

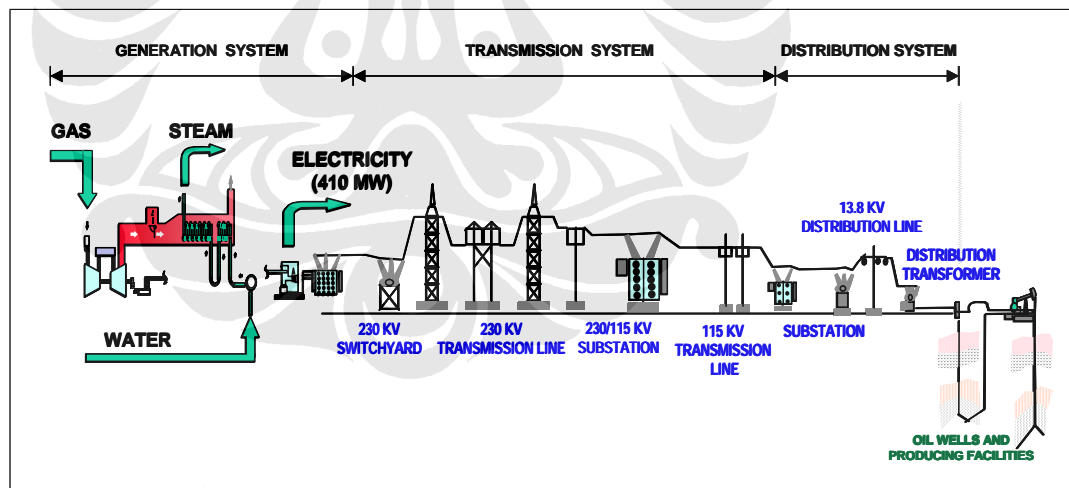
BAB 3

SISTEM KELISTRIKAN PT. CHEVRON

3.1 SISTEM LISTRIK PT.CPI

PT. Chevron Pacific Indonesia (PT.CPI) memiliki sumber listrik sendiri untuk memenuhi kebutuhan energi mereka. Power Generation and Transmission (PG&T) bertanggung jawab terhadap pembangkitan tenaga listrik yang dilakukan menggunakan generator turbin yang menggunakan uap air. Setelah listrik dihasilkan oleh generator turbin gas, kemudian listrik ini ditransmisikan ke beban. Dalam penyaluran listrik ini, perlu dilakukan perubahan tegangan agar sistem berjalan dengan efisien. Sistem yang baik ditandai dengan rugi-rugi yang kecil, biaya pembuatan yang tidak terlalu mahal, dan tingkat keamanan dan kenyamanan yang tinggi. Sebelum sampai ke beban, sistem transmisi melewati *gardu* untuk perubahan tegangan dan sistem distribusi untuk penyaluran daya ke beban.

Berikut adalah keterangan lebih lanjut mengenai sistem-sistem tersebut.



Gambar 3.1. Sistem listrik di PT. CPI

Kebutuhan listrik PT. CPI dipasok dari pusat pembangkit listrik yang berada di *Minas Power Plant*, *Central Duri Power Plant*, *Duri Power Plant*, dan *North Duri Power Plant*. Listrik dibangkitkan dari generator turbin gas yang terdapat dimasing-masing *power plant* tersebut. Generator turbin gas adalah

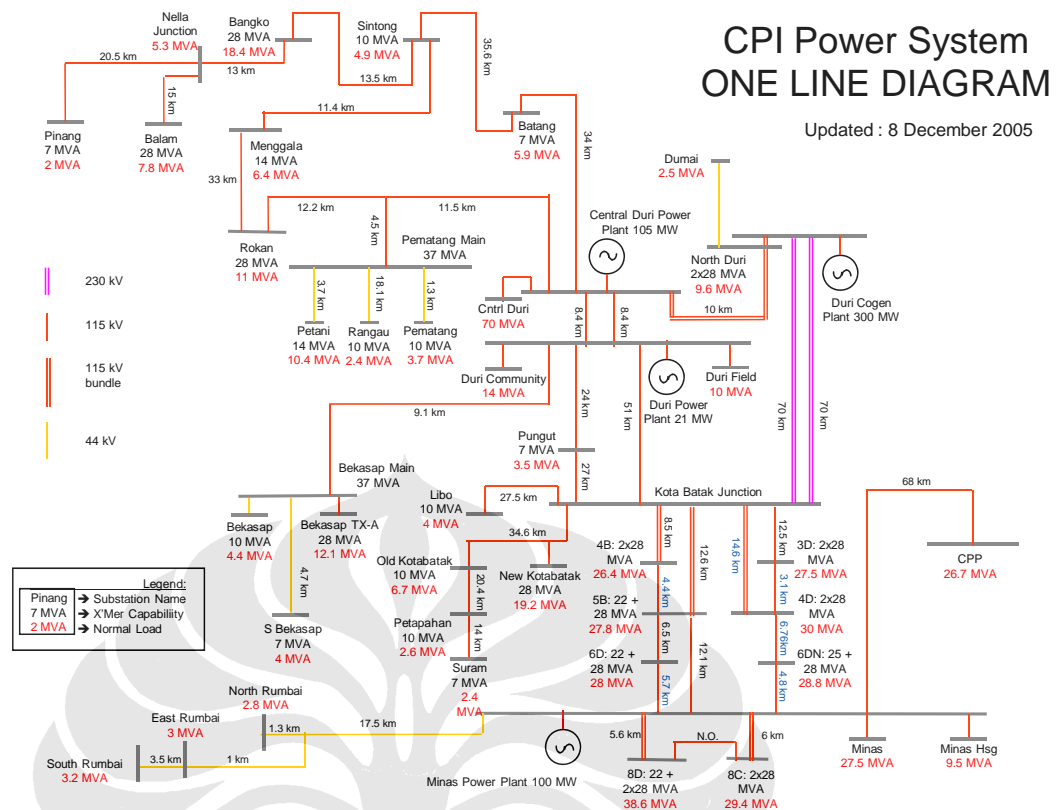
peralatan mekanikal yang terdiri dari turbin gas sebagai pemutar pada satu poros dan generator sebagai poros lain yang diputar.

Central Duri Power Plant dan *North Duri Power Plant* disamping menghasilkan energi listrik juga menghasilkan *steam*. *Steam* yang dihasilkan ini dialirkan ke ladang minyak Duri untuk diinjeksikan. Sistem pembangkitan terdiri dari dua komponen utama, yaitu turbin dan generator.

Di sekitar *generator* pembangkit biasanya terdapat *switchyard* dimana di dalamnya terdapat *switchgear* (ruang kontrol) dan *substation* (gardu induk). Di ruang kontrol (*switchgear*) ini kita bisa melihat tegangan, arus, faktor daya dan komponen listrik lainnya pada trafo, saluran listrik, dll dan kita bisa memonitor kualitas listrik setiap saat.

Tegangan yang keluar dari pembangkit sebesar 13.8 kV akan dinaikkan oleh trafo daya menjadi 230 kV. Tegangan 230 kV ini ada yang ditransmisikan ke *gardu* yang lain yang jaraknya cukup jauh dan ada yang diturunkan ke 115 kV oleh trafo 230/115 kV di dalam gardu di dekat pembangkit. Kemudian tegangan 115 kV akan diturunkan lagi menjadi 13.8 kV untuk disuplai ke *saluran*.

Sistem tenaga listrik terdiri dari beberapa elemen penting, yaitu sistem pembangkit, sistem transmisi, sistem sub-transmisi, dan sistem distribusi. PT Chevron Pacific Indonesia (PT. CPI) menggunakan sistem pembangkit sendiri dengan jaringan tenaga listrik 60 Hz sesuai dengan sistem Amerika Serikat, yang terinterkoneksi di seluruh wilayah operasi yang meliputi Rumbai, Minas, Duri, dan Dumai.



Gambar 3.2 Diagram Satu Garis Sederhana sistem transmisi kelistrikan PT. CPI 115 kV

Metode pembangkitan tenaga listrik yang digunakan adalah generator turbin gas. Generator turbin gas digunakan karena tersedianya gas alam sebagai bahan bakar dalam jumlah melimpah sebagai produk sampingan dari lapangan minyak Chevron.

Perencanaan sistem tenaga listrik dimulai dari *study beban forecasting* (perkiraan beban), berdasarkan hasil perhitungan beberapa beban yang harus disediakan barulah dipikirkan sistem pembangkitan yang digunakan. Setelah perancangan sistem pembangkitan maka dilakukan persiapan untuk menyalurkan energi listrik ke beban. Maka diperlukan perancangan sistem transmisi dan distribusi.

Untuk perancangan ketiga sistem tenaga listrik ini, dilakukan dengan menggunakan simulasi komputer, dimana dalam simulasi ini dapat digambarkan bagaimana seandainya beban yang harus disediakan bertambah atau bagaimana apabila salah satu pembangkit tidak beroperasi, namun sistem harus tetap stabil. Salah satu software yang digunakan adalah simulasi sistem tenaga listrik ETAP (*Electrical Transient Analyzer Program*)

Hal-hal yang mendorong PT. CPI menggunakan sistem pembangkit turbin gas adalah tersedianya gas alam dalam jumlah yang memadai yang didapatkan dari hasil sampingan ladang minyak Chevron. Selain itu juga didorong oleh adanya keunggulan lainnya dari turbin gas yang dapat segera dioperasikan dengan waktu awal kurang dari 15 menit, dibandingkan dengan turbin uap yang membutuhkan waktu berjam-jam karena harus memasak air dalam boiler terlebih dahulu.

PT. CPI mempunyai 4 buah pusat pembangkit yang terdiri dari 26 unit generator turbin gas dengan kapasitas terpasang adalah 664 MW. Pusat pembangkit yang berada di PT. CPI adalah sebagai berikut:

1. Pusat Pembangkit Minas (224 MW)

Terdiri dari 11 turbin gas, dengan kapasitas masing-masing:

- a. GT 1-5 @ 13 MW
- b. GT 6-8 @ 20 MW
- c. GT 9 -11 @ 33 MW

2. Pusat Pembangkit *Central* Duri (100 MW)

Terdiri dari 5 turbin gas dengan kapasitas masing-masing 20 MW.

3. Pusat Pembangkit Duri (20 MW)

Terdiri dari 7 turbin gas dengan kapasitas masing-masing:

- a. GT 1-2 Junk
- b. GT 3-6 Pemda
- c. GT 7 20 MW

Saat ini pusat pembangkit Duri tidak dioperasikan lagi karena pembangkit yang baru di *North* Duri sudah mencukupi kekurangan yang ada.

4. Pusat pembangkit *North* Duri (300 MW)

Terdiri dari 3 turbin gas dengan kapasitas @ 100 MW

Sistem transmisi merupakan sistem penyaluran energi listrik dari stasiun pembangkit ke jalur distribusi. Pada operasinya, terdapat 3 jenis tegangan transmisi yakni 230 kV, 115 kV, dan 44 kV. Hal ini dapat dibedakan dari *tower*/menara saluran transmisinya.



Gambar 3.3. Sistem transmisi di Duri *Field*

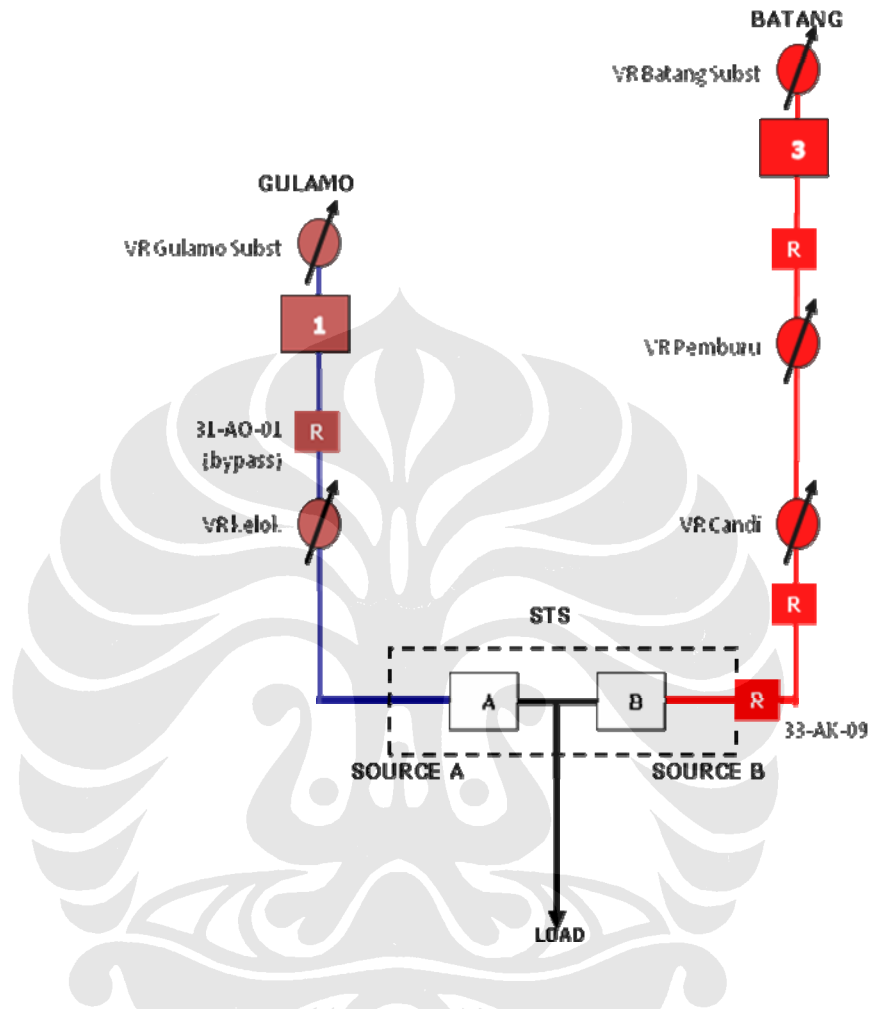
Untuk transmisi digunakan tegangan yang besar karena untuk daya/kapasitas yang sama, tegangan yang besar menyebabkan arus yang mengalir menjadi kecil. Karena arus yang mengalir kecil, maka luas/jari-jari penampang konduktor yang diperlukan tidak terlalu besar. Hubungan luas konduktor dengan besar arus yang mengalir dijelaskan dengan formula Daya (VA) = $I^2 \cdot R \cos \phi$, dimana arus akan berkontribusi terhadap *losses* berupa panas pada konduktor. Dari formula tersebut, dapat disimpulkan jika arus listrik *magnitudenya* besar maka kehilangan panas akan besar pula, oleh karena itu dibutuhkan kabel berdiameter besar untuk menahan panas tersebut.

3.2 APLIKASI STS DI PT.CPI

Static Transfer Switch adalah sebuah alat elektronik yang dapat memindahkan secara cepat sumber tenaga listrik dari satu sumber ke sumber lainnya tanpa harus mematikan beban. Kecepatan waktu perpindahan dapat diartikan, jika satu sumber mati, maka STS mengalihkan sumber ke sumber cadangan dengan sangat cepat sehingga beban tidak dapat merasakan pengalihan tersebut. STS dapat melakukan transfer antara dua sumber dengan kecepatan kerja empat sampai 20 milidetik sehingga dapat digunakan untuk mengamankan beban dalam jumlah besar dan beberapa fasilitas lainnya dari gangguan singkat. Kedua buah sumber harus memiliki karakteristik yang tidak jauh berbeda, sehingga beban akan benar-benar tidak terganggu.

STS merupakan solusi dalam sistem tenaga listrikan yang membutuhkan sebuah reliabilitas tinggi. STS juga diyakini dapat meningkatkan produksi bagi

para penggunanya. PT. Chevron merupakan salah satu pelopor penggunaan STS di Indonesia, karena banyaknya kasus kehilangan tenaga yang terjadi di daerah Kelok-Tilan Riau.



Gambar 3.4 *One line diagram* sederhana dari STS

STS diletakkan jauh dari sumber tenaga pada PT. Chevron. Berada pada jarak kurang lebih 30 km dari batang gardu dan 20 km dari gulamo *gardu*. Profil tegangan pada area STS di Kelok-Tilan ini mengalami drop yang sangat besar. Karena mayoritas beban pada PT. Chevron adalah motor. Sehingga digunakan banyak voltage regulator pada salurannya untuk menaikkan tegangan pada kondisi normal, yaitu 13,8 kV. *Capasitor bank* tidak digunakan lagi sebagai alat utama untuk menjaga tegangan, karena capasitor memiliki karakteristik yang buruk jika diletakkan pada saluran yang sangat panjang.

Sebelum dipasang STS, daerah Kelok-Tilan merupakan daerah yang sering terjadi jatuh tegangan yang mengakibatkan pengaturan pada motor-motor pompa

disana mematikan motor karena tegangan yang lebih rendah daripada pengaturan kontrolnya. Sumur pada daerah Kelok-Tilan merupakan primadona PT. Chevron, karena menghasilkan minyak dalam jumlah yang besar dengan kualitas yang sangat baik. Sebelum dipasang STS, area ini dialiri sumber dari gulamo saluran 1.

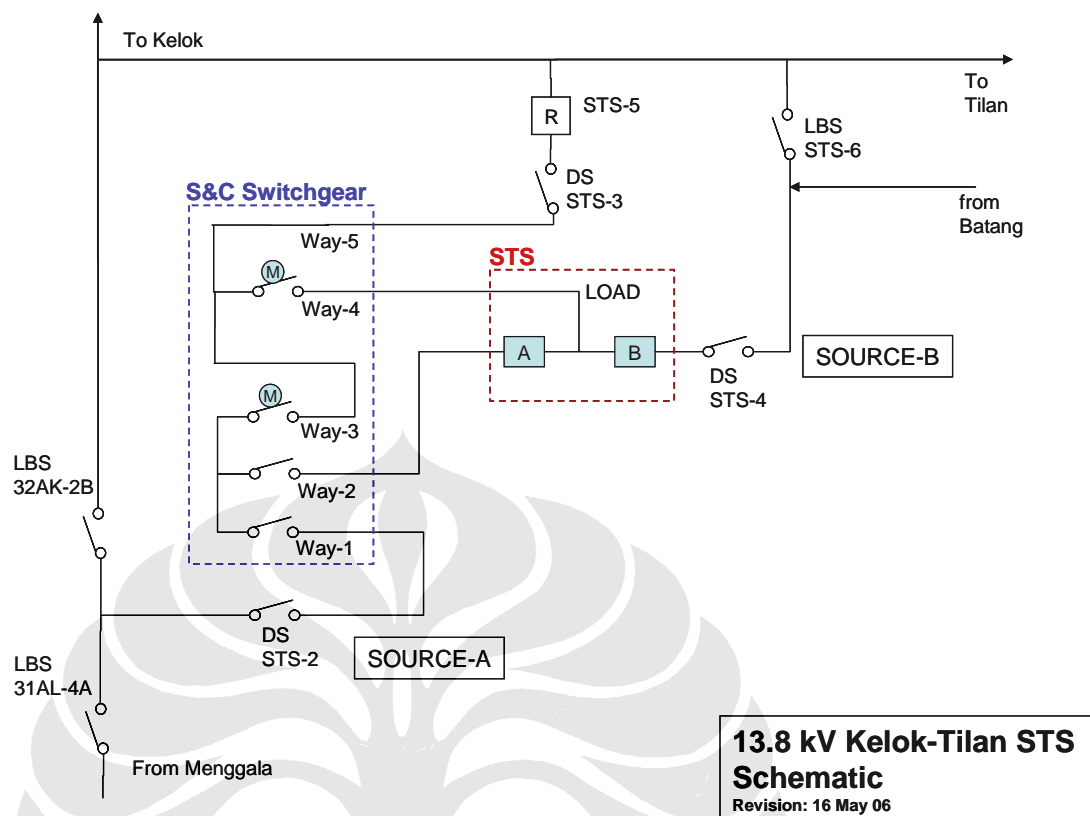
Beban yang dipasang pada STS sebagai berikut:

Tabel 3.1 Data beban pada area Kelok-Tilan

ID Pompa	Jenis_Pompa	Merk_Pompa	Motor_HP	Kondisi
TE001	538P62	centrilift	228	ON
TY001	538P31	centrilift	63	ON
TY008	FC1200	centrilift	57	OFF
TY010	400P16	centrilift	76	ON
TY011	538P21	centrilift	228	ON
TY015	538P37	centrilift	180	ON
TY017	GC4100	centrilift	133	ON
TY018	538P31	centrilift	228	ON
TY019	400P6	centrilift	50	OFF
TY022	400P10	centrilift	95	ON
TY023	GC6100	centrilift	304	ON
TY025	400P4	centrilift	57	OFF

Mayoritas beban yang akan terhubung pada gardu induk Paketigul berupa motor listrik untuk memompa dan menyalurkan minyak dan air yang membutuhkan daya dan tegangan yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan pompa. Selain itu, terdapat juga sebagian kecil beban berupa lampu untuk penerangan jalan yang tidak dimasukkan dalam data (diabaikan).

3.3 *STANDARD OPERATION PROCEDURE (SOP) STS DI PT. CHEVRON*



Gambar 3.5 Skema pemasangan STS di Kelok-Tilan

Kondisi normal di *power line system*:

1. *Source* yang dipilih dari Menggala Saluran #2 (*Source A*)
2. LBS 31-AL-4A dalam kondisi *Close*
3. LBS 32-AK-2B dalam kondisi *Open*
4. LBS STS #6 dalam kondisi *Open*
5. *Recloser* STS #5 dalam kondisi *Close*

Kondisi normal STS beroperasi:

1. Way 1, Way 2 dan Way 4 dalam kondisi *Close*
2. Way 3 (*bypass switch*) dalam kondisi *Open*
3. DS STS-2, DS STS-3 dan DS STS-4 dalam kondisi *Close*
4. *Beban* yang terbaca di STS sekitar 100-112 Ampere

Jika terjadi gangguan atau *failure* maka:

1. Jika terjadi gangguan di salah satu *Saluran*, maka STS secara otomatis akan memindahkan *beban* ke *Saluran* yang sehat.
2. Jika terjadi *Failure* di STS, maka STS secara otomatis akan *bypass* (Way 3 *Close* dan Way 4 *Open*)
3. *Pengaturan* untuk transfer adalah jika tegangan sistem di bawah 9.5 KV, dan *pengaturan* untuk mentransfer kembali adalah di atas 13 KV.
4. Jika terjadi gangguan, misalnya Menggala *Saluran*#2 Trip, maka otomatis *beban* akan dialihkan ke Batang *Saluran*#3. Bila kemudian Menggala *Saluran*#2 kembali normal, maka jika STS membaca tegangan 13 KV, *beban* akan secara otomatis mentransfer kembali ke Menggala *Saluran*#2. Jika tegangan Menggala *Saluran*#2 masih di bawah 13 KV, *beban* akan tetap dipasok oleh Batang *Saluran*#3.
5. *Delay time* untuk mentransfer kembali adalah 25 detik.
6. Dalam proses Transfer-Retransfer ini, biasanya tetap ada *beban mati* di *Saluran* yang sehat. Dalam hal ini kita perlu berkomunikasi terus dengan SCADA PG&T.
7. *Pengaturan VR Kelok 116 Volt (13.9 KV)*, *pengaturan VR Candi 114 Volt (13.68 KV)*
8. *Pengaturan kelebihan beban STS 200A dan pengaturan kelebihan beban Recloser STS-5 250A*

Jika terjadi gangguan yang menyebabkan STS shutdown maka dilakukan:

1. Gangguan bisa disebabkan karena Menggala *Saluran* #2 dan Batang *Saluran* #3 trip dalam waktu yang bersamaan. Untuk kondisi ini, bila salah satu *saluran* kembali normal, maka STS akan hidup kembali/beroperasi secara otomatis.
2. Jika terjadi gangguan, dan ternyata STS tidak kembali beroperasi, maka langkah terbaik adalah menghubungi singkat STS.
3. Bila *Saluran* yang sehat dari Menggala *Saluran* #2, maka *bypass* dilakukan dengan *Close LBS 32-AK-2B* dan *Open Recloser STS-5*.

4. Bila *Saluran* yang sehat dari Batang *Saluran* #3, maka hubung singkat dilakukan dengan menutup LBS STS-6 dan Open Recloser STS-5.
5. Untuk mengetahui bahwa STS tidak kembali beroperasi secara normal, kita bisa mengetahui dari informasi SCADA. Jika STS di bawah Menggala #2, *beban* di Menggala *Saluran* #2 sekitar 280-290A dan *beban* Batang *Saluran* #3 sekitar 110-120A. Jika STS di bawah Batang *Saluran* #3, *beban* di Batang sekitar 240-250A dan *beban* di Menggala sekitar 140-150A.
6. *Beban* STS dalam kondisi normal, sekitar 100-112A.
7. Segera melaporkan kepada SCADA jika STS gagal kembali beroperasi normal dan hubung singkat dilakukan.
8. Mencatat *Alarm* dan *Failure* di STS, lampu-lampu apa saja yang menyala.

3.4 KRONOLOGIS UJI COBA STS

STS merupakan sebuah proyek besar di divisi PG&T. Proyek ini dimulai pada tahun 2005 dengan membeli satu unit STS pada PT.SatCon. Nantinya jika sukses akan menjadi proyek lanjutan untuk wilayah lain. Tujuannya adalah mengurangi kegagalan daya pada daerah yang jauh dari kantor operasional PG&T.

Uji coba dilakukan pada tanggal 27 oktober 2008 pada pukul 15.00 WIB. disaksikan oleh pihak PT. Chevron dan pihak PT. SatCon. Pada saat kejadian terjadi gangguan yang dilaporkan oleh SCADA PG&T, bahwa recloser STS-5 tidak dapat dioperasikan dari pusat. Kemudian beberapa orang pergi untuk melakukan perbaikan. Setelah 15 menit, pihak SatCon memutuskan untuk melakukan ujicoba dengan *recloser* STS-5 dihubung singkat.

Semua dalam kondisi siap. Awalnya dilakukan beberapa test untuk memastikan sumber STS dalam keadaan “sehat”. Selanjutnya semua berjalan baik, pada saat uji coba perpindahan beban dari sumber-A ke sumber-B terjadi beberapa hal:

- Pada saat transfer terjadi:
 - Sumber-A naik 33% (11,8kV – 15,69kV)
 - Sumber-B turun 22% (13,15kV – 10,25kV)

- Kehilangan salah satu fasa diikuti dengan matinya beban
 - Tidak ada data yang terrekam, *disturbance recorder* gagal untuk merekam data.
 - Kontrol VR, tiristor, *snubber*, *varistor* rusak
 - Akan terjadi efek ferro resonance jika satu fasa open
 - *Fuse station service* TX putus

Setelah proses ini, dilakukan perbaikan dan mengembalikan seluruh sistem ke keadaan semula. Tidak menggunakan STS dan suplai daya untuk daerah Tilan-Tiang dari Golamo *gardu*. Kemungkinan yang terjadi adalah letak STS yang salah pada sistem sehingga transfer beban tidak pernah berhasil.

