sebagai bahan bakar gaset gas.

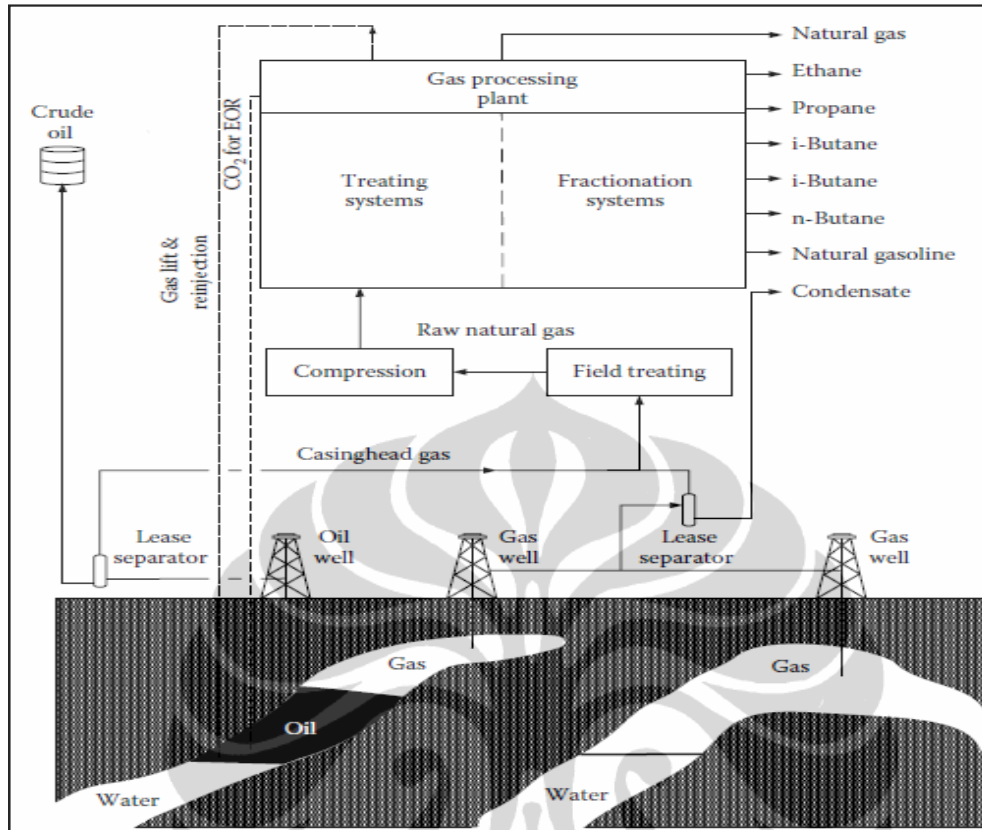
Natural gas senyawa hidrokarbon yang berbentuk gas yang terbentuk dari vegetasi / tumbuhan yang hidup berjuta – juta tahun yang lalu dan terpendam hingga beberapa kilometers di bawah tanah.

Gas ditemukan dalam bentuk senyawa dengan minyak bumi atau biasa disebut dengan associated gas atau dalam bentuk sedikit atau tidak ada sama sekali minyak bumi yang disebut dengan non associated gas.

Natural gas umumnya mengandung Methane, Ethane, Propane dan Butane. Kandungan Methane di dalam gas mencapai 80 – 90%. Air selalu ada didalam gas yang keluar dari associated well ataupun non associated well.

Proses natural gas hingga layak untuk dijual umumnya melalui proses – proses sebagai berikut :

- *Purification.* Dimana material – material tertentu yang terdapat dalam kandungan gas dihilangkan karena tidak sesuai dengan spesifikasi yang diminta oleh konsumen.
- *Separasi.* Adalah proses pemisahan komponen didalam gas yang memiliki nilai tinggi untuk kebutuhan industri sebagai contohnya propane dan industri gas seperti ethane atau helium.
- *Liquefaction.* Proses pengubahan gas menjadi cair sehingga memudahkan dalam pengangkutan dan penyimpanan.



Sumber : L.L Faulkner. Fundamental of natural gas processing. P.8.

Gambar 2- 25: Overview produksi gas

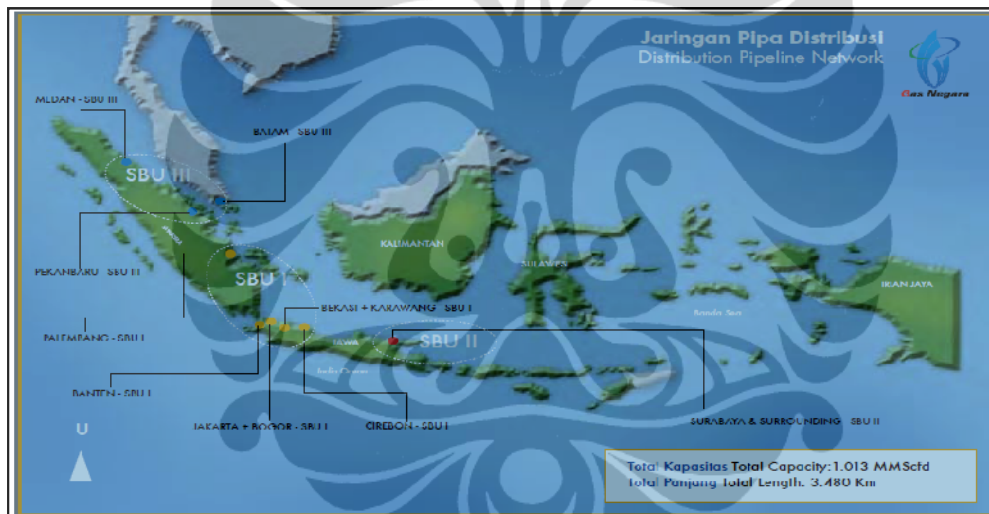
2.8.4. Prasarana penggunaan natural gas pada gaset gas.

Salah satu sistim transportasi gas adalah menggunakan fasilitas pipa yang berdiameter tertentu yang menghubungkan antara daerah / penghasil gas ke market tujuan. Tehnologi perpipaan sudah lama dikenal dan terbukti reliable dalam proses pendistribusiannya. Perusahaan Gas Negara (PGN) adalah salah satu perusahaan di Indonesia yang banyak memakai tehnologi ini dalam pendistribusiannya.



Sumber : Perusahaan Gas Negara.

Gambar 2- 26: Jaringan Pipa Gas Transmisi PGN Sumatera – Jawa.

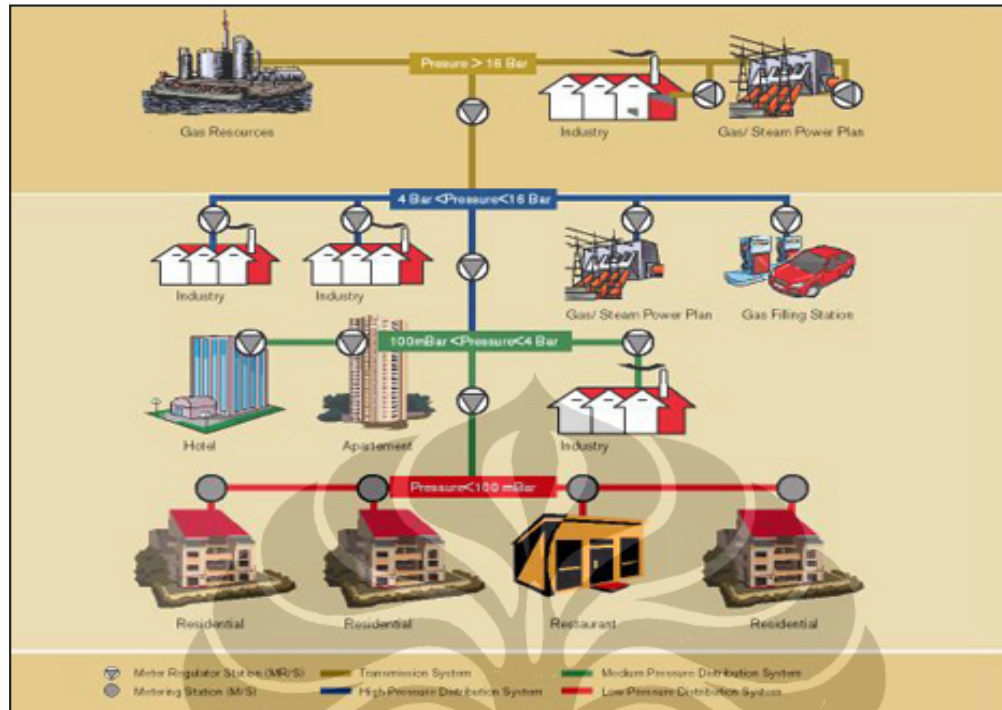


Sumber : Perusahaan Gas Negara.

Gambar 2- 27: Jaringan Pipa gas Distribusi PGN

Hingga saat ini jaringan pipa transmisi yang dimiliki oleh PGN hingga tahun 2008 mencapai 2,158 Km dan pipa distribusi mencapai 3,480 km.

Dalam usaha pendistribusian gas lewat pipa dari sumber gas ke konsumen, PGN menempuh sistem seperti pada diagram dibawah ini.



Sumber : Perusahaan Gas Negara.

Gambar 2- 28: Sistim pendistribusian gas ke konsumen.

Harga gas yang dijual oleh PGN ke konsumen bervariasi tergantung jarak yang harus ditempuh, volume gas dan lama kontrak. Tarif tersebut dikenal dengan nama “*Toll Fee*” atau tarif transmisi gas. Tarif ini biasanya memiliki satuan US\$/mmbtu.

Dalam penyediaan natural gas ke konsumen, beberapa operator yang bergerak dalam pendistribusian gas di Indonesia antara lain adalah Perusahaan Gas Negara (PGN). PGN menerapkan sistem berjenjang dalam pendistribusian gas tersebut. Pendistribusian gas umumnya menggunakan pipa. Pada pipa yang merupakan *backbone* atau pipa transmisi umumnya berdiameter besar mengingat volume gas yang harus dideliver juga besar. Umumnya pipa tersebut berdiameter 36 – 42”. Sedangkan pipa yang masuk ke titik konsumen atau disebut juga pipa distribusi umumnya berdiameter kecil dengan range 4 – 12”.

Pendistribusian menggunakan pipa merupakan cara yang efisien dan ekonomis terutama apabila lewat jalan darat. Untuk offshore biasanya menjadi sulit seiring dengan semakin dalamnya laut dan route yang akan dilalui.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan pipeline antara lain:

Universitas Indonesia

- Ekonomis apabila jarak delivery maksimum sekitar 4000 km.
- Investasi menjadi besar terutama apabila pipa dilewatkan lewat darat mengingat perlunya pembebasan tanah sepanjang jalur pipa.
- Fasilitas bersifat fixed sehingga apabila rata – rata produksi sumur gas semakin berkurang menyebabkan biaya pemeliharaan semakin tinggi dan akhirnya menjadi barang yang tidak bernilai lagi seiring dengan makin menurunnya performansi sumur gas.

2.8.5. Compressed Natural Gas (CNG) sebagai bahan bakar genset gas.

Compressed Natural Gas (CNG) adalah suatu sistim pendistribusian gas dengan cara memanfaatkan suatu volume gas hingga 1/280 kali volume gas normal pada tekanan 2850 psig atau 1/133 kali volume normal pada 1400 psig, 0°C.

Adanya tehnologi ini diharapkan pendistribusian gas dalam volume besar dapat lebih ekonomis dalam kebutuhan ruang penyimpan gas tersebut. Di Indonesia tehnologi gas ini sudah lama diaplikasikan. Busway yang merupakan moda transportasi di Jakarta menggunakan tehnologi ini sebagai bahan bakar pengganti BBM. Suatu conversion kit diperlukan sehingga gas dapat menjadi bahan bakar guna menggerakkan mesin busway yang berbasis premium / diesel.

Industri – industri yang ada di Indonesia sudah mulai banyak menggunakan CNG guna menggerakkan mesin – mesin industri mereka ataupun sebagai bahan bakar pembangkit listrik mereka. Biasanya industri ini mengambil CNG dikarenakan belum adanya jaringan gas di daerah mereka dan apabila mereka menggunakan minyak diesel / solar maka biaya operasi mereka akan meningkat. Saat ini sistim transportasi gas menggunakan CNG tehnologi dilakukan baik melalui laut, darat. Compressed Natural Gas via jalan darat sudah terbukti efesien dan ekonomis. Konsep ini sudah banyak diaplikasikan pada beberapa negara. Dalam pendistribusian lewat darat, tabung – tabung CNG ini diletakkan sedemikian rupa di atas suatu bidang yang beroda dan ditarik dengan kendaraan trailer. Di Indonesia pihak swasta yang memiliki usaha pendistribusian gas lewat CNG adalah PT. Citra Nusantara Gemilang. Harga gas yang didistribusikan dengan CNG bervariasi, dimana faktor kuantitas dan jarak tempuh

delivery berperan dalam menentukan harga jual ke konsumen. Saat ini harga CNG rata – rata adalah Rp 4,365 / m³.

Compressed Natural Gas (CNG) memiliki komposisi metana (CH₄) 95 – 97% , gross heating value 8,000 – 10,658 Kcal / m³ (900 – 1,200 BTU/SCF), CO₂ maximum 5% dan berat jenis 0.6036.



Sumber : Asep Handaya Saputra, Compressed Natural Gas, Universitas Indonesia.

Gambar 2- 29: Tabung CNG.

Tabel 2 - 8 : Ukuran tabung CNG dan spesifikasi trailer pengangkut CNG

	Product Volume (Nominal)		Number of 9' Tubes					
	18	27	30	36	38	45	49	54
Methane	36,277 cf 1027 m ³	54,426 cf 1540 m ³	60,473 cf 1711 m ³	72,560 cf 2054 m ³	76,600 cf 2168 m ³	90,710 cf 2567 m ³	90,773 cf 2795 m ³	100,052 cf 3081 m ³
Trailer Specs								
Length	24 ft 7.3 m	24.2 ft 7.4 m	24 ft 7.3 m	24.2 ft 7.4 m	24 ft 7.3 m	24.2 ft 7.4 m	26 ft 7.9 m	24.2 ft 7.4 m
Width	7 ft 2.1 m	8 ft 2.4 m	8 ft 2.4 m	8 ft 2.4 m	8 ft 2.4 m	8 ft 2.4 m	8 ft 2.4 m	8 ft 2.4 m
Height	7 ft 2.1 m	7.5 ft 2.3 m	8.5 ft 2.6 m	8.5 ft 2.6 m	9.2 ft 2.8 m	9.2 ft 2.8 m	10.1 ft 3.1 m	10.5 ft 3.2 m
Weight	17,500 lbs 7988 kg	24,400 lbs 11,068 kg	25,000 lbs 11,794 kg	30,000 lbs 13,626 kg	32,000 lbs 14,515 kg	38,000 lbs 17,237 kg	38,000 lbs 17,237 kg	44,300 lbs 20,054 kg

Sumber : Asep Handaya Saputra, Compressed Natural Gas, Universitas Indonesia.

Berikut beberapa keuntungan pemakaian CNG :

- Simple, fasilitas CNG processing tidak serumit fasilitas lainnya seperti LNG yang membutuhkan energi listrik banyak.
- Biaya fasilitas yang lebih murah mengingat hanya membutuhkan fasilitas yang sederhana.
- Beberapa moda transportasi dapat dimodifikasi guna pengangkutan CNG ini.
- Dapat menjangkau daerah – daerah yang cukup sulit.
- Cocok diterapkan pada demand yang kecil.

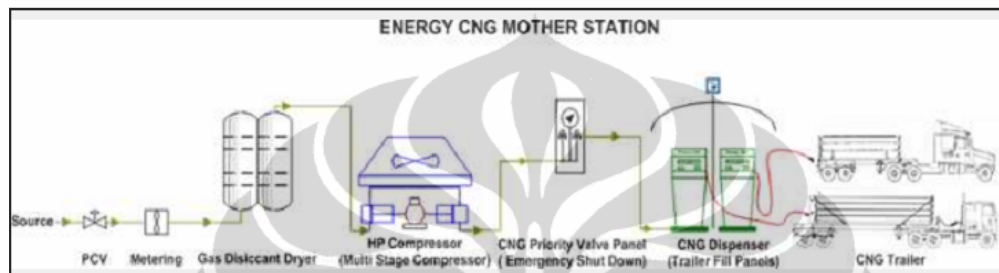
Pengaplikasian teknologi CNG juga banyak dijumpai pada moda transportasi di Indonesia seperti busway dan armada taksi. CNG dapat dipakai pada mesin yang menggunakan bensin ataupun diesel.

Pengisian CNG pada tabung dapat dilakukan pada tekanan rendah (pengisian menjadi lambat) dan tekanan tinggi (pengisian cepat). Pemilihan alternatif tersebut tergantung daripada biaya stasiun pengisian CNG dibandingkan lama waktu pengisian.

Pada sisi konsumen sebagai pemakai CNG ini, yang terberat adalah penyediaan lahan yang cukup luas guna memarkir / meletakkan trailer pengangkut CNG. Selain itu adalah pembangunan rumah regulator (Rumah berisi pressure

Universitas Indonesia

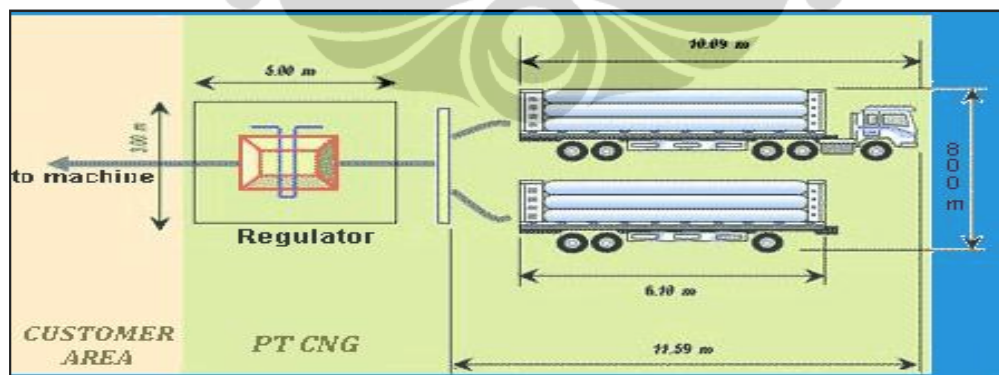
regulator yang berfungsi menkonversikan gas bertekanan tinggi yang ada di tabung CNG ke metering pressure). Conversion kit yang ada saat ini menawarkan teknologi Multi Point Gas Injection seperti layaknya sistim injeksi mobil – mobil yang beradar di masyarakat. Pihak konsumen juga harus menyediakan pipa yang menghubungkan antara rumah regulator ke mesin yang akan menggunakan bahan bakar gas ini.



Sumber : www.energycng.com

Gambar 2- 30: Proses pengisian CNG ke trailer

Salah satu perusahaan yang menyediakan CNG ini mengatakan bahwa biaya regulator ditanggung oleh penyedia CNG. Mengingat kebutuhan lahan yang cukup luas ini, penggunaan CNG di daerah perkotaan besar seperti Jakarta akan menjadi mahal mengingat harga tanah per m^2 yang begitu mahal dibandingkan daerah daerah seperti Kalimantan dan Sumatera.



Sumber : www.cng.co.id

Gambar 2- 31 : Minimal Kebutuhan Lahan bagi Trailer CNG

Salah satu perusahaan CNG yang berada di Indonesia mampu melayani pengguna CNG hingga radius 200 km dari stasiun pengisi utama (*Mother Station*).

2.9. Sel Surya (Solar Cell).

Menipisnya cadangan minyak dan gas dunia menyebabkan usaha penelitian dan pengaplikasian energi alternatif guna mengurangi ketergantungan terhadap sumberdaya minyak dan gas semakin gencar dilakukan. Minyak dan gas merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui, sedangkan kebutuhan energi semakin meningkat. Selain itu berbagai penelitian mengungkapkan bahwa kualitas udara telah semakin kritis akibat pembakaran minyak bumi.

Energi surya yang merupakan energi alternatif tehnologinya kian berkembang. Energi ini memanfaatkan energi foton cahaya matahari menjadi energi listrik lewat bantuan panel surya atau solar cell. Seiring dengan perkembangan tehnologi sel surya ini dan proses produksi menyebabkan investasi terhadap sel surya semakin murah.

Energi matahari yang mencapai bumi tiap hari mencapai 120.000 TW, secara ekonomis yang bisa dieksploitasi mencapai 600 TW. Dengan asumsi efisiensi konversi energinya mencapai 10% seperti rata-rata teknologi saat ini, akan tersedia energi sebanyak 60 TW.

Sel surya merupakan device elektronik dengan struktur yang sama dengan dioda pada komponen elektronika. Sel surya mengkonversi langsung sinar matahari menjadi energi listrik atau disebut juga photovoltaics (PV). Energi sinar matahari yang berupa paket kuantum foton yang jatuh pada material sel surya akan digunakan untuk menghasilkan pembawa muatan negatif (elektron) dan muatan positif (hole). Dengan dihubungkan melalui beban (load), muatan-muatan tersebut akan mengalir menghasilkan listrik arus searah (DC).

Teknologi sel surya generasi pertama mulai dikembangkan sejak tahun 1950-an dengan berbasis pada penggunaan material silikon berupa lempengan waver dengan ketebalan sekitar 200-300 mikron. Silikon dipilih karena tersedia dalam jumlah berlimpah di alam dimana sekitar 75% kerak bumi merupakan material silikon dalam bentuk pasir kuarsa. Teknologi ini mulai dikomersilkan pada tahun 1970-an dan sampai saat ini harga produksinya adalah USD 3-4/W. Harga komersialnya mencapai USD 5-6/W.

Untuk teknologi ini, efisiensi konversi dari energi matahari menjadi energi listrik dalam bentuk produk komersial mencapai 8-15%. Sebagai pembanding, efisiensi konversi dari proses fotosintesis di alam mencapai kurang dari 1%.

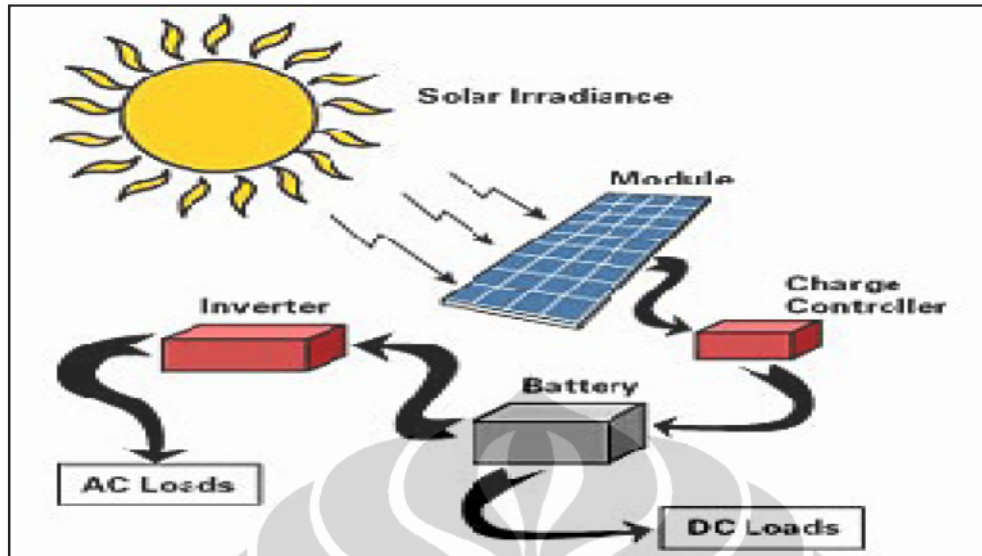
Tahun 1980-an dikembangkan teknologi sel surya generasi kedua yang lebih tipis yakni mencapai ketebalan 1-2 mikron dan disebut sebagai sel surya lapisan tipis (Thin film). Teknologi ini mulai dikomersilkan sejak tahun 1990-an, dengan menggunakan mayoritas material lapisan silikon tipis, di samping material lainnya seperti CuInGaSe dan CdTe. Efisiensi konversi secara komersial saat ini mencapai 5 - 10%. Walaupun lebih rendah dari generasi pertama, namun harga produksinya lebih rendah yakni hanya mencapai USD 1-2,5/W, dan harga komersial mencapai USD 3-4/W.

Dengan menggunakan tambahan kombinasi teknologi dalam negeri nano-silikon/ZnO, harga produksi dapat ditekan menjadi kurang dari USD 1/W, sehingga akan memberikan dampak luas pada penggunaan secara massal. Harga ini setara dengan harga energi listrik sekitar Rp300/KWh. Teknologi ini diproyeksikan dapat bertahan sampai tahun 2030-an. Ke depan, teknologi sel surya generasi ketiga akan didominasi oleh material organik dan padatan dengan struktur lebih kompleks.

Sel surya dalam bentuk komersial yang diproduksi oleh industrinya biasanya berupa panel kedap air dengan berbagai ukuran. Untuk setiap satu meter persegi dapat menghasilkan listrik sebesar 50-100 W, bergantung jenis teknologi yang digunakan. Industri sel surya itu sendiri mengalami perkembangan yang pesat dengan pertumbuhan rata-rata sekitar 40% selama 8 tahun terakhir ini. Total produksi tahun 2007 mencapai sekitar 5 GW.

Aplikasi Teknologi Sel Surya Teknologi sel surya biasanya diaplikasikan dalam satu sistem pembangkit listrik bersama-sama dengan komponen pendukung lainnya. Dalam hal ini, panel sel surya tetap menjadi komponen utama yang mencapai 60-70% dari total harga sistemnya.

Panel sel surya juga menggantikan sebagian material bangunan dan terintegrasi pada bangunannya. Keberadaan panel sel surya pada bangunan ini mendukung bahkan menciptakan desain arsitektur yang baru, dan dikenal sebagai Building Integrated Photovoltaics (BIPV).



Sumber : Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan “Perencanaan Bahan Bakar”

Gambar 2- 32: Sel Surya atau Photovoltaic Cell

2.9.1. Pemanfaatan Solar cell pada bangunan.

Solar Photovoltaics adalah teknologi renewable energi yang paling ekonomis, mudah dan bersih lingkungan pada penerapannya di bangunan baru maupun bangunan lama. Atas dasar ini maka penggunaan Solar Photovoltaics meningkat dalam penggunaannya memenuhi kebutuhan listrik baik di dalam sektor bisnis maupun perseorangan.

Mudah dalam instalasi, efektif dan bebas maintenance, zero emission ditambah dengan umur alat yang bisa mencapai 20 tahun membuat solar PV system ini banyak diterima oleh regulasi yang dikeluarkan pada beberapa negara mengenai bangunan.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam rencana penggunaan Solar PV didalam bangunan antara lain :

- Intensitas sinar matahari yang cukup, dimana hal ini sangat bergantung dari kondisi geografis.
- Besar energi listrik yang akan digantikan dengan energi listrik yang dihasilkan oleh solar PV tersebut.
- Adanya lahan yang cukup dimana akan diperuntukkan bagi penempatan solar PV tersebut.

Kombinasi dari ketiga faktor tersebut diatas akan menentukan berapa jumlah solar pv panel yang akan dibutuhkan. Selain itu masing – masing panel memiliki efisiensi rating yang berbeda. Efisiensi rating menggambarkan jumlah energi listrik yang dapat dihasilkan oleh Solar PV per square inch.

Berikut beberapa contoh harga solar panel yang ada di luar negeri. Harga tersebut tidak termasuk jasa instalasi dan instalasi material lainnya.

2.9.2. Faktor – faktor yang mempengaruhi daya output sel surya.

- **Standar Test Kondisi.**

DC output daripada modul sel surya dihitung oleh pembuat modul tersebut berdasarkan standar test. Setiap modul memiliki produksi toleransi sebesar +/- 5% dari output yang ditetapkan. Sehingga secara konservatif 100 watts module akan memiliki 95 watts output. Pengambilan -5% digunakan supaya tidak over estimasi dalam perhitungan kebutuhan modul surya.

- **Suhu.**

Daya output daripada modul sel surya akan berkurang apabila suhu pada modul tersebut meningkat. Ketika sel surya ditempatkan diatas atap sebagai contohnya, peningkatan panas akan terjadi pada modul tersebut hingga mencapai suhu 50 – 75 °C.

- **Kotoran dan Debu.**

Kotoran dan debu dapat terakumulasi pada modul sel surya sehingga akan menghalangi radiasi sinar matahari yang akhirnya akan berpengaruh pada output modul sel surya tersebut.

- **Kehilangan daya akibat sistim perkabelan.**

Daya yang dihasilkan oleh modul surya akan berkurang karena adanya faktor tahanan kabel. Kehilangan tersebut mencapai 5% dalam suatu sistim..

- **Kehilangan daya akibat konversi dari DC ke AC.**

Arus DC yang dikeluarkan oleh modul sel surya harus diubah ke tegangan AC agar dapat digunakan oleh perangkat umumnya. Pengubahan ini menggunakan alat yang dinamakan inverter. Inverter saat ini memiliki efisiensi antara 92-94%. Kondisi aktual dalam konversi DC ke AC berkisar antara 88 – 92%.

2.9.3. Potensi tenaga surya di Indonesia.

Intensitas dari radiasi matahari berubah setiap jam dan dipengaruhi juga dengan kondisi cuaca. Nilai / jumlah radiasi matahari ditunjukkan dalam bentuk jumlah jam pada kondisi optimum sinar matahari (*Peak sun hours*) per meter persegi (m^2). Lama optimum sinar matahari dalam jam tersebut menggambarkan lama rata – rata dari radiasi tersebut sepanjang tahun. Kesepakatan guna menggambarkan nilai kondisi optimum sinar matahari tersebut dinyatakan dalam $1000 \text{ watt}/m^2$ dari energi sinar matahari yang mencapai bumi. Sebagai contohnya 1 jam kondisi optimum sinar matahari menjadi $1 \text{ KWH}/m^2$.

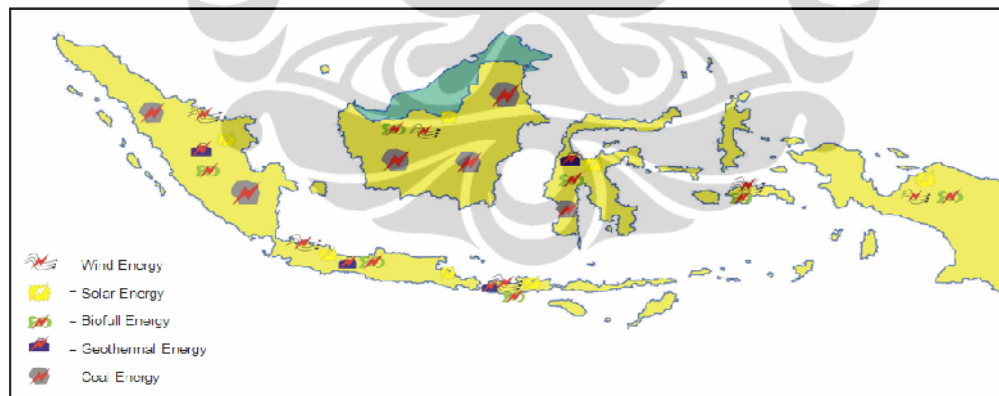
Indonesia memiliki potensi besar dalam hal pemanfaatan energi sel surya mengingat posisi Indonesia yang terletak pada garis katulistiwa. Potensi tenaga surya ditentukan dari intensitas matahari. Indonesia memiliki 2 musim yaitu musim kemarau dan musim hujan, namun matahari tetap bersinar walaupun diwaktu musim penghujan. Sayangnya kelembaban udara di Indonesia tinggi, sehingga intensitas radiasi matahari rata – rata hanya mencapai sekitar 2 hingga 5 KWH/m^2 . Dari hasil pantauan intensitas radiasi matahari di beberapa titik yang tersebar per propinsi di Indonesia didapatkan bahwa intensitas terendah berada di daerah Dermaga, Bogor Jawa Barat dan tertinggi di daerah Waingapu, Nusa Tenggara Barat.

Berikut adalah hasil pantauan intensitas radiasi matahari di beberapa propinsi di Indonesia.

Tabel 2 - 9 : Intensitas Radiasi Matahari per Propinsi di Indonesia

Propinsi	Lokasi	Tahun Pengukuran	Posisi Geografis	Intensitas Radiasi (kWh/m ²)
NAD	Pidie	1980	4°15' LS; 96°52' BT	4,097
Sumatera Selatan	Ogan Komerin Ulu	1979-1981	3°10' LS; 104°42' BT	4,951
Lampung	Lampung Selatan	1972-1979	4°28' LS; 105°48' BT	5,234
DKI Jakarta	Jakarta Utara	1965- 1981	6°11' LS; 106°05' BT	4,187
Banten	Tangerang	1980	6°07' LS; 106°30' BT	4,324
	Lebak	1991 - 1995	6°11' LS; 106°30' BT	4.446
Jawa Barat	Bogor	1980	6°11' LS; 106°39' BT	2,558
	Bandung	1980	6°56' LS; 107°38' BT	4,149
Jawa Tengah	Semarang	1979-1981	6°59' LS; 110°23' BT	5,488
DI Yogyakarta	Yogyakarta	1980	7°37' LS; 110°01' BT	4,500
Jawa Timur	Pacitan	1980	7°18' LS; 112°42' BT	4,300
Kalimantan Barat	Pontianak	1991-1993	4°36' LS; 9°11' BT	4,552
Kalimantan Timur	Kabupaten Berau	1991-1995	0°32' LU; 117°52' BT	4,172
Kalimantan Selatan	Kota Baru	1979 - 1981	3°27' LS; 114°50' BT	4,796
		1991 - 1995	3°25' LS; 114°41' BT	4,573
Gorontalo	Gorontalo	1991-1995	1°32' LU; 124°55' BT	4,911
Sulawesi Tengah	Donggala	1991-1994	0°57' LS; 120°0' BT	5,512
Papua	Jayapura	1992-1994	8°37' LS; 122°12' BT	5,720
Bali	Denpasar	1977- 1979	8°40' LS ; 115°13' BT	5,263
NTB	Sumbawa	1991-1995	9°37' LS; 120°16' BT	5,747
NTT	Ngada	1975-1978	10°9' LS; 123°36' BT	5,117

Sumber: BPPT



Sumber : Dr. Amir Susandi MT, Potential area for solar energy generator and its benefit to clean development mechanism (CDM) in Indonesia.

Gambar 2- 33: Area Potensial Bagi Pengembangan Energi Solar Cell

Di Indonesia intensitas matahari cukup tinggi mencapai 4 – 5 KWh / m² , namun efisiensi pembangkit sel surya hanya mencapai 10%. Mengingat biaya investasi yang cukup tinggi dimana pengguna selain membeli alat sel surya tersebut, juga harus menyediakan lahan yang cukup luas untuk penempatan sel

surya tersebut. Karena investasi yang sangat tinggi tersebut, maka daya saing terhadap energi listrik dari sumberdaya energi lainnya menjadi rendah. Selain itu, energi surya sulit dikembangkan guna memenuhi kebutuhan listrik dalam skala besar. Walaupun demikian, listrik tenaga surya dapat dimanfaatkan pada daerah terpencil yang tidak memiliki alternatif sumberdaya listrik atau penyediaan listrik lewat PLN menjadi mahal dikarenakan kondisi geografis daerah tersebut.

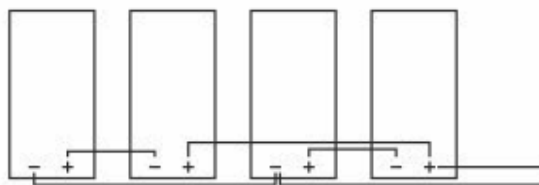
2.9.4. Perangkat di dalam Sel Surya.

- **Sel Surya**

Nilai output listrik yang dihasilkan oleh sel surya umumnya dinyatakan dalam watt. Daya ini merupakan bentuk perkalian dari voltase rata – rata (*volt*) dikalikan dengan kuat arus rata – rata (*ampere*). Contohnya 12 volt 60 watt sel surya memiliki voltase rata – rata 17.1 volt dan kuat arus rata – rata sebesar 3.5 ampere.

Misalkan pada suatu lokasi yang akan memakai sel surya memiliki tingkat radiasi matahari sebesar 6,000 watt-jam/m² maka daerah tersebut mendapatkan sinar matahari yang cukup selama 6 jam setiap harinya. Maka dengan mengambil spesifikasi seperti tersebut diatas maka solar panel dapat memproduksi sebesar 360 watt jam (60 watt x 6 jam) setiap harinya.

Solar panel dapat dipasang dalam bentuk serial ataupun paralel dengan maksud meningkatkan voltase atau kuat arusnya. Solar panel dapat pula dipasang secara paralel dan serial dengan maksud meningkatkan voltase dan kuat arus secara bersamaan. Sebagai contoh pada gambar dibawah 2 panel surya (12 volt – 3.5 ampere) dipasang dalam sistim serial dan 2 panel lainnya dipasang dalam sistim paralel sehingga mendapatkan nilai 24 volts – 7 ampere.



Gambar 2- 34 : Pemasangan panel surya secara paralel dan serial

- **Kontroler Pengisi (*Charge Controller*).**

Kontroler pengisi berfungsi memonitor kondisi daripada baterai guna memastikan ketika baterai berada dalam kondisi arus rendah pada saat bersamaan kontroler ini akan mengisi baterai (*charging*). Selain itu kontroler ini juga berfungsi agar baterai tidak mengalami pengisian arus yang lebih besar dari yang ditetapkan oleh spesifikasi baterai tersebut (*over charge*).

- **Baterai.**

Baterai yang dipakai dalam penggunaan sel surya didisain untuk penggunaan pengisian – pengeluaran arus (*charge – discharge*) ratusan hingga ribuan kali. Baterai ini dihitung berdasarkan *Ampere Hour* (Ah) biasanya pada kondisi 20 jam dan 100 jam. Sebagai contohnya baterai berkemampuan 350 Ah dapat mensuplai arus sebesar 17.5 ampere 20 jam. Guna menghitung total daya (watt) baterai 6 volt – 360 Ah sebagai contohnya didapatkan $360 \text{ Ah} \times 6 \text{ volt} = 2160 \text{ watt}$.

Pemilihan baterai harus memiliki nilai ampere hour yang cukup guna mensuplai kebutuhan listrik pada malam hari, kondisi tidak ada sinar matahari yang cukup, atau kondisi yang sangat berawan pada siang hari. Oleh sebab itu disaat perhitungan kebutuhan baterai biasanya dilakukan penyesuaian sebesar 20% dari hasil perhitungan kebutuhan baterai.

Dalam instalasinya baterai dapat dipasang baik dalam sistim serial ataupun paralel.

- **Inverter.**

Inverter adalah suatu alat yang mengubah arus DC (*Direct Current*) yang tersimpan di dalam baterai menjadi arus AC (*Alternate Current*) 120 / 240 volt. Inverter umumnya memiliki voltase sebesar 120 volt AC oleh sebab itu perlu dipasang *step up trafo* agar dapat menjadi 240 volt AC sehingga dapat dipakai oleh peralatan yang memiliki spesifikasi voltase AC.

Dalam perubahan arus DC menjadi AC, nilai efisiensi daripada inverter tidaklah 100% tetapi ada kehilangan disaat transformasi ini. Kehilangan ini selain dari inverter itu sendiri, pengaruh sistim pengkabelan juga berperan atas kehilangan tersebut. Umumnya kehilangan di dalam sistim tersebut dapat mencapai hingga 25%.

2.10. Aspek Lingkungan atas penggunaan bahan bakar.

Penurunan kualitas udara yang merupakan dampak negatif dari emisi yang ditimbulkan oleh industri ataupun kendaraan bermotor mulai dirasakan oleh sebagian masyarakat yang tinggal di perkotaan terutama pada dampak kesehatan dan kenyamanan. Menurunnya kualitas udara tersebut terjadi karena adanya berbagai polutan pencemar udara yang melebihi batas ambang mutu. Sebagai contohnya adalah timbal. Menurut penelitian adanya kandungan timbal yang melebihi standar mutu aman ternyata menimbulkan berbagai penyakit seperti hipertensi, jantung koroner dan penurunan IQ pada anak – anak.

Bank dunia menghitung bahwa kerugian yang ditimbulkan akibat bensin bertimbal di Indonesia mencapai US\$ 62 juta dollar pada tahun 1990 saja. Sedangkan untuk kurun waktu 1995 – 2000 kerugian yang harus ditanggung apabila tidak dilakukan penghapusan bensin bertimbal adalah sebesar US\$ 548 juta. Perhitungan tersebut belum memperhitungkan dampak kesehatan dari pencemaran gas buang dari kendaraan bermotor yang tidak dilengkapi oleh Catalic converter.

Pencemaran udara yang dihasilkan dari pembakaran energi yang berasal dari fosil seperti minyak dan batubara mencapai pada tingkat yang meresahkan. Protokol Kyoto yang ditandatangani pada tahun 1997 oleh 164 negara berupaya dalam memberikan andil menurunkan emisi gas buang. Tabel berikut menunjukkan bahwa Natural Gas memberikan emisi yang sangat kecil dibandingkan minyak dan batubara.¹¹

Tabel 2 - 10 : Produksi pencemaran udara per milyar BTU Energy

Pounds of Air Pollutants Produced per Billion Btu of Energy

Pollutant	Natural Gas ^a	Oil ^b	Coal ^c
Carbon dioxide	117,000	164,000	208,000
Carbon monoxide	40	33	208
Nitrogen oxides	92	448	457
Sulfur dioxide	0.6	1,122	2,591
Particulates	7.0	84	2,744
Formaldehyde	0.750	0.220	0.221
Mercury	0.000	0.007	0.016

^a Natural gas burned in uncontrolled residential gas burners.

^b Oil is # 6 fuel oil at 6.287 million Btu per barrel and 1.03% sulfur with no postcombustion removal of pollutants.

^c Bituminous coal at 12,027 Btu per pound and 1.64% sulfur with no postcombustion removal of pollutants.

Source: Energy Information Administration (1998).

Sumber : Fundamental Natural Gas Processing

DAFTAR BAB 2

Contents**BAB 2 9**

2.1.	TELEKOMUNIKASI SELULAR DI INDONESIA.....	9
2.1.1.	Umum.....	9
2.1.2.	Operator Selular di Indonesia.....	11
2.1.3.	BTS di Indonesia.....	12
2.1.4.	Listrik bagi BTS.....	14
2.2.	LISTRIK DI INDONESIA.....	16
2.2.1.	Umum.....	16
2.2.2.	Rasio Elektrifikasi.....	18
2.2.3.	Supply dan demand listrik di Indonesia.....	19
2.2.4.	Rencana Pembangkit Listrik PLN,.....	20
2.3.	GAS DI INDONESIA.....	21
2.3.1.	Umum.....	21
2.3.2.	Jaringan Pipa Transmisi Gas di Indonesia.....	23
2.3.3.	Supply dan Demand Gas Indonesia.....	24
2.4.	TEHNOLOGI GLOBAL SYSTEM MOBILE (GSM).....	25
2.4.1.	Umum.....	25
2.4.2.	Mobile Station (MS).....	26

2.4.3.	Base Tranceiver Station (BTS).....	26
2.4.4.	Base Station Controller (BSC).	27
2.4.5.	Mobile Switching Center (MSC).....	27
2.5.	LISTRIK UNTUK BERBAGAI KONFIGURASI PERANGKAT GSM.....	27
2.6.	PERANAN GENERATOR SET DALAM PENYEDIAAN LISTRIK.....	29
2.7.	INVESTASI PEMBANGKIT LISTRIK.	33
2.8.	BAHAN BAKAR PENGGERAK GENERATOR LISTRIK.	35
2.8.1.	Solar sebagai bahan bakar genset diesel.	35
2.8.2.	Liquified Petroleum Gas (LPG) sebagai bahan bakar genset gas.	38
2.8.3.	Natural gas sebagai bahan bakar genset gas.	42
2.8.4.	Prasarana penggunaan natural gas pada genset gas.	43
2.8.5.	Compressed Natural Gas (CNG) sebagai bahan bakar genset gas.	46
2.9.	SEL SURYA (SOLAR CELL).	50
2.9.1.	Pemanfaatan Solar cell pada bangunan.	52
2.9.2.	Faktor – faktor yang mempengaruhi daya output sel surya.....	53
	• Standar Test Kondisi.	53
	• Suhu.	53
	• Kotoran dan Debu.....	53
	• Kehilangan daya akibat sistim perkabelan.....	53
	• Kehilangan daya akibat konversi dari DC ke AC.	53
2.9.3.	Potensi tenaga surya di Indonesia.	54
2.9.4.	Perangkat di dalam Sel Surya.	56
	• Sel Surya.....	56

•	Kontroler Pengisi (<i>Charge Controller</i>).....	57
•	Baterai.....	57
•	Inverter.	57

2.10. ASPEK LINGKUNGAN ATAS PENGGUNAAN BAHAN BAKAR..... 58

Tabel 2 - 1:	Pendapatan salah satu operator dari pelayanan selular	12
Tabel 2 - 2:	Kondisi kelistrikan di Indonesia November 2009	17
Tabel 2 - 3:	Konsumsi Listrik (Watts) - Hi Power TRX.....	28
Tabel 2 - 4:	Kebutuhan daya untuk single band (900 mhz) konfigurasi 2/2/2....	28
Tabel 2 - 5:	Karakteristik pembangkit listrik di Indonesia	34
Tabel 2 - 6:	Spesifikasi daripada Solar	36
Tabel 2 - 7:	Spesifikasi Propane	41
Tabel 2 - 8:	Ukuran tabung CNG dan spesifikasi trailer pengangkut CNG	48
Tabel 2 - 9:	Intensitas Radiasi Matahari per Propinsi di Indonesia.....	55
Tabel 2 - 10:	Produksi pencemaran udara per milyar BTU Energy	59
Gambar 2- 1	: Teledensitas 5 benua di dunia.....	9
Gambar 2- 2	: Teledensitas Negara Di Asean.....	10
Gambar 2- 3	: Pangsa pasar telepon di Indonesia tahun 2007	11
Gambar 2- 4	: Coverage Area Indosat tahun 2007.....	13
Gambar 2- 5	: Peta penyebaran pembangkit dan transmisi utama listrik 2005.....	16
Gambar 2- 6	: Kondisi Sistim Kelistrikan awal tahun 2008	17
Gambar 2- 7	: Rasio Elektrifikasi di Indonesia.....	19
Gambar 2- 8	: Proyeksi pemakaian gas dunia.....	22
Gambar 2- 9	: Peta cadangan gas bumi Indonesia	23
Gambar 2- 10	: Pipa Transmisi gas bumi di Indonesia	24
Gambar 2- 11	: Neraca gas Indonesia 2007 – 2015.	25
Gambar 2- 12	: Komponen Penting di dalam tehnologi GSM	26
Gambar 2- 13	: Proses Data & Voice / Suara pada GSM	27
Gambar 2- 14:	Struktur Komunikasi GSM	27

Gambar 2- 15	: Genset dengan tenaga diesel berbahan bakar solar.....	29
Gambar 2- 16	: Tanki untuk generator bahan bakar solar.....	30
Gambar 2- 17	: Genset dengan bahan bakar gas	30
Gambar 2- 18	: Genset sebagai tenaga cadangan.....	31
Gambar 2- 19	: Contoh Rectifier.....	31
Gambar 2- 20	: Contoh Battery.....	32
Gambar 2- 21	: Supply dan Demand minyak di Indonesia.....	37
Gambar 2- 22	: Fasilitas depo bahan bakar PT. Pertamina	38
Gambar 2- 23	: Rantai distribusi LPG.....	40
Gambar 2- 24	: Tabung LPG Kapasitas 50 Kg	40
Gambar 2- 25	: Overview produksi gas.....	43
Gambar 2- 26	: Jaringan Pipa Gas Transmisi PGN Sumatera – Jawa.....	44
Gambar 2- 27	: Jaringan Pipa gas Distribusi PGN.....	44
Gambar 2- 28	: Sistem pendistribusian gas ke konsumen.....	45
Gambar 2- 29	: Tabung CNG.....	47
Gambar 2- 30	: Proses pengisian CNG ke trailer.....	49
Gambar 2- 31	: Minimal Kebutuhan Lahan bagi Trailer CNG	49
Gambar 2- 32	: Sel Surya atau Photovoltaic Cell	52
Gambar 2- 33	: Area Potensial Bagi Pengembangan Energi Solar Cell	55
Gambar 2- 34	: Pemasangan panel surya secara paralel dan serial	56

² PT. Telekom Indonesia. (Agustus 2006). *Peluang dan Tantangan Penggunaan USO Bidang Telekomunikasi Untuk Menarik Industri Dalam Negeri*. Jakarta.

³ Harian Kompas. Senin 30 November 2009. *Listrik Masih Meresahkan*.

⁴ Indonesian Commerical Newsletter. Juli 2008. *Industri Kelistrikan di Indonesia*.
<http://www.datacon.co.id/Listrik2008Ind.html>.

⁵ Badan Pengkajian dan Penerapan Tehnologi. 2009. *Outlook Energy Indonesia*.

⁶ Perusahaan Gas Negara. *Laporan Tahunan 2008*.

⁷ <http://www.kapanlagi.com/h/0000188260.html>

⁸ Pusat pengkajian dan penerapan tehnologi BPPT.(Januari 2005). Strategi penyediaan listrik nasional dalam rangka mengantisipasi pemanfaatan PLTU batubara skala kecil, PLTN dan pembangkit listrik terbarukan.hal.68.

⁹ Ridwan D. Tamin.Pengujian Kualitas Bahan Bakar di 10 Kota Besar di Indonesia.Kemertian Lingkungan Hidup.

¹⁰ <http://www.pertamina.com/konversi/elpiji.php?id=2>

¹¹ Allysa Kagel et.al . April 2007. *Guide to Geothermal Energy and Environment*. page 39.