

Pusat Pembangkitan Tenaga Listrik

“Setelah sekian lama vakum dalam kegiatan menulis, terinspirasi dari istri tercinta yang mulai menggalakkan lagi kebiasaan menulis, mulai hari ini akan kembali mencoba mengungkapkan kembali hasil pengolahan data, pengamatan, pemikiran dan pengalaman aktual dilapangan dalam sebuah bentuk tulisan...dari satu sisi di timur pulau Sumatera, di tepian sungai Mandau, Bengkalis, Riau..31 Januari 2013”

Ada banyak jenis dari Pusat Pembangkitan Tenaga Listrik yang beroperasi di Indonesia. Secara garis besar, dapat dikelompokkan menjadi dua (2) kelompok besar, yaitu Pusat Pembangkitan Listrik Termal, dan Pusat Pembangkitan Non-Termal.

Pusat Listrik Termal adalah pusat pembangkitan tenaga listrik yang melibatkan proses panas (*thermal*) dalam pembangkitan tenaga listriknya, umumnya tipe pembangkitan ini membutuhkan bahan bakar yang berasal dari bahan bakar fosil. Pusat listrik tipe ini dapat dibagi lagi menjadi beberapa jenis, yaitu :

- a. Pusat Listrik Tenaga Uap – Batubara / *Coal Fired Power Plant* (PLTU – Batubara / CFPP),
- b. Pusat Listrik Tenaga Diesel / *Diesel Engine Power Plant* (PLTD / DEPP),
- c. Pusat Listrik Tenaga Gas / *Gas Turbine Power Plant* (PTLG / GTPP),
- d. Pusat Listrik Tenaga Mesin Gas / *Gas Engine Power Plant* (PLTMG / GEPP),
- e. Pusat Listrik Tenaga Gas Uap / *Combined Cycle Power Plant* (PLTGU / CCPP),
- f. Pusat Listrik Tenaga Panas Bumi / *Geothermal Power Plant* (PLTPB / GPP), dan
- g. Pusat Listrik Tenaga Gasifikasi Batu Bara / *Coal Gasification Power Plant* (PLTGB / CGPP).

Selain Pusat Pembangkitan Listrik Termal, masih ada juga pusat pembangkitan lainnya, yaitu Pusat Pembangkitan Listrik Non-Termal, dimana dalam proses pembangkitan tenaga listrik, menggunakan sumber energi lain (alternatif) selain bahan bakar fosil, sehingga tidak melibatkan proses panas (*thermal*) didalamnya. Adapun pusat listrik yang termasuk dalam jenis ini antara lain :

- a. Pusat Listrik Tenaga Air / *Hydro Power Plant* (PLTA / HPP),
- b. Pusat Listrik Tenaga Surya / *Solar Cell Power Plant* (PLTS / SCPP), dan
- c. Pusat Listrik Tenaga Angin (Bayu) / *Wind Turbine Power Plant* (PLTB / WTPP).

Pusat Listrik Tenaga Mesin Gas / *Gas Engine Power Plant* (PLTMG / GEPP)

Dari sekian banyak jenis pusat pembangkitan listrik, salah satu jenis yang masih cukup banyak dioperasikan dan dibangun di Indonesia adalah Pusat Listrik Tenaga Mesin Gas / *Gas Engine Power Plant* (PLTMG / GEPP). Pilihan jatuh pada PLTMG dikarenakan beberapa alasan, antara lain:

- Ketersediaan bahan bakar gas alam (*natural gas*), yang dari segi ekonomis lebih baik jika dibandingkan dengan bahan bakar minyak (HSD/MFO/LFO).
- Kapasitas unit pembangkitan yang bisa disesuaikan dengan kebutuhan,
- Pengerjaan, pengoperasian dan pemeliharaan yang relatif sederhana,
- Bisa digunakan untuk pemasok daya pada saat beban puncak (*peaker*).

Pada sebuah PLTMG, sistemnya tidak terlalu rumit. Terdiri dari satu bagian utama (*main equipment*), yang berupa mesin dan pelengkap (*engines and auxiliary*), dan sistem pendukung (*balance of plant - BoP*).

Bagian utama PLTMG umumnya adalah paket mesin dan pelengkapnya. Bagian mesin yang dikopel dengan generator, dibantu sistem pelengkap yang mengatur pendingin (*pelumas/lube oil*, *air pendingin/cooling water* dan alat penukar panas/*radiator-cooling tower-heat exchanger*), sistem udara pembakaran (*charge air*), sistem udara terkompresi untuk menghidupkan mesin dan kebutuhan instrumen (*starting & instrument air*), sistem udara sisa pembakaran (*exhaust air*), sistem pemipaan-instrumen (*piping and instrument system*), sistem listrik (*electrical system*) dan sistem instrumentasi-kontrol (*instrumentation-control system*).

Selain terdiri atas sistem utama, unit PLTMG juga dilengkapi dengan sistem pendukung, yang terdiri atas sistem bahan bakar (*fuel system - gas/HSD/MFO/LFO*), sistem air baku (*water treatment system*), dan sistem proteksi terhadap kebakaran (*fire protection system*).

Sistem utama pada PLTMG umumnya disuplai oleh sebuah pemasok utama (*main vendor*) yang biasanya adalah produsen/pabrikasi dari mesin gas (Ex. *Wartsila, Roll-Royce, Kawasaki Heavy Industries, GE Jenbacher, Caterpillar, Perkins*, etc). Sisanya, semua pekerjaan sipil dan sistem pendukung, dikerjakan oleh kontraktor pelaksana.

Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar untuk sebuah PLTMG didesain berdasarkan jenis mesin yang dipakai, apakah mesin hanya satu (1) bahan bakar atau mesin dengan dua (2) bahan bakar (*bi-fuel / dual fuel*).

Untuk Indonesia, umumnya mesin-mesin yang dipilih adalah mesin dengan dua (2) sumber bahan bakar, bisa gas alam (*natural gas*) ataupun minyak (HSD/MFO/LFO), baik dengan konfigurasi kedua bahan bakar masuk bergantian (*dual fuel*) ataupun masuk serempak (*bi-fuel*). Secara umum, perlakuan terhadap kedua bahan bakar ini tidak bisa disamakan. Oleh karena itu, sistem bahan bakar sendiri biasanya akan terdiri atas sistem bahan bakar gas (*fuel gas system*) dan sistem bahan bakar minyak (*fuel oil system*).

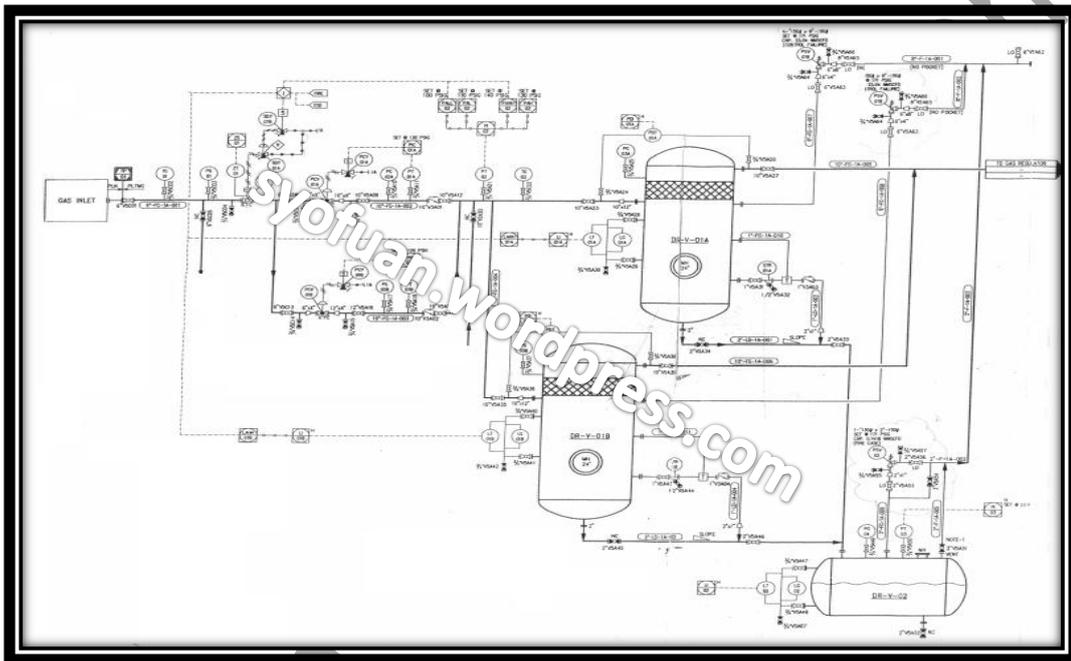
Sistem Bahan Bakar Gas (*Fuel Gas System*)

Untuk sistem bahan bakar gas (*fuel gas system*), biasanya akan dimulai semenjak titik sambung bahan bakar gas (*fuel gas tapping station*). Pada tempat penyambungan gas (*gas tapping station*), perlu dilihat skope pekerjaan yang ada, apakah hanya sebatas penyambungan (*tapping*) dari katup (*valve*) yang sudah disediakan, ataukah meliputi semua pekerjaan stasiun penyambungan gas (*gas tapping station*) termasuk pipa pengumpul utama (*main header pipe*) dan unit pengukuran (*metering station*).

Hal-hal yang perlu diingat dalam perancangan/desain sistem bahan bakar gas adalah sistem pengaman (*protection*) dan pengukuran (*metering*). Jika merujuk kepada *National Fire Protection Association* (NFPA), peralatan yang digunakan untuk pengaman (*protection*) dan pengukuran (*metering*) haruslah instrumen yang berbeda.

Penekanan seberapa penting sebuah besaran untuk diamati akan sangat bergantung kepada skala besar dan pentingnya suatu proses. Oleh karena itu, sudah menjadi sebuah aturan dalam proses desain, gambar yang terbit pertama-tama adalah gambar proses. Seorang enjinir proses (*process engineer*) biasanya akan menggambarkan proses dalam sistem kedalam Diagram Alir Proses (*Process Flow Diagram - PFD*).

Diagram alir proses ini selanjutnya akan diinterpretasikan lebih lanjut oleh seorang enjinir instrumen-kontrol (*Instrument-Control Engineer*) kedalam Diagram Pemipaan dan Instrumen (*Piping & Instrumentation Diagram – P&ID*). Gambar 1 menyajikan salah satu contoh P&ID untuk sebuah sistem bahan bakar gas pada sebuah Pusat Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG).



Gambar 1. P&ID sistem bahan bakar gas pada PLTMG

Dari Gambar 1, dapat diketahui sebagai contoh kasus, bahwa sistem bahan bakar gas dari tempat penyambungan (*tapping point*) menuju ke gedung mesin pembangkit (*engine hall*) melalui beberapa tahapan.

Perlengkapan pengukuran yang diperlukan pada sistem ini antara lain adalah sistem pengaman jika keadaan darurat dimana suplai gas harus segera dihentikan (*shut-off valve*), sistem pengaman terhadap ketinggian level air didalam *scrubber*, sistem pengaman tekanan dalam *scrubber*, serta sistem pengaman atas level air dalam tangki kondensat.

Pada sistem gas, selain sistem untuk pengaman, diperlukan juga pengamatan atas beberapa besaran, antara lain : tekanan dan temperatur gas masuk ke sistem, tekanan dan level dalam *scrubber*, serta level pada tangki kondensat.

Besaran-besaran tersebut ada yang cukup dimonitor di lapangan (*field mounted*) dan ada juga yang perlu dipantau hingga ke ruang kontrol utama (*central control room – CCR*). Semua symbol yang ada

pada sebuah P&ID sudah selayaknya adalah simbol-simbol standar. Acuan yang sering digunakan adalah standar ANSI/ISA-S5.1-1984 (R 1992), "Instrumentation Symbols and Identification".

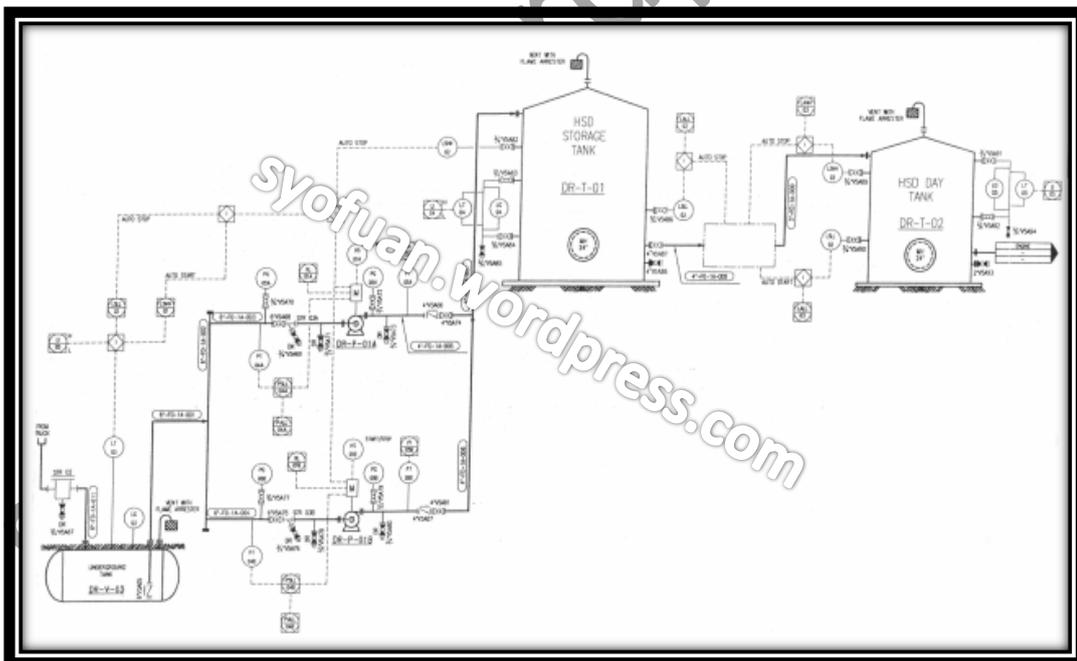
Sistem Bahan Bakar Minyak (*Fuel Oil System*)

Berbeda dengan sistem bahan bakar gas pada PLTMG yang umumnya mengalir langsung (*pass through*), sistem bahan bakar minyak umumnya membutuhkan tempat penampungan (*storage tank*).

Di Indonesia, bahan bakar minyak seringkali didistribusikan melalui jalur darat, dengan bantuan mobil truk pengangkut. Oleh karena itu, sistem bahan bakar minyak yang ada di PLTMG-pun umumnya disesuaikan dengan kondisi tersebut.

Untuk tahapan bongkar minyak dari tangki, digunakan bantuan gaya gravitasi, dimana bahan bakar dari truk pengangkut akan dikumpulkan terlebih dahulu pada sebuah tangki bawah tanah (*underground fuel tank*). Minyak dari tangki bawah tanah ini kemudian dipompakan ke tangki penampungan utama (*main storage tank*), dengan bantuan pompa (*un-loading pump*).

Dari tangki penampungan utama, bahan bakar minyak didistribusikan ke tangki harian (*daily tank*), menggunakan bantuan pompa transfer (*transfer pump*). Dari tangki harian, dengan bantuan pompa pengumpan (*feed pump*), bahan bakar minyak akan diumpangkan ke mesin. Gambar 2, menyajikan salah satu contoh P&ID untuk sistem bahan bakar minyak pada sebuah PLTMG.



Gambar 2. P&ID sistem bahan bakar minyak pada PLTMG

Pengukuran (*monitoring*), pengontrolan (*control*) dan pengaman (*protection*) terhadap sistem tetap dilakukan. Pengukuran dilakukan dimulai pada saat pertama kali bahan bakar minyak masuk kedalam sistem. Harapannya akan didapatkan data aktual bahan bakar yang masuk ke sistem.

Karena banyak melibatkan bahan yang mudah terbakar, menyebabkan proses pengukuran dan perlindungan akan menjadi perhatian. Terlebih lagi sistem ini fungsinya cukup strategis yaitu memastikan mesin mendapat pasokan bahan bakar yang cukup, sehingga bisa beroperasi. Akibatnya, ketersediannya harus senantiasa termonitor. Fungsi-fungsi pengaman dalam bentuk sinyal alarm, pengamatan akan besaran level terhadap fluida minyak, serta monitoring operasional pompa-pompa, akan diperlukan.

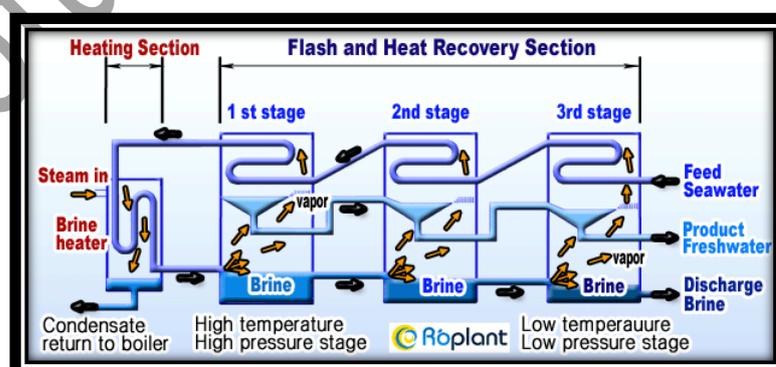
Sentuhan kontrol otomatis berbasis relay-kontaktor ataupun PLC yang dibenamkan pada sistem kontrol pompa-pompa yang ada, harapannya dapat meningkatkan keandalan sistem. Operator bahan bakar yang sebelumnya harus disediakan khusus untuk pekerjaan ini, sudah bisa dioptimalkan jam kerjanya untuk menangani urusan lain yang lebih penting.

Sistem Air Baku (*Water Treatment System*)

Air dengan kualitas dan jumlah yang memadai akan sangat berperan dalam menunjang operasi sebuah PLTMG. Bagaimana tidak, kebutuhan untuk pendinginan sistem tetap bergantung pada ketersediaan air. Bahkan, karena perannya yang cukup krusial, sistem air baku terkadang memprasyaratkan banyak hal. Oleh karena itu, untuk sebagian produsen mesin-gas (*gas engine manufacturer*), sistem air baku ini langsung mereka tangani dan terintegrasi dalam peralatan utama (*main equipment*).

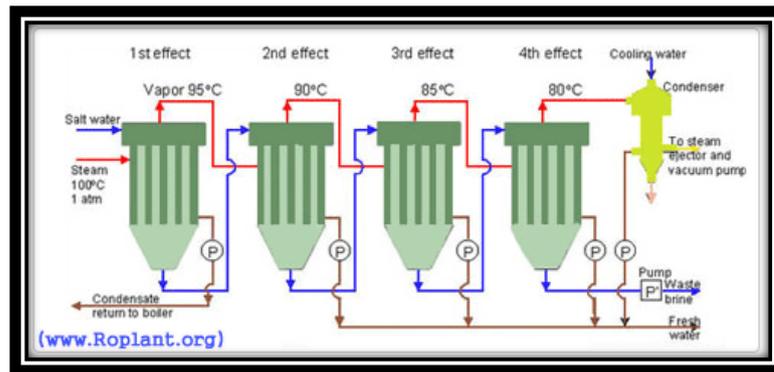
Pada dasarnya, air pada sebuah PLTMG digunakan untuk pendinginan selimut mesin-gas (*gas engine jacket*) dan minyak pelumas (*lubrication/lube oil*). Sebagai media pendingin, biasanya digunakan bantuan alat pemindah panas (*heat exchanger*) baik yang berupa *radiator* ataupun *cooling tower*.

Sumber air dapat berasal dari laut, sungai, danau ataupun dari sumur dalam (*deep well*). Air diolah hingga mempunyai spesifikasi tertentu. Pengolahan air menjadi air baku dapat dilakukan melalui beberapa cara, antara lain : *Multi-stage Flash Distillation (MSF)*, *Multi-effect Distillation (MED)*, ataupun dengan sistem *Reverse Osmosis (RO)*. Masing-masing metode mempunyai kelebihan dan kekurangan tersendiri.



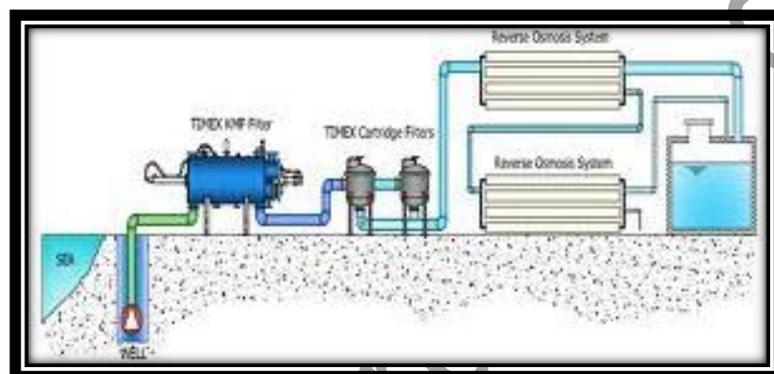
<http://www.roplant.org/index.php?pid=7&sid>

Gambar 3. Multi-stage Flash Distillation (MSF)



<http://www.roplant.org/index.php?pid=7&sid>

Gambar 4. Multi-effect Distillation (MED)



http://www.timex.com.tr/EN/Filtration_Systems/16-Reverse_Osmosis_Systems.html

Gambar 5. Reverse Osmosis (RO)

Karena prinsip operasinya yang sangat sederhana, kebanyakan PLTMG menggunakan sistem *Reverse Osmosis* (RO) sebagai metode pengolahan air bakunya.

Sistem Proteksi Terhadap Kebakaran (*Fire Protection System*)

Sistem proteksi terhadap kebakaran adalah salah satu penunjang utama pada sebuah fasilitas pusat listrik, termasuk pusat listrik tenaga mesin gas (PLTMG). Tanpa dilengkapi dengan sistem pengaman terhadap bahaya kebakaran, sebuah pusat listrik bisa dipastikan tidak akan memperoleh izin untuk beroperasi.

Analogi sederhananya adalah sebagai berikut, sebuah pusat listrik adalah sebuah fasilitas vital yang berkaitan dengan bahan bakar, panas, listrik tegangan tinggi, tekanan yang besar, dll, yang mempunyai potensi bahaya terbakar cukup tinggi. Oleh karena itu, fasilitas perlindungan pertama terhadap potensi tersebut adalah sebuah keharusan.

Sistem proteksi terhadap bahaya kebakaran pada pusat listrik umumnya bisa dikelompokkan menjadi dua (2) kelompok besar, yaitu sistem pemadam kebakaran (*firefighting system* - FF) dan sistem pendeteksi kebakaran (*fire alarm system* - FA).

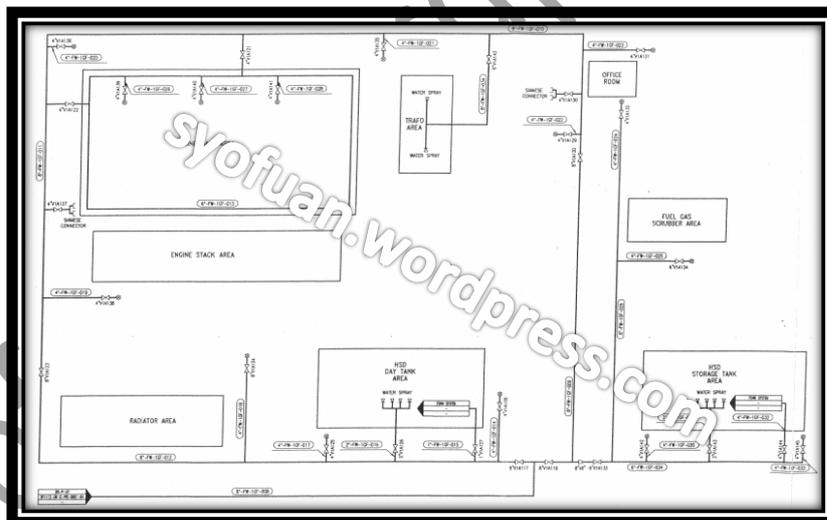
Sistem Pemadam Kebakaran (*Firefighting System*)

Sistem pemadam kebakaran pada pusat listrik hampir sama dengan sistem pemadam kebakaran pada kebanyakan fasilitas lainnya, seperti pabrik dan bangunan gedung. Sistem utamanya adalah instalasi pemipaan yang siap dengan air bertekanan tertentu, yang sewaktu-waktu dapat dipergunakan untuk memadamkan api jika terjadi kebakaran.

Sistem didukung oleh pompa-pompa pemadam kebakaran dengan kapasitas (*flowrate*) dan tekanan (*head pressure*) tertentu. Konfigurasi pompa-pompa adalah terdiri atas Pompa Pemadam – Listrik, Pompa Pemadam – Diesel, serta Pompa Jockey. Masing-masing pompa, penggerak (motor listrik dan diesel engine), serta panel listriknya harus terstandar *National Fire Protection Asosiasi (NFPA)*, *Underwriters Laboratories Inc. (UL)* dan *Factory Mutual (FM)*.

Untuk bagian-bagian tertentu dari sebuah pusat listrik, semisal PLTMG, ada beberapa tambahan untuk sistem pemadam kebakarannya, antara lain : alat pemadam api ringan / APAR (*fire extinguisher*) dan sistem cairan busa (*foam system*).

Alat pemadam api ringan (APAR) umumnya ditempatkan pada tempat-tempat tertentu yang dikhawatirkan jika pemadaman menggunakan air, dapat merusak peralatan, semisal pada ruang panel (*switchgear room*). Sedangkan untuk sistem cairan busa biasanya ditempatkan pada tangki-tangki bahan bakar.



Gambar 6. Gambar layout instalasi pemadam kebakaran pada sebuah PLTMG

Sistem Pendeteksi Kebakaran (*Fire Alarm System*)

Sistem pendeteksi kebakaran pada sebuah pusat listrik semacam PLTMG akan memfokuskan pendeteksiannya pada daerah gedung mesin pembangkit, ruang panel (*switchgear room*), ruang kontrol utama (*central control room*), gedung administrasi, serta untuk unit *generator transformer*.

Pendeteksian kebakaran difokuskan kepada pendeteksiian panas (*heat detection*), pendeteksiian asap (*smoke detection*), serta pendeteksiian gas (*gas detection*), khususnya pada area gedung mesin pembangkit.