

**EVALUASI PERBANDINGAN SUSUT ENERGI PADA TAHANAN DC 20°C  
DAN TAHANAN AC 60°C STUDI KASUS PENYULANG MERAK GARDU  
INDUK SEDUDUK PUTIH**



**SKRIPSI**

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

**Oleh :**

**DEVID JAYA PUTRA**

**03091404044**

**JURUSAN TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2014**

621.042 07  
Dev  
e  
2014

R. 5402/5420

**EVALUASI PERBANDINGAN SUSUT ENERGI PADA TAHANAN DC 20°C  
DAN TAHANAN AC 60°C STUDI KASUS PENYULANG MERAK GARDU  
INDUK SEDUDUK PUTIH**



**SKRIPSI**

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

**Oleh :**

**DEVID JAYA PUTRA**

**03091404044**

**JURUSAN TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2014**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**EVALUASI PERBANDINGAN SUSUT ENERGI PADA TAHANAN DC 20°C  
DAN TAHANAN AC 60°C STUDI KASUS PENYULANG MERAK GARDU  
INDUK SEDUDUK PUTIH**



**SKRIPSI**

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

**Oleh  
DEVID JAYA PUTRA  
03091404044**

**Palembang, Juli 2014  
Mengetahui,**

**Ketua Jurusan**

**Ir.Sariman, MS  
NIP. 195807071987031004**

**Pembimbing Utama**

**Ir. H. Edy Lazuardi, MT  
NIP. 195806021982031003**

“If we wait until we’re ready, we’ll be waiting for the rest our lives”

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji dan syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **Evaluasi Perbandingan Susut Energi Pada Tahanan DC 20°C Dan Tahanan AC 60°C, Studi Kasus Penyulang Merak Gardu Induk Seduduk Putih**. Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini dimaksudkan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan program pendidikan Strata-1 Teknik Elektro Universitas Sriwijaya

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pembimbing skripsi saya, yang terhormat :

**Bapak Ir. H. Edy Lazuardi, MT**

Yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan ilmu, saran, dan koreksi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Selanjutnya penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua Orang Tua saya, Mama dan Papa, atas segala doa, dukungan, maupun materi yang telah diberikan selama ini.
2. Kakak, Adik, serta Keluarga besar saya atas doa dan dukungan yang telah diberikan
3. Bapak Ir. Sariman, MS. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Ir.Sri Agustina, MT. Selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
5. Ibu Hj. Rahmawati, ST, MT. Selaku Pembimbing Akademik.

6. Seluruh Dosen Pengajar, Staf, dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
7. Pimpinan dan Karyawan PT. PLN (Persero) P3B Sumatera Unit Pelayanan Transmisi (UPT) dan PT. PLN (Persero) WS2JB Rayon Kenten Palembang yang telah membantu dalam mengumpulkan data-data yang berkaitan dalam penulisan skripsi ini.
8. Teman-teman seperjuangan penulisan skripsi, Aris Wiwit Parando, Mahyudi Setiawan, dan Yoga Amarta yang selalu mendukung baik dalam keadaan suka maupun duka.
9. Sahabat-sahabat Elektro 2009, Yudapasa Nugraha, Andi Rika Soraya, Nurul Jannah Ulfa, , Firnando, Cyntia Wulandari, Phica Desmi, Ryo Oktafian.
10. Dan seluruh teman-teman seperjuangan di Jurusan Teknik Elektro 2009, atas kebersamaannya selama ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, untuk itu penulis menerima kritikan dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan dilain waktu. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada kita semua, terutama untuk saya sendiri.

Palembang, Juli 2014

Penulis,

Devid Jaya Putra  
03091404044

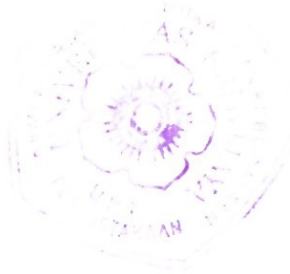
## ABSTRAK

Pada penyaluran suatu sistem tenaga listrik terdapat beberapa kendala yang dihadapi oleh pihak PT. PLN (Persero) sebagai perusahaan penyalur energi listrik. Salah satu kendala yang dihadapi adalah adanya faktor susut atau *losses*. Studi mengenai susut yang terjadi pada jaringan distribusi mencakup ke berbagai aspek. Salah satu susut pada jaringan distribusi primer adalah susut energi pada penghantar.

Pada skripsi ini penulis melakukan studi dengan menghitung perkiraan besar hasil susut energi pada penghantar untuk tahanan arus searah (DC) suhu 20°C dan susut energi untuk tahanan arus bolak-balik (AC) suhu 60°C pada saluran kabel tegangan menengah (SKTM) dan kemudian membandingkan hasil kedua susut energi tersebut.

Berdasarkan hasil perhitungan susut energi pada penghantar Penyulang Merak antara tahanan DC 20°C dan tahanan AC 60°C selisih susut energi yang dihasilkan mencapai 16%. Nilai tersebut terbilang cukup besar untuk jarak penghantar yang sangat dekat. Namun disini perlu diketahui bahwa susut tidak mungkin dihindari namun yang perlu diperhatikan adalah apakah susut yang dihasilkan masih dalam batas kewajaran.

*Kata Kunci : Susut Energi, Susut Daya, Efek Kulit, Efek Sekitar*



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
MOTTO.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Rumusan Masalah .....	I-2
1.3 Tujuan Penulisan .....	I-3
1.4 Batasan Masalah .....	I-3
1.5 Sistematika Penulisan .....	I-4



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum .....	II-1
2.2 Komponen-Komponen Jaringan Distribusi.....	II-4
2.2.1 Gardu Induk.....	II-4
2.2.2 Saluran Distribusi Primer.....	II-4
2.3 Peralatan Listrik Jaringan Distribusi .....	II-5
2.3.1 Gardu Distribusi .....	II-5
2.3.2 Penghantar .....	II-6
2.3.2.1 Jenis Penghantar .....	II-6
2.3.2.2 Bahan Penghantar .....	II-16
2.4 Susut ( <i>Losses</i> ) .....	II-18
2.5 Karakteristik Kualitas Listrik .....	II-20
2.5.1 Puncak Kebutuhan Daya .....	II-20
2.5.2 Karakteristik Beban Harian dan Lama Beban .....	II-20
2.5.3 Kurva Beban Arus Rata-Rata Interval Waktu.....	II-20
2.6 Susut Jaringan Distribusi .....	II-23
2.6.1 Perhitungan Susut Energi .....	II-23
2.6.1.1 Tahanan ( <i>R</i> ) .....	II-23
2.6.1.2 Faktor Efek Kulit ( <i>Skin Effect</i> ) .....	II-28
2.6.1.3 Faktor Efek Sekitar .....	II-30
2.6.1.4 Susut Daya Penghantar .....	II-32
2.1.6.5 Susut Energi .....	II-33

### **BAB III METODELOGI PENELITIAN**

3.1 Studi Literatur .....	III-1
3.2 Metode Observasi .....	III-1
3.3 Dokumentasi .....	III-2
3.4 Pemilihan Sample.....	III-2
3.5 Diagram Aliran Penelitian.....	III-4

### **BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA**

4.1 Umum .....	IV-1
4.2 Perhitungan Arus Beban Rata-Rata.....	IV-2
4.3 Perhitungan Tahanan Penghantar .....	IV-11
4.3.1 PerhitunganTahanan Penghantar ( $R_{DC 20^{\circ}}$ ) .....	IV-13
4.3.2 Perhitungan Susut Daya Penghantar ( $R_{DC 20^{\circ}}$ ) .....	IV-14
4.3.3 Perhitungan Susut Energi Penghantar ( $R_{DC 20^{\circ}}$ ) .....	IV-15
4.4 Perhitungan Susut Energi Fase Peningkatan Temperatur.....	IV-15
4.4.1 Faktor Yang Mempengaruhi Peningkatan Temperatur..	IV-15
4.4.2 Asumsi Pemilihan Temperatur $60^{\circ}\text{C}$ .....	IV-17
4.4.3 Perhitungan Tahanan Penghantar ( $R_{AC 20^{\circ}}$ ) .....	IV-18
4.4.4 Perhitungan Susut Daya Penghantar ( $R_{AC}$ ) .....	IV-24
4.4.5 Perhitungan Susut Energi Penghantar ( $R_{AC}$ ) .....	IV-28
4.5 Analisa .....	IV-30

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	V-1
5.2 Saran .....	V-1

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Judul	Halaman
2.1	Mengilustrasikan Proses Pembangkitan, Transmisi, Distribusi Dari Pusat Listrik Sampai Ke Konsumen .....	II-3
2.2	Konstruksi Kabel Berinti Tunggal.....	II-12
2.3	Konstruksi Kabel Berinti Tiga.....	II-13
2.4	Konstruksi Kabel N2XSY $3 \times (35-300) \text{ mm}^2$ 12/20 kV. ....	II-15
2.5	Konstruksi Kabel NA2XSY $3 \times (35-300) \text{ mm}^2$ 12/20 kV.....	II-15
2.6	Kurva Rata Bidang .....	II-21
2.7	Penampang Konduktor Saat Dilewati Arus DC Dan Arus AC.....	II-30
2.8	Penampang Konduktor Saat Mengalami <i>Proximity Effect</i> .....	II-31
2.9	Sistem Tiga-Fasa Dengan Beban Tunggal.....	II-33
3.1	Diagram Aliran Penelitian.....	III-4
4.1	Kurva Arus Beban Rata-Rata Penyulang Merak.....	IV-3
4.2	Single Line Diagram Penyulang Merak.....	IV-12

## DAFTAR TABEL

No. Tabel	Judul	Halaman
2.1	Daftar Konstruksi & Penggunaan Kabel Tanah Berisolasi XLPE.....	II-13
2.2	Resistansi DC Penghantar Kabel Instalasi Pada Suhu 20°C .....	II-16
2.3	Harga-Harga $T_0$ dan $\alpha$ Untuk Bahan-Bahan Konduktor Standar.....	II-26
2.4	Resistivitas dari Bahan-Bahan Konduktor Standar Untuk Berbagai Temperatur .....	II-26
4.1	Data Pengukuran Arus Penyulang Merak .....	IV-2
4.2	Hasil Perhitungan Arus Rata-Rata Penyulang Merak Menurut Interval Waktu Pengukuran .....	IV-10
4.3	Data Penghantar Penyulang Merak .....	IV-13
4.4	Selisih Perkiraan Susut Penghantar $R_{DC} 20^\circ$ dengan $R_{AC} 30^\circ$ .....	IV-30
4.5	Selisih Perkiraan Susut Penghantar $R_{DC} 20^\circ$ dengan $R_{AC} 40^\circ$ .....	IV-30
4.6	Selisih Perkiraan Susut Penghantar $R_{DC} 20^\circ$ dengan $R_{AC} 50^\circ$ .....	IV-30
4.7	Selisih Perkiraan Susut Penghantar $R_{DC} 20^\circ$ dengan $R_{AC} 60^\circ$ .....	IV-31

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>No. Lampiran</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
L-1	Single Line Diagram Gardu Induk Seduduk Putih.....	L-1
L-1	Harga Konstanta Diameter Konduktor Kabel NA2XSEY 12 /20 kV.....	L-2



---

**BAB I****PENDAHULUAN****1.1 Latar Belakang**

Kesinambungan penyaluran energi listrik yang dikelola oleh PT. PLN (Persero) salah satunya ditentukan oleh kesiapan operasi jaringan distribusi. Di dalam pelaksanaannya, jaringan distribusi harus didukung oleh fasilitas dan sumber daya manusia yang memadai, serta prosedur pengoperasian secara bijak dan berkelanjutan. Pada penyaluran suatu sistem tenaga listrik terdapat beberapa kendala yang dihadapi oleh pihak PT. PLN (Persero) sebagai perusahaan penyalur energi listrik. Salah satu kendala yang dihadapi adalah adanya faktor susut atau *losses*. Susut menjadi pembahasan penting karena terkait dengan kualitas daya yang dihantarkan kepada konsumen serta berpengaruh pada potensi pendapatan bagi PT. PLN (Persero) dalam pengoptimalan kinerjanya. Studi mengenai susut yang terjadi pada jaringan distribusi mencakup ke berbagai aspek. Salah satu susut pada jaringan distribusi adalah susut energi pada penghantar. Susut pada penghantar disebabkan karena adanya tahanan dari penghantar yang dialiri arus listrik.<sup>[1]</sup>

Selama ini susut energi pada penghantar yang diperhitungkan oleh PT. PLN (Persero) merupakan susut energi pada tahanan arus searah (DC) yang



---

merupakan nilai tahanan umum yang ditetapkan oleh perusahaan kabel yaitu pada temperatur  $20^{\circ}\text{C}$ . Namun fakta di lapangan berbeda, pada saat sistem kelistrikan beroperasi, tahanan pada penghantar mengalami peningkatan temperatur karena adanya pengaruh arus listrik yang mengalir pada penghantar tersebut. Hal ini menyebabkan tahanan yang mengalami peningkatan tersebut tidak lagi dalam bentuk arus searah (DC), melainkan sudah berubah menjadi tahanan dalam bentuk arus bolak-balik (AC), yang pada akhirnya akan meningkatkan susut energi. Masalah susut ini perlu ditanggulangi dengan serius, seiring naiknya standar kehidupan masyarakat yang semakin hari kian meningkat yang menuntut keandalan pelayanan penyaluran energi listrik yang tinggi.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Kenaikan temperatur pada penghantar yang disebabkan oleh aliran arus listrik akan memicu terjadinya kenaikan nilai tahanan, yang pada akhirnya akan meningkatkan susut energi. Dalam tugas akhir ini, penulis mencoba untuk menghitung dan membandingkan besaran susut energi pada tahanan arus searah (DC) suhu  $20^{\circ}\text{C}$  dan tahanan arus bolak-balik (AC) suhu  $60^{\circ}\text{C}$ .





---

**1.3 Tujuan Penulisan**

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah, maka tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk mengkaji kinerja penyulang Merak di gardu induk Seduduk Putih berdasarkan identifikasi susut energi berdasarkan hasil perkiraan dan perbandingan besar susut energi pada penghantar tegangan menengah (SKTM) untuk tahanan arus searah suhu 20°C dengan tahanan arus bolak-balik suhu 60°C .

**1.4. Batasan Masalah**

Dalam skripsi ini, penulis hanya membahas susut energi pada saluran kabel tegangan menengah (SKTM) sisi 20 kV pada penyulang Merak di gardu induk Seduduk Putih. Sehingga untuk memudahkan proses perhitungan diperlukan batasan- batasan tertentu dengan mengambil beberapa asumsi. Batasan-batasan tersebut antara lain :

1. Data kasus yang diteliti diambil dari PT. PLN (Persero) P3B Sumatera (UPT) Palembang dan PT. PLN (Persero) WS2JB Rayon Kenten Palembang.
2. Pembahasan hanya mencakup susut energi pada jaringan distribusi tegangan menengah pada salah satu sisi penyulang yaitu penyulang Merak gardu induk Seduduk Putih, yaitu susut energi pada saluran kabel (SKTM).



- 
3. Data yang diteliti untuk melakukan evaluasi perhitungan susut energi pada PT. PLN (Persero) adalah data pada tanggal 31 desember 2013.
  4. Asumsi pemilihan suhu maksimum dalam perhitungan susut pada tahanan arus bolak-balik (AC) pada penghantar adalah suhu  $60^{\circ}\text{C}$ .
  5. Pemilihan suhu maksimum  $60^{\circ}\text{C}$  pada tahanan arus bolak-balik didasari oleh beberapa hal yang menyebabkan kenaikan temperatur pada tahanan dalam kondisi kompleks.

### 1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir ini, sistematika penulisan disusun sedemikian rupa untuk memberikan gambaran secara garis besar permasalahan dan pembahasan isi dari tiap-tiap bab. Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi pendahuluan yang menguraikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi tentang landasan teori yang mendukung topik yang penulis bahas.



---

---

**BAB III METODELOGI PENELITIAN**

Bab ini menguraikan metode-metode yang digunakan dalam melakukan penelitian meliputi, pemilihan objek penelitian dan metode pengambilan data.

**BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA**

Bab ini berisi data-data yang dikumpulkan melalui metode observasi di lapangan untuk kemudian diolah melalui metode perhitungan untuk menentukan perkiraan susut energi pada penghantar jaringan distribusi primer.

**BAB V KESIMPULAN**

Bab ini berisi kesimpulan setelah penulis melakukan penelitian dan mengolah data yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) P3B Sumatera Unit Pelayanan Transmisi (UPT) dan PT. PLN (Persero) WS2JB Rayon Kenten Palembang.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gonen, Turan. 1986. "*Electric Power Distribution System Engineering*".  
Amerika Serikat : MC-Graw-Hill,inc.
- [2] Hamdadi Antonius, Ir. Ms. 1999. "*Analisa Sistem Tenaga*".  
Indralaya : Jurusan Elektro FT UNSRI.
- [3] Arismunandar. A, Dr, MA.S, Kuwahara.S, Dr. 1997. "*Teknik Tenaga Listrik*".  
Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- [4] PT. PLN (Persero). 2010. "*Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik*". Jakarta : PT. PLN (Persero).
- [5] Muchyi Abdul. 2009. "Skripsi : *Studi Perkiraan Susut Energi Dan Alternatif Perbaikan Pada Penyulang Leci Di Gardu Induk Jababeka*".  
Depok : Jurusan Elektro FT UI.
- [6] SNI. 2013. "*Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 Amandemen I*".  
Jakarta : Panitia Revisi PUIL.
- [7] Trisno Bambang." E-book : *MK Kabel dan Teknik Penyambungan*".
- [8] Ramadhianto Danang. 2008. "Skripsi : *Studi Susut Energi Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik Melalui Analisis Pengukuran dan Perhitungan*". Depok : Jurusan Elektro FT UI.
- [9] Setyawan Ari. 2012. "Skripsi : *Analisis Susut Energi Pada Konduktor Jaringan Tegangan Menengah Berbasis Bentuk Kurva Beban Harian*". Depok : Jurusan Elektro FT UI.
- [10] Amin Muhammad.1998. "Skripsi : *Perhitungan Rugi-Rugi Energi Menggunakan Teknik Statistik Non-Parametik*". Palembang : Jurusan Elektro FT UNSRI.

- [11] Hutaeruk T.S, M.sc, Prof. 1996. "*Transmisi Daya Listrik*".  
Jakarta : Erlangga.
- [12] Google." <http://www.allaboutcircuits.com/>". Diakses pada 26 Juni 2014
- [13] Pabla AS, Hadi Abdul,Ir. 1991. "*Sistem Distribusi Daya Listrik*".  
Jakarta : Erlangga.
- [14] Mukti Chandra Nurlita, "Jurnal : *Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Kabel Tanah Single Core Dengan Kabel Laut Three Core 150 KV Jawa-Madura*" Malang : Jurusan Elektro UNIBRAW.
- [15] PT. PLN (Persero). 2010. "*Kriteria Disain Enjineriing Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*". Jakarta : PT. PLN (Persero).
- [16] Cakra Brian. 2009."Skripsi : *Analisis Degradasi Tahanan Isolasi PVC Pada Kabel Dengan Tegangan Pengenal 300/500 Volt*." Depok : Jurusan FT UI
- [17] Dadi,dkk. 2013-2014. "*Single Line Diagram, Data Logsheets PLN*".  
Palembang : UPT PLN Palembang.
- [18] Iin,dkk. 2013-2014. "*Data Penghantar*". Palembang : PT. PLN WS2JB  
Rayon Kenten.
- [19] Google. "[www.kmi.co.id](http://www.kmi.co.id)". Diakses Mei 2014.
- [20] [www.google.com](http://www.google.com)". Diakses Juni 2014