



# JURNAL TEKNIK

TEKNIK INFORMATIKA - TEKNIK MESIN - TEKNIK SIPIL - TEKNIK ELEKTRO - TEKNIK INDUSTRI

**ANALISIS PRODUKTIVITAS PEKERJA DI LANTAI PRODUKSI PADA PT. XACTI DEPOK JAWA BARAT DENGAN MENGGUNAKAN METODE WORK SAMPLING**  
Hermanto

**PENERAPAN METODE LINE BALANCING UNTUK PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PADA JALUR LINTASAN CPLG EXTENSION DI PT. ABC**  
Joko Supono, Tri Widodo

**PENGUJIAN TEMPERATURE RISE TRANSFORMATOR 3 PHASA 1000 kVA TEGANGAN 20000/400 V**  
Sumardi Sadi

**ANALISIS BIAYA PENGGUNA JALAN DI WILAYAH JABODETABEK**  
Sri Nuryati

**SISTEM INFORMASI NILAI ONLINE BERBASIS WEB DI SMA NEGERI 20 KABUPATEN TANGERANG**  
Irfan Nasrullah, Saepudin

**KINERJA LAPISAN GEOTEKSTIL PADA UMUR 5 TAHUN SETELAH PEMASANGAN**  
Almufid, Saiful Haq

**APLIKASI SISTEM RAYONISASI PENERIMAAN SISWA BARU TINGKAT SMA NEGERI DI JAKARTA BARAT DENGAN METODE BUBBLE SORT**  
Rahma Farah Ningrum, Maya Pamela

**SISTEM KONTROL TEMPERATUR MENGGUNAKAN PLC ZELIO SR2 B121 BD, SIMULASI PADA PROTOTYPE RUANGAN DENGAN SUHU 29°C - 36°C)**  
Lisa Fitriani Ishak, Sumardi Sadi, Dwi Pribadi

**PENGARUH METANOL KADAR RENDAH TERHADAP EFISIENSI TERMAL MESIN DIESEL DENGAN EGR**  
Yafid Effendi

**PERANCANGAN SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN DALAM PEMBERIAN KARTU KREDIT DENGAN METODE MFEP (MULTI FACTOR EVALUATION PROCESS)**  
Yasni Djamain, Riri Wulandari Fenika

**SISTEM INFORMASI PENDATAAN ALUMNI BERBASIS WEB STMIK LEPISI TANGERANG**  
Muhammad Jonni

**ANALISIS CATU DAYA SISTEM TRANSFORMATOR PEMAKAIAN SENDIRI PADA SST DAN UST**  
H. Alief Maulana, Didik Aribowo, Chandra Arief B.

**IMPLEMENTASI SISTEM LAYANAN INFORMASI AKADEMIK TERINTEGRASI WEB [STUDI KASUS: SMK TEKNOLOGI PLUS PADJADJARAN SUKABUMI]**  
Abdul Haris, Tiara Syahra

**ANALISIS DESAIN OPTIMUM SPROKET RODA BELAKANG SEPEDA MOTOR KRITERIA BIAYA MATERIAL MINIMUM**  
Insana Jatmiko

**PERANCANGAN APLIKASI MONITORING DATA ASET DAN INVENTARIS IT BERBASIS WEB PADA PT. TMS LOGISTICS**  
Mahpud, H. Syamsul Bahri

**EVALUASI KUALITAS LAYANAN SISTEM INFORMASI AKADEMIK DENGAN METODE SERVQUAL (STUDI KASUS DI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PONOROGO)**  
Aliyadi

**ANALISA PENGUAT JACK HYDRAULIC KAPASITAS 5 TON**  
Bambang Suhardi Waluyo

Diterbitkan Oleh:

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Tangerang  
Jl. Perintis Kemerdekaan I No. 33, Cikokol Tangerang - Tlp. 021 - 51374916

	Jurnal	Vol.	No.	Hlm.	FT. UMT	ISSN
	Teknik	4	1	1-165	Januari 2015	2302-8734

# JURNAL TEKNIK

Teknik Informatika ~ Teknik Mesin ~ Teknik Sipil  
Teknik Elektro ~ Teknik Industri



## FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH TANGERANG

### Pelindung:

Dr. H. Achmad Badawi, S.Pd., SE., MM  
(Rektor Universitas Muhammadiyah Tangerang)

### Penanggung Jawab:

Ir. Saiful Haq, M.Si  
(Dekan Fakultas Teknik)

### Pembina Redaksi:

Rohmat Taufik, ST., M.Kom  
Drs. H. Syamsul Basri

### Pimpinan Redaksi:

Drs. Ir. Sumardi Sadi, MT

### Redaktur Pelaksana:

Mahpud, M.Kom

### Editor Jurnal Teknik UMT:

Drs. Ir. Sumardi Sadi, MT

### Dewan Redaksi:

M. Jonni, M.Kom  
Tri Widodo, ST., MT  
Lenni, ST., MT  
Elfa Fitria, S.Kom., M.Eng  
Bambang Suhardi W., ST., MT  
Yafid Efendi, ST., MT

### Mitra Bestari:

Prof. Dr. Aris Gumilar  
Dr. Ir. Doddy Hermiyono, DEA  
Nur Fajar Yanta, M.Sc

## JURNAL TEKNIK

### Diterbitkan Oleh:

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah  
Tangerang

### Alamat Redaksi:

Jl. Perintis Kemerdekaan I No. 33 Cikokol Tangerang  
Tlp. (021) 51374916

Jurnal Teknik	Vol.	No.	Hlm.	UMT	ISSN
	3	2	1-165	Januari 2015	2302-8734

## DAFTAR ISI

- ANALISIS PRODUKTIVITAS PEKERJA DI LANTAI PRODUKSI PADA PT. XACTI DEPOK JAWA BARAT DENGAN MENGGUNAKAN METODE *WORK SAMPLING* - 1  
*Hermanto*
- PENERAPAN METODE *LINE BALANCING* UNTUK PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PADA JALUR LINTASAN *CPLG EXTENSION* DI PT. ABC - 10  
*Joko Supono, Tri Widodo*
- PENGUJIAN *TEMPERATURE RISE* TRANSFORMATOR 3 PHASA 1000 kVA TEGANGAN 20000/400 V - 24  
*Sumardi Sadi*
- ANALISIS BIAYA PENGGUNA JALAN DI WILAYAH JABODETABEK - 32  
*Sri Nuryati*
- SISTEM INFORMASI NILAI *ONLINE* BERBASIS *WEB* DI SMA NEGERI 20 KABUPATEN TANGERANG - 40  
*Irfan Nasrullah, Saepudin*
- KINERJA LAPISAN GEOTEKSTIL PADA UMUR 5 TAHUN SETELAH PEMASANGAN - 52  
*Saiful Haq, Almufid*
- APLIKASI SISTEM RAYONISASI PENERIMAAN SISWA BARU TINGKAT SMA NEGERI DI JAKARTA BARAT DENGAN METODE *BUBBLE SORT* - 59  
*Rahma Farah Ningrum, Maya Pamela*
- SISTEM KONTROL TEMPERATUR MENGGUNAKAN *PLC ZELIO SR2 B121 BD*, SIMULASI PADA PROTOTYPE RUANGAN DENGAN SUHU 29 °C - 36 °C) - 66  
*Lisa Fitriani Ishak, Sumardi Sadi, Dwi Pribadi*
- PENGARUH METANOL KADAR RENDAH TERHADAP EFISIENSI TERMAL MESIN DIESEL DENGAN *EGR* - 79  
*Yafid Effendi*
- PERANCANGAN SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN DALAM PEMBERIAN KARTU KREDIT DENGAN METODE *MFEP (MULTI FACTOR EVALUATION PROCESS)* - 84  
*Yasni Djainain, Riri Wulandari Fenika*
- SISTEM INFORMASI PENDATAAN ALUMNI BERBASIS *WEB* *STMIK LEPISI TANGERANG* - 94  
*Muhammad Jonni*
- ANALISIS CATU DAYA SISTEM TRANSFORMATOR PEMAKAAN SENDIRI PADA *SST* DAN *UST* - 102  
*H. Alief Maulana, Didik Aribowo, Chandra Arief B*
- IMPLEMENTASI SISTEM LAYANAN INFORMASI AKADEMIK TERINTEGRASI *WEB* [STUDI KASUS: SMK TEKNOLOGI PLUS PADJADJARAN SUKABUMI] - 111  
*Abdul Haris, Tiara Syahra*
- ANALISIS DESAIN OPTIMUM SPROKET RODA BELAKANG SEPEDA MOTOR KRITERIA BIAYA MATERIAL MINIMUM - 132  
*Insana Jatmiko*
- PERANCANGAN APLIKASI MONITORING DATA ASET DAN INVENTARIS IT BERBASIS *WEB* PADA PT. TMS LOGISTICS - 136  
*Mahpud, H. Syamsul Bahri*
- EVALUASI KUALITAS LAYANAN SISTEM INFORMASI AKADEMIK DENGAN METODE *SERVQUAL* (STUDI KASUS DI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PONOROGO) - 143  
*Aliyadi*
- ANALISA PENGUAT JACK HYDRAULIC KAPASITAS 5 TON - 156  
*Bambang Suhardi Waluyo*



**Sambutan Dekan  
Fakultas Teknik**  
Universitas Muhammadiyah Tangerang

Puji Syukur kehadiran Allah Swt. karena berkat karunia dan ijin-Nyalah Tim penyusun Jurnal Teknik Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Tangerang dapat menyelesaikan tugasnya tepat sesuai dengan waktu ditetapkan.

Saya menyambut baik diterbitkannya Jurnal Teknik Vol. 4 No. 1 Januari 2015, terbitnya jurnal ini, merupakan respon atas terbitnya Peraturan Menteri Pendidikan Nasional No. 17 Tahun 2010 tentang Pencegahan dan Penanggulangan Plagiat di Perguruan Tinggi; Surat Dirjen Dikti Nomor 2050/E/T/2011 tentang kebijakan unggah karya ilmiah dan jurnal; Surat Edaran Dirjen Dikti Nomor 152/E/T/2012 tertanggal 27 Januari 2012 perihal publikasi karya ilmiah yang antara lain menyebutkan untuk lulusan program sarjana terhitung mulai kelulusan setelah 2012 harus menghasilkan makalah yang terbit pada jurnal ilmiah.

Terbitnya Jurnal ini juga diharapkan dapat mendukung komitmen dalam menunjang peningkatan kemampuan para dosen dan mahasiswa dalam menyusun karya ilmiah yang dilandasi oleh kejujuran dan etika akademik. Perhatian sangat tinggi yang telah diberikan rektor Universitas Muhammadiyah Tangerang khususnya mengenai *plagiarism* dan cara menghindarinya, diharapkan mampu memacu semangat dan motivasi para pengelola jurnal, para dosen dan mahasiswa dalam menyusun karya ilmiah yang semakin berkualitas.

Saya mengucapkan banyak terimakasih kepada para penulis, para pembahas yang memungkinkan jurnal ini dapat diterbitkan, dengan harapan dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin dalam peningkatan kualitas karya ilmiah.

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Tangerang,

**Ir. Saiful Haq, M.Si**



**Pengantar Redaksi**  
**Jurnal Teknik**  
Universitas Muhammadiyah Tangerang

Puji dan Syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadapan Allah Swt. atas karunia dan lindungannya sehingga Jurnal Teknik Vol. 4 No. 1 Bulan Januari 2015 dapat diterbitkan.

Menghasilkan karya ilmiah merupakan sebuah tuntutan perguruan tinggi di seluruh dunia. Tri Dharma Perguruan Tinggi yaitu darma pendidikan, darma penelitian, dan darma pengabdian kepada masyarakat mendorong lahirnya dinamika intelektual diantaranya menghasilkan karya-karya ilmiah. Penerbitan Jurnal Teknik ini dimaksudkan sebagai media dokumentasi dan informasi ilmiah yang sekiranya dapat membantu para dosen, staf dan mahasiswa dalam menginformasikan atau mempublikasikan hasil penelitian, opini, tulisan dan kajian ilmiah lainnya kepada berbagai komunitas ilmiah.

Buku Jurnal yang sedang Anda pegang ini menerbitkan 16 artikel yang mencakup bidang teknik sebagaimana yang tertulis dalam daftar isi dan terdokumentasi nama dan judul-judul artikel dalam kulit cover Jurnal Teknik Vol. 3 No. 2 bulan Januari 2015 dengan jumlah halaman 1-155 halaman.

Jurnal Teknik ini tentu masih banyak kekurangan dan masih jauh dari harapan, namun demikian tim redaksi berusaha untuk ke depannya menjadi lebih baik dengan dukungan kontribusi dari semua pihak. Harapan Jurnal Teknik akan berkembang menjadi media komunikasi intelektual yang berkualitas, aktual dan faktual sesuai dengan dinamika di lingkungan Universitas Muhammadiyah Tangerang.

Tak lupa pada kesempatan ini kami mengundang pembaca untuk mengirimkan naskah ringkasan penelitiannya ke redaksi kami. Kami sangat berterimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penerbitan Jurnal Teknik ini semoga buku yang sedang Anda baca ini dapat bermanfaat.

Pimpinan Redaksi Jurnal Teknik  
Universitas Muhammadiyah Tangerang,

**Drs. Ir. Sumardi Sadi, MT**

# ANALISIS CATU DAYA SISTEM TRANSFORMATOR PEMAKAIAN SENDIRI PADA SST DAN UST

H. Alief Maulana<sup>1</sup>), Didik Aribowo<sup>1,2</sup>), Chandra Arief B<sup>1</sup>)

<sup>1</sup> Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

<sup>2</sup> Pendidikan Teknik Elektro, FKIP, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Serang – Jakarta Km. 03 Serang Banten

E-mail: *alief.m09@gmail.com, aribowo82@yahoo.co.id*

## ABSTRAK

Kebutuhan manusia akan energi listrik semakin hari semakin besar, karena energi listrik adalah energi yang paling dibutuhkan untuk mempermudah segala aktivitas manusia. Indonesia adalah negara yang sedang berkembang, dan permintaan masyarakat akan kebutuhan listrik semakin meningkat. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) menggunakan sumber daya alam batubara sebagai bahan bakar. Perubahan energi yang terjadi secara kimia dengan proses pembakaran, lalu hasil dari proses pembakaran tersebut berupa uap panas (*energi thermal*) kemudian dari uap tersebut diubah lagi menjadi energi mekanis dan terakhir diubah lagi menjadi energi listrik. Sistem catu daya pemakaian sendiri pada PLTU digunakan khusus untuk memenuhi kebutuhan beban pemakaian sendiri dalam siklus PLTU. PLTU yang menjadi objek penelitian adalah PLTU Suralaya unit 1-4 yang memiliki transformator pemakaian sendiri yaitu unit SST (Station Service Transformator) yang digunakan saat menyalakan unit pembangkit untuk pertamakalinya (*start up*) dan masing-masing unit mempunyai UST (*Unit Service Transformer*) untuk mensuplai kebutuhan daya pemakaian sendiri yang umumnya berupa beban-beban medium voltage 6 kV serta beban *low voltage* 380 V. Pentingnya peranan transformator pemakaian sendiri sebagai sumber catu daya pemakaian sendiri untuk menjaga keandalan bagi unit pembangkit.

**Kata Kunci:** *Catu Daya, PLTU, Transformator, SST, UST.*

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan manusia akan energi listrik semakin hari semakin besar, karena energi listrik adalah energi yang paling dibutuhkan untuk mempermudah segala aktivitas manusia. Indonesia adalah negara yang sedang berkembang, dan permintaan masyarakat akan kebutuhan listrik semakin meningkat. Pemerintah senantiasa memfasilitasi dan menjamin tercukupinya kebutuhan energi listrik dengan cara membangun pusat-pusat pembangkitan listrik.

Energi listrik dapat diperoleh dengan merubah energi lain misalnya energi kinetik, kalor, dan sebagainya, secara langsung maupun tak langsung, konvensional maupun non-konvensional. Pada sistem yang konvensional, energi listrik yang dihasilkan dari energi primer diperoleh dengan suatu perantara

mesin tertentu berupa turbin, motor bakar dan sebagainya.

Penggerak awal penghasil energi primer ini menunjukkan tipe pusat pembangkitan, misalnya PLTU, energi primer diperoleh dari turbin yang menggerakkan uap. Salah satu pembangkit tenaga yang menghasilkan listrik dari uap tersedia di Indonesia, salah satunya yaitu PT. Indonesia Power (UBP) Unit Bisnis Pembangkitan Suralaya-Banten sebagai tempat melaksanakan penelitian.

PLTU menggunakan sumber daya alam batubara sebagai bahan bakarnya. Perubahan energi yang terjadi secara kimia dengan proses pembakaran, lalu hasil dari proses pembakaran tersebut berupa uap panas (*energi thermal*) kemudian dari uap tersebut diubah lagi menjadi energi mekanis dan terakhir diubah menjadi energi listrik.

Sistem catu daya pemakaian sendiri pada

PLTU digunakan khusus untuk memenuhi kebutuhan beban pemakaian sendiri dalam siklus PLTU. PLTU Suralaya unit 1-4 memiliki transformator pemakaian sendiri yaitu unit SST (*Station Service Transformer*) yang digunakan saat menyalakan unit pembangkit untuk pertamakalinya (*start up*) dan masing-masing unit mempunyai UST (*Unit Service Transformer*) untuk mensuplai kebutuhan daya pemakaian sendiri yang umumnya berupa beban-beban *medium voltage* 6 kV serta beban *low voltage* 380 V.

Pentingnya peranan transformator pemakaian sendiri sebagai sumber catu daya pemakaian sendiri untuk menjaga keandalan bagi unit pembangkit, maka dipilih untuk penelitian ini.

**1.2 Batasan Masalah**

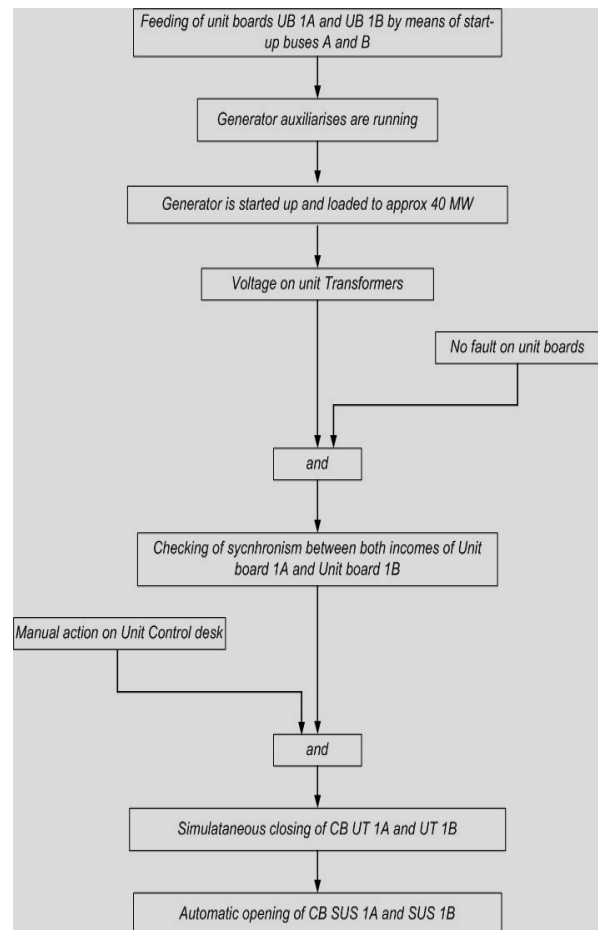
1. Sistem penyaluran tenaga listrik unit 1-4 PLTU Suralaya.
2. Prinsip kerja catu daya pemakaian sendiri PLTU Suralaya.
3. Proses *automatic transfer* pada sistem transformator pemakaian sendiri unit 1-4 PLTU Suralaya.
4. Perhitungan pemakaian sendiri Unit 1-4 PLTU Suralaya dalam keadaan normal (tidak ada gangguan).
5. Efisiensi transformator pemakaian sendiri SST dan UST.

**1.3 Tujuan**

1. Memahami dan mendapatkan gambaran nyata tentang sistem tenaga pada pusat pembangkit listrik.
2. Mengetahui sistem penyaluran tenaga listrik unit 1-4 PLTU Suralaya.
3. Mengetahui proses *automatic transfer* pada sistem transformator pemakaian sendiri unit 1-4 PLTU Suralaya.
4. Mengetahui besar pemakaian sendiri Unit 1-4 PLTU Suralaya dalam keadaan normal (tidak ada gangguan).
5. Mengetahui efisiensi transformator pemakaian sendiri *Station Service Transformer* (SST) dan UST (*Unit Service Transformer*).

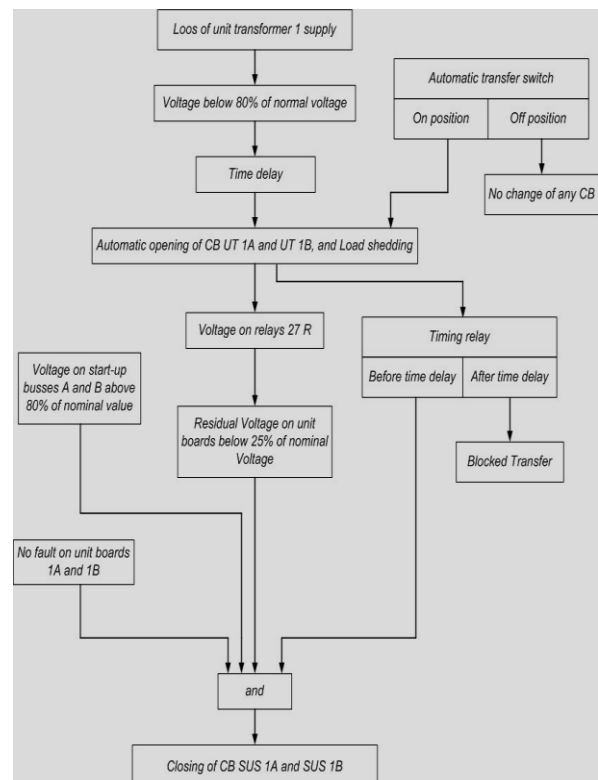
**1.4 Metodologi**

Syarat *transfer* SST menuju UST dapat dilihat dengan *logic flowchart transfer for generator start-up* di bawah ini.



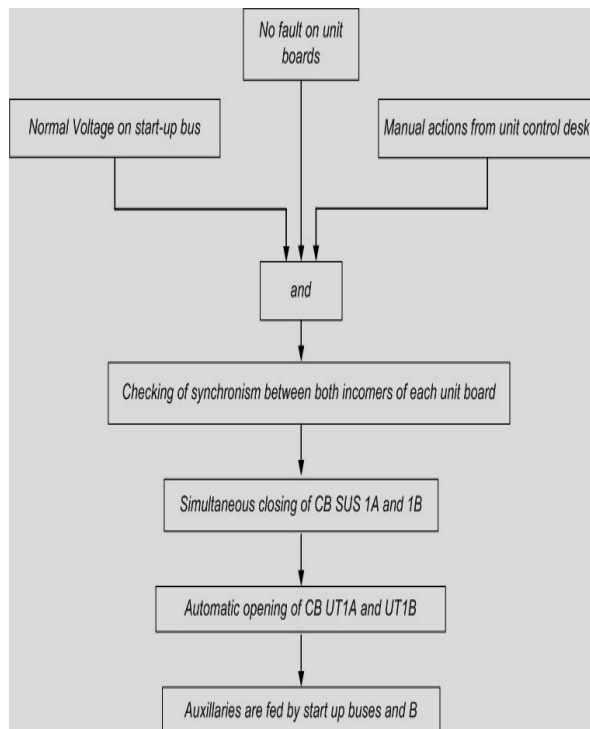
Gambar 1: Transfer for Generator Start-Up.

Syarat untuk *transfer* antara UST ke SST ketika terjadi gangguan pada UST dapat dilihat dengan *logic flowchart* di bawah ini.



Gambar 2. Transfer Under Fault Conditions.

Logic flowchart manual transfer before a scheduled shut down generator di bawah ini.



Gambar 3. Manual Transfer Before A Scheduled ShutDown Generator.

### 1.5 Tinjauan pustaka Catu Daya Pemakaian Sendiri

Catu daya pemakaian sendiri yaitu suatu sistem penyediaan tenaga listrik yang dipakai untuk alat-alat bantu yang diperlukan untuk beroperasinya suatu pembangkit seperti conveyor, pompa air, fan udara, pompa minyak, pompa residu, electro static precipitator, H<sub>2</sub> plant, desalination plant, dan lain-lain [1].

Catu daya pemakaian sendiri perlu dibuat handal, mungkin yang dimaksud handal disini yaitu catu daya pemakaian sendiri tidak boleh kehilangan tegangan baik pada waktu operasi normal, shut down maupun trip unit. Tegangan sistem catu daya pemakaian sendiri harus stabil. Sistem catu daya pemakaian sendiri suatu pembangkit umumnya disuplai oleh transformator pemakaian sendiri melalui sistem jala-jala PLN 150 KV lewat SST (Station Service Transformer) pada waktu start up dan dari output generator lewat UST (Unit Service Transformer) pada waktu operasi normal [1].

Seperti yang telah diketahui bahwa daya listrik dibagi menjadi tiga macam daya, yaitu :

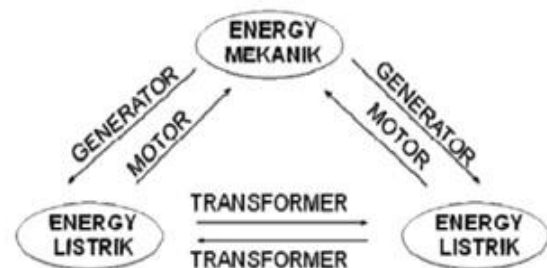
1. Daya Aktif;

2. Daya Semu; dan
3. Daya Reaktif.

Namun untuk pengertian daya dapat dikatakan adalah hasil perkalian antara tegangan dengan arus serta dipengaruhi oleh faktor beban ( $\cos \theta$ ) [2].

#### a). Transformator

Dasar dari teori transformator adalah apabila ada arus listrik bolak-balik yang mengalir mengelilingi suatu inti besi maka inti besi itu akan berubah menjadi magnet dan apabila magnet tersebut dikelilingi oleh suatu belitan maka pada kedua ujung belitan tersebut akan terjadi beda tegangan mengelilingi magnet, sehingga akan timbul GGL (Gaya Gerak Listrik) [3]. Gambar 4 di bawah ini menunjukkan transformasi energi.



Gambar 4: Transformasi Energi

#### b). Transformator Pemakaian Sendiri

Transformator pemakaian sendiri atau UST bekerja secara terus-menerus setiap hari (keadaan normal). Transformator UST pada sisi primer dihubungkan ke sisi tegangan rendah transformator utama untuk memperoleh penurunan tegangan. Tegangan tersebut digunakan untuk mencatu kebutuhan sendiri seperti motor listrik, penerangan, peralatan proteksi, peralatan kontrol, dan peralatan emergency [3].

Sedangkan saat menyalakan unit pembangkit untuk pertama kalinya atau start up diperlukan SST (Station Service Transformer) yang diambil dari tegangan jala-jala PLN 150 kV untuk mensuplai alat-alat bantu pembangkit [1].

#### c). Faktor-Faktor Perhitungan Pemakaian Sendiri [4]

- (1). Perhitungan Jam Kerja Unit
  - a. Period Hours (PH)
  - b. Planned Outage Hours (POH)
  - c. Forced Outage Hours (FOH)

- d. *Maintenance Outage Hours* (MOH)
- e. *Reserve Shutdown Hours* (RSH)
- f. *Available Hours* (AH)  
 $AH = PH - POH - FOH - MOH \dots\dots\dots (1)$
- g. *Service Hours* (SH)  
 $SH = PH - POH - FOH - MOH - RSH \dots\dots\dots (2)$

(2). *Faktor-Faktor Produksi*

- a. *Planned Outage Factor* (POF)  
 $POF = \frac{POH}{PH} 100\% \dots\dots\dots (3)$
- b. *Maintenance Outage Factor* (MOF)  
 $MOF = \frac{MOH}{PH} 100\% \dots\dots\dots (4)$
- c. *Forced Outage Factor* (FOF)  
 $FOF = \frac{FOH}{PH} 100\% \dots\dots\dots (5)$
- d. *Reserve Shutdown Factor* (RSF)  
 $RSF = \frac{RSH}{PH} 100\% \dots\dots\dots (6)$
- e. *Output Factor* (OF)
- f. *Output Availability Factor* (OAF)  
 $O.A.F = \frac{AH}{PH} 100\% \dots\dots\dots (7)$
- g. *Capacity Factor* (CF)  
 $C.F = \frac{\text{Produksi}}{PH \times \text{Daya Terpasang}} 100\% \dots\dots\dots (8)$
- h. *Service Factor* (SF)  
 $SF = \frac{SH}{PH} 100\% \dots\dots\dots (9)$

(3). *Perhitungan Produksi*

- a. *Produksi Gross*  
 $\text{Produksi Gross} = SH \times \text{Daya Terpasang} \times OF \dots\dots\dots (10)$
- b. *Produksi Net*  
 $\text{Pemakaian Sendiri (PS)} = 5.53\% \times \text{Produksi Gross} \dots\dots\dots (11)$   
 $\text{Produksi Net} = \text{Produksi Gross} - PS \dots\dots\dots (12)$

**II. PEMBAHASAN**

Unit 1-4 PLTU Suralaya menggunakan 2 buah SST (*Station Service Transformer*), yaitu SST 1 dan SST 2 yang digunakan untuk sistem kelistrikan PLTU Suralaya. SST yang digunakan oleh PLTU Suralaya unit 1-4 merupakan transformator buatan MELCO (*Mitsubishi Electric Cooperation*).

**Tabel 1.** Data Teknis SST (*Station Service Transformer*)

No	Parameter Teknis	Data Teknis	Satuan
1.	Tipe Transformator	CRB-DR	-
2.	Kapasitas	35000/46000	kVA
3.	Jumlah Fasa	3	Fasa
4.	Frekuensi	50	Hz
5.	Berat		
	a. Volume Minyak Transformator	200000	L
	b. Minyak Perubah Tap	100	L
	c. Berat Inti dan Kumparan	32800	Kg
	d. Berat Tangki dan Perlengkapannya	19200	Kg
	e. Berat Minyak	18000	Kg
6.	Tipe Pendingin	ONAN/ONAF	-
7.	Kenaikkan Temperatur		
	a. Suhu Minyak	50	°C
	b. Suhu Kumparan	65	°C
8.	Hubungan Belitan	Ynyn0yn0	-
9.	Tapping	5	Tap
10.	Tingkat Isolasi	TTL 650	kV BIL
		TTN 125	kV BIL
		TR 60	kV BIL
11.	Tegangan Impedansi	23000	Kva
		TT-TR1	%
		TT-TR2	%
		TR-TR2	%

UST (*Unit Service Transformer*) yang digunakan oleh PLTU Suralaya unit 1-4 merupakan transformator buatan MELCO (*Mitsubishi Electric Cooperation*). Unit 1-4 PLTU Suralaya mempunyai 4 buah UST, masing-masing pada unit 1, 2, 3, dan 4. Sehingga total UST yang ada di unit 1-4 PLTU Suralaya adalah sebanyak 4 buah.



Tabel 2. Data Teknis UST (Unit Service Transformer)

No	Parameter Teknis	Data Teknis	Satuan
1.	Tipe Transformator	CRB-DR	-
2.	Kapasitas	35000/46000	kVA
3.	Jumlah Fasa	3	Fasa
4.	Frekuensi	50	Hz
	Berat		
	a. Volume Minyak Transformator	14000	L
	b. Minyak Perubah Tap	200	L
	c. Berat Inti dan Kumputan	22500	Kg
	d. Berat Tangki dan Perlengkapannya	15300	Kg
e. Berat Minyak	12600	Kg	
	Tipe Pendingin	ONAN/ONAF	-
	Kenaikkan Temperatur		
	a. Suhu Minyak	50	°C
	b. Suhu Kumputan	65	°C
	Hubungan Belitan	Dyn11 yn11	-
	Tapping	17	Tap
0	Tingkat Isolasi	HV 125	kV BIL
		LV 60	kV BIL
1	Tegangan Impedansi	23000	Kva
		TT-TR1 9.68	%
		TT-TR2 9.70	%
		TR-TR2 18.49	%

**Prinsip Kerja Catu Daya Pemakaian Sendiri PLTU Suralaya**

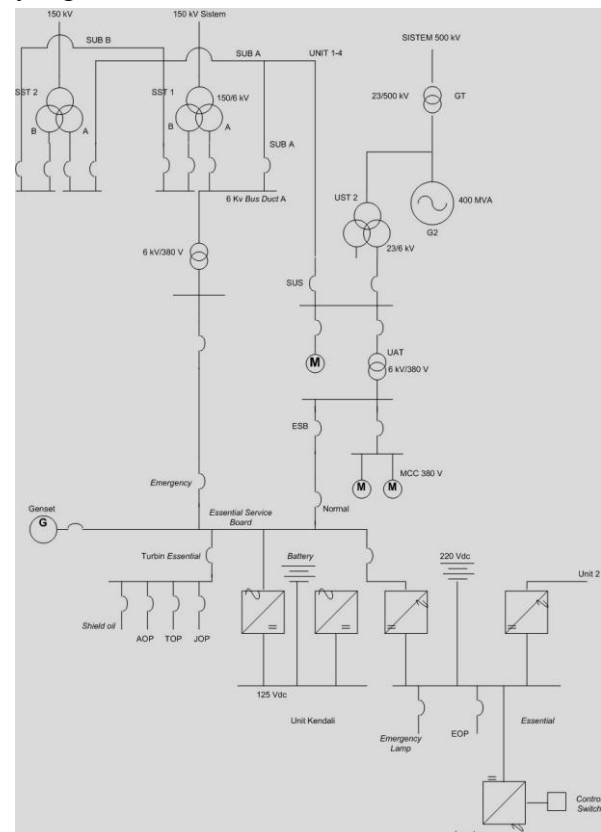
Pada waktu unit *start up*, catu daya pemakaian sendiri diambil dari sistem 150 kV lewat SST1 dan SST 2 diturunkan menjadi 6.3 kV, lewat 6 kV *station board* disalurkan ke *bus duct A* (memakai SB A/B atau SUB A/B) dan selanjutnya disalurkan ke alat-alat bantu tegangan 6 kV dan alat-alat bantu tegangan 380/220 V lewat 380/220 V MCC (alat bantu *station* maupun alat bantu unit).

Setelah *output* generator lebih dari 10 % maka alat bantu unit disuplai dari *output* generator lewat UST (*breaker* 6 KV UST A/B *close* dan *breaker* SUB A/B *open* pada waktu yang bersamaan) dan beban *station* tetap disuplai dari SST 1 dan SST 2.

Beban awal atau kebutuhan awal pemakaian sendiri yang dayanya dipasok langsung dari transformator pemakaian sendiri adalah

beban *medium voltage* 6 kV, sementara untuk kebutuhan beban *low voltage* digunakan transformator tenaga bantu untuk menurunkan tegangan menjadi 380 V yaitu UAT (*Unit Auxiliary Transformer*).

Beban *medium voltage* yang disuplai langsung oleh UST adalah motor-motor 6 kV yang berada di unit bus 6 kV, sementara beban *low voltage* yang disuplai oleh UAT adalah MCC, peralatan *emergency*, dan ESB yang berada di unit bus 380 V.



Gambar 5: Prinsip Kerja Catu Daya Pemakaian Sendiri PLTU Suralaya.

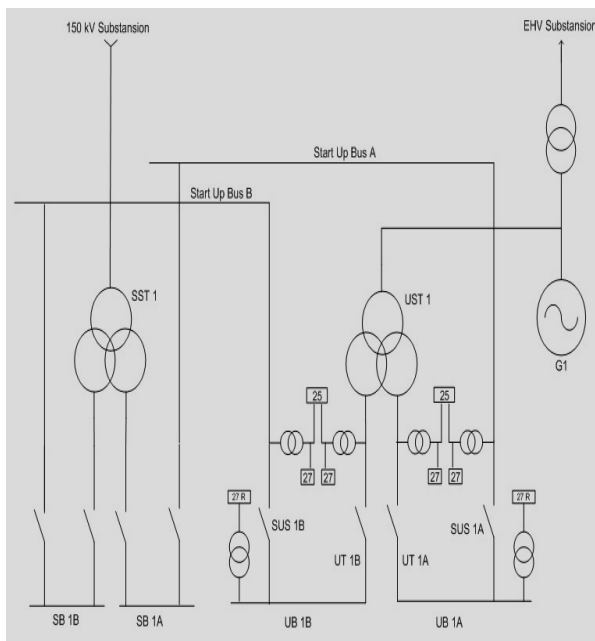
Peralatan *emergency* membutuhkan tegangan 380 V untuk mensuplai *genset* yang berkapasitas 1 MW untuk proteksi ketika ESB tidak mendapatkan suplai dari *primary source*, karena ESB (*Essential Service Board*) digunakan untuk proteksi kendali peralatan penting untuk turbin dan generator, peralatan ini harus tetap menyala walaupun unit dalam keadaan *break out*, oleh karena itu selain disuplai oleh SST dan UST dibutuhkan catu daya alternatif berupa baterai, karena baterai menggunakan tegangan DC maka baterai menggunakan *rectifier* untuk mengubah tegangan 380 VAC dari UAT, dan untuk proteksi lebih baterai disuplai dari 2 unit, yaitu unit 1 dan 2.

Baterai tidak hanya mensuplai untuk peralatan ESB tetapi juga untuk peralatan kendali yang membutuhkan sumber AC, maka dari itu dipakai inverter untuk mengubah tegangan DC dari baterai 220 Vdc menjadi 380 Vac dan 220 Vac untuk peralatan kendali atau *control switch*.

### Proses Automatic Transfer SST ke UST

Proses *automatic transfer* SST ke UST adalah proses perpindahan energi otomatis dari SST menuju UST. Proses ini terjadi setelah *normal running* unit pembangkit.

Gambar 6 menunjukkan proses *automatic transfer* antara SST dan UST. Diambil dari sistem 150 kV dengan menggunakan SST 1 dan SST 1 untuk unit 1 PLTU Suralaya.



Gambar 6: Proses Automatic Transfer SST ke UST

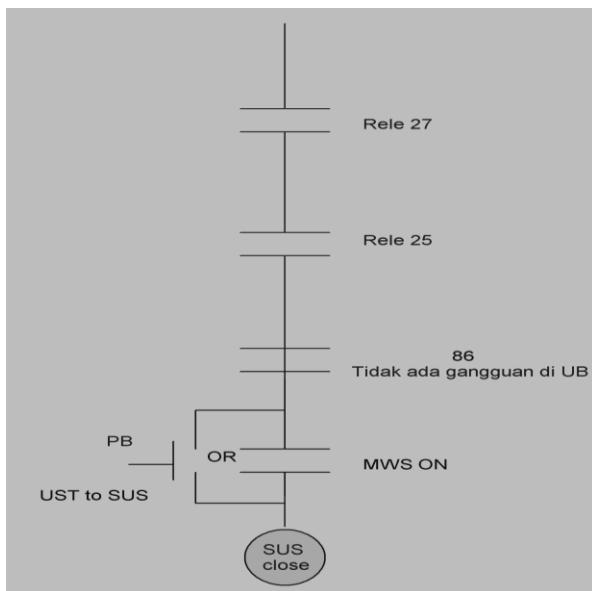
Daya dari generator merupakan syarat awal untuk proses transfer SUS ke UST. Generator pada unit 1-4 PLTU Suralaya menghasilkan daya sebesar 1650 MW. Generator unit 1 dan unit 2 menghasilkan daya masing-masing 425 MW, sementara unit 3 dan unit 4 menghasilkan masing-masing 400 MW. Syarat generator telah menghasilkan 10% dari daya nominalnya berarti 10% dari 425 MW pada unit 1 dan 2, dan 10% dari 400 MW pada masing-masing unit 3 dan 4.

Syarat kedua agar terjadi transfer antara SST dan UST adalah tegangan UST harus diatas 80% tegangan yang dihasilkan oleh generator, hal ini dimaksudkan agar tegangan

yang telah masuk di UST adalah lebih 80% dari 6 kV. Syarat selanjutnya adalah SST dan UST harus memenuhi syarat rele 25 dan rele 27. Rele 25 merupakan rele sinkron antar transformator yang akan bekerja jika proses sinkronisasi antar transformator UST dan SST tidak sesuai dengan *set point* yang ada pada rele, *set point* adalah seperti syarat kerja paralel transformator, namun untuk rele 25 akan mendeteksi jika polaritas transformator yang tidak sama, dan ketika UST dan SST telah memenuhi syarat kerja paralel transformator maka syarat selanjutnya dapat dilakukan yaitu syarat rele 27, rele ini akan bekerja jika mengindikasikan penurunan tegangan di bawah harga yang diizinkan, pada UST rele ini akan bekerja jika tegangan di bawah 80% dari 6 kV. Kedua rele ini disuplai oleh PT yang merubah tegangan 6 kV menjadi 110 V, karena rele ini membutuhkan proses transfer antara SST dan UST, lalu dibutuhkan operator untuk menekan tombol *push button* SST-UST untuk memastikan proses *automatic transfer* telah berjalan sebagaimana mestinya.

### Proses Automatic Transfer UST ke SST

Proses *automatic transfer* UST ke SST adalah proses perpindahan energi otomatis dari UST menuju SST. Proses ini terjadi jika ada gangguan pada unit pembangkit atau gangguan pada transformator pemakaian sendiri (UST). Proses *automatic transfer* dari UST ke SST mempunyai syarat yang sama seperti proses automatic transfer SST ke UST yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, hanya ada perbedaan pada saat *breaker* SST tertutup dan bekerja dengan syarat sinkron rele seperti ditunjukkan gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7: Syarat Breaker SST tertutup dengan Rele

**Perhitungan Pemakaian Sendiri**

**a. Produksi Gross dalam Keadaan Normal (Tidak Ada Gangguan)**

$$\begin{aligned}
 PG &= \text{Jumlah jam unit beroperasi} \times \sum_{\text{Daya}} \\
 &\quad \text{terpasang} \times \text{Faktor beban} \\
 &= 8760 \text{ jam} \times (4 \text{ unit} \times 470 \text{ MVA}) \times 1 \\
 &= 16468800 \text{ MVAh}
 \end{aligned}$$

**b. Pemakaian Sendiri dalam Keadaan Normal (Tidak Ada Gangguan)**

$$\begin{aligned}
 PS &= 5.53\% \times PG \\
 &= 0.053 \times 16468800 \text{ MVAh} \\
 &= 910724.64 \text{ MVAh}
 \end{aligned}$$

**c. Produksi Net dalam Keadaan Normal (Tidak Ada Gangguan)**

$$\begin{aligned}
 PN &= PG - PS \\
 &= 16468800 - 910724.64 \\
 &= 15558075.36 \text{ MVAh}
 \end{aligned}$$

**Pembahasan Perhitungan Pemakaian Sendiri**

Pemakaian sendiri daya pada Unit 1-4 PLTU Suralaya dalam keadaan normal (tidak ada gangguan) akan bertambah jika daya terpasang semakin besar dan jam pelayanan tetap sehingga menghasilkan produksi gross yang besar. Dapat dijelaskan untuk Unit 1-4 PLTU Suralaya memiliki daya terpasang 1900 MVA (4 Unit x 475 MVA), dan jam pelayanan dalam keadaan normal (tidak ada gangguan) 8760 jam (365 hari x 24 jam).

Unit 1-4 PLTU Suralaya menghasilkan produksi gross dalam keadaan normal (tidak ada gangguan) sebesar 16468800 MVAh setahun, dengan pemakaian sendiri sebesar 910724.64 MVAh setahun (5.53%) sehingga produksi net setahun sebesar 15558075.36

MVAh dalam keadaan normal (tidak ada gangguan).

**Efisiensi Transformator SST (Station Service Transformer)**

**Tabel 3. Data Load Losses SST (Station Service Transformer)**

Temperature rise test was carried out by short circuit method.

Test condition was as follows.

	35 MVA (ONAN)	46 MVA (ONAF)
Tap voltage (KV)	131.3/6.3-6.3	
Load loss (W)	164,790	284,650
No-load loss (W)	38,950	38,950
Total losses (W)	203,740	323,600

**a. Efisiensi Station Service Transformer (SST) Base 35 MVA, PF = 1, saat keadaan 100 % beban penuh**

- Rugi beban 100 %  

$$= \left(\frac{KVA \text{ Load}}{KVA \text{ Rated}}\right)^2 * \text{Losses Full Load}$$
- Rugi beban 100 % =  $\left(\frac{35000}{35000}\right)^2 * 164790$   
 = 164790 W
- Total Rugi-rugi = Rugi beban + Rugi tanpa beban = 164790 W + 38950 W = 203740 W (203.74 KW)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in} + \sum \text{rugi-rugi}} \times 100\% =$$

$$\eta = \frac{KVA \text{ Out} * PF}{(KVA \text{ Out} * PF) + \sum \text{rugi-rugi}} \times 100\% =$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{35000 * 1}{(35000 * 1) + 203.74} \times 100\% = \\
 &99.42\%
 \end{aligned}$$

**b. Efisiensi Station Service Transformer (SST) Base 46 MVA, PF = 1, saat keadaan 100 % beban penuh**

- Rugi beban 100 %  

$$= \left(\frac{KVA \text{ Load}}{KVA \text{ Rated}}\right)^2 * \text{Losses Full Load}$$
- Rugi beban 100 % =  $\left(\frac{46000}{46000}\right)^2 * 284650$   
 = 284650 W
- Total Rugi-rugi = Rugi beban + Rugi tanpa beban = 284650 W + 38950 W = 323600 W (323.6 KW)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in} + \sum \text{rugi-rugi}} \times 100\% =$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{KVA \text{ Out} * PF}{(KVA \text{ Out} * PF) + \sum \text{rugi-rugi}} \times 100\% = \\
 &= \frac{46000 * 1}{(46000 * 1) + 323.6} \times 100\% = 99.3
 \end{aligned}$$

**Efisiensi Transformator UST (Unit Service Transformator)**

**Tabel 4.** Data Load Losses UST (Unit Service Transformator)

Temperature rise test was carried out by short circuit method.  
Test condition was as follows.

	35MVA (ONAN)	46MVA (ONAF)
Tap voltage (KV)	19,55 / 6.3-6,3	
Load loss (W)	164,500	284,150
No-load loss (W)	27,560	27,560
Total losses (W)	192,060	311,710

a. Efisiensi Unit Service Transformator (UST) Base 35 MVA, PF = 1, saat keadaan 100 % beban penuh

- Rugi beban 100 %  

$$= \left(\frac{KVA \text{ Load}}{KVA \text{ Rated}}\right)^2 * Losses \text{ Full Load}$$
- Rugi beban 100 % =  $\left(\frac{35000}{35000}\right)^2 * 164500$   
 = 164500 W
- Total Rugi-rugi = Rugi beban + Rugi tanpa beban = 164500 W + 27560 W = 192060 W (192.06 KW)
- $$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in} + \sum \text{rugi-rugi}} \times 100\% =$$
- $$\eta = \frac{KVA \text{ Out} * PF}{(KVA \text{ Out} * PF) + \sum \text{rugi-rugi}} \times 100\% =$$
- $$= \frac{35000 * 1}{(35000 * 1) + 192.06} \times 100\% =$$
  
99.45 %

b. Efisiensi Unit Service Transformator (UST) Base 46 MVA, PF = 1, saat keadaan 100 % beban penuh

- Rugi beban 100 %  

$$= \left(\frac{KVA \text{ Load}}{KVA \text{ Rated}}\right)^2 * Losses \text{ Full Load}$$
- Rugi beban 100 % =  $\left(\frac{46000}{46000}\right)^2 * 284150$   
 = 284150 W
- Total Rugi-rugi = Rugi beban + Rugi tanpa beban = 284150 W + 27560 W = 311710 W (311.71 KW)
- $$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in} + \sum \text{rugi-rugi}} \times 100\% =$$
- $$\eta = \frac{KVA \text{ Out} * PF}{(KVA \text{ Out} * PF) + \sum \text{rugi-rugi}} \times 100\% =$$
- $$= \frac{46000 * 1}{(46000 * 1) + 311.71} \times 100\% =$$
  
99.32 %

**Pembahasan Efisiensi Transformator Pemakaian Sendiri**

Berdasarkan data yang didapat, yang mempengaruhi nilai efisiensi dari transformator pemakaian sendiri pada pembahasan

ini adalah sistem pendingin pada transformator tersebut.

Saat menggunakan jenis pendingin ONAN (Oil Natural Air Natural) udara dan minyak akan bersikulasi secara alami di dalam transformator. Namun, saat menggunakan jenis pendingin ONAF (Oil Natural Air Forced) minyak akan bersikulasi secara alami tetapi saat minyak melalui radiator minyak akan didinginkan oleh kipas atau fan (secara paksa), sehingga nilai kapasitas beban (MVA) pada transformator akan naik atau bertambah besar. Hal ini juga mengakibatkan nilai rugi-rugi beban bertambah besar dikarenakan minyak transformator disirkulasikan secara paksa oleh sistem pendingin transformator tersebut (ONAF).

Dari data perhitungan tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa semakin kecil nilai kapasitas beban transformator (MVA) akan semakin besar nilai efisiensi transformator tersebut dan semakin besar nilai kapasitas beban transformator (MVA) akan semakin kecil juga nilai efisiensi transformator tersebut. Sehingga jenis sistem pendingin transformator ONAN (Oil Natural Air Natural) memiliki nilai efisiensi yang lebih baik (lebih besar) dari pada sistem pendingin transformator ONAF (Oil Natural Air Forced).

**III. KESIMPULAN**

- Unit 1-4 PLTU Suralaya menggunakan empat jenis transformator tenaga yang masing-masingnya memiliki fungsi berbeda, yaitu Generator Transformer (GT), Station Service Transformator (SST), Unit Service Transformator (UST), dan Unit Auxiliary Transformator (UAT).
- Unit 1-4 PLTU Suralaya dengan empat generator digunakan secara umum untuk memenuhi kebutuhan listrik Jawa-Bali dan juga kebutuhan listrik untuk pemakaian sendiri masing-masing unit PLTU.
- Sistem catu daya pemakaian sendiri PLTU Suralaya diambil dari sistem tegangan jala-jala PLN 150 kV lewat SST 1 atau SST 2 pada waktu start up dan dari output generator lewat UST pada waktu operasi normal.
- Beban pemakaian sendiri di unit 1-4 PLTU Suralaya umumnya berupa beban medium voltage 6 kV (motor BFP, Fan,

Mill, dan sebagainya), serta beban *low voltage* 380 V baik berupa motor, sistem kontrol MCC, ESB, baterai, dan peralatan *emergency*.

- e. Proses *automatic transfer* SST ke UST adalah proses perpindahan energi otomatis energi dari SST menuju UST. Proses ini terjadi setelah *normal running* unit pembangkit dan mempunyai persyaratan, generator telah menghasilkan daya 10% dari daya nominal yang dihasilkan, tegangan UST harus diatas 80% tegangan yang dihasilkan oleh generator, SST dan UST harus memenuhi syarat sinkron rele 25 dan rele 27, tidak adanya gangguan di UB (*Unit Board*), dan operator siap menekan tombol *push button* SST dan UST.
- f. Proses *automatic transfer* UST ke SST adalah proses perpindahan energi otomatis dari UST menuju SST. Proses ini terjadi jika ada gangguan pada unit pembangkit atau gangguan pada transformator pemakaian sendiri (UST). Proses *automatic transfer* dari UST ke SST mempunyai syarat yang sama seperti proses *automatic transfer* SST ke UST yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, hanya ada perbedaan pada saat *breaker* SST tertutup dan bekerja dengan syarat sinkron rele. Pada kondisi ini SST yang mensuplai daya untuk beban pemakaian sendiri, sehingga harus ada proses *automatic transfer* UST ke SST agar SST dapat bekerja mengganti-kan UST.
- g. Unit 1-4 PLTU Suralaya memiliki daya terpasang 1900 MVA (4 Unit x 475 MVA), dan jam pelayanan dalam keadaan normal (tidak ada gangguan) 8760 jam (365 hari x 24 jam). Unit 1-4 PLTU Suralaya menghasilkan produksi gross dalam keadaan normal (tidak ada gangguan) sebesar 16468800 MVAh setahun, dengan pemakaian sendiri sebesar 910724.64 MVAh setahun (5.53%) sehingga produksi net setahun sebesar 15558075.36 MVAh dalam keadaan normal (tidak ada gangguan).
- h. Sistem pendingin transformator ONAN (*Oil Natural Air Natural*) memiliki nilai efisiensi yang lebih baik (lebih besar) dari pada sistem pendingin transformator

ONAF (*Oil Natural Air Forced*), karena pada ONAN (*Oil Natural Air Natural*) udaradanminyakakanbersirkulasi secara alami didalam transformator. Berikut faktor yang mempengaruhi nilai efisiensi pada pembahasan ini:

- Kapasitas beban transformator (MVA)
- Rugi-rugi beban (*Load losses*)

#### PUSTAKA

- [1] PT.PLN (Persero) Sektor Suralaya. 1996. *Buku Panduan Perencanaan Operasi dan Pemeliharaan*. Sektor Suralaya
- [2] Zuhail. 1995. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- [3] Gunawan, Hanapi, Ir., Drs. 1993. *Mesin dan Rangkaian Listrik*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- [4] PT.INDONESIA POWER UBP Suralaya. 1983. *SHOP TEST REPORT (1) VOLUME SM13*. Sektor Suralaya
- [5] Marsudi Djiteng, Ir. 2005. *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- [6] Muslim, Supari. 2008. *Teknik Pembangkit Tenaga Listrik*. Direktorat Pembinaan SMK DEPDIKNAS: Jakarta