



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS SUSUT ENERGI PADA KONDUKTOR JARINGAN
TEGANGAN MENENGAH
BERBASIS BENTUK KURVA BEBAN HARIAN**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**ARI SETYAWAN
0806315830**


**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Ari Setyawan

NPM : 0806315830

Tanda Tangan : 

Tanggal : 9 Juli 2012

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Ari Setyawan
NPM : 0806315830
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisis Susut Energi pada Konduktor Jaringan Tegangan Menengah Berbasis Bentuk Kurva Beban Harian

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Iwa Garniwa M. K., M.T. (.....)

Penguji : Ir. Amien Rahardjo, M.T. (.....)

Penguji : Ir. Agus R. Utomo, M.T. (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 28 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Susut Energi pada Konduktor Jaringan Tegangan Menengah Berbasis Bentuk Kurva Beban Harian” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Penulisan skripsi ini dapat terselesaikan karena dukungan dan bantuan dari banyak pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak tersebut. Ucapan terimakasih ditujukan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Iwa Garniwa MK, MT., selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan dukungan hingga terselesaikannya skripsi ini;
2. Ayah, Ibu beserta seluruh keluarga saya yang telah memberikan dukungan material dan moral;
3. Mahasiswa Teknik Elektro pada umumnya dan teman-teman Laboratorium Tegangan Tinggi dan Pengukuran Listrik yang telah banyak menginspirasi sampai terselesaikannya skripsi ini;
4. Teman-teman Derslane Depok yang banyak memberikan dukungan semangat;
5. Seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang telah banyak memberikan dukungan dan do'a.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi memperbaiki penulisan ini di masa mendatang.

Depok, Juli 2012


Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ari Setyawan

NPM : 0806315830

Program Studi : Teknik Elektro

Departemen : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**ANALISIS SUSUT ENERGI PADA KONDUKTOR JARINGAN
TEGANGAN MENENGAH
BERBASIS BENTUK KURVA BEBAN HARIAN**

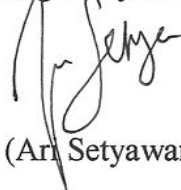
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 13 Juni 2012

Yang menyatakan,



(Ari Setyawan)

ABSTRAK

Nama : Ari Setyawan

Program Studi : Teknik Elektro

Judul : Analisis Susut Energi pada Konduktor Jaringan Tegangan
Menengah Berbasis Bentuk Kurva Beban Harian

Merujuk pada UU No. 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan, produsen listrik harus menyediakan layanan dan produk yang sebaik-baiknya pada masyarakat. Untuk mewujudkan hal ini produsen harus meningkatkan mutu produknya. Salah satu hal yang dapat menurunkan kualitas produk adalah susut yang terjadi pada jaringan tenaga listrik. Susut pada jaringan tidak bisa dihindari, namun dapat diminimalisasi. Studi mengenai hal ini telah banyak dilakukan oleh berbagai pihak. Pada skripsi ini dibahas pengaruh dari bentuk kurva beban harian (KBH) terhadap susut yang terjadi pada konduktor Jaringan Tegangan Menengah PT. PLN khususnya Area Cempaka Putih. Bentuk kurva beban harian direpresentasikan dengan koefisien variasi. Semakin besar koefisien variasi susut yang terjadi semakin besar untuk besar energi harian yang sama.

Kata kunci : Susut, Jaringan Tegangan Menengah, kurva beban harian

ABSTRACT

Name : Ari Setyawan
Study Program : Teknik Elektro
Title : Analysis of Energy Losses in Medium Voltage Line's
Conductor Based on Daily Load Profile

Referring to *UU No. 30 Tahun 2009* about electricity, that electricity provider has to provide best services and products to the electricity consumers. In order to make it comes true, electricity provider has to improve its products quality. One of factors that could decrease the quality of electricity products is loss in power system. Loss in power system can not be avoided, but it may be decreased. There are many study concern in decreasing loss of electric power lines. This thesis discusses about the effects of daily load profile form toward distribution loss in medium voltage line's conductor of PT. PLN especially Cempaka Putih region. Daily load profile form is represented by variation coefficient. The bigger variation coefficient of daily load profile, the bigger loss for the same daily energy delivered.

Key Words : Distribution loss, Medium Voltage Power Line, Daily Load Profile Form

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR GRAFIK	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Metodologi Penulisan	3
1.5 Sistematika	4
BAB 2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Jaringan Distribusi Sitem Tenaga Listrik.....	5
2.1.1 Pengertian Jaringan Distribusi.....	6
2.1.2 Komponen Jaringan Distribusi	6
2.2 Model Saluran	9

2.2.1	Representasi Two Port Circuit Saluran Transmisi dan Distribusi	9
2.2.2	Komponen Seri dan Paralel Model Saluran	10
2.2.3	Model Saluran	12
2.3	Jaringan Distribusi Tegangan Menengah	14
2.3.1	Jenis JTM Berdasarkan Konstruksinya	14
2.3.2	Konfigurasi-konfigurasi JTM	16
2.4	Energi yang Hilang pada Jaringan Distribusi	18
2.4.1	Konsep Dasar Susut Energi	18
2.4.2	Macam-macam Susut Energi pada Jaringan Distribusi	18
2.5	Kurva Beban	20
2.5.1	Kurva Beban Tahunan	20
2.5.2	Kurva Beban Bulanan	20
2.5.3	Kurva Beban Harian	20
2.6	Koefisien Variasi	21
2.6.1	Koefisien Variasi Kurva Beban	21
BAB 3 METODOLOGI		23
3.1	Tahapan Penelitian	23
3.2	Studi Literatur	23
3.3	Pengumpulan Data	24
3.4	Pemilihan Sample	24
3.4.1	Penyulang Hitam	24
3.4.2	Penyulang Dongker	26
3.5	Perhitungan Susut	28
3.5.1	Perhitungan Susut Kondisi Nyata Penyulang	30
3.5.2	Perhitungan Susut dengan Variasi Nilai Arus Rata-rata	30
3.5.3	Pembuatan Model untuk Penyulang Lain	31
BAB 4 HASIL DAN ANALISIS		32
4.1	Perhitungan Susut Kondisi Nyata Penyulang	32
4.1.1	Penyulang Hitam	32
4.1.2	Penyulang Dongker	37
4.1.3	Analisis	44

4.2	Perhitungan Susut dengan Variasi Nilai Arus Rata-rata	44
4.2.1	Penyulang Hitam	45
4.2.2	Penyulang Dongker	47
4.2.3	Analisis	48
4.3	Model untuk Penyulang Lain	50
4.4	Analisis Umum Kondisi Penyulang PLN Area Cempaka Putih	52
BAB 5 KESIMPULAN		53
DAFTAR ACUAN.....		54
DAFTAR PUSTAKA		55
LAMPIRAN		56



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik.....	5
Gambar 2.2 Kabel XLPE	7
Gambar 2.3 Model Rangkaian <i>Two Port</i> Saluran Distribusi	9
Gambar 2.4 <i>Short Line Approximation</i>	12
Gambar 2.6 Rangkaian T <i>Medium Line Approximation</i>	14
Gambar 2.7 Konfigurasi Jaringan Spindel.....	17
Gambar 2.8 Kurva Beban dan Histogramnya	22
Gambar 3.1 Diagram Satu Garis Penyulang Hitam	26
Gambar 3.2 Diagram Satu Garis Penyulang Dongker	28
Gambar 3.3 Model Perhitungan Susut	29
Gambar 4.1 KBH dengan Koefisien Variasi 0.....	42
Gambar 4.2 KBH dengan Koefisien Variasi 0,26.....	42
Gambar 4.3 KBH dengan Koefisien Variasi 0,87	43
Gambar 4.4 Kondisi K KBH Penyulang-penyulang Cempaka Putih	52

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Susut terhadap K KBH pada Penyulang Hitam	33
Grafik 4.2 % Susut terhadap K KBH pada Penyulang Hitam.....	33
Grafik 4.3 Susut terhadap K KBH pada Penyulang Hitam Hari Libur	35
Grafik 4.4 % Susut terhadap K KBH pada Penyulang Hitam Hari Libur.....	35
Grafik 4.5 Susut terhadap K KBH pada Penyulang Dongker	38
Grafik 4.6 % Susut terhadap K KBH pada Penyulang Dongker.....	38
Grafik 4.7 Susut terhadap K KBH Penyulang Dongker Hari Libur	40
Grafik 4.8 % Susut terhadap K KBH Penyulang Dongker Hari Libur	40
Grafik 4.9 Variasi Arus Pada Susut Penyulang Hitam	45
Grafik 4.10 Variasi Arus Pada % Susut Penyulang Hitam	46
Grafik 4.11 Variasi Arus Pada Susut Penyulang Dongker	47
Grafik 4.12 Variasi Arus pada % Susut Penyulang Dongker	48

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kondisi Arus dan Koefisien Variasi Penyulang Hitam	25
Tabel 3.2 Panjang Kabel Antar GD Penyulang Hitam	25
Tabel 3.3 Kondisi Arus dan Koefisien Variasi Penyulang Dongker	27
Tabel 3.4 Panjang Kabel Antar GD Penyulang Dongker	27
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Penyulang hitam.....	32
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan pada Penyulang Hitam untuk Hari Libur	34
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Susut Penyulang Dongker di Hari Kerja	37
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Penyulang Dongker di Hari Libur.....	39
Tabel 4.5 Hasil Regresi Masing-masing Skenario.....	49
Tabel 4.6 Hasil Susut pada Konduktor JTM.....	51

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan UU No. 30 tahun 2009 tentang ketenagalistrikan pasal 28, tertulis bahwa pemegang izin usaha penyediaan tenaga listrik wajib menyediakan tenaga listrik yang memenuhi standar mutu keandalan yang berlaku, dan memberikan pelayanan yang sebaik-baiknya kepada konsumen dan masyarakat [1]. Hal ini menuntut penyedia tenaga listrik untuk meningkatkan kualitas produk dan layanannya.

Kualitas produk (listrik) meliputi beberapa hal, antarlain kontinuitas penyaluran, lama waktu pemadaman, besar dan kestabilan tegangan, dan frekuensi listrik tersebut. Sistem tenaga listrik yang dibangun oleh penyedia tenaga listrik dituntut untuk efisien atau memiliki susut daya yang kecil. Susut daya yang besar ini selain berdampak buruk bagi produsen juga akan berdampak buruk bagi konsumen.

Susut daya pada sistem tenaga listrik sudah muncul mulai dari sistem pembangkitan, transmisi, dan distribusi. Pada sistem transmisi susut daya dapat dikurangi dengan cara menaikkan tegangan transmisi ke level tegangan tinggi dan ekstra tinggi. Hal ini sudah cukup efektif pada pelaksanaannya. Pada jaringan distribusi tidak menggunakan Tegangan Tinggi (TT) dan Tegangan Ekstra Tinggi (TET), melainkan menggunakan Tegangan Menengah (TM) dan Tegangan rendah (TR). Pada level tegangan ini susut daya relatif besar karena secara matematis susut daya sebanding dengan besarnya arus. Untuk daya yang sama, besar arus berbanding terbalik dengan besar tegangan.

Secara garis besar susut daya pada jaringan distribusi dibagi menjadi dua yaitu susut teknis dan non teknis.

Susut teknis merupakan susut yang disebabkan oleh sifat dari penghantar dan peralatan listrik itu sendiri dalam keadaan operasi. Yang termasuk susut teknis adalah :

- Susut tetap yang disebabkan oleh tahanan penghantar
- Susut pada transformator, kubikel, sambungan-sambungan
- Susut dielektrik
- Susut faktor daya
- Susut pada kWh meter

Selain susut teknis, terdapat pula susut non teknis. Susut non teknis adalah susut yang diakibatkan oleh hal-hal diluar susut teknis. Contoh dari susut non teknis adalah pencurian listrik.

Besarnya susut berbanding lurus dengan besarnya energi yang hilang pada proses penyaluran. Energi yang hilang ini menyebabkan berkurangnya efisiensi penyaluran tenaga listrik. Hal ini dapat mengurangi keuntungan pihak produsen. Sehingga diperlukan pengkajian tentang susut energi secara mendalam, agar dapat memetakan berapa prosentase besarnya susut sehingga dapat dicari solusi untuk mengurangi terjadinya penyusutan guna meningkatkan efisiensi pada sistem penyaluran tenaga listrik.

Studi mengenai susut yang terjadi pada saluran distribusi dan transmisi sudah banyak berkembang sampai saat ini. Studi ini meliputi perancangan disain untuk menghasilkan susut yang rendah, perhitungan susut yang akurat, sampai pada usaha-usaha untuk meminimalisasi susut yang terjadi.

Susut sendiri tergantung pada pembebanan atau besar arus yang disuplai. Pembebanan tergantung oleh pola konsumsi pelanggan. Pola pemakaian energi pelanggan sangat bervariasi. Hal ini mengakibatkan kurva beban harian (KBH) yang berbeda-beda. Pada skripsi ini akan menganalisis pengaruh bentuk kurva beban harian terhadap susut pada jaringan tegangan menengah PLN khususnya area Cempaka Putih.

1.2 Tujuan

Tujuan dari skripsi ini adalah untuk mengetahui korelasi antara susut yang terjadi pada jaringan distribusi dengan variasi bentuk kurva beban dan variasi besar energi harian. Menghitung susut yang terjadi pada konduktor JTM PLN Area Cempaka Putih dengan model yang dikembangkan dari korelasi bentuk kurva beban harian terhadap susut yang terjadi.

1.3 Batasan Masalah

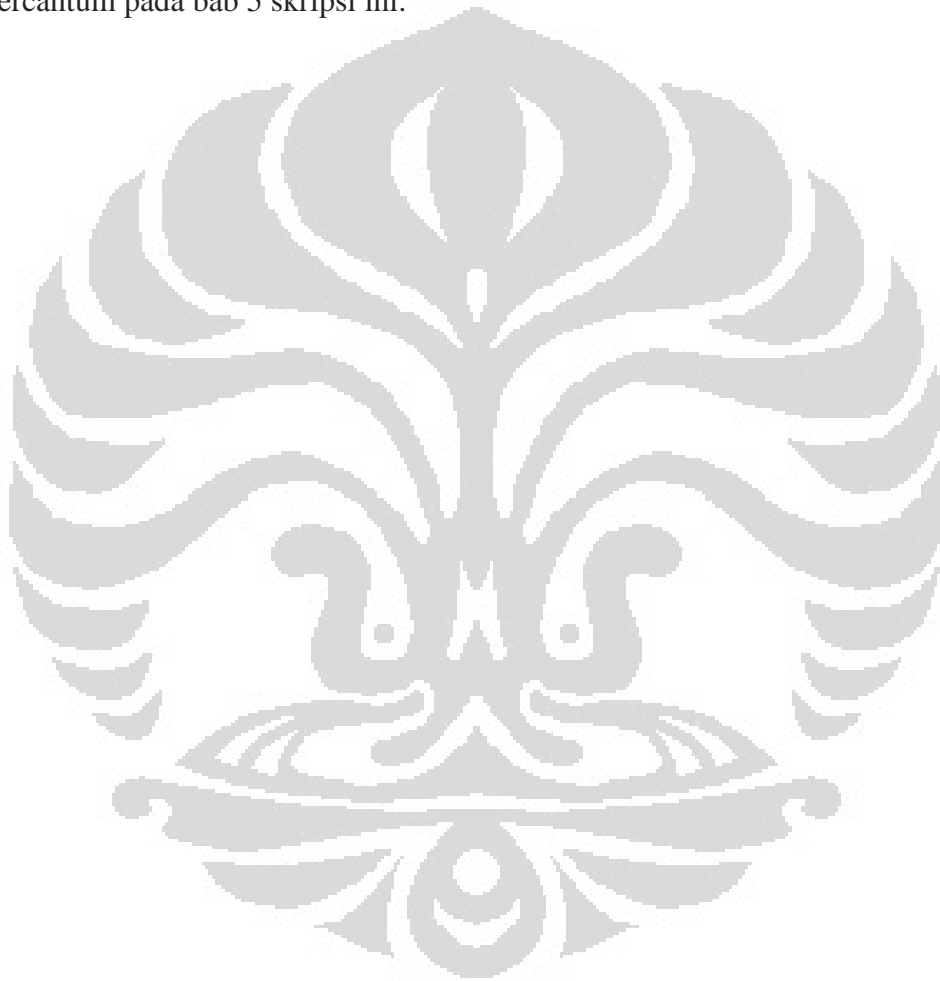
Susut yang dibahas pada skripsi ini hanya pada susut yang terjadi di konduktor penghantar saluran distribusi tegangan menengah. Penelitian dilakukan sampai menemukan korelasi antara susut energi dan bentuk kurva beban harian. Kemudian dengan korelasi yang ditemukan akan dikembangkan persamaan model untuk menghitung susut energi pada konduktor semua penyulang PT. PLN Area Cempaka Putih. Perhitungan susut dilakukan dengan asumsi beban merata sepanjang saluran dan besar arus di tiap fasa sama besar. Persamaan regresi adalah persamaan untuk menghitung susut energi dalam kurun waktu satu hari (24 jam). Susut yang dimaksud adalah susut energi yang hilang akibat resistansi konduktor. Pengaruh suhu terhadap perubahan nilai resistansi tidak diperhitungkan. Energi yang dibahas hanya energi yang berasal dari daya aktif. Satuan energi yang digunakan adalah kilo Watt hour (kWh).

1.4 Metodologi Penulisan

Metode penulisan skripsi ini diawali dengan penelaahan literatur tentang komponen-komponen jaringan distribusi, metode perhitungan, dan variasi kurva beban harian. Selanjutnya dilakukan simulasi perlakuan kurva beban yang berbeda-beda pada suatu jaringan sampel untuk diketahui korelasinya terhadap susut yang terjadi. Dari korelasi tersebut dianalisis dan ditarik kesimpulan.

1.5 Sistematika

Bab 1 pada skripsi ini berisi mengenai latar belakang, tujuan, batasan masalah, metodologi dan sistematika penulisan skripsi. Bab 2 skripsi ini berisi teori-teori penunjang pada penelitian. Teori-teori yang dibahas antara lain tentang jaringan distribusi, konsep susut dan koefisien variasi kurva beban. Bab 3 skripsi ini berisi mengenai metodologi penelitian yang digunakan. Bab 4 berisi hasil perhitungan dan analisis dari hasil perhitungan. Terakhir adalah kesimpulan yang tercantum pada bab 5 skripsi ini.



BAB 2

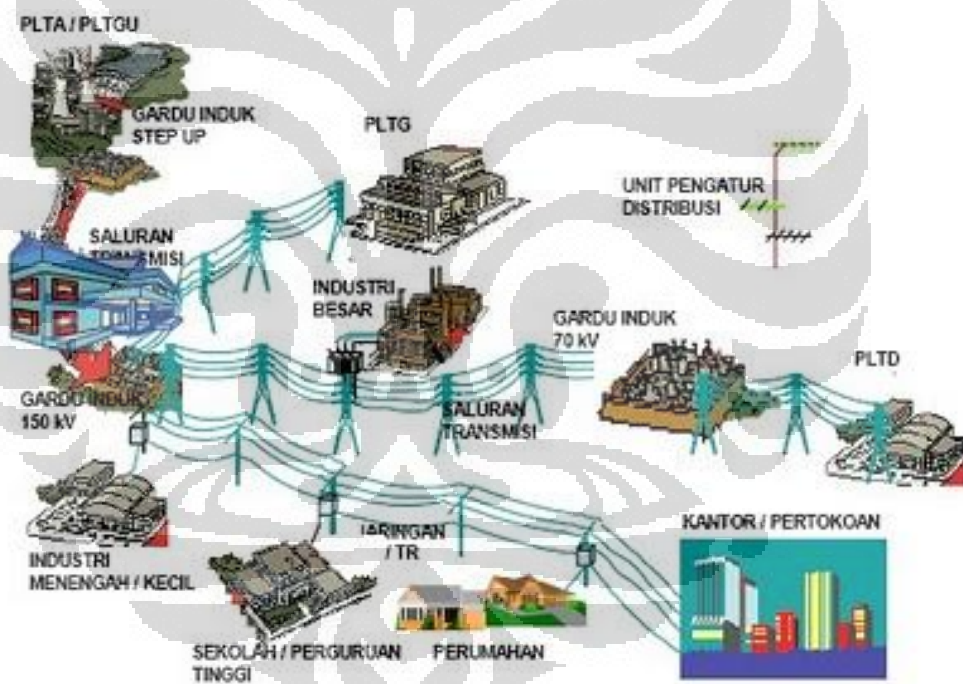
LANDASAN TEORI

2.1 Jaringan Distribusi Sistem Tenaga Listrik

Secara sederhana sistem tenaga listrik terdiri dari subsistem sebagai berikut [2]:

- Sistem pembangkit
- Sistem transmisi
- Sistem distribusi
- Sistem proteksi
- Sistem penyambungan layanan atau beban

Subsistem diatas terintegrasi menjadi sebuah sistem yang utuh.



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sumber: <http://hamadun.blogspot.com/2010/05/sistem-kelistrikan-teknik-distribusi.html>

2.1.1 Pengertian Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi terhubung langsung ke konsumen. Terdapat dua jenis konsumen yang langsung terhubung ke jaringan distribusi, yaitu konsumen tegangan menengah (TM) dan tegangan rendah (TR).

Sistem distribusi dibagi menjadi dua bagian yaitu sistem distribusi tegangan menengah dan tegangan rendah. Level tegangan untuk sistem TM yang dipakai oleh PLN khususnya Area Cempaka Putih adalah 20 kV. Sistem dengan tegangan dibawah 1 kV termasuk pada kategori sistem tegangan rendah.

Jaringan distribusi Tegangan Menengah (JTM) berawal dari output Gardu Induk (GI) sampai pada trafo distribusi. Pada trafo distribusi level tegangan akan diturunkan ke level tegangan rendah. Mulai dari titik tersebut sampai pada Alat Pembatas dan Pengukur pada pelanggan termasuk dalam jaringan distribusi Tegangan Rendah (JTR).

2.1.2 Komponen Jaringan Distribusi

Pada pengoperasiannya jaringan distribusi memiliki komponen-komponen yang terintegrasi menjadi sebuah jaringan yang utuh. Komponen-komponen tersebut antara lain adalah penghantar, tiang penyangga, dan trafo distribusi.

2.1.2.1 Penghantar

Penghantar adalah salah satu komponen utama pada jaringan distribusi. Penghantar terdapat pada JTM maupun JTR. Secara umum penghantar yang digunakan pada jaringan distribusi dibagi menjadi dua jenis, yaitu kawat dan kabel.

Penghantar kawat adalah penghantar tanpa selubung isolasi yang membungkusnya. Jenis penghantar ini hanya dipakai pada JTM. Pilihan konduktor penghantar yang dapat digunakan pada jaringan distribusi saat ini adalah konduktor jenis AAC (*All Aluminium Conductor*) dan AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*).

Penghantar kabel adalah penghantar konduktor dengan selubung isolasi yang membungkusnya. Penghantar kabel yang digunakan pada jaringan distribusi PLN adalah jenis kabel AAAC-S dan XLPE.



Gambar 2.2 Kabel XLPE

Sumber: <http://www.forum.hr/showthread.php?t=247498&page=98>

2.1.2.2 Isolator

Isolator adalah komponen pada jaringan distribusi yang berguna untuk memisahkan bagian yang bertegangan dengan bagian yang seharusnya tidak bertegangan atau dengan tanah (*ground*).

Isolator jaringan tenaga listrik merupakan alat tempat menompang kawat penghantar jaringan pada tiang-tiang listrik yang digunakan untuk memisahkan secara elektrik dua buah kawat atau lebih agar tidak terjadi kebocoran arus (*leakage current*) atau loncatan bunga api (*flash over*) sehingga mengakibatkan terjadinya kerusakan pada sistem jaringan tenaga listrik.

Kemampuan suatu bahan untuk mengisolir atau menahan tegangan yang mengenainya tanpa menjadikan cacat atau rusak tergantung pada kekuatan dielektriknya. Selain berfungsi sebagai isolasi antara penghantar dengan tanah (*ground*) dan penghantar lain, isolator juga berfungsi untuk memikul beban mekanis dari gaya tarik penghantar.

Isolator pada jaringan distribusi harus memenuhi beberapa kriteria, antara lain:

1. Bahan tidak dapat menghantarkan arus listrik
2. Ekonomis
3. Ringan
4. Memiliki kekuatan mekanis yang kuat
5. Memiliki nilai hambat jenis yang tinggi
6. Tahan terhadap perubahan suhu, air, kelembaban, dan sinar matahari terus-menerus

Isolator yang digunakan pada umumnya berbahan dasar porselin dan kaca (*glass*). Isolator porselin memiliki performa yang lebih baik daripada isolator glass, namun secara harga isolator porselin lebih mahal.

Bentuk isolator berbeda-beda dan disesuaikan dengan fungsi mekanisnya. Misalnya isolator untuk penyangga dan penahan tarikan memiliki konfigurasi yang berbeda.

Kegagalan isolasi dari isolator ini dapat mengakibatkan gangguan hubung tanah pada jaringan distribusi. Kegagalan isolasi dapat terjadi karena beberapa hal seperti faktor usia isolator, terjadi lonjakan tegangan pada sistem, suhu lingkungan yang terlalu tinggi dan kerusakan mekanis dari isolator karena benturan atau tumbukan.

2.1.2.3 Tiang Penyangga

Tiang penyangga dibutuhkan pada saluran udara jaringan distribusi. Fungsi dari tiang adalah untuk menyangga saluran tetap pada jarak aman yang diperbolehkan. Tiang penyangga harus memiliki kekuatan mekanis yang cukup untuk menahan tarikan dan beban mekanis dari saluran yang disangganya. Tiang penyangga dapat terbuat dari bahan kayu, beton, atau besi.

Jarak antar tiang diatur sedemikian rupa sehingga penghantar tetap terletak pada jarak aman. Jarak antar tiang juga disesuaikan berdasarkan jenis penghantar yang dipakainya. Sebagai contoh untuk penghantar berbahan alumunium (AAC) memiliki jarak antar tiang yang lebih kecil daripada saluran dengan penghantar alumunium berinti baja (ACSR).

2.1.2.4 Trafo Distribusi

Trafo distribusi digunakan untuk menurunkan tegangan dari level TM ke level TR yang dipakai konsumen. Sebagai contoh trafo distribusi menurunkan tegangan 20 kV menjadi 220/380 V untuk konsumen TR. Pada jaringan distribusi trafo menyumbang susut energi.

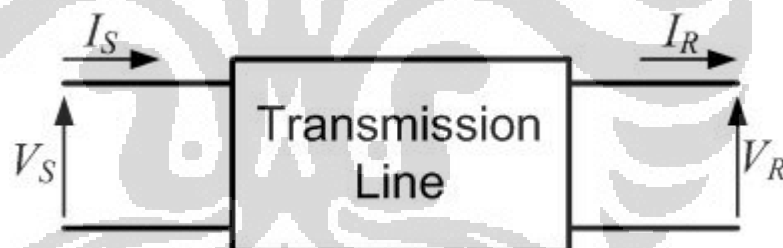
2.1.2.5 Peralatan Hubung

Peralatan hubung ini digunakan untuk percabangan dan alokasi seksi pada jaringan distribusi. Dengan adanya peralatan hubung, pengoperasian saat terjadi gangguan menjadi lebih mudah dan handal. Peralatan hubung yang dipasang adalah *Load Break Switch* (LBS) dan *Fused Cut-Out* (FCO).[2]

2.2 Model Saluran [3]

2.2.1 Representasi Two Port Circuit Saluran Transmisi dan Distribusi

Saluran distribusi dapat direpresentasikan sebagai rangkaian two port. Rangkaian *two port* ini nantinya akan dianalisis dan dihasilkan parameter transmisi atau parameter ABCD.



Gambar 2.3 Model Rangkaian *Two Port* Saluran Distribusi

Sumber: <http://nptel.iitm.ac.in/courses/Webcourse-contents/IIT-KANPUR/power-system>

Persamaan matriks parameter ABCD dari rangkaian *two port* diatas adalah sebagai berikut:

$$\begin{pmatrix} V_s \\ I_s \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_r \\ I_r \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

Nilai A, B, C, dan D dapat dicari dengan metode superposisi.

Dari model *two port* di atas, saluran distribusi akan dimodelkan dengan tiga pendekatan tergantung dari panjang salurannya. Untuk saluran dengan panjang kurang dari 80 km digunakan pendekatan *short line*. Untuk saluran dengan panjang antara 80 sampai 250 km digunakan pendekatan *medium line*. Untuk saluran dengan panjang diatas 250 km digunakan pendekatan *long line*.

2.2.2 Komponen Seri dan Paralel Model Saluran

2.2.2.1 Komponen Seri [4]

- Resistansi

Nilai hambatan pada konduktor berbanding lurus dengan panjang konduktor dan berbanding terbalik dengan luas penampangnya. Secara matematis besar hambatan dalam dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$R = \frac{\rho l}{A} \quad (2.2)$$

Dimana :

R : hambatan konduktor (Ohm)

ρ : hambat jenis (Ohm meter)

l : panjang konduktor (meter)

A : luas penampang konduktor (meter²)

Semakin panjang konduktor atau semakin jauh jangkauan jaringan distribusi maka hambatan konduktor akan semakin besar. Untuk memperkecil hambatan, luas penampang dapat dibuat lebih besar. Akan tetapi hal ini membuat konduktor menjadi lebih berat dan mahal.

Nilai hambatan juga dapat dipengaruhi oleh suhu. Semakin tinggi suhu maka akan semakin tinggi nilai hambatannya sebagaimana dinyatakan sebagai pada persamaan berikut.

$$R_f = R_i[1 + \alpha(t_f - t_i)] \quad (2.3)$$

Dimana :

R_f : Hambatan akhir pada suhu t_f (Ohm)

R_i : Hambatan mula-mula pada suhu t_i (Ohm)

α : Koefisien (Ohm/°C)

t_f : Suhu akhir (°C)

t_i : Suhu mula-mula (°C)

Suhu konduktor dipengaruhi oleh lingkungan. Logam cenderung memiliki kapasitas kalor yang rendah. Hal ini mengakibatkan suhu konduktor mudah dipengaruhi suhu lingkungan. Selain itu, arus yang mengalir pada konduktor juga membuat suhu konduktor meningkat.

Pada saluran distribusi dimana arus AC yang digunakan, besar resistansi akan bernilai lebih besar dari besar resistansi perhitungan pada persamaan diatas. Arus AC memiliki nilai frekuensi. Semakin tinggi frekuensi maka arus akan semakin terpusat ke bagian kulit saluran. Hal ini disebut dengan skin effect. Skin effect akan membuat luas penampang efektif konduktor berkurang dan membuat nilai resistansi bertambah.

- Induktansi

Induktansi seri pada saluran dibagi menjadi dua, induktansi internal dan induktansi eksternal. Induktansi internal disebabkan oleh fluks magnet yang terdapat didalam konduktor. Induktansi eksternal disebabkan oleh fluks magnet diluar konduktor.

Pada saluran distribusi secara umum, induktansi saluran memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Semakin besar jarak antar fasa maka induktansi akan semakin besar
- Semakin besar jari-jari konduktor maka induktansi akan semakin kecil

Reaktansi induktif dari saluran dipengaruhi oleh induktansi dan frekuensi listrik yang digunakan. Pada perhitungan reaktansi induktif ini direpresentasikan sebagai komponen imajiner.

2.2.2.2 Komponen Paralel [4]

Komponen paralel dari saluran distribusi adalah kapasitansi. Kapasitansi ini muncul dari konsep dasar dua keping konduktor bertegangan. Jika dua konduktor yang memiliki beda potensial dipisahkan oleh medium dielektrik, maka akan terjadi fenomena kapasitansi.

$$C = \frac{q}{V} \quad (2.4)$$

Dimana :

C : kapasitansi (Farad)

q : muatan diantara konduktor (Coulomb)

V : beda potensial antara dua konduktor (Volt)

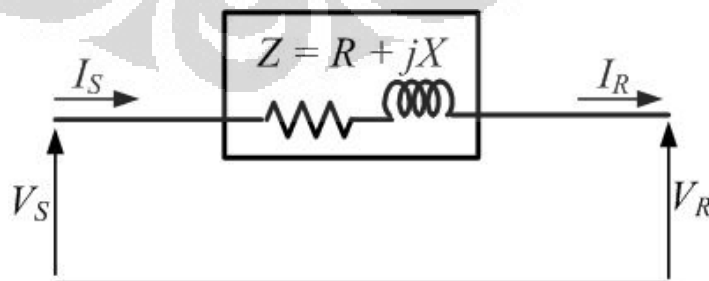
Hal yang sama juga berlaku pada saluran distribusi. Saluran distribusi menggunakan penghantar lebih dari satu yang dipisahkan oleh medium dielektrik. Pada kasus ini juga akan muncul kapasitansi. Secara umum besar kapasitansi ini memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Semakin besar jarak antar penghantar maka kapasitansi akan semakin kecil
- Semakin besar jari-jari penghantar maka kapasitansi akan semakin besar

Reaktansi kapasitif dari saluran berbanding terbalik dengan frekuensi dan kapasitansi. Pada perhitungan direpresentasikan dengan komponen imajiner.

2.2.3 Model Saluran [3]

2.2.3.1 Short Line Approximation



Gambar 2.4 Short Line Approximation

Sumber: <http://nptel.iitm.ac.in/courses/Webcourse-contents/IIT-KANPUR/power-system>

Pada model ini komponen paralel berupa kapasitansi dapat diabaikan. Pada model ini impedansi total saluran hanya bergantung pada komponen resistif dan induktif saja.

$$\mathbf{Z} = \mathbf{R} + j\mathbf{X} \quad (2.5)$$

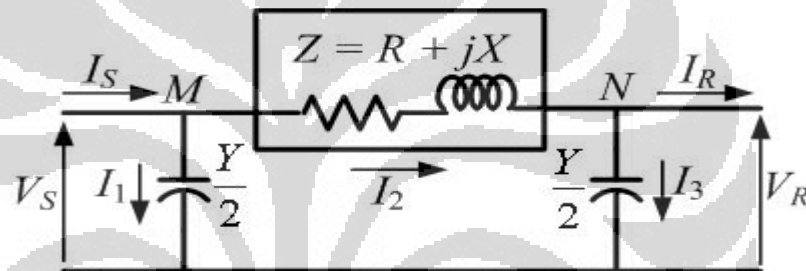
Dari model ini didapatkan besar arus yang diterima sama dengan arus yang dikirim.

Parameter ABCD dari model rangkaian ini adalah sebagai berikut:

$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & Z \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2.6)$$

2.2.3.2 Medium Line Approximation

Model medium dapat direpresentasikan menjadi dua bentuk rangkaian ganti yaitu rangkaian Pi dan T.



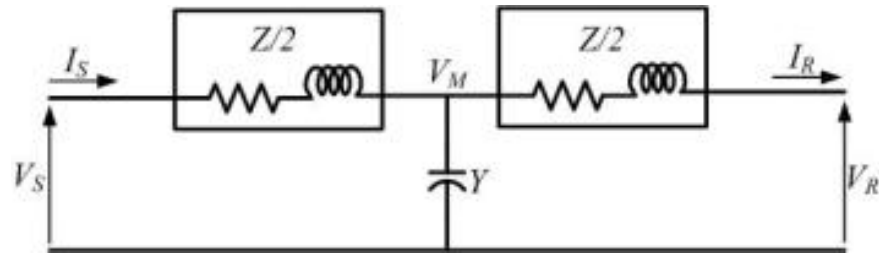
Gambar 2.5 Rangkaian Pi *Medium Line Approximation*

Sumber: <http://nptel.iitm.ac.in/courses/Webcourse-contents/IIT-KANPUR/power-system>

Pada model ini komponen paralel saluran yang berupa kapasitansi tidak diabaikan. Besar arus yang diterima tidak sama dengan arus yang dikirim dari sisi sumber.

Parameter ABCD dari model diatas adalah sebagai berikut:

$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \left(\frac{YZ}{2} + 1\right) & Z \\ Y\left(\frac{YZ}{4} + 1\right) & \left(\frac{YZ}{2} + 1\right) \end{pmatrix} \quad (2.7)$$



Gambar 2.6 Rangkaian T *Medium Line Approximation*

Sumber: <http://nptel.iitm.ac.in/courses/Webcourse-contents/IIT-KANPUR/power-system>

Parameter ABCD rangkaian diatas adalah sebagai berikut:

$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \left(\frac{YZ}{2} + 1\right) & Z\left(\frac{YZ}{4} + 1\right) \\ Y & \left(\frac{YZ}{2} + 1\right) \end{pmatrix} \quad (2.8)$$

2.3 Jaringan Distribusi Tegangan Menengah

JTM menggunakan level tegangan menengah pada pengoperasiannya, yaitu berkisar antara 1 kV sampai dengan 35 kV. Dengan ditetapkannya standar tegangan menengah, tegangan operasi JTM PLN di Indonesia adalah 20 kV.

2.3.1 Jenis JTM Berdasarkan Konstruksinya [5]

2.3.1.1 Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) adalah jenis JTM dengan penghantar yang berada diudara dan ditopang oleh tiang beton atau besi (overhead lines). Ciri paling umum dari SUTM adalah penghantar yang digunakan berupa kawat telanjang, baik AAC maupun AAAC. Di jaringan distribusi PLN, SUTM beroperasi pada tegangan 20 kV.

Penggunaan bare conductor pada tegangan 20 kV memiliki konsekuensi terhadap batas-batas keamanan dan keselamatan pada konstruksinya. Hal yang paling utama mengenai batas keamanan dan keselamatan tersebut adalah jarak aman saluran terhadap lingkungan dan isolasi untuk memisahkan bagian bertegangan dengan tanah.

Selain penggunaan bare conductor SUTM juga dapat menggunakan kabel jenis AAAC-S (half insulated single core). Akan tetapi penggunaan kabel ini tidak menjamin keamanan terhadap bahaya tegangan sentuh. Penggunaan kabel ini hanya mengurangi resiko gangguan temporer seperti setuhan tanaman.

SUTM banyak dijumpai pada jaringan distribusi di area rural dimana tidak terdapat banyak gedung atau bangunan yang mempersulit konstruksi SUTM itu sendiri.

Untuk penyaluran kapasitas daya yang sama, SUTM adalah jaringan yang termurah diantara ketiga jenis konstruksi yang lain.

2.3.1.2 Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM)

SKUTM adalah jenis konstruksi JTM dengan menggunakan penghantar berisolasi penuh yang ditopang tiang beton. Penggunaan kabel berisolasi penuh menjadikan JTM jenis ini lebih aman dan handal dibandingkan SUTM.

2.3.1.3 Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM)

SKTM adalah jenis konstruksi JTM menggunakan kabel yang ditanam dibawah tanah atau bawah laut. Kabel yang digunakan berbeda dengan kabel pada SUTM dan SKUTM. Kabel pada SKTM memiliki pelindung mekanis antar fasanya.

SKTM ini banyak dijumpai di daerah perkotaan. Untuk kapasitas penyaluran yang sama, jenis JTM ini adalah yang termahal diantara ketiga jenis JTM yang lain.

2.3.2 Konfigurasi-konfigurasi JTM [5]

2.3.2.1 Jaringan Radial

Konfigurasi radial adalah konfigurasi dasar dari setiap sistem distribusi. Konfigurasi radial ini sederhana dalam konstruksi dan pengoperasiannya.

Pada konfigurasi ini beban hanya dapat disuplai dari satu arah saja. Hal ini mengakibatkan keandalan jaringan menjadi kurang. Semakin jauh beban dari sumber atau gardu, maka resiko terhadap gangguannya semakin besar.

2.3.2.2 Jaringan Tertutup

Jaringan tertutup memungkinkan beban untuk disuplai lebih dari satu arah. Jika salah satu arah mengalami gangguan maka suplai dari arah lain dapat menggantikan. Hal ini membuat keandalan sistem menjadi lebih baik. Jaringan tertutup memiliki beberapa konfigurasi.

- Konfigurasi Loop

Konfigurasi ini seolah-olah adalah konfigurasi radial dua *feeder* dengan ujung feeder yang saling terhubung dan membentuk suatu loop tertutup. Konfigurasi ini dikembangkan untuk meningkatkan keandalan jaringan. Gardu distribusi pada konfigurasi ini dapat menerima aliran arus dari dua arah, walaupun pada pengoperasiannya hanya bisa dari satu arah.

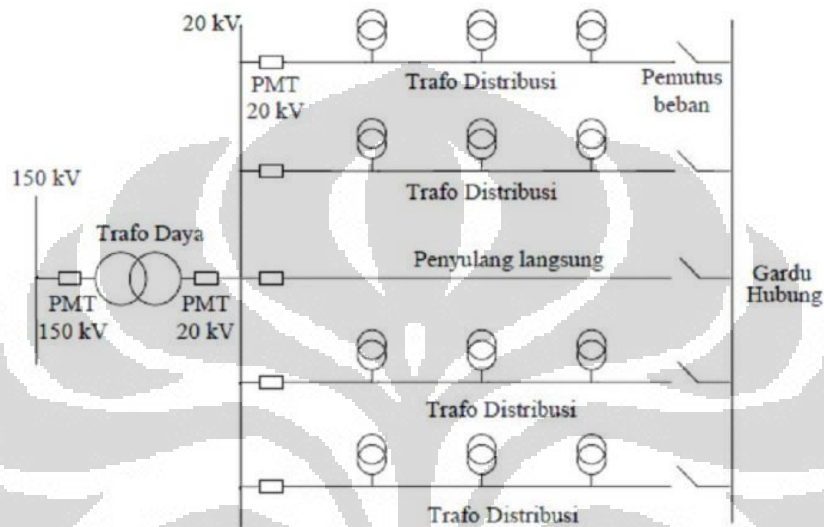
Konfigurasi ini handal dalam mengatasi gangguan pada satu titik. Untuk gangguan lebih dari satu titik dan terjadi pada waktu yang sama, konfigurasi ini tidak dapat mengatasinya, apalagi jika letak dua titik gangguan berjauhan. Daerah diantara dua titik gangguan tidak mendapatkan aliran listrik.

- Konfigurasi Cluster

Konfigurasi ini memiliki penyulang tengah dengan luas penampang penghantar yang lebih besar. Penyulang tengah ini digunakan sebagai penyulang cadangan saat terjadi gangguan pada penyulang-penyulang samping.

- Konfigurasi Spindel

Konfigurasi ini seolah-olah berbentuk seperti jaringan radial dengan banyak feeder dan semua *feeder* terhubung pada ujungnya. Konfigurasi spindel memiliki penyulang langsung yang menghubungkan GI dengan gardu hubung. Penyulang langsung ini tidak melewati gardu distribusi, melainkan hanya berupa saluran langsung antara GI dan gardu hubung.



Gambar 2.7 Konfigurasi Jaringan Spindel

Sumber: <http://electricdot.wordpress.com/2011/08/16/tipe-tipe-jaringan-distribusi-tegangan-menengah/>

Pada kondisi normal penyulang langsung ini tidak bekerja dan dibiarkan dalam keadaan terbuka. Saat terdapat *feeder* yang mengalami gangguan penyulang ini akan ditutup dan menyalurkan listrik ke *feeder* yang mengalami gangguan.

- Konfigurasi Anyaman

Konfigurasi ini adalah konfigurasi yang paling rumit diantara konfigurasi yang lainnya. Biaya investasi untuk membangun konfigurasi ini lebih mahal dibandingkan konfigurasi-konfigurasi yang lain, namun secara keandalan konfigurasi ini lebih baik.

Konfigurasi anyaman digunakan untuk daerah yang membutuhkan kontinuitas penyaluran yang baik.

2.4 Energi yang Hilang pada Jaringan Distribusi

Energi yang hilang pada dasarnya sudah muncul dari sistem pembangkitan. Pada sistem transmisi pun juga terdapat energi yang hilang. Namun pada transmisi energi yang hilang tersebut diminimalisasi dengan menggunakan tegangan tinggi dan ekstra tinggi. Pada jaringan distribusi energi yang hilang terjadi karena disipasi pada penghantar, trafo distribusi, sambungan-sambungan, dan peralatan pembatas dan pengukur (kWh meter).

2.4.1 Konsep Dasar Susut Energi

Susut energi pada suatu sistem adalah selisih energi yang masuk ke sistem tersebut dengan energi yang keluar dari sistem. Pada aplikasinya Susut sering juga dilihat dari segi daya. Untuk sistem distribusi dan transmisi dengan level tegangan yang tetap dapat juga dilihat dari segi tegangan atau serung disebut susut tegangan.

2.4.2 Macam-macam Susut Energi pada Jaringan Distribusi

2.4.2.1 Susut Teknis

- Susut pada Penghantar

Konduktor ideal seharusnya tidak memiliki hambatan. Namun pada kenyataannya setiap benda memiliki hambatan terhadap listrik. Begitupula konduktor yang dipakai untuk penghantar arus pada jaringan distribusi.

Konduktor yang digunakan pada jaringan distribusi menggunakan logam aluminium dan tembaga. Aluminium dan tembaga memiliki nilai hambatan jenis yang berbeda. Aluminium memiliki nilai hambatan jenis yang lebih besar, namun karena harganya lebih murah, aluminium lebih sering dipakai untuk penghantar jaringan distribusi. Untuk memperkecil hambatan jenisnya, logam aluminium dicampur unsur lain. Hal ini juga dimaksudkan untuk memperbaiki kekuatan mekanis dari aluminium.

Penghantar yang dipakai pada jaringan distribusi dapat menggunakan kawat untuk JTM dan kabel untuk JTM bawah tanah dan JTR. Susut daya pada penghantar berbanding lurus dengan hambatan dan kuadrat arus yang mengalir. Susut daya ini sering disebut daya disipasi pada penghantar. Nilai tegangan jatuh pada penghantar adalah hasil kali hambatan dan arus yang mengalirinya. Secara matematis jatuh tegangan dan disipasi per fasa pada penghantar dirumuskan sebagai berikut:

$$V_{drop} = I R_{peng\ hantar} \quad (2.9)$$

$$P_{disipasi} = I^2 R_{peng\ hantar} \quad (2.10)$$

Selain susut akibat resistansi penghantar, susut dielektrik juga dapat terjadi terutama pada saluran kabel bawah tanah.

- Susut pada Trafo

Trafo distribusi menyumbang susut pada jaringan. Susut pada trafo meliputi Rugi tembaga, Rugi Arus Eddy, Rugi *Hysteresis*, dan susut pada penyambungan.

- Susut Akibat faktor daya rendah

Faktor daya adalah nilai cosinus dari sudut antara tegangan dan arus pada suatu sistem. Dapat juga dicari dari sudut antara daya aktif (P) dan daya semu (S).

Power factor dipengaruhi oleh karakteristik beban. Beban yang murni resistif memiliki nilai pf sama dengan satu. Tidak ada perbedaan fasa antara arus dan tegangan. Beban yang kapasitif memiliki nilai pf negatif. Terdapat perbedaan fasa antara arus dan tegangan dimana arus mendahului tegangan atau sering disebut kondisi *leading*. Beban induktif memiliki nilai pf positif yang bernilai antara nol dan satu. Terdapat perbedaan fasa antara arus dan tegangan dimana arus tertinggal dari tegangan. Kondisi ini sering disebut juga kondisi *lagging*.

Pada jaringan distribusi, diusahakan nilai pf yang mendekati satu. Jika nilai pf kecil maka untuk nilai S yang sama, besar P akan semakin kecil. Nilai pf juga mempengaruhi drop tegangan.

Pada sistem induktif yang memiliki pf rendah dapat ditambahkan kompensator seperti kapasitor bank dan motor sinkron untuk memperbesar nilai pf nya.

2.4.2.2 Susut Non Teknis

Susut non teknis yang paling umum pada jaringan distribusi adalah daya yang dicuri pada proses distribusi. Susut-susut lain yang tidak dapat dirumuskan secara matematis juga termasuk dalam susut non teknis.

2.5 Kurva Beban

Kurva beban adalah kurva yang menunjukkan variasi beban yang ditanggung terhadap waktu dalam kurun waktu tertentu.

2.5.1 Kurva Beban Tahunan

Kurva beban tahunan adalah kurva beban yang menunjukkan variasi beban selama satu tahun. Kurva beban tahunan biasanya memiliki cuplikan waktu satu bulan. Dari kurva ini dapat dilihat variasi pemakaian beban pada musim-musim yang berbeda, sebagai contoh di negara-negara empat musim. Perbedaan beban pada musim panas dan musim dingin dapat diketahui.

2.5.2 Kurva Beban Bulanan

Kurva beban bulanan adalah kurva beban yang menunjukkan variasi beban setiap pekan dalam kurun waktu satu bulan.

2.5.3 Kurva Beban Harian

Kurva beban harian (KBH) adalah kurva beban yang menunjukkan variasi beban pada tiap jam selama kurun waktu satu hari. Dari grafik ini dapat dilihat pada jam yang mana beban puncak terjadi.

2.6 Koefisien Variasi

Secara grafis, histogram dapat menunjukkan variasi atau ketidakmerataan suatu data statistik. Namun jika dibutuhkan perbandingan secara matematis pada proses perhitungan, ukuran ketidakmerataan tersebut perlu direpresentasikan dalam angka. Ukuran ketidakmerataan yang sering dipakai adalah standar deviasi.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2.11)$$

Standar deviasi cukup menggambarkan ketidakmerataan pada satu kumpulan data saja. Jika digunakan untuk membandingkan dua atau lebih kumpulan data yang memiliki nilai rata-rata yang berbeda standar deviasi tidak bisa menjamin ukuran ketidakmerataan.

Untuk membandingkan ketidakmerataan dua atau lebih kelompok data digunakan koefisien variasi. Koefisien variasi adalah nilai standar deviasi dibagi nilai rata-rata kelompok data tersebut. Pada skripsi ini koefisien variasi akan direpresentasikan dengan simbol K untuk memudahkan penulisan dan agar tidak menimbulkan kerancuan dengan simbol kV yang digunakan sebagai satuan tegangan. Koefisien variasi dalam persen dinyatakan dengan persamaan berikut:

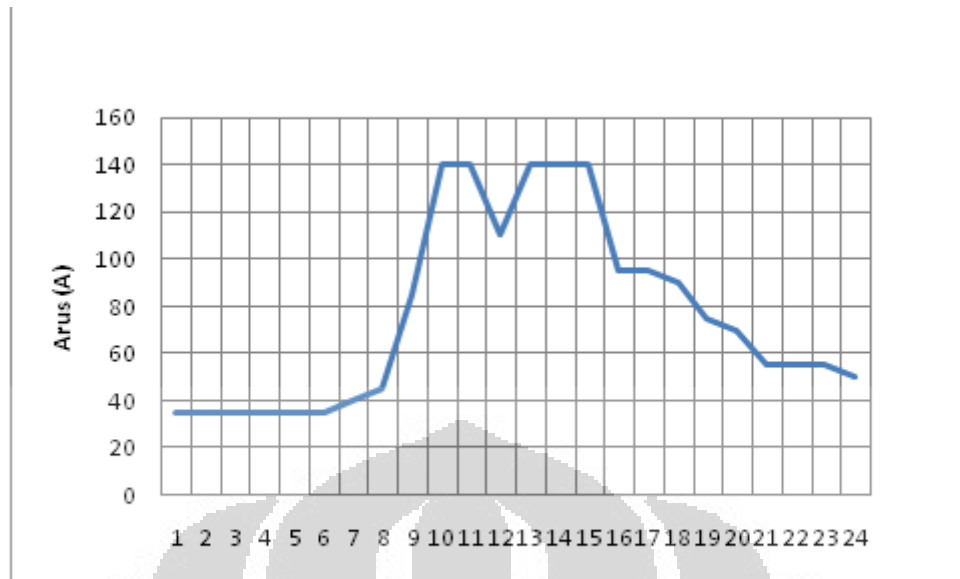
$$K = \frac{S_s}{\bar{X}} \times 100\% \quad (2.12)$$

2.6.1 Koefisien Variasi Kurva Beban

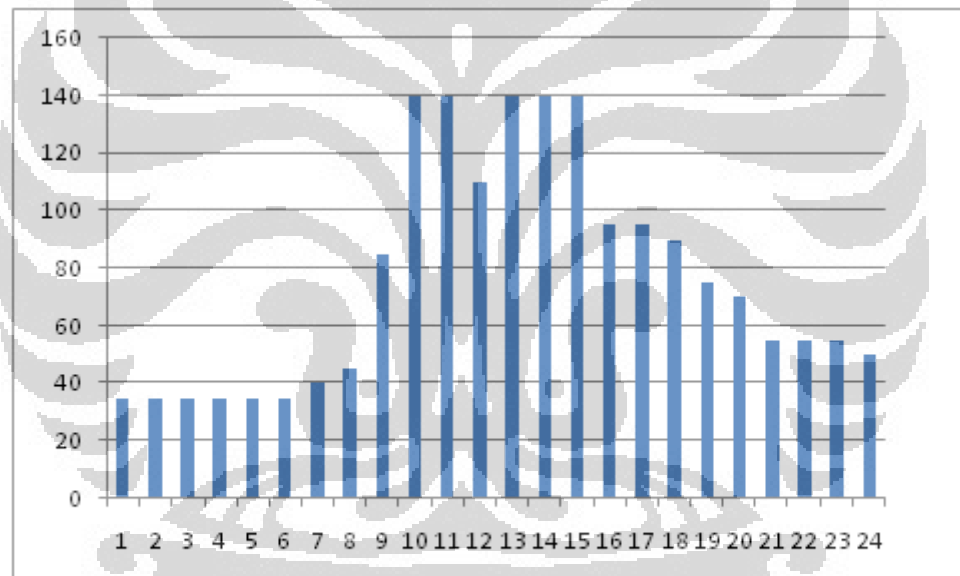
Untuk mendapatkan koefisien variasi dari suatu kurva beban, maka kurva beban dianggap sebagai suatu histogram. Dari histogram tersebut kemudian dapat dihitung koefisien variasinya.

Sebagai contoh terdapat kurva beban harian sebagai berikut. Kurva beban tersebut kemudian dicuplik per jam untuk mendapatkan histogram. Dari histogram tersebut didapatkan data statistik yang dapat dihitung koefisien variasinya.

Kurva beban harian yang berbentuk rata memiliki nilai K sama dengan nol. Semakin jauh dari bentuk rata, nilai K akan semakin besar.



Kurva Beban Harian



Histogram Dari Kurva Beban

Gambar 2.8 Kurva Beban dan Histogramnya

Dari histogram diatas didapatkan nilai koefisien variasinya adalah 0,526.

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Tahapan Penelitian

Penelitian untuk mengetahui korelasi antara variasi kurva beban harian terhadap besar susut energi dibagi menjadi tahapan-tahapan. Tahapan tersebut meliputi studi literatur sampai pada penarikan kesimpulan. Tahapan-tahapan keseluruhan secara bagan dapat dilihat pada diagram berikut.



3.2 Studi Literatur

Penelitian dimulai dengan studi literatur mengenai topik terkait. Topik yang dijadikan objek studi antara lain konsep dasar susut, komponen-komponen jaringan distribusi, konfigurasi, perhitungan susut dan teori-teori mengenai standar deviasi dikaitkan dengan kurva beban harian.

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari topik dari sumber-sumber seperti buku teks, jurnal-jurnal, sumber-sumber media internet dan diskusi dengan dosen pembimbing.

3.3 Pengumpulan Data

Tahap berikutnya adalah mengumpulkan data dan informasi terkait untuk melakukan penelitian. Data dan informasi didapatkan dari PT. PLN DISJAYA khususnya area pelayanan Cempaka Putih.

Data yang dibutuhkan adalah single line diagram JTM beserta panjang penyulang dan jenis kabel yang digunakan. Data diperlukan untuk menentukan nilai resistansi saluran atau penyulang. Data yang lain yaitu data arus pada penyulang pada tiap jam nya dalam kurun waktu satu hari. Data ini dibutuhkan untuk membentuk kurva beban harian dan sebagai sample besar energi yang disuplai dalam kurun waktu satu hari, baik pada hari kerja maupun hari libur.

PT. PLN Area Cempaka Putih memiliki total 103 penyulang tegangan menengah (TM) yang berasal dari sepuluh Gardu Induk (GI) yang berbeda. Masing-masing penyulang memiliki nilai rata-rata arus per jam dan bentuk kurva beban harian yang berbeda-beda.

3.4 Pemilihan Sample

Dari total 103 penyulang yang ada dipilih beberapa penyulang sebagai objek penelitian untuk dianalisis pengaruh bentuk kurva beban terhadap susut yang terjadi. Penyulang yang dipilih adalah penyulang Hitam dan Dongker.

3.4.1 Penyulang Hitam

Penyulang Hitam disuplai dari Trafo 1 GI Gambir Baru. Penyulang ini dipilih sebagai objek karena memiliki nilai koefisien variasi yang cukup besar. Nilai ini didapatkan dari data arus beban harian pada bulan April 2012. Pada perhitungan nantinya akan dipisah antara hari kerja dan hari libur. Hal ini dilakukan dengan anggapan awal bahwa terdapat perbedaan energi harian yang terpakai antara hari libur dan hari kerja. Kondisi arus beban rata-rata dan koefisien variasi selama bulan April untuk penyulang Hitam dapat dilihat pada Tabel 3.1.

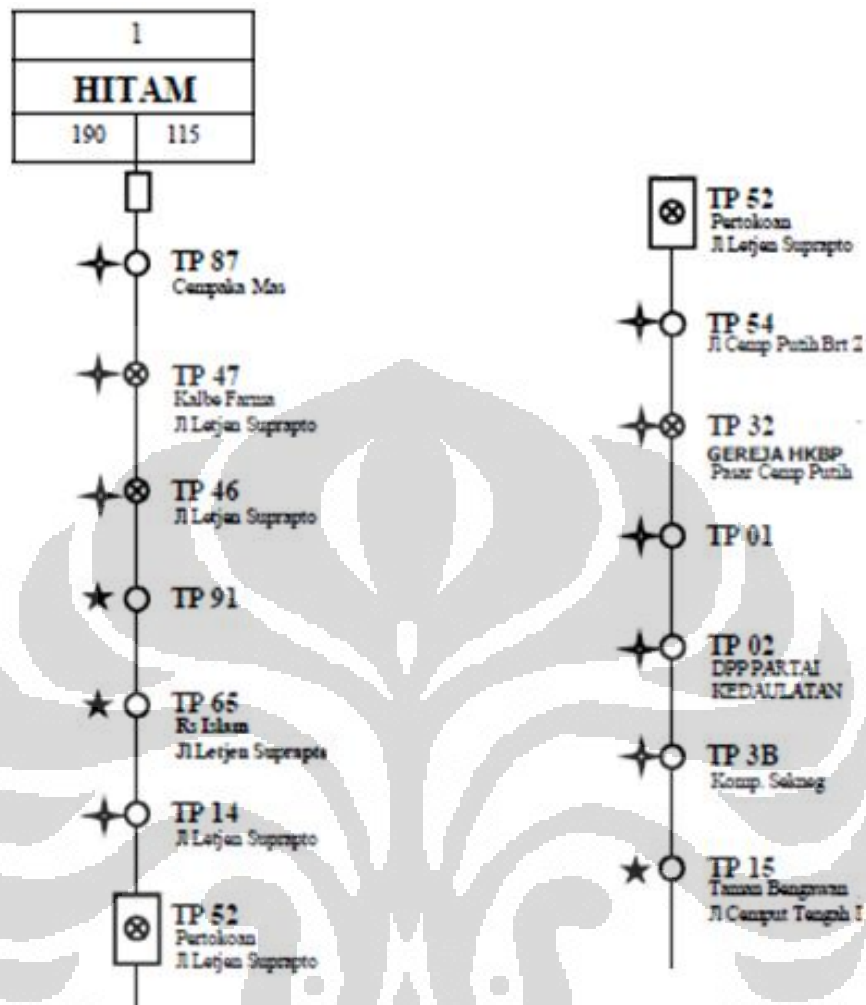
Tabel 3.1 Kondisi Arus dan Koefisien Variasi Penyulang Hitam

Tanggal	I mean	K
1-Apr	29	0.983309
2-Apr	28.95833	0.983309
3-Apr	28.95833	0.983309
4-Apr	30.41667	0.979028
5-Apr	28.95833	0.983309
6-Apr	28.95833	0.983309
7-Apr	29	0.983309
8-Apr	29	0.983309
9-Apr	27.5	1.027121
10-Apr	28.95833	0.983309
11-Apr	30.41667	0.979028
12-Apr	31.45833	1.005751
13-Apr	29.375	1.01175
14-Apr	7.708333	1.147324

Penyulang Hitam memiliki panjang total 6958 meter dengan kabel XLPE 240mm² disepanjang penyulangnya. Kabel jenis ini memiliki nilai hambatan per satuan panjang sebesar 0,125Ohm/km. Panjang ini terukur dari GI Gambir Baru sampai GD terakhir. Penyulang ini memiliki 13 GD disepanjang salurannya. Panjang kabel antar GD dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Panjang Kabel Antar GD Penyulang Hitam

Dari	Ke	Panjang (m)
GI GAMBIR BARU	TP 87	1864
TP 87	TP 47	665
TP 47	TP 46	310
TP 46	TP 91	380
TP 91	TP 65	316
TP 65	TP 14	245
TP 14	TP 52	766
TP 52	TP 54	344
TP 54	TP 32	292
TP 32	TP 1	307
TP 14	TP 2	452
TP 2	TP 3 B	523
TP 3 B	TP 15	494
TP 15	GH 77	847



Gambar 3.1 Diagram Satu Garis Penyulang Hitam

Sumber: SLD APD PLN Disjaya

3.4.2 Penyulang Dongker

Penyulang Dongker Disuplai dari Trafo 1 GI Gambir Baru. Koefisien variasi kurva beban harian penyulang ini tidak terlalu besar. Penyulang ini dipilih sebagai pembanding bagi penyulang hitam. Penyulang ini dipilih sebagai pembanding karena memiliki panjang penyulang yang tidak jauh berbeda dan jumlah GD yang sama. Kondisi koefisien variasi dan rata-rata arus per jam penyulang ini dari tanggal 1 April sampai dengan 14 April 2012 dapat dilihat pada Tabel 3.3.

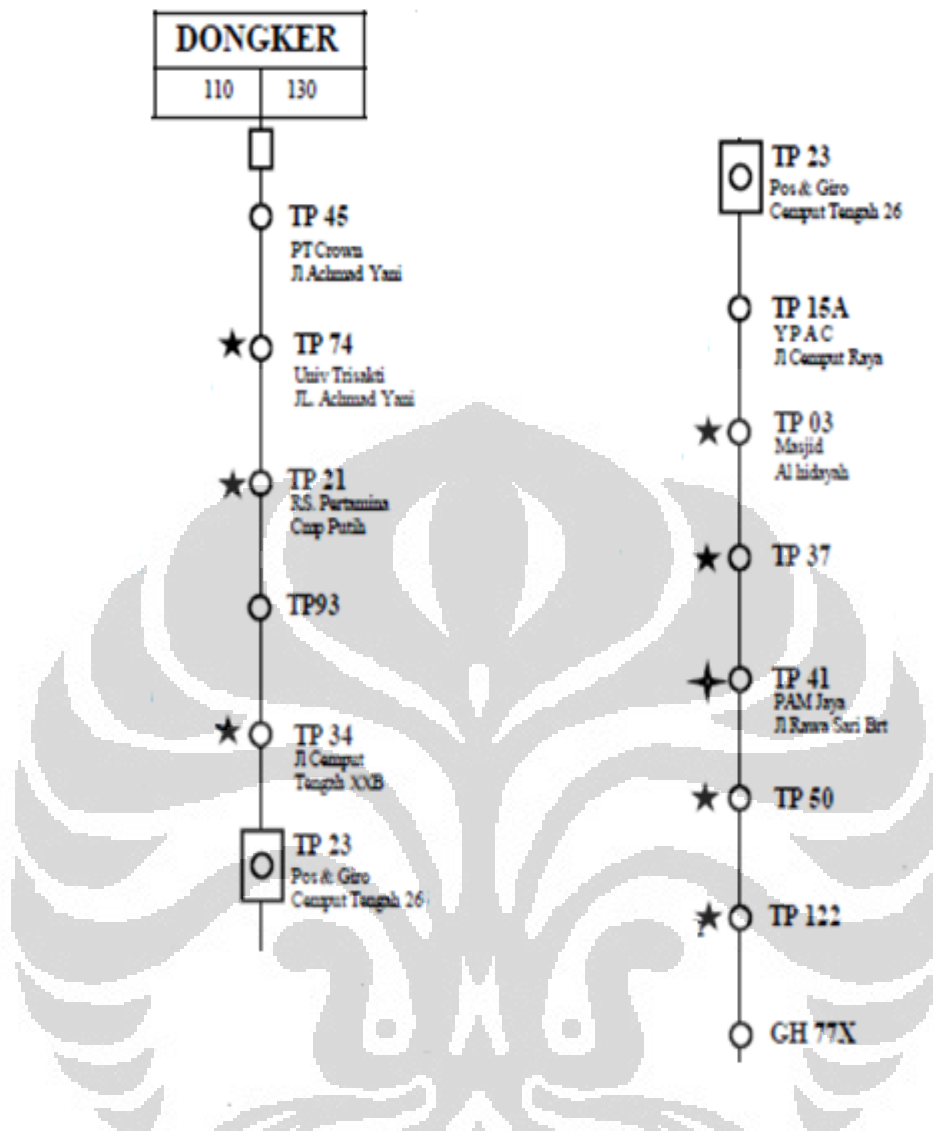
Tabel 3.3 Kondisi Arus dan Koefisien Variasi Penyulang Dongker

Tanggal	I mean	K
1-Apr	107.7083	0.096776
2-Apr	107.7083	0.096776
3-Apr	107.7083	0.096776
4-Apr	125.8333	0.301173
5-Apr	107.7083	0.096776
6-Apr	107.7083	0.096776
7-Apr	107.7083	0.096776
8-Apr	107.7083	0.096776
9-Apr	98.54167	0.109419
10-Apr	107.7083	0.096776
11-Apr	125.8333	0.301173
12-Apr	134.1667	0.128472
13-Apr	112.0833	0.097484
14-Apr	111.0417	0.096647

Penyulang Dongker memiliki panjang total 6673 meter dengan kabel XLPE 240mm² disepanjang penyulangnya. Panjang ini terukur dari GI Gambir Baru sampai GD terakhir. Penyulang ini memiliki 13 GD disepanjang salurannya. Panjang kabel antar GD dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Panjang Kabel Antar GD Penyulang Dongker

Dari	Ke	Panjang (m)
GI GAMBIR BARU	TP 45	1359
TP 45	TP 74	627
TP 74	TP 21	706
TP 21	TP 93	695
TP 93	GH 323X	744
GH 323X	GH 323	97
GH 323	TP 34	863
TP 34	TP 23	347
TP 23	TP 15 A	456
TP 15 A	TP 37	619
TP 37	TP 41	614
TP 41	TP 50	399
TP 50	K 122	506



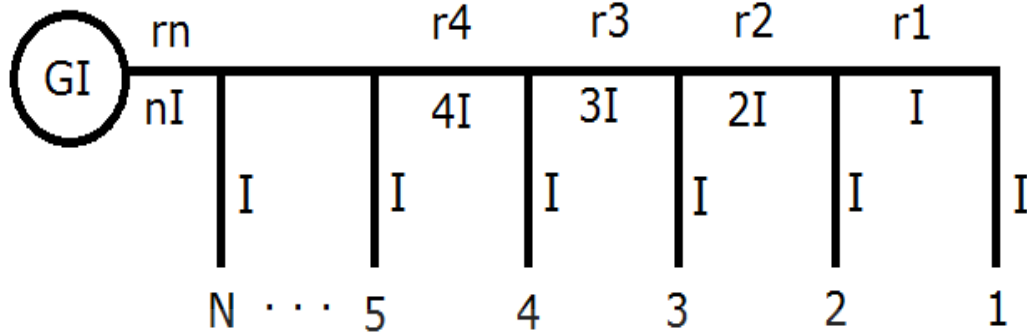
Gambar 3.2 Diagram Satu Garis Penyulang Dongker

Sumber: SLD APD PLN Disjaya

3.5 Perhitungan Susut

Sampel yang telah terpilih kemudian dihitung nilai susutnya dan disimulasikan terhadap kurva beban harian dengan nilai koefisien variasi yang berbeda-beda. Kurva beban harian yang digunakan adalah kurva Arus terhadap waktu.

Susut pada JTM dihitung dengan metode berikut:



Gambar 3.3 Model Perhitungan Susut

Susut energi per jam per fasa dihitung dengan persamaan berikut:

$$Susut = \frac{1}{1000} ((I^2 r_1) + ((2I)^2 r_2) + ((3I)^2 r_3) + \dots + ((nI)^2 r_n)) \quad (3.1)$$

Dengan:

Susut : Susut energi per jam per fasa (kWh)

I : Arus ujung penyulang (Ampere)

r : Resistansi kabel (Ohm)

n : Jumlah GD

Susut dalam kurun waktu satu hari adalah jumlah total susut per jam dari jam 1 sampai jam 24. Besar arus pada tiap jam akan berbeda tergantung kurva beban harian.

Masing-masing penyulang disimulasikan dengan K kurva beban harian sebagai berikut:

Tabel 3.5 Koefisien Variasi Kurva Beban Harian

KBH	K	KBH	K
Kurva 1	0	Kurva 11	0.564146
Kurva 2	0.102151	Kurva 12	0.612905
Kurva 3	0.161515	Kurva 13	0.665942
Kurva 4	0.204302	Kurva 14	0.715055
Kurva 5	0.260434	Kurva 15	0.767832
Kurva 6	0.306452	Kurva 16	0.817206
Kurva 7	0.361158	Kurva 17	0.869783
Kurva 8	0.408603	Kurva 18	0.919357
Kurva 9	0.462507	Kurva 19	1.016387
Kurva 10	0.510754		

3.5.1 Perhitungan Susut Kondisi Nyata Penyulang

Perhitungan dilakukan dengan tujuan mencari korelasi antara variasi kurva beban harian terhadap besar susut yang terjadi. Variasi kurva beban direpresentasikan dengan koefisien variasi. Untuk masing-masing kurva beban diberlakukan besar energi yang sama atau dapat juga disebut nilai rata-rata arus perjam yang sama.

Perhitungan dilakukan pada dua penyulang sample. Masing-masing penyulang disimulasikan terhadap kurva beban dengan nilai koefisien variasi yang berbeda-beda. Untuk setiap bentuk kurva beban akan dihitung susut energi hariannya baik dalam persen maupun dalam satuan kWh.

Pada perhitungan ini digunakan nilai arus rata-rata per jam yang sesuai dengan kondisi nyata penyulang. Kondisi nyata ini didasarkan pada data rata-rata arus dari tanggal 1 April sampai dengan 14 April 2012.

3.5.2 Perhitungan Susut dengan Variasi Nilai Arus Rata-rata

Perhitungan ini dilakukan untuk mencari korelasi antara variasi kurva beban harian terhadap besar susut yang terjadi namun pada kondisi energi harian yang berbeda-beda. Nilai arus rata-rata pada kondisi awal digunakan besar arus yang mendekati kondisi nyata pada penyulang. Perhitungan tetap dilakukan pada dua penyulang sample.

Pada perhitungan ini disimulasikan beberapa skenario nilai arus rata-rata pada penyulang. Skenario yang disimulasikan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.6 Skenario Perubahan Arus

Kondisi	Arus rata-rata
awal	I mean awal
Skenario 1	0,5 I mean awal
Skenario 2	1,5 I mean awal
Skenario 3	2 I mean awal
Skenario 4	2,5 I mean awal

3.5.3 Pembuatan Model untuk Penyulang Lain

Pembuatan model ini dilakukan untuk mengitung besar susut pada penyulang lain secara umum. Dengan model ini akan dihitung besar susut di konduktor TM seluruh penyulang pada PT. PLN Area Cempaka Putih. Pada perhitungan ini penyulang-penyulang ekspres tidak masuk dalam perhitungan dengan pertimbangan bahwa penyulang ekspres hanya beroperasi saat terjadi gangguan. Sedangkan susut yang dihitung adalah susut saat keadaan operasi normal seluruh penyulang.

Model perhitungan yang digunakan adalah model perhitungan pada persamaan 3.1 dengan modifikasi nilai r_{gw} . Pada perhitungan kondisi nyata penyulang digunakan besar r_{gw} yang sebenarnya, yaitu tergantung panjang kabel antar penyulang. Pada model ini hal tersebut akan membuat pemodelan menjadi sangat rumit. Oleh karena itu persamaan 3.1 dimodifikasi dengan asumsi bahwa panjang kabel antar GD sama panjang dan r_{gw} sama besar. Persamaan susut untuk pemodelan menjadi seperti berikut:

$$Susut = \frac{1}{1000} \frac{N(N+1)(2N+1)}{6} (I^2 r_{gw}) \times 1jam \quad (3.2)$$

Dengan:

N : banyak GD pada penyulang

I : arus ujung penyulang per jam (Ampere)

r_{gw} : resistansi kabel antar GD (Ohm)

Persamaan diatas adalah persamaan susut per fasa tiap jam. Persamaan ini akan disimulasikan dengan bentuk kurva beban harian yang berbeda-beda. Namun hanya bagian $I^2 r_{gw}$ sajalah yang disimulasikan karena hanya bagian ini yang dipengaruhi oleh bentuk kurva beban harian karena mengandung unsur besar arus per jam. Hasil susut terhadap nilai KV kurva beban kemudian akan dicari persamaan regresinya. Persamaan regresi inilah yang akan menjadi model untuk mengitung susut penyulang lain dan susut konduktor JTM keseluruhan pada PT. PLN Area Cempaka Putih.

BAB 4

HASIL DAN ANALISIS

4.1 Perhitungan Susut Kondisi Nyata Penyulang

4.1.1 Penyulang Hitam

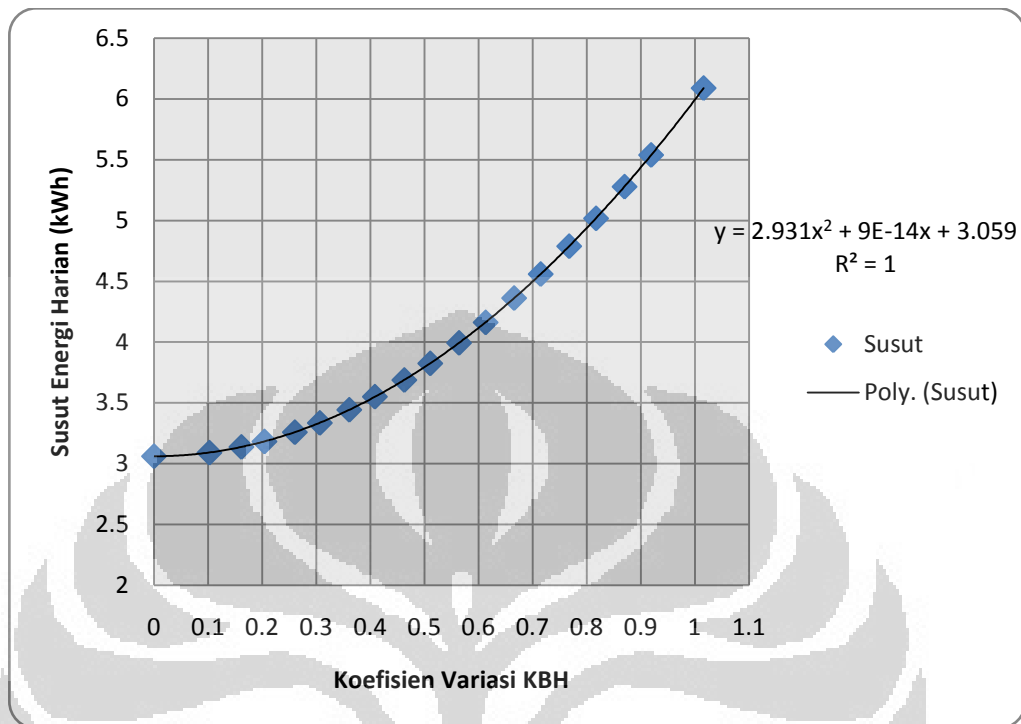
Dari data arus beban harian pada tanggal 1 April sampai dengan 14 April 2012 didapatkan nilai rata-rata arus per jam sebesar 29,44 A dengan koefisien variasi kurva 0,99 untuk hari kerja dan rata-rata arus 24,73 A dengan koefisien variasi 1,01 untuk hari libur. Kurva-kurva beban seperti pada Tabel 3.5 disimulasikan ke penyulang hitam dengan parameter arus rata-rata yang dijaga tetap sebesar arus rata-rata penyulang.

Perhitungan pada kondisi ini menunjukkan hasil susut energi dalam persen dan kWh untuk hari kerja sebagai berikut:

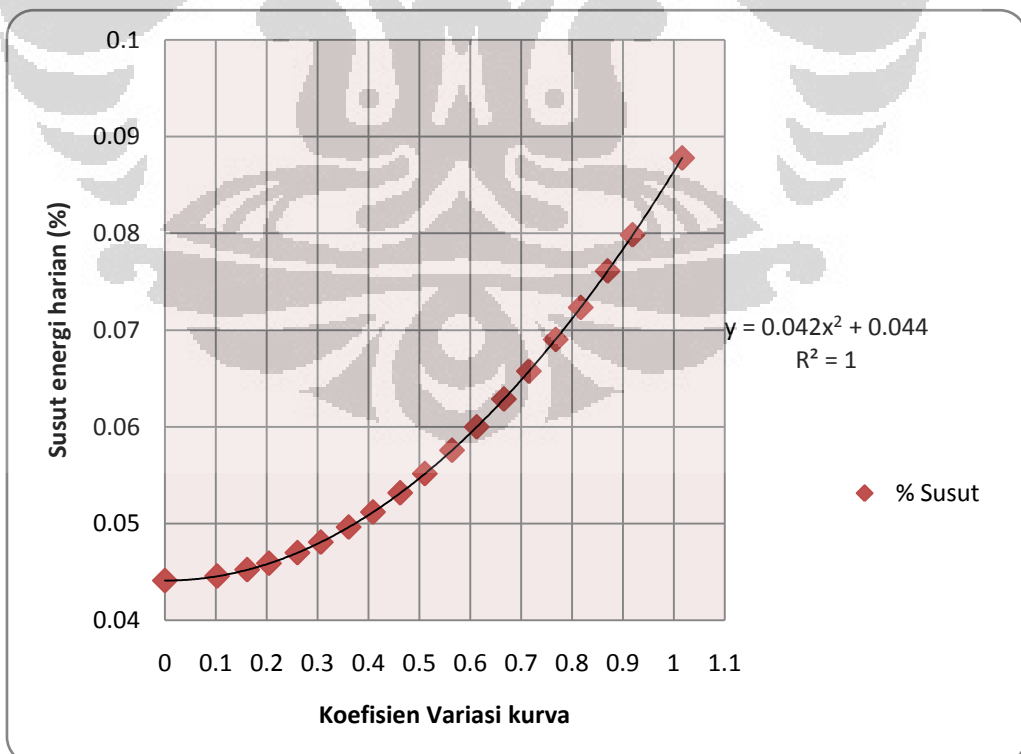
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Penyulang hitam

K kurva	Susut (kWh)	% Susut
0	3.059389	0.044109
0.102151	3.089983	0.04455
0.161515	3.135874	0.045211
0.204302	3.181765	0.045873
0.260434	3.258249	0.046976
0.306452	3.334734	0.048078
0.361158	3.441813	0.049622
0.408603	3.548891	0.051166
0.462507	3.686564	0.053151
0.510754	3.824236	0.055136
0.564146	3.992503	0.057562
0.612905	4.160769	0.059988
0.665942	4.35963	0.062855
0.715055	4.55849	0.065722
0.767832	4.787944	0.06903
0.817206	5.017398	0.072338
0.869783	5.277446	0.076087
0.919357	5.537494	0.079837
1.016387	6.088184	0.087776

Hasil dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar berikut:



Grafik 4.1 Susut terhadap K KBH pada Penyulang Hitam



Grafik 4.2 % Susut terhadap K KBH pada Penyulang Hitam

Perhitungan menunjukkan hasil persamaan regresi untuk susut adalah sebagai berikut:

$$Susut = 2,931 K^2 + 2 \times 10^{-13} K + 3,059 \quad (4.1)$$

$$\% Susut = 0,042 K^2 + 0,044 \quad (4.2)$$

Persamaan diatas berlaku untuk nilai rata-rata arus per jam sebesar 29,44 A (kondisi nyata penyulang hitam).

Nilai K kurva beban harian penyulang hitam sebesar 0.99. Dengan nilai K tersebut dapat dihitung besar susut harian pada konduktor penyulang.

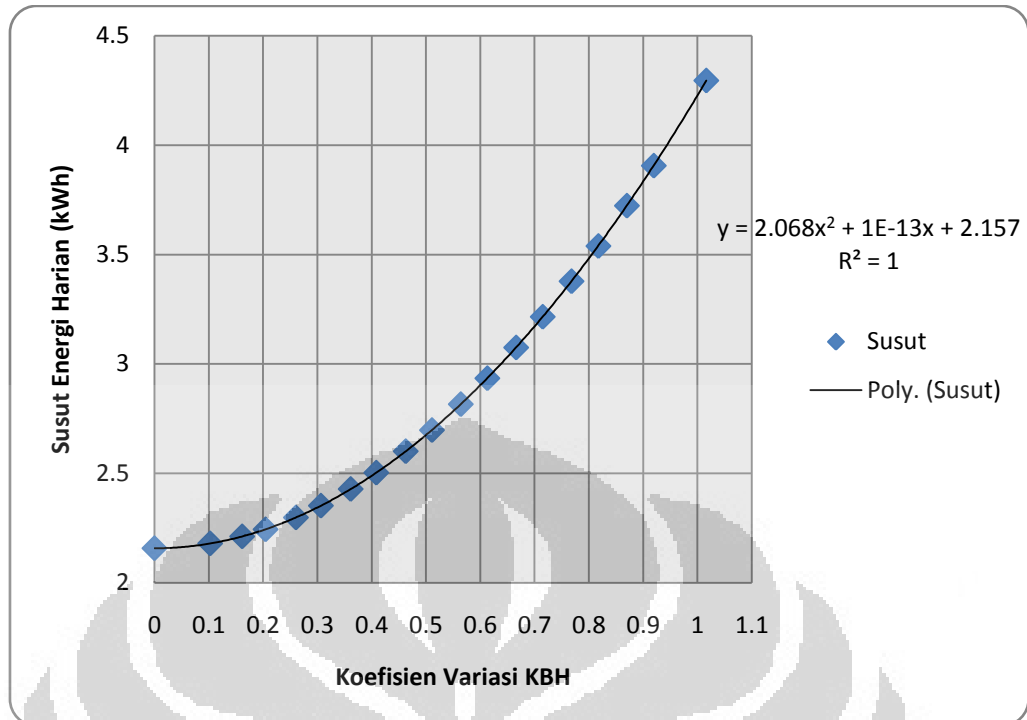
$$Susut = 5,93 \text{ kWh}$$

$$\% Susut = 0,085\%$$

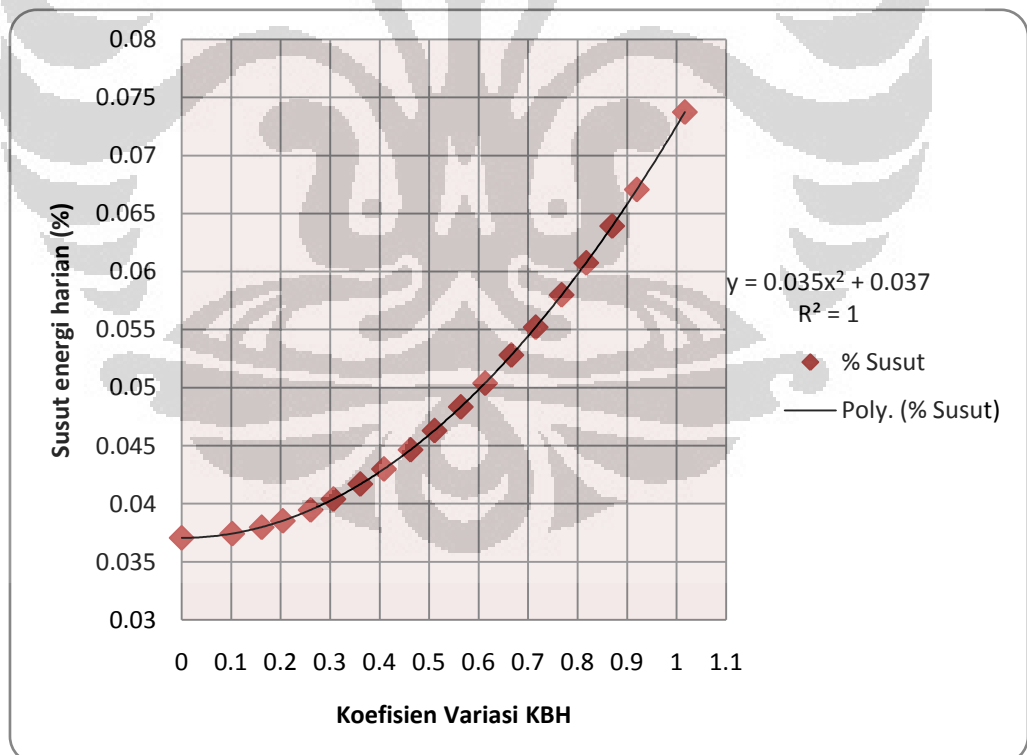
Sedangkan untuk hari libur menunjukkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan pada Penyulang Hitam untuk Hari Libur

K kurva	Susut (kWh)	% Susut
0	2.157867	0.037044
0.102151	2.179446	0.037415
0.161515	2.211814	0.03797
0.204302	2.244182	0.038526
0.260434	2.298129	0.039452
0.306452	2.352075	0.040378
0.361158	2.427601	0.041675
0.408603	2.503126	0.042971
0.462507	2.60023	0.044638
0.510754	2.697334	0.046305
0.564146	2.816017	0.048343
0.612905	2.934699	0.05038
0.665942	3.074961	0.052788
0.715055	3.215222	0.055196
0.767832	3.377062	0.057974
0.817206	3.538902	0.060752
0.869783	3.722321	0.063901
0.919357	3.90574	0.06705
1.016387	4.294156	0.073718



Grafik 4.3 Susut terhadap K KBH pada Penyulang Hitam Hari Libur



Grafik 4.4 % Susut terhadap K KBH pada Penyulang Hitam Hari Libur

Perhitungan menunjukkan hasil persamaan regresi untuk susut (kWh) dan susut (%) sebagai berikut:

$$Susut = 2,068 K^2 + 8 \times 10^{-14}K + 2,157 \quad (4.3)$$

$$\% Susut = 0,035 K^2 + 0,037 \quad (4.4)$$

Persamaan diatas berlaku untuk nilai rata-rata arus per jam sebesar 24,73 A (kondisi nyata penyulang hitam saat hari libur).

Nilai K kurva beban harian penyulang hitam sebesar 1.01. Dengan nilai K tersebut dapat dihitung besar susut harian pada konduktor penyulang.

$$Susut = 4,27 \text{ kWh}$$

$$Susut = 0,073\%$$

Susut energi dalam kurun waktu satu pekan pada penyulang ini dapat dihitung dengan mengalikannya dengan jumlah hari kerja dan libur dalam sepekan. Susut dalam sepekan untuk penyulang hitam adalah sebesar:

$$Susut = 38,19 \text{ kWh}$$

Susut energi dalam kurun waktu satu tahun untuk penyulang ini dapat dihitung dengan mengalikan susut energi dalam sepekan dengan jumlah pekan dalam satu tahun.

$$Susut (\text{kWh}) \text{ 1 tahun} = 38,19 \times 52 = \mathbf{1985,88 \text{ kWh}}$$

Nilai koefisien variasi pada penyulang ini tergolong cukup besar, yaitu 0,99 pada hari kerja dan 1,01 pada hari libur. Jika nilai ini dapat ditekan menjadi 0,4 sebagai contoh, maka besar susut harian dapat diturunkan tanpa mengurangi konsumsi energi hariannya. Dengan nilai koefisien variasi 0,4 akan didapatkan nilai susut sebagai berikut:

Hari kerja:

$$Susut = 3,53 \text{ kWh}$$

$$Susut = 0,051\%$$

Hari libur:

$$Susut = 2,49 \text{ kWh}$$

$$Susut = 0,043\%$$

$$Susut \text{ 1 Tahun} = \mathbf{1176,76 \text{ kWh}}$$

$$\text{Penurunan Susut} = \mathbf{40,74\%}$$

4.1.2 Penyulang Dongker

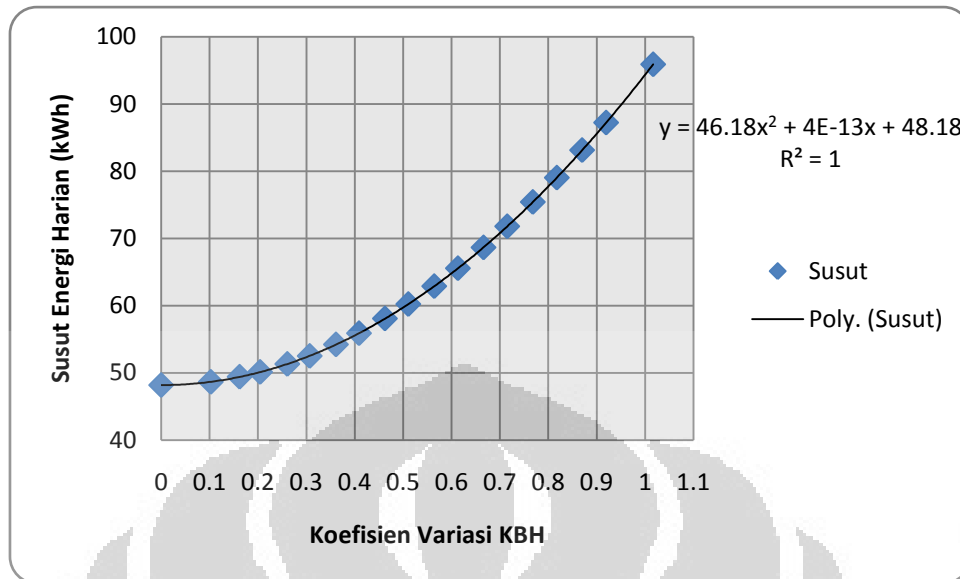
Dari data arus beban harian pada tanggal 1 April sampai dengan 14 April 2012 didapatkan nilai rata-rata arus per jam sebesar 114,14 A dengan koefisien variasi kurva 0,15 untuk hari kerja dan rata-rata arus 108,375 A dengan koefisien variasi 0,1 untuk hari libur. Kurva-kurva beban seperti pada Tabel disimulasikan ke penyulang hitam dengan parameter arus rata-rata yang dijaga tetap sebesar arus rata-ratanya.

Perhitungan pada kondisi ini menunjukkan hasil susut energi dalam persen dan kWh untuk hari kerja sebagai berikut:

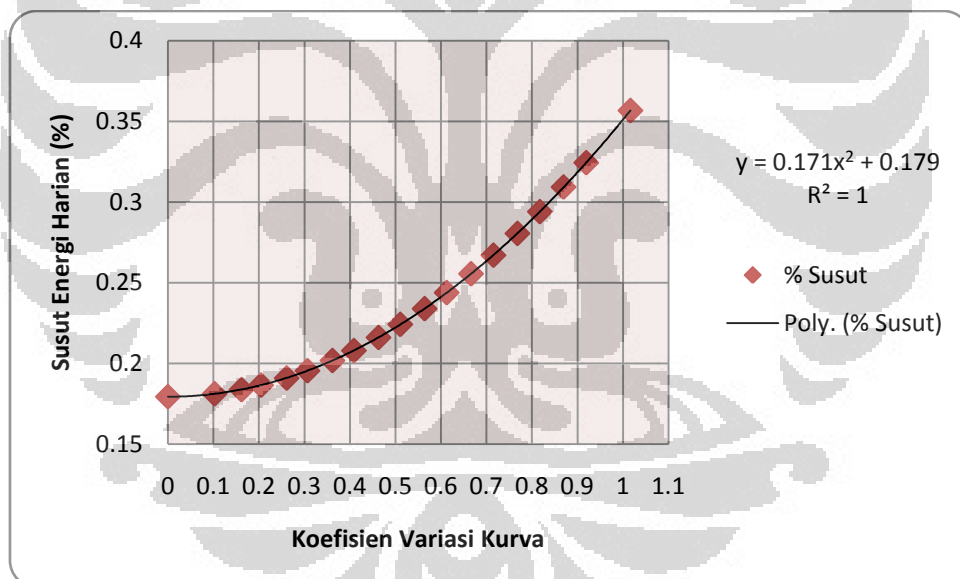
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Susut Penyulang Dongker di Hari Kerja

K Kurva	Susut (kWh)	% Susut
0	48.18887	0.179223
0.102151	48.67076	0.181015
0.161515	49.39359	0.183704
0.204302	50.11642	0.186392
0.260434	51.32115	0.190873
0.306452	52.52587	0.195353
0.361158	54.21248	0.201626
0.408603	55.89909	0.207899
0.462507	58.06759	0.215964
0.510754	60.23609	0.224029
0.564146	62.88647	0.233886
0.612905	65.53686	0.243743
0.665942	68.66914	0.255393
0.715055	71.80142	0.267042
0.767832	75.41558	0.280484
0.817206	79.02975	0.293926
0.869783	83.1258	0.30916
0.919357	87.22185	0.324394
1.016387	95.89585	0.356654

Hasil dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar berikut:



Grafik 4.5 Susut terhadap K KBH pada Penyulang Dongker



Grafik 4.6 % Susut terhadap K KBH pada Penyulang Dongker

Perhitungan menunjukkan hasil persamaan regresi untuk susut dan % susut sebagai berikut:

$$\text{Susut} = 46,18 K^2 - 1 \times 10^{-13} K + 48,18 \quad (4.5)$$

$$\% \text{ Susut} = 0,171 K^2 + 0,179 \quad (4.6)$$

Persamaan diatas berlaku untuk nilai rata-rata arus per jam sebesar 114.14 A (kondisi nyata penyulang Dongker).

Nilai KV kurva beban harian penyulang ini sebesar 0,15. Dengan nilai KV tersebut dapat dihitung besar susut harian pada konduktor penyulang.

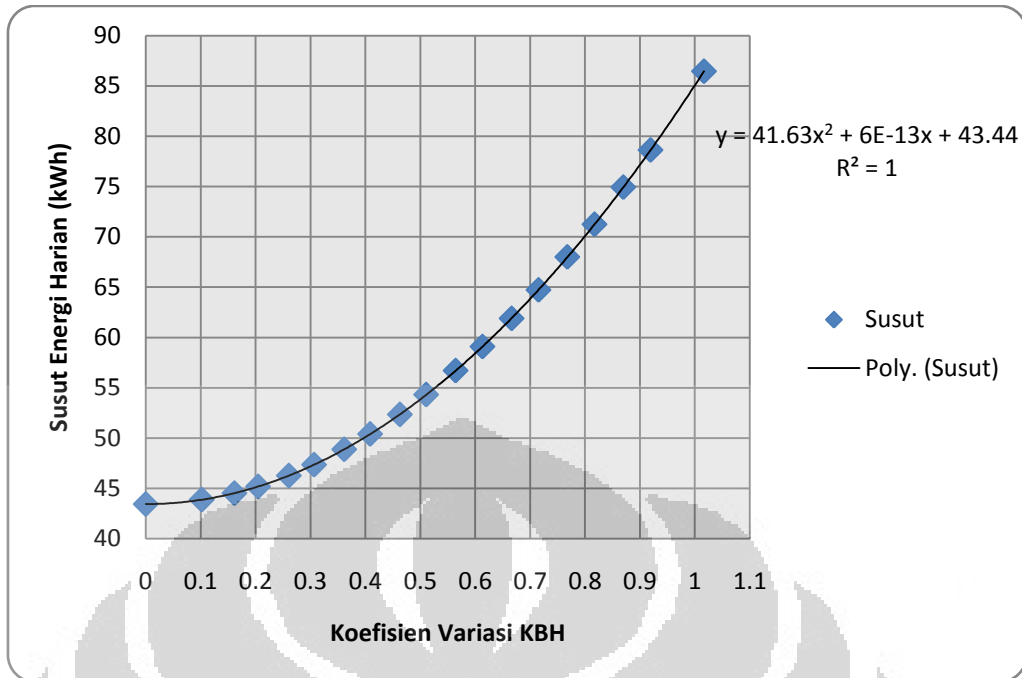
$$\text{Susut} = 49,22 \text{ kWh}$$

$$\text{Susut} = 0,183\%$$

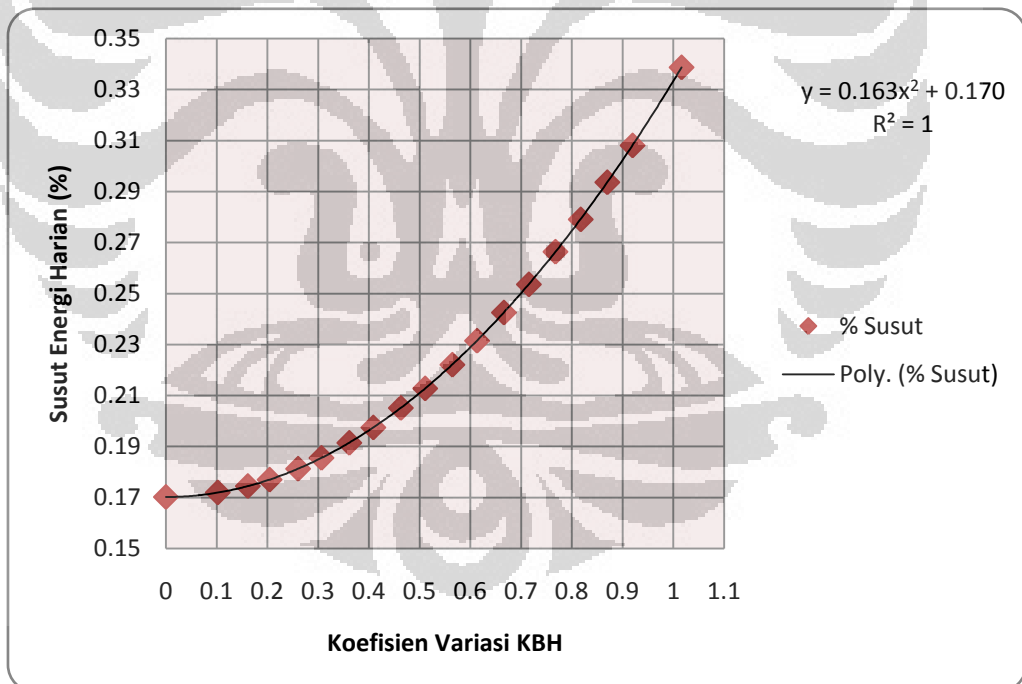
Sedangkan untuk hari libur menunjukkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Penyulang Dongker di Hari Libur

K Kurva	Susut (kWh)	% Susut
0	43.4409	0.170165
0.102151	43.87531	0.171867
0.161515	44.52692	0.174419
0.204302	45.17853	0.176972
0.260434	46.26456	0.181226
0.306452	47.35058	0.18548
0.361158	48.87101	0.191436
0.408603	50.39144	0.197391
0.462507	52.34628	0.205049
0.510754	54.30112	0.212706
0.564146	56.69037	0.222065
0.612905	59.07962	0.231424
0.665942	61.90328	0.242485
0.715055	64.72694	0.253546
0.767832	67.985	0.266308
0.817206	71.24307	0.279071
0.869783	74.93555	0.293535
0.919357	78.62802	0.307999
1.016387	86.44738	0.338628



Grafik 4.7 Susut terhadap K KBH Penyulang Dongker Hari Libur



Grafik 4.8 % Susut terhadap K KBH Penyulang Dongker Hari Libur

Perhitungan menunjukkan hasil persamaan regresi untuk susut (kWh) dan susut (%) sebagai berikut:

$$Susut = 41,63 K^2 - 2 \times 10^{-12} K + 43,44 \quad (4.7)$$

$$\% Susut = 0,163 K^2 + 0,170 \quad (4.8)$$

Persamaan diatas berlaku untuk nilai rata-rata arus per jam sebesar 108,375 A (kondisi nyata penyulang Dongker saat hari libur).

Nilai K kurva beban harian penyulang ini sebesar 0,1. Dengan nilai K tersebut dapat dihitung besar susut harian pada konduktor penyulang.

$$Susut = 43,86 \text{ kWh}$$

$$Susut = 0,172\%$$

Susut energi dalam kurun waktu satu pekan pada penyulang ini dapat dihitung dengan mengalikannya dengan jumlah hari kerja dan libur dalam sepekan. Susut dalam sepekan untuk penyulang Dongker adalah sebesar:

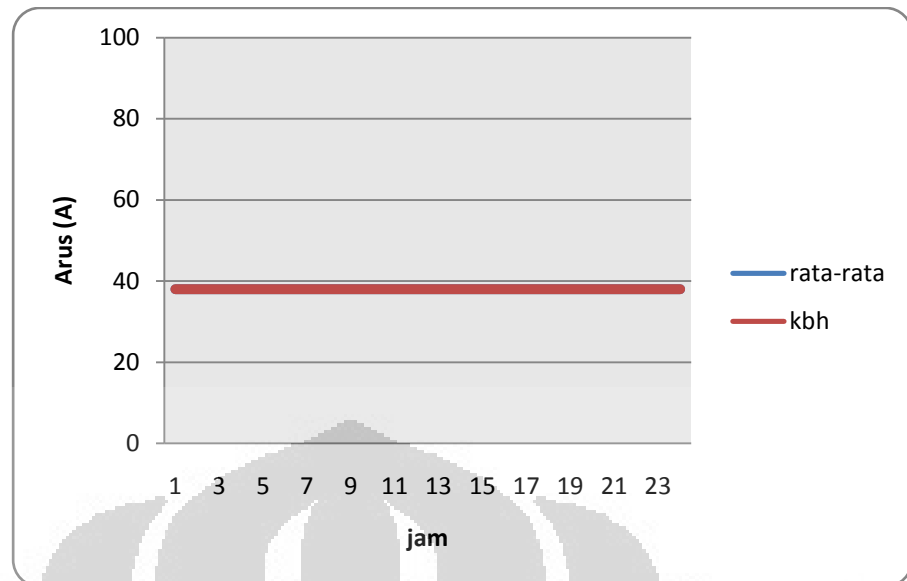
$$Susut = 333,82 \text{ kWh}$$

Susut energi dalam kurun waktu satu tahun untuk penyulang ini dapat dihitung dengan mengalikan susut energi dalam sepekan dengan jumlah pekan dalam satu tahun.

$$Susut \text{ 1 tahun} = 333,82 \times 52 = \mathbf{17\ 358,64 \text{ kWh}}$$

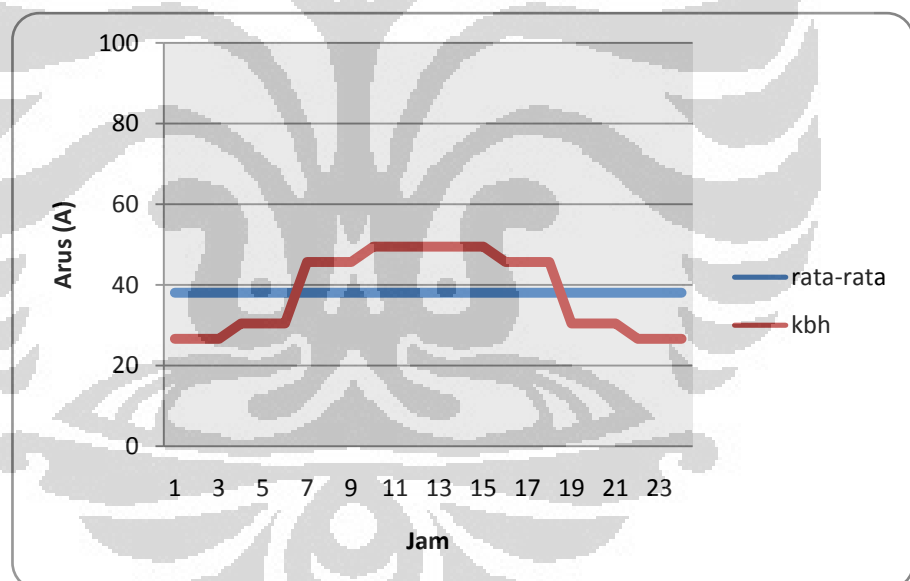
Nilai koefisien variasi pada penyulang ini tergolong cukup kecil, yaitu 0,1 baik pada hari kerja maupun hari libur.

Berikut adalah contoh beberapa bentuk kurva beban harian beserta besar susutnya pada masing-masing bentuk kurva beban harian. Contoh ini diambil dari perhitungan susut penyulang Dongker.



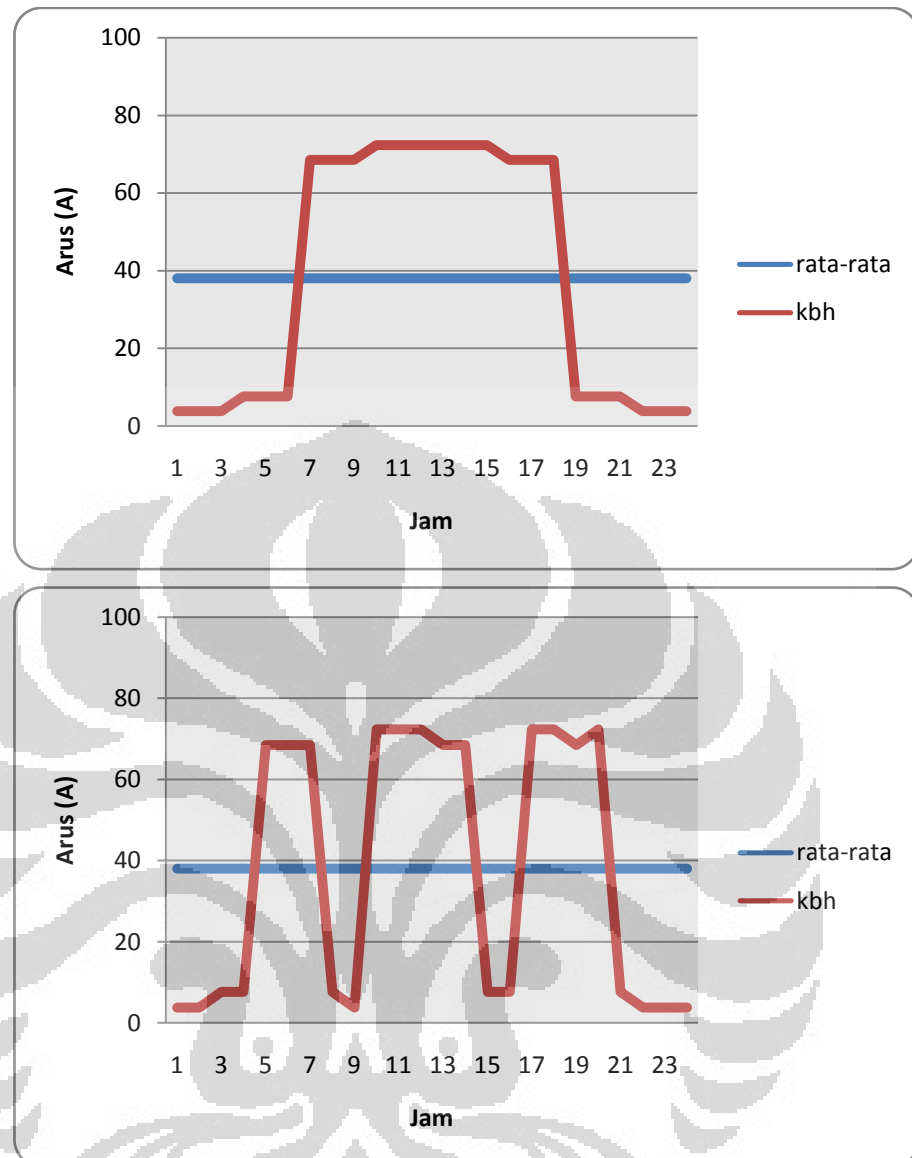
Gambar 4.1 KBH dengan Koefisien Variasi 0

Dengan bentuk kurva beban harian diatas didapatkan nilai susut sebesar 48,19 kWh atau dalam persen sebesar 0,18%.



Gambar 4.2 KBH dengan Koefisien Variasi 0,26

Dengan bentuk kurva beban harian diatas didapatkan nilai susut sebesar 51,32 kWh atau dalam persen sebesar 0,19%



Gambar 4.3 KBH dengan Koefisien Variasi 0,87

Pada gambar diatas terdapat dua kurva beban harian yang berbeda namun memiliki nilai koefisien variasi yang sama. Walaupun secara visual berbeda namun dapat dikatakan memiliki bentuk yang sama secara koefisien variasi. Hal ini mendukung perepresentasian bentuk kurva yang menggunakan koefisien variasi. Yaitu bahwa selama nilai koefisien variasinya sama, susut yang dihasilkan tetap sama. Dengan bentuk kurva beban harian diatas didapatkan nilai susut sebesar 83,12 kWh atau dalam persen sebesar 0,31%.

4.1.3 Analisis

Dari hasil perhitungan pada penyulang sample dapat dilihat bahwa terdapat korelasi antara besar susut yang terjadi pada konduktor penyulang dengan bentuk kurva beban harian. Semakin besar nilai koefisien variasi, akan memperbesar susut yang terjadi pada pemakaian energi yang sama. Susut paling kecil didapatkan pada saat nilai koefisien variasi sama dengan 0, atau secara grafis saat kurva beban harian rata.

Dari korelasi diatas, untuk mengurangi susut dapat dilakukan dengan memperbaiki kurva beban harian. Dengan memperkecil nilai koefisien variasi kurva beban harian dapat menurunkan susut tanpa mengurangi konsumsi energi hariannya. Hal ini dapat menjadi pertimbangan untuk diaplikasikan terutama pada penyulang-penyulang dengan nilai koefisien variasi yang masih tinggi.

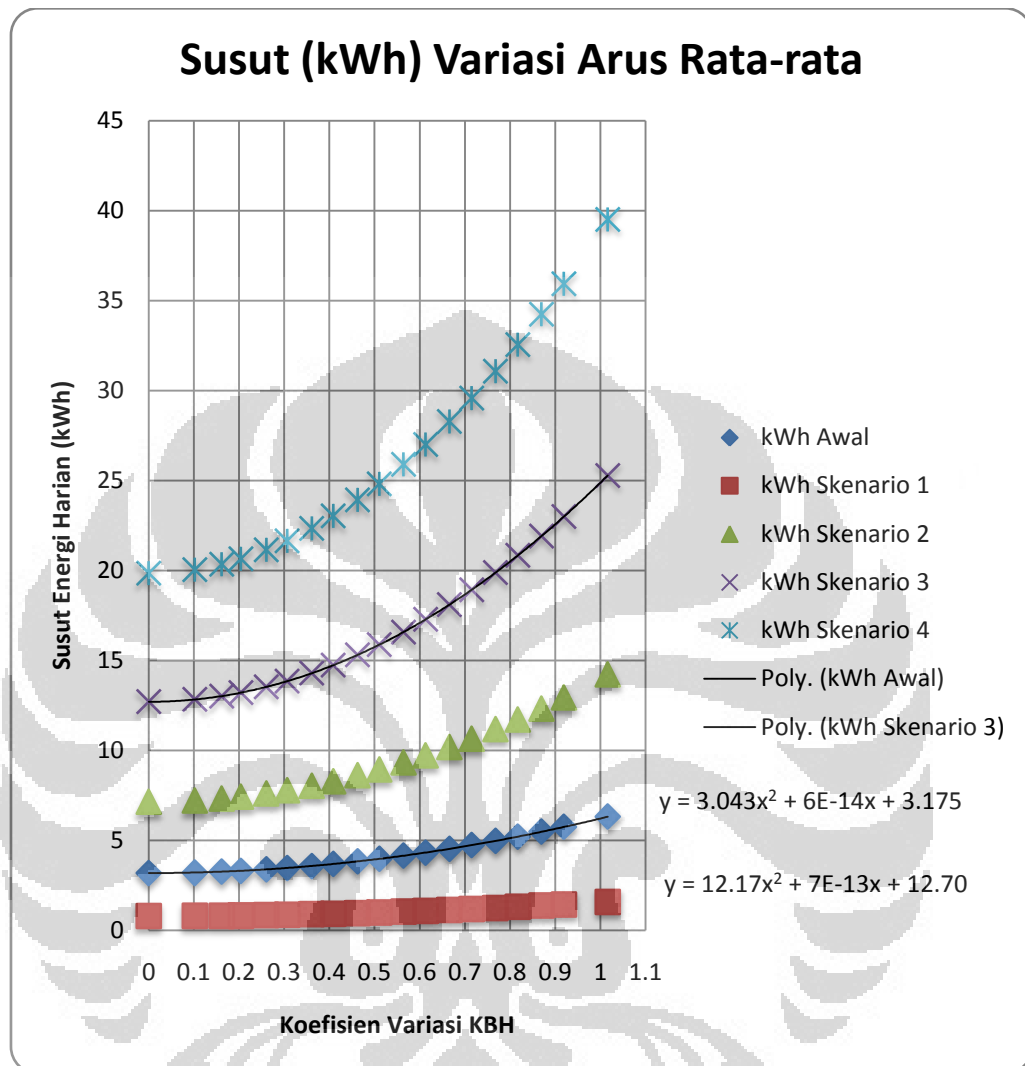
Besar susut yang terjadi masih tetap dipengaruhi oleh besar energi atau arus beban pada penyulang. Hal ini dapat dilihat jika membandingkan hasil perhitungan antara penyulang Hitam dan Dongker. Kedua penyulang ini memiliki jumlah GD yang sama dan panjang total penyulang yang hampir sama. Penyulang Hitam memiliki nilai koefisien variasi kurva beban harian yang tinggi (rata-rata diatas 0,9), sedangkan penyulang Dongker memiliki nilai koefisien variasi yang kecil (0,1). Walaupun demikian besar susut pada penyulang Dongker jauh lebih tinggi dibanding penyulang Hitam. Hal ini menunjukkan bahwa susut secara dominan masih dipengaruhi besar arus pada penyulang. Pada perhitungan selanjutnya akan dilakukan variasi besar arus rata-rata atau dengan kata lain variasi besar energi harian pada masing-masing penyulang.

4.2 Perhitungan Susut dengan Variasi Nilai Arus Rata-rata

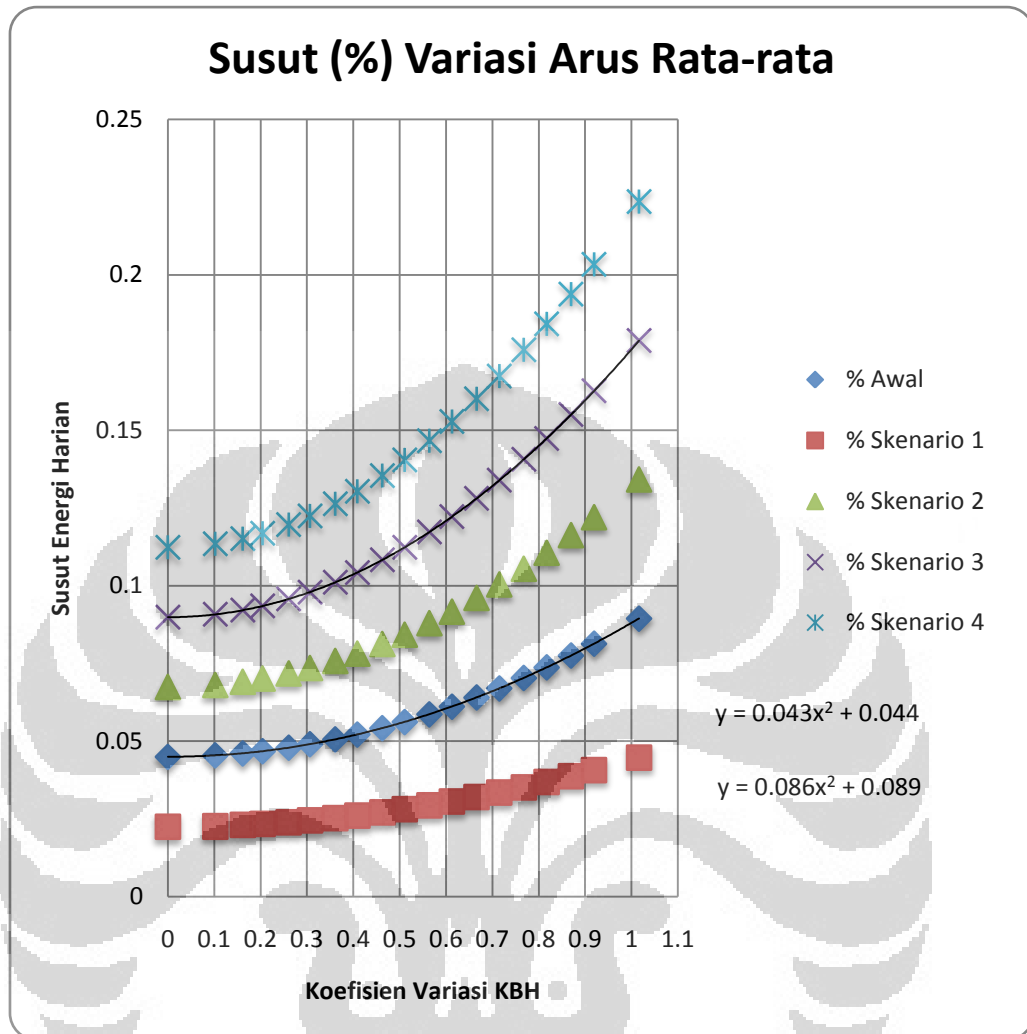
Untuk mengetahui hubungan antara pengaruh bentuk kurva beban pada kondisi arus rata-rata yang berubah, maka dilakukan perhitungan dengan skenario seperti pada Tabel 3.6. Perhitungan dilakukan pada masing-masing penyulang sample.

4.2.1 Penyulang Hitam

Arus awal 30 A.



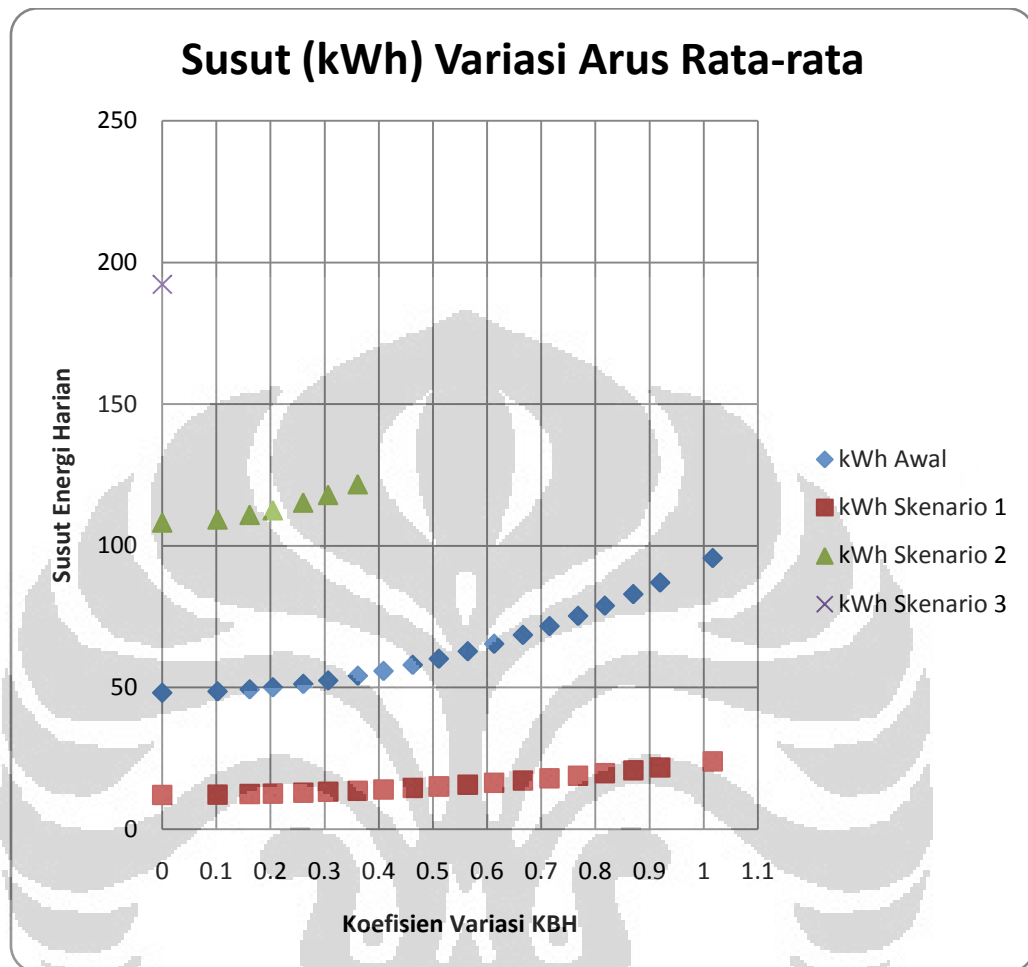
Grafik 4.9 Variasi Arus Pada Susut Penyulang Hitam



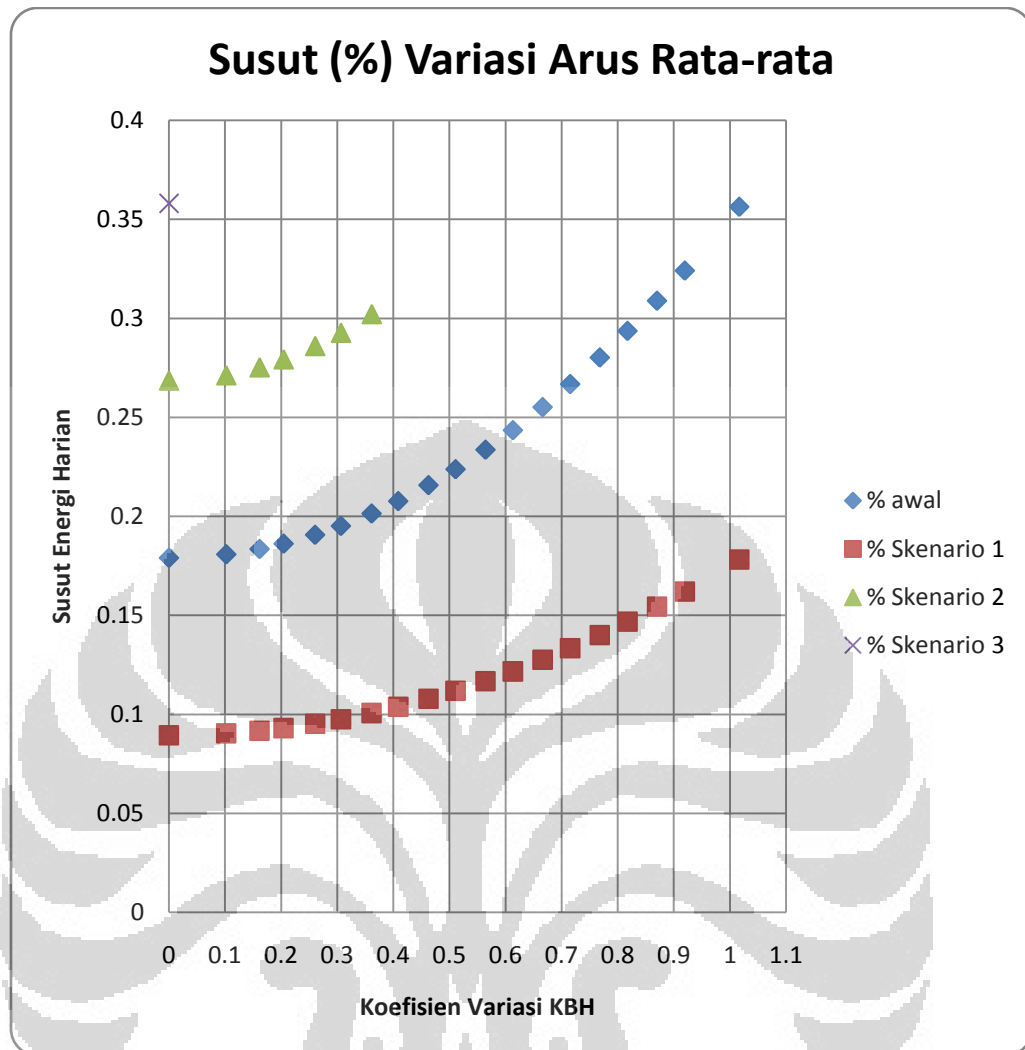
Grafik 4.10 Variasi Arus Pada % Susut Penyulang Hitam

4.2.2 Penyulang Dongker

Arus awal 100 A.



Grafik 4.11 Variasi Arus Pada Susut Penyulang Dongker



Grafik 4.12 Variasi Arus pada % Susut Penyulang Dongker

4.2.3 Analisis

Dari hasil-hasil diatas dapat dilihat bahwa susut tetap dipengaruhi oleh besar arus secara dominan. Pada semua penyulang menunjukkan bentuk persamaan regresi lebih curam ketika nilai arus bertambah. Jika dianalisis secara angka akan menunjukkan hasil sebagai berikut:

Penyulang Hitam

Pada kondisi awal misal nilai K penyulang adalah 0,8, maka besar susut harian yang terjadi adalah:

Susut = 5,12 kWh

Susut = 0,072%

Nilai KV diperkecil menjadi 0,4. Besar susut baru adalah:

Susut = 3,66 kWh

Susut = 0,051%

Penurunan Susut = **28,52%**

Pada Skenario 3 dimana arus rata-rata naik dua kali lipat, dengan nilai K 0,8 besar susut yang terjadi adalah:

Susut = 20,49 kWh

Susut = 0,14%

Jika nilai KV diturunkan menjadi 0,4, besar susut yang baru adalah:

Susut = 14,65 kWh

Susut = 0,1%

Penurunan Susut = **28,52%**

Secara energi, penurunan jumlah susut pada nilai arus yang lebih tinggi juga menunjukkan angka yang lebih tinggi. Namun penurunan susut menunjukkan nilai yang sama dalam persen.

Hal lain yang dapat dilihat dari hasil diatas adalah bahwa nilai koefisien dan konstanta dari persamaan regresi berubah mengikuti pola tertentu saat nilai arus berubah.

Bentuk umum persamaan regresi susut $y = ax^2 + bx + c$

Tabel 4.5 Hasil Regresi Masing-masing Skenario

Skenario	besar arus	a	b	c	faktor kali terhadap koefisien kondisi awal	
					a	c
kondisi awal	I	3.043	-1.00E-13	3.175	1	1
skenario 2	1,5 I	6.847	-7.00E-14	7.145	2.25	2.25
skenario 3	2 I	12.17	-5.00E-13	12.7	4.00	4.00
skenario 4	2,5 I	19.02	-4.00E-13	19.84	6.25	6.25

Koefisien b bernilai sangat kecil, pada perhitungan nilai ini dapat diabaikan. Jika dilihat, faktor kali koefisien terhadap koefisien kondisi awal mengikuti pola tertentu. Faktor kali skenario 2 adalah 2,25. Nilai ini sesuai dengan faktor kali arus yang dikuadratkan. Begitu pula pada skenario 3 dan 4. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa faktor kali mengikuti pola sebagai berikut:

$$faktorkali = \left(\frac{I_{baru}}{I_{awal}} \right)^2 \quad (4.9)$$

Dengan demikian pada persamaan regresi berlaku:

$$y_2 = \left(\frac{I_2}{I_1} \right)^2 y_1 \quad (4.10)$$

Dengan

y_1 : Persamaan regresi pada nilai I_1

y_2 : Persamaan regresi pada nilai I_2

4.3 Model untuk Penyulang Lain

Model ini dibuat untuk menghitung susut pada penyulang lain. Panjang rata-rata antar GD didapatkan sebesar 788 m dan standar deviasi 849 m. Persamaan regresi dibuat dengan menggunakan arus per fasa 25 A

Persamaan regresi untuk model didapatkan

$$y_1 = 4,247x^2 + 4,432 \quad (4.11)$$

Dengan konsep persamaan 4.10, persamaan susut secara umum sebagai berikut:

$$susut = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \left(\frac{i}{I_1} \right)^2 y_1 \quad (4.12)$$

Dari persamaan diatas persamaan pada penyulang didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$susut = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \left(\frac{i}{25} \right)^2 (4,247K^2 + 4,432) \quad (4.13)$$

Dengan

n : jumlah GD penyulang

i : arus di ujung penyulang (A)

K : koefisien variasi penyulang

susut : susut energi pada penyulang dalam kurun waktu satu hari (kWh)

Persamaan model susut penyulang diatas digunakan untuk menghitung susut pada setiap penyulang di Area Cempaka Putih pada hari kerja dan hari libur. Besar arus dan koefisien variasi yang digunakan sebagai input ke persamaan model susut didapatkan dari nilai rata-rata dari arus dan koefisien variasi sejak tanggal 1 April 2012 sampai 14 April 2012.

Hasil perhitungan dengan persamaan model susut adalah sebagai berikut:

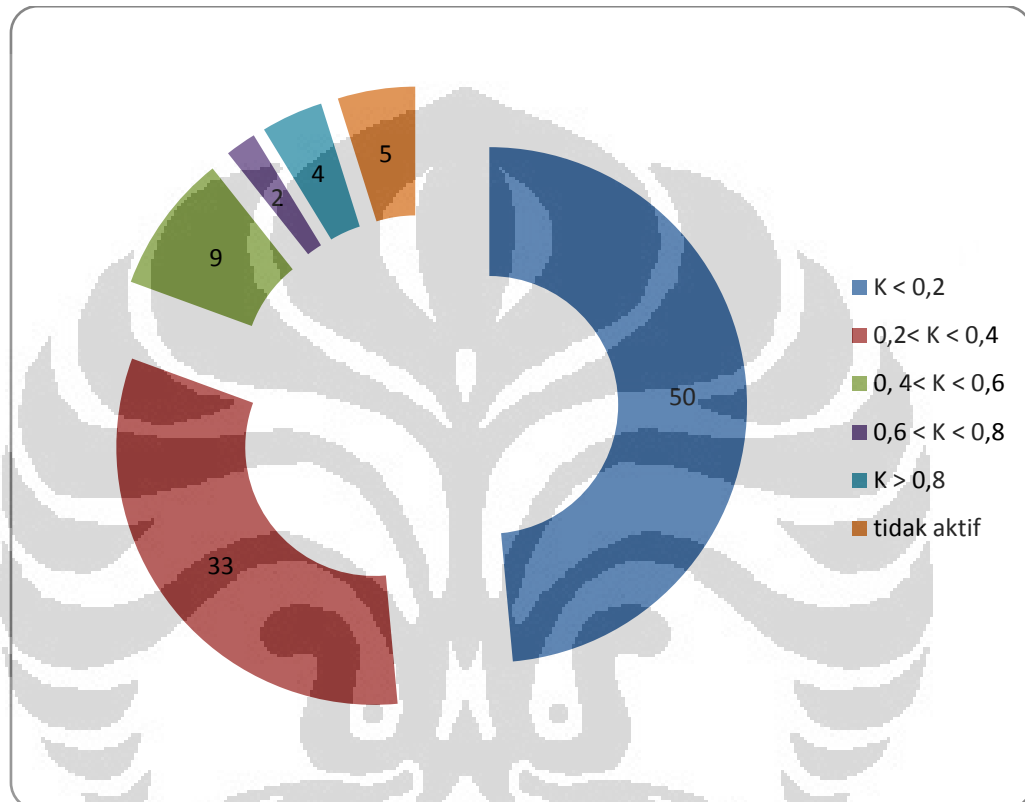
Tabel 4.6 Hasil Susut pada Konduktor JTM

K Sebenarnya		
susut harian	hari kerja	2385.60507 kWh
	hari libur	1908.407162 kWh
susut mingguan		15744.83967 kWh
susut 1 tahun		818731.663 kWh
energi in harian	hari kerja	1841046.601 kWh
	hari libur	1541508.621 kWh
energi in mingguan		12288250.25 kWh
energi in 1 tahun		638989012.8 kWh
% susut		0.128129224 %
K = 0,8		
susut harian	hari kerja	3676.871058 kWh
	hari libur	2988.569127 kWh
susut mingguan		24361.49354 kWh
susut 1 tahun		1266797.664 kWh
energi in harian	hari kerja	1841046.601 kWh
	hari libur	1541508.621 kWh
energi in mingguan		12288250.25 kWh
energi in 1 tahun		638989012.8 kWh
% susut		0.198250305 %

Susut total didapatkan sebesar 0,128 %. Nilai ini cukup kecil karena pada kondisi nyata nya nilai K kurva beban harian penyulang-penyulang bernilai kecil. Sebagai pembanding dimisalkan nilai K kurva beban penyulang-penyulang diatur sebesar 0,8. Dengan nilai K tersebut susut bertambah menjadi 0,198% pada energi input yang sama besar.

4.4 Analisis Umum Kondisi Penyulang PLN Area Cempaka Putih

PT. PLN Area Cempaka Putih memiliki total 103 penyulang TM dengan kondisi arus beban dan kurva beban harian yang berbeda-beda. Berdasarkan data arus rata-rata per jam pada masing-masing penyulang pada tanggal 1 April 2012 sampai 14 April 2012 didapatkan kondisi penyulang di Area cempaka Putih sebagai berikut:



Gambar 4.4 Kondisi K KBH Penyulang-penyulang Cempaka Putih

Kondisi K KBH penyulang di PT. PLN Area Cempaka Putih sudah cukup baik. Penyulang dengan nilai K kurva dibawah 0,2 mendominasi dengan jumlah total 50 penyulang. Penyulang dengan nilai K lebih dari 0,4 berjumlah 15 penyulang. Pada penyulang-penyulang ini dapat dipertimbangkan untuk memperkecil nilai K kurva beban hariannya jika ingin memperkecil susut pada penyulang tanpa mengurangi energi yang terjual.

BAB 5

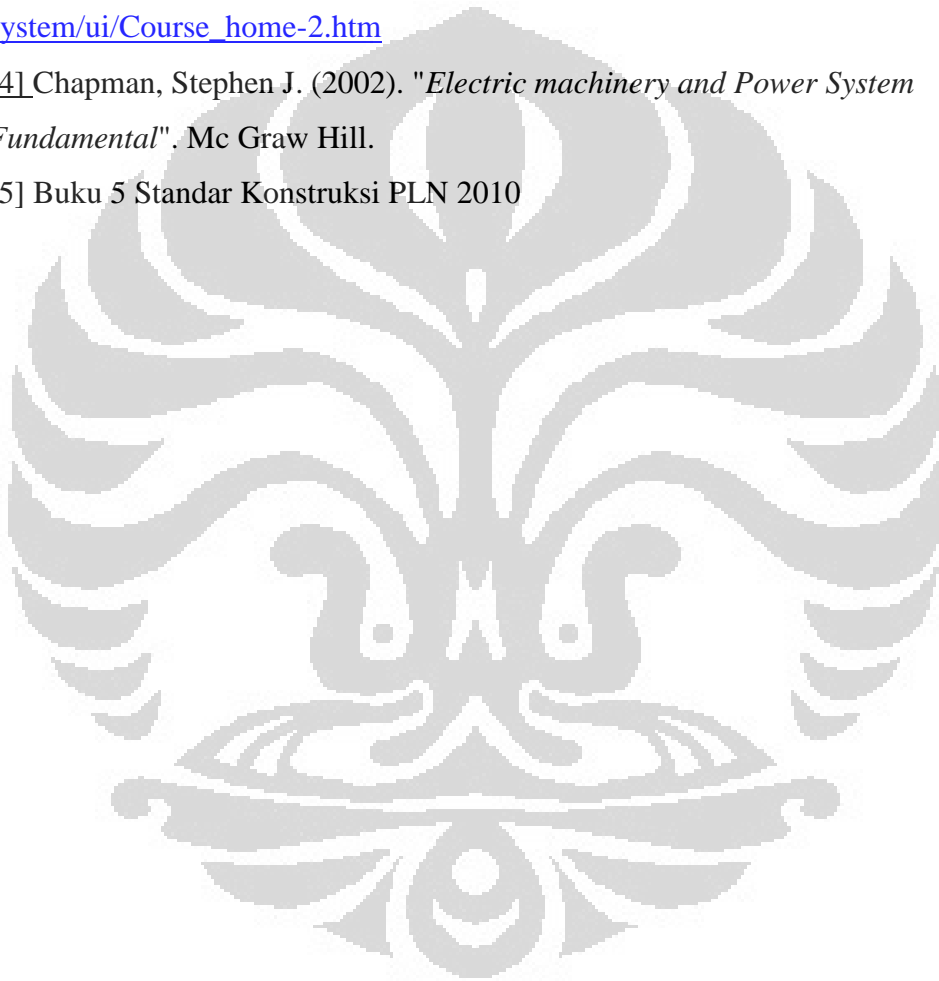
KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Terdapat korelasi antara bentuk kurva beban dengan susut yang terjadi pada konduktor JTM PT. PLN Area Cempaka Putih
2. Persamaan regresi korelasi antara bentuk kurva beban yang direpresentasikan dengan koefisien variasi (K) berupa persamaan polinomial orde dua.
3. Semakin besar nilai K kurva beban harian maka susut yang terjadi pada konduktor JTM akan semakin besar pada besar energi harian yang sama.
4. Susut total pada konduktor JTM PT. PLN Area Cempaka Putih didapatkan sebesar 0,128%.

DAFTAR ACUAN

- [1] UU No. 30 Tahun 2009
- [2] Buku 1 Standar Konstruksi PLN 2010
- [3] Ghosh, Arindam. "*Transmission Line Model*". 6 Januari 2012.
http://nptel.iitm.ac.in/courses/Webcourse-contents/IIT-KANPUR/power-system/ui/Course_home-2.htm
- [4] Chapman, Stephen J. (2002). "*Electric machinery and Power System Fundamental*". Mc Graw Hill.
- [5] Buku 5 Standar Konstruksi PLN 2010



DAFTAR PUSTAKA

Benedict, E., dkk., *Losses in Electric Power Systems*, Purdue University, 1992.

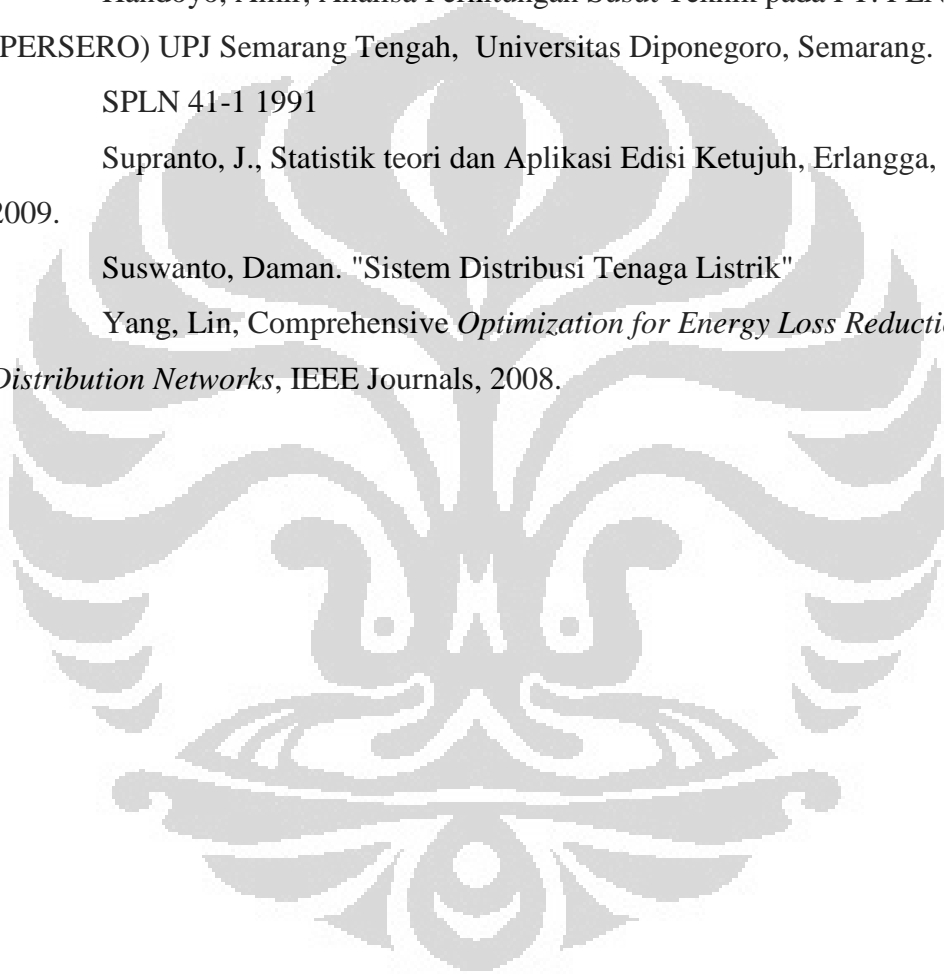
Essential Services Commission, *Guidance Paper: Calculation Methodology for Distribution Loss Factors for the Victorian Jurisdiction*, Melbourne, 2007.

Handoyo, Amir, Analisa Perhitungan Susut Teknik pada PT. PLN (PERSERO) UPJ Semarang Tengah, Universitas Diponegoro, Semarang. SPLN 41-1 1991

Supranto, J., *Statistik teori dan Aplikasi Edisi Ketujuh*, Erlangga, Jakarta 2009.

Suswanto, Daman. "Sistem Distribusi Tenaga Listrik"

Yang, Lin, *Comprehensive Optimization for Energy Loss Reduction in Distribution Networks*, IEEE Journals, 2008.



LAMPIRAN

Hasil perhitungan susut penyulang dengan persamaan model (hari kerja).

penyulang	jumlah gd	i mean	KV	i gw	pengali	a	b	y	susut
AMBON	18	20.49383	0.213332	1.138546	2109	0.008809	0.009192	0.009593	20.23187
ANGGADA	14	45.97222	0.165815	3.28373	1015	0.073272	0.076464	0.078478	79.65534
ANGIN	7	15.71759	0.129152	2.24537	140	0.034259	0.035752	0.036323	5.08523
ATAP	14	50.54784	0.116121	3.61056	1015	0.088583	0.092442	0.093636	95.04092
BADAI	12	38.23302	0.260077	3.186085	650	0.068979	0.071984	0.07665	49.82219
BANDREK	20	31.78241	0.144574	1.58912	2870	0.01716	0.017907	0.018266	52.42372
BARUNA	4	20.4321	0.194021	5.108025	30	0.1773	0.185023	0.191697	5.750919
BASS	8	37.22994	0.140733	4.653742	204	0.147166	0.153576	0.156491	31.92419
BEKEN	1	6.473765	0.143551	6.473765	1	0.284784	0.29719	0.303058	0.303058
BETON	15	42.19907	0.095859	2.813272	1240	0.053781	0.056123	0.056617	70.20566
BIAK	17	29.51389	0.43004	1.736111	1785	0.020481	0.021373	0.025161	44.91265
BIOLA	15	18.78858	0.381621	1.252572	1240	0.010661	0.011126	0.012678	15.72107
BIRU	8	22.27623	0.173925	2.784529	204	0.052687	0.054982	0.056576	11.54153
BOGOR	9	15.12346	0.44449	1.680384	285	0.019188	0.020023	0.023814	6.787064
CANDA	6	33.85031	0.111411	5.641718	91	0.216284	0.225706	0.22839	20.78352
CELO	16	18.43364	0.516543	1.152103	1496	0.00902	0.009412	0.011819	17.68122
D.PERTIWI	1	9.012346	0.459011	9.012346	1	0.551922	0.575964	0.692249	0.692249
D.PERTIWI	2	20.0463	0.365993	10.02315	5	0.68267	0.712407	0.803851	4.019255
D.PERTIWI	e	0				0	0		
D.PERTIWI	1	21.08025	0.909017	21.08025	1	3.019629	3.151165	5.646321	5.646321
D.PERTIWI	1	21.64352	0.989583	21.64352	1	3.183156	3.321815	6.438996	6.438996
DEMOKRA	15	43.01698	0.106046	2.867798	1240	0.055886	0.05832	0.058948	73.09602
DEPAN	11	29.51389	0.133179	2.683081	506	0.048918	0.051049	0.051917	26.26982
DITAKTOR	17	33.20216	0.203007	1.953068	1785	0.02592	0.027049	0.028117	50.1896
DONGKER	13	38.04784	0.147203	2.926757	819	0.058207	0.060743	0.062004	50.78113
GELAK	12	38.78086	0.22008	3.231739	650	0.07097	0.074061	0.077499	50.37429
GEPENG	16	8.780864	0.098476	0.548804	1496	0.002047	0.002136	0.002156	3.224802
GITAR	12	20.61728	0.286451	1.718107	650	0.020059	0.020932	0.022578	14.67593
GLASIS	2	49.5216	0.025963	24.7608	5	4.166119	4.347596	4.350404	21.75202
GURAME	7	19.07407	0.132779	2.724868	140	0.050454	0.052651	0.053541	7.49574
GURAU	9	44.35185	0.161964	4.927984	285	0.165022	0.17221	0.176539	50.31357
HIAU	11	46.35802	0.087461	4.214366	506	0.120689	0.125946	0.126869	64.19579
HITAM	13	9.814815	0.992879	0.754986	819	0.003873	0.004042	0.00786	6.437611
JATAYU	11	42.19404	0.109695	3.835822	506	0.099981	0.104337	0.10554	53.40306
JATENG	12	17.09877	0.163338	1.424897	650	0.013797	0.014397	0.014766	9.597622
JENDELA	7	14.24383	0.141148	2.034832	140	0.028136	0.029361	0.029922	4.189074
KALBAR	e	3.08642	0.431569			0	0	0	
KAMPAK	e	9.128086	0.564475			0	0	0	
KASWARI	15	23.32001	0.148095	1.554667	1240	0.016424	0.017139	0.0175	21.69946
KESA1	1	56.62037	0.292478	56.62037	1	21.7845	22.73344	24.59695	24.59695
KESA2	1	56.62037	0.292478	56.62037	1	21.7845	22.73344	24.59695	24.59695
KESOHOR	1	6.057099	0.139873	6.057099	1	0.249305	0.260165	0.265043	0.265043
KONDANG	4	22.63117	0.121239	5.657793	30	0.217519	0.226994	0.230191	6.90573
KUMBARA	e	35.22377	0.213784			0	0	0	
KUNING	11	54.15123	0.092914	4.92284	506	0.164677	0.171851	0.173272	87.67577
KUTILANG	12	31.52006	0.312979	2.626672	650	0.046883	0.048925	0.053518	34.78639
LANTAI	9	39.83025	0.111835	4.425583	285	0.133089	0.138887	0.140551	40.05711
LELAP	18	31.35417	0.081088	1.741898	2109	0.020618	0.021516	0.021652	45.66355
LESMANA	18	49.86883	0.098488	2.77049	2109	0.052157	0.054429	0.054935	115.8585
MALANG	e	5.229451	0.475727			0	0	0	
MAMIRI	e	17.99383	0.091826			0	0	0	
MANDOLIN	e	3.356481	0.137232			0	0	0	
MERAH	12	30.63272	0.258657	2.552726	650	0.04428	0.046209	0.049172	31.9616

MERAUKE	10	5.859165	0.473821	0.585917	385	0.002333	0.002434	0.002958	1.138876
MERPATI	3	51.0571	0.148001	17.01903	14	1.968213	2.053948	2.09706	29.35884
MUJAER	6	34.77456	0.134615	5.79576	91	0.228256	0.238199	0.242336	22.05253
NANDI	1	21.86728	0.163142	21.86728	1	3.249316	3.390857	3.477338	3.477338
NGAKAK	6	17.3071	0.092107	2.884516	91	0.056539	0.059002	0.059482	5.412819
ORANGE	11	54.32099	0.106919	4.938272	506	0.165711	0.17293	0.174824	88.461
ORGAN	11	27.14506	0.530134	2.467733	506	0.041381	0.043183	0.054813	27.7354
PADANG	14	50.84105	0.207695	3.631504	1015	0.089614	0.093517	0.097383	98.84388
PAHAT	9	10.6713	0.607623	1.1857	285	0.009553	0.009969	0.013497	3.846508
PAM I	1	16.69753	0.645693	16.69753	1	1.894553	1.97708	2.766957	2.766957
PAM II	1	28.15586	0.106043	28.15586	1	5.386913	5.621568	5.682144	5.682144
PARANG	10	26.53549	0.355391	2.653549	385	0.047847	0.049931	0.055975	21.55024
PARKIT	20	30.05542	0.270265	1.502771	2870	0.015346	0.016014	0.017135	49.17773
PAUS	e	0.154321				0	0		
PGSTL1	1	22.38426	0.276813	22.38426	1	3.404769	3.553082	3.813973	3.813973
PGSTL10	1	18.88889	0.332045	18.88889	1	2.42446	2.53007	2.797376	2.797376
PGSTL2	1	22.38426	0.276813	22.38426	1	3.404769	3.553082	3.813973	3.813973
PGSTL3	1	22.38426	0.276813	22.38426	1	3.404769	3.553082	3.813973	3.813973
PGSTL4	1	32.61574	0.293283	32.61574	1	7.228642	7.543523	8.165294	8.165294
PGSTL5	1	32.61574	0.293283	32.61574	1	7.228642	7.543523	8.165294	8.165294
PGSTL6	1	21.02623	0.279302	21.02623	1	3.004175	3.135038	3.369391	3.369391
PGSTL7	1	21.02623	0.279302	21.02623	1	3.004175	3.135038	3.369391	3.369391
PGSTL8	1	0			1	0	0		
PGSTL9	1	18.88889	0.332045	18.88889	1	2.42446	2.53007	2.797376	2.797376
PHOSFOR	e	0				0	0		
PIANO	8	40.13889	0.172539	5.017361	204	0.171062	0.178513	0.183606	37.45557
PINTU	e	6.134259	0.067809			0	0	0	
POPULER	e	0				0	0		
PUTIH	16	25.70954	0.331464	1.606846	1496	0.017545	0.018309	0.020237	30.27424
PUYER	e	22.41714	0.18479			0	0	0	
RAHWANA	E	7.256944	0.477241			0	0	0	
RATUS	e	23.75	0.366253			0	0	0	
RESEP	5	22.28395	0.330196	4.45679	55	0.134973	0.140852	0.155568	8.556261
RONTGEN	12	15.82562	0.222035	1.318801	650	0.011818	0.012333	0.012916	8.395351
SEKOP	25	36.65123	0.316394	1.466049	5525	0.014605	0.015241	0.016703	92.28491
SEMPATI	6	6.743827	0.200056	1.123971	91	0.008584	0.008958	0.009302	0.846479
SERANG	18	31.04938	0.402048	1.724966	2109	0.020219	0.0211	0.024368	51.39253
SHINTA	9	40.58642	0.113979	4.509602	285	0.138191	0.14421	0.146006	41.61158
SUBALI	1	32.39969	0.123313	32.39969	1	7.133193	7.443916	7.552385	7.552385
SUGRIWA	16	43.41049	0.220522	2.713156	1496	0.050021	0.0522	0.054632	81.73001
SULFIDA	1	1.975309	0.722531	1.975309	1	0.026514	0.027669	0.04151	0.04151
TEKUKUR	9	43.26389	0.100619	4.807099	285	0.157025	0.163865	0.165455	47.15457
TELEGRAP	11	14.52932	0.691869	1.320847	506	0.011855	0.012372	0.018046	9.131496
TEMBOK	16	35.66358	0.084304	2.228974	1496	0.033761	0.035231	0.035471	53.0651
TENAR	4	13.5571	0.095382	3.389275	30	0.078058	0.081458	0.082168	2.465042
TENSI	15	24.64506	0.14193	1.643004	1240	0.018343	0.019142	0.019512	24.19481
TONGKOL	6	26.00309	0.157073	4.333848	91	0.127629	0.133189	0.136337	12.40671
TORNADO	e	2.214506	0.314715			0	0	0	
UBIN	8	23.47994	0.143192	2.934992	204	0.058535	0.061085	0.062285	12.70615
UNGU	e	27.78013	0.344434			0	0	0	
E input		1841047						Total	2385.605

Hasil perhitungan susut susut penyulang dengan persamaan model (hari libur).

penyulang	jumlah gd	i mean	KV	igw	pengali	a	b	y	susut
AMBON	18	14.98611	0.107722	0.832562	2109	0.00471	0.004915	0.00497	10.4817
ANGGADA	14	45.48611	0.148338	3.249008	1015	0.07173	0.074855	0.076433	77.57995
ANGIN	7	15.72222	0.121139	2.246032	140	0.034279	0.035773	0.036276	5.078601
ATAP	14	48.64444	0.13419	3.474603	1015	0.082038	0.085611	0.087088	88.39469
BADAI	12	35.19444	0.227233	2.93287	650	0.05845	0.060997	0.064015	41.60952
BANDREK	20	28.80556	0.125229	1.440278	2870	0.014096	0.01471	0.014931	42.8521
BARUNA	4	19.80556	0.174032	4.951389	30	0.166593	0.17385	0.178895	5.366857
BASS	8	29.73611	0.142656	3.717014	204	0.093884	0.097973	0.099884	20.37633
BEKEN	1	6.388889	0.142341	6.388889	1	0.277366	0.289448	0.295068	0.295068
BETON	15	45.85714	0.082882	3.057143	1240	0.063509	0.066275	0.066711	82.72225
BIAK	17	9.611111	0.790366	0.565359	1785	0.002172	0.002267	0.003623	6.467671
BIOLA	15	11.04167	0.228077	0.736111	1240	0.003682	0.003842	0.004034	5.002125
BIRU	8	14.34722	0.137219	1.793403	204	0.021855	0.022807	0.023219	4.736655
BOGOR	9	10.80556	0.377317	1.200617	285	0.009795	0.010222	0.011616	3.310661
CANDA	6	32.58333	0.104488	5.430556	91	0.200397	0.209126	0.211314	19.22957
CELO	16	10	0.178423	0.625	1496	0.002654	0.00277	0.002855	4.270334
D.PERTIWI	1	9.347222	0.461373	9.347222	1	0.5937	0.619562	0.74594	0.74594
D.PERTIWI	2	18.95833	0.318586	9.479167	5	0.61058	0.637177	0.699149	3.495746
D.PERTIWI	e								
D.PERTIWI	1	21.61111	0.91737	21.61111	1	3.173631	3.311875	5.982699	5.982699
D.PERTIWI	1	21.34722	1.020102	21.34722	1	3.096599	3.231487	6.453836	6.453836
DEMOKRA	15	40.91667	0.093749	2.727778	1240	0.050562	0.052764	0.053208	65.97839
DEPAN	11	31.64444	0.128397	2.876768	506	0.056236	0.058685	0.059612	30.16387
DITAKTOR	17	23.375	0.163674	1.375	1785	0.012847	0.013407	0.013751	24.54547
DONGKER	13	36.125	0.09675	2.778846	819	0.052472	0.054758	0.055249	45.24919
GELAK	12	33.18056	0.133332	2.765046	650	0.051953	0.054216	0.055139	35.84049
GEPENG	16	8	0.137925	0.5	1496	0.001699	0.001773	0.001805	2.700455
GITAR	12	15.375	0.150822	1.28125	650	0.011155	0.011641	0.011895	7.731536
GLASIS	2	48.625	0.019922	24.3125	5	4.016627	4.191592	4.193186	20.96593
GURAME	7	7.236111	0.101179	1.03373	140	0.007261	0.007578	0.007652	1.071277
GURAU	9	38.66667	0.09211	4.296296	285	0.125427	0.130891	0.131955	37.60708
HIJAU	11	44.83333	0.137699	4.075758	506	0.112881	0.117798	0.119938	60.68859
HITAM	13	8.236111	1.016112	0.633547	819	0.002727	0.002846	0.005662	4.63746
JATAYU	11	42.27778	0.081079	3.843434	506	0.100379	0.104751	0.105411	53.33796
JATENG	12	10.59722	0.266513	0.883102	650	0.005299	0.00553	0.005907	3.839301
JENDELA	7	14.36667	0.119976	2.052381	140	0.028623	0.02987	0.030282	4.239486
KALBAR	e		0.188091						
KAMPAK	e		0.479237						
KASWARI	15	23.65278	0.090804	1.576852	1240	0.016896	0.017632	0.017771	22.03643
KESA1	1	44.30556	0.265223	44.30556	1	13.33886	13.9199	14.8582	14.8582
KESA2	1	44.30556	0.265223	44.30556	1	13.33886	13.9199	14.8582	14.8582
KESOHOR	1	5.625	0.124175	5.625	1	0.215004	0.22437	0.227685	0.227685
KONDANG	4	16.18056	0.102522	4.045139	30	0.111191	0.116034	0.117203	3.516092
KUMBARA	e		0.188449						
KUNING	11	54.20833	0.09338	4.92803	506	0.165025	0.172213	0.173652	87.86802
KUTILANG	12	30	0.282554	2.5	650	0.04247	0.04432	0.047711	31.01193
LANTAI	9	39.67778	0.100058	4.408642	285	0.132072	0.137825	0.139148	39.6571
LELAP	18	29.75	0.095827	1.652778	2109	0.018562	0.019371	0.019541	41.21261
LESMANA	18	49.26389	0.092958	2.736883	2109	0.0509	0.053117	0.053557	112.951
MALANG	e		0.590639						
MAMIRI	e		0.094639						
MANDOLIN	e		0.087869						
MERAH	12	34.40278	0.16346	2.866898	650	0.05585	0.058283	0.059776	38.85413

MERAUKE	10	4.013889	0.305022	0.401389	385	0.001095	0.001142	0.001244	0.479072
MERPATI	3	52.54167	0.112167	17.51389	14	2.084335	2.175128	2.201353	30.81894
MUJJAER	6	34.34722	0.13329	5.724537	91	0.222681	0.232381	0.236337	21.50668
NANDI	1	21.95833	0.107989	21.95833	1	3.276431	3.419153	3.457361	3.457361
NGAKAK	6	14.81944	0.105151	2.469907	91	0.041454	0.043259	0.043718	3.97832
ORANGE	11	57.43056	0.075653	5.22096	506	0.185226	0.193295	0.194355	98.34364
ORGAN	11	10.22222	0.325991	0.929293	506	0.005868	0.006124	0.006747	3.414222
PADANG	14	27.88889	0.200468	1.992063	1015	0.026966	0.02814	0.029224	29.66216
PAHAT	9	4.555556	0.249659	0.506173	285	0.001741	0.001817	0.001925	0.548727
PAM I	1	15.73611	0.672579	15.73611	1	1.682663	1.75596	2.517134	2.517134
PAM II	1	28.09722	0.097422	28.09722	1	5.364497	5.598175	5.64909	5.64909
PARANG	10	12.30556	0.235404	1.230556	385	0.01029	0.010738	0.011308	4.353648
PARKIT	20	29.91414	0.272936	1.495707	2870	0.015202	0.015864	0.016996	48.77981
PAUS	e								
PGSTL1	1	24.56944	0.379024	24.56944	1	4.101974	4.280657	4.869943	4.869943
PGSTL10	1	19.19444	0.307169	19.19444	1	2.503533	2.612587	2.848803	2.848803
PGSTL2	1	24.56944	0.379024	24.56944	1	4.101974	4.280657	4.869943	4.869943
PGSTL3	1	24.56944	0.379024	24.56944	1	4.101974	4.280657	4.869943	4.869943
PGSTL4	1	35.65278	0.359159	35.65278	1	8.637518	9.01377	10.12797	10.12797
PGSTL5	1	35.65278	0.359159	35.65278	1	8.637518	9.01377	10.12797	10.12797
PGSTL6	1	20.48611	0.304359	20.48611	1	2.851815	2.97604	3.240215	3.240215
PGSTL7	1	20.23611	0.320086	20.23611	1	2.782636	2.903848	3.188944	3.188944
PGSTL8	1								
PGSTL9	1	19.19444	0.307169	19.19444	1	2.503533	2.612587	2.848803	2.848803
PHOSFOR	e								
PIANO	8	33.63889	0.110748	4.204861	204	0.120145	0.125378	0.126852	25.87782
PINTU	e								
POPULER	e								
PUTIH	16	17.73611	0.375513	1.108507	1496	0.00835	0.008714	0.009891	14.79693
PUYER	e		0.090299						
RAHWANA	E		0						
RATUS	e		0.333171						
RESEP	5	20.81944	0.315987	4.163889	55	0.117815	0.122947	0.134711	7.409083
RONTGEN	12	14.68056	0.178185	1.22338	650	0.01017	0.010613	0.010936	7.108398
SEKOP	25	14.65278	0.257497	0.586111	5525	0.002334	0.002436	0.002591	14.31412
SEMPATI	6	6.375	0.176185	1.0625	91	0.007671	0.008005	0.008243	0.750151
SERANG	18	14.47222	0.20826	0.804012	2109	0.004393	0.004584	0.004775	10.06947
SHINTA	9	40.31944	0.1111	4.479938	285	0.136379	0.142319	0.144003	41.04075
SUBALI	1	33.27778	0.126837	33.27778	1	7.525076	7.852869	7.973929	7.973929
SUGRIWA	16	42.84722	0.208294	2.677951	1496	0.048731	0.050854	0.052968	79.24053
SULFIDA	1	0.111111	1.44463	0.111111	1	8.39E-05	8.75E-05	0.000263	0.000263
TEKUKUR	9	43.41667	0.095114	4.824074	285	0.158136	0.165024	0.166455	47.43962
TELEGRAP	11	13.63889	0.73115	1.239899	506	0.010447	0.010902	0.016486	8.342013
TEMBOK	16	35.27778	0.078857	2.204861	1496	0.033034	0.034473	0.034679	51.87929
TENAR	4	12.81944	0.100816	3.204861	30	0.069794	0.072835	0.073544	2.206321
TENSI	15	25.02778	0.109788	1.668519	1240	0.018918	0.019742	0.01997	24.7623
TONGKOL	6	26.43056	0.139437	4.405093	91	0.13186	0.137604	0.140167	12.75522
TORNADO	e		0.659461						
UBIN	8	22.74444	0.114371	2.843056	204	0.054925	0.057318	0.058036	11.83942
UNGU	e		0.164894						
		E input	1541509					TOTAL	1908.407

Hasil perhitungan dengan nilai KV 0,8 (hari kerja).

penyulang	jumlah gd	i mean	KV	igw	pengali	a	b	y	susut
AMBON	18	20.49383	0.8	1.138546	2109	0.008809	0.009192	0.01483	31.27581
ANGGADA	14	45.97222	0.8	3.28373	1015	0.073272	0.076464	0.123358	125.2079
ANGIN	7	15.71759	0.8	2.24537	140	0.034259	0.035752	0.057678	8.074858
ATAP	14	50.54784	0.8	3.61056	1015	0.088583	0.092442	0.149135	151.3722
BADAI	12	38.23302	0.8	3.186085	650	0.068979	0.071984	0.11613	75.48472
BANDREK	20	31.78241	0.8	1.58912	2870	0.01716	0.017907	0.02889	82.91371
BARUNA	4	20.4321	0.8	5.108025	30	0.1773	0.185023	0.298495	8.954846
BASS	8	37.22994	0.8	4.653742	204	0.147166	0.153576	0.247762	50.54355
BEKEN	1	6.473765	0.8	6.473765	1	0.284784	0.29719	0.479452	0.479452
BETON	15	42.19907	0.8	2.813272	1240	0.053781	0.056123	0.090543	112.2731
BIAK	17	29.51389	0.8	1.736111	1785	0.020481	0.021373	0.034481	61.54944
BIOLA	15	18.78858	0.8	1.252572	1240	0.010661	0.011126	0.017949	22.25656
BIRU	8	22.27623	0.8	2.784529	204	0.052687	0.054982	0.088702	18.09525
BOGOR	9	15.12346	0.8	1.680384	285	0.019188	0.020023	0.032303	9.206464
CANDA	6	33.85031	0.8	5.641718	91	0.216284	0.225706	0.364128	33.13562
CELO	16	18.43364	0.8	1.152103	1496	0.00902	0.009412	0.015185	22.71668
D.PERTIWI	1	9.012346	0.8	9.012346	1	0.551922	0.575964	0.929194	0.929194
D.PERTIWI	2	20.0463	0.8	10.02315	5	0.68267	0.712407	1.149315	5.746576
D.PERTIWI	e	0	0.8			0	0	0	
D.PERTIWI	1	21.08025	0.8	21.08025	1	3.019629	3.151165	5.083728	5.083728
D.PERTIWI	1	21.64352	0.8	21.64352	1	3.183156	3.321815	5.359035	5.359035
DEMOKRA	15	43.01698	0.8	2.867798	1240	0.055886	0.05832	0.094087	116.6675
DEPAN	11	29.51389	0.8	2.683081	506	0.048918	0.051049	0.082357	41.67244
DITAKTOR	17	33.20216	0.8	1.953068	1785	0.02592	0.027049	0.043638	77.89399
DONGKER	13	38.04784	0.8	2.926757	819	0.058207	0.060743	0.097995	80.25795
GELAK	12	38.78086	0.8	3.231739	650	0.07097	0.074061	0.119482	77.66346
GEPENG	16	8.780864	0.8	0.548804	1496	0.002047	0.002136	0.003446	5.154624
GITAR	12	20.61728	0.8	1.718107	650	0.020059	0.020932	0.03377	21.95051
GLASIS	2	49.5216	0.8	24.7608	5	4.166119	4.347596	7.013912	35.06956
GURAME	7	19.07407	0.8	2.724868	140	0.050454	0.052651	0.084942	11.89186
GURAU	9	44.35185	0.8	4.927984	285	0.165022	0.17221	0.277824	79.17977
HIJAU	11	46.35802	0.8	4.214366	506	0.120689	0.125946	0.203187	102.8125
HITAM	13	9.814815	0.8	0.754986	819	0.003873	0.004042	0.006521	5.340628
JATAYU	11	42.19404	0.8	3.835822	506	0.099981	0.104337	0.168325	85.17228
JATENG	12	17.09877	0.8	1.424897	650	0.013797	0.014397	0.023227	15.09772
JENDELA	7	14.24383	0.8	2.034832	140	0.028136	0.029361	0.047368	6.631568
KALBAR	e	3.08642	0.8			0	0	0	
KAMPAK	e	9.128086	0.8			0	0	0	
KASWARI	15	23.32001	0.8	1.554667	1240	0.016424	0.017139	0.027651	34.28683
KESA1	1	56.62037	0.8	56.62037	1	21.7845	22.73344	36.67552	36.67552
KESA2	1	56.62037	0.8	56.62037	1	21.7845	22.73344	36.67552	36.67552
KESOHOR	1	6.057099	0.8	6.057099	1	0.249305	0.260165	0.419721	0.419721
KONDANG	4	22.63117	0.8	5.657793	30	0.217519	0.226994	0.366206	10.98617
KUMBARA	e	35.22377	0.8			0	0	0	
KUNING	11	54.15123	0.8	4.92284	506	0.164677	0.171851	0.277244	140.2855
KUTILANG	12	31.52006	0.8	2.626672	650	0.046883	0.048925	0.07893	51.30455
LANTAI	9	39.83025	0.8	4.425583	285	0.133089	0.138887	0.224064	63.85821
LELAP	18	31.35417	0.8	1.741898	2109	0.020618	0.021516	0.034712	73.20706
LESMANA	18	49.86883	0.8	2.77049	2109	0.052157	0.054429	0.08781	185.1914
MALANG	e	5.229451	0.8			0	0	0	
MAMIRI	e	17.99383	0.8			0	0	0	
MANDOLIN	e	3.356481	0.8			0	0	0	
MERAH	12	30.63272	0.8	2.552726	650	0.04428	0.046209	0.074549	48.45658

MERAUKE	10	5.859165	0.8	0.585917	385	0.002333	0.002434	0.003927	1.512039
MERPATI	3	51.0571	0.8	17.01903	14	1.968213	2.053948	3.313604	46.39046
MUJJAER	6	34.77456	0.8	5.79576	91	0.228256	0.238199	0.384283	34.96979
NANDI	1	21.86728	0.8	21.86728	1	3.249316	3.390857	5.470419	5.470419
NGAKAK	6	17.3071	0.8	2.884516	91	0.056539	0.059002	0.095187	8.662003
ORANGE	11	54.32099	0.8	4.938272	506	0.165711	0.17293	0.278985	141.1664
ORGAN	11	27.14506	0.8	2.467733	506	0.041381	0.043183	0.069667	35.25151
PADANG	14	50.84105	0.8	3.631504	1015	0.089614	0.093517	0.15087	153.1334
PAHAT	9	10.6713	0.8	1.1857	285	0.009553	0.009969	0.016083	4.583794
PAM I	1	16.69753	0.8	16.69753	1	1.894553	1.97708	3.189594	3.189594
PAM II	1	28.15586	0.8	28.15586	1	5.386913	5.621568	9.069192	9.069192
PARANG	10	26.53549	0.8	2.653549	385	0.047847	0.049931	0.080554	31.01316
PARKIT	20	30.05542	0.8	1.502771	2870	0.015346	0.016014	0.025835	74.1478
PAUS	e	0.154321	0.8			0	0	0	
PGSTL1	1	22.38426	0.8	22.38426	1	3.404769	3.553082	5.732134	5.732134
PGSTL10	1	18.88889	0.8	18.88889	1	2.42446	2.53007	4.081725	4.081725
PGSTL2	1	22.38426	0.8	22.38426	1	3.404769	3.553082	5.732134	5.732134
PGSTL3	1	22.38426	0.8	22.38426	1	3.404769	3.553082	5.732134	5.732134
PGSTL4	1	32.61574	0.8	32.61574	1	7.228642	7.543523	12.16985	12.16985
PGSTL5	1	32.61574	0.8	32.61574	1	7.228642	7.543523	12.16985	12.16985
PGSTL6	1	21.02623	0.8	21.02623	1	3.004175	3.135038	5.05771	5.05771
PGSTL7	1	21.02623	0.8	21.02623	1	3.004175	3.135038	5.05771	5.05771
PGSTL8	1	0	0.8		1	0	0	0	
PGSTL9	1	18.88889	0.8	18.88889	1	2.42446	2.53007	4.081725	4.081725
PHOSFOR	e	0	0.8			0	0	0	
PIANO	8	40.13889	0.8	5.017361	204	0.171062	0.178513	0.287993	58.75053
PINTU	e	6.134259	0.8			0	0	0	
POPULER	e	0	0.8			0	0	0	
PUTIH	16	25.70954	0.8	1.606846	1496	0.017545	0.018309	0.029538	44.18869
PUYER	e	22.41714	0.8			0	0	0	
RAHWANA	E	7.256944	0.8			0	0	0	
RATUS	e	23.75	0.8			0	0	0	
RESEP	5	22.28395	0.8	4.45679	55	0.134973	0.140852	0.227235	12.49793
RONTGEN	12	15.82562	0.8	1.318801	650	0.011818	0.012333	0.019897	12.93311
SEKOP	25	36.65123	0.8	1.466049	5525	0.014605	0.015241	0.024588	135.8502
SEMPATI	6	6.743827	0.8	1.123971	91	0.008584	0.008958	0.014452	1.315172
SERANG	18	31.04938	0.8	1.724966	2109	0.020219	0.0211	0.03404	71.79073
SHINTA	9	40.58642	0.8	4.509602	285	0.138191	0.14421	0.232652	66.30591
SUBALI	1	32.39969	0.8	32.39969	1	7.133193	7.443916	12.00916	12.00916
SUGRIWA	16	43.41049	0.8	2.713156	1496	0.050021	0.0522	0.084213	125.983
SULFIDA	1	1.975309	0.8	1.975309	1	0.026514	0.027669	0.044638	0.044638
TEKUKUR	9	43.26389	0.8	4.807099	285	0.157025	0.163865	0.264361	75.34281
TELEGRAP	11	14.52932	0.8	1.320847	506	0.011855	0.012372	0.019959	10.09919
TEMBOK	16	35.66358	0.8	2.228974	1496	0.033761	0.035231	0.056838	85.03004
TENAR	4	13.5571	0.8	3.389275	30	0.078058	0.081458	0.131415	3.942445
TENSI	15	24.64506	0.8	1.643004	1240	0.018343	0.019142	0.030882	38.29392
TONGKOL	6	26.00309	0.8	4.333848	91	0.127629	0.133189	0.214871	19.55328
TORNADO	e	2.214506	0.8			0	0	0	
UBIN	8	23.47994	0.8	2.934992	204	0.058535	0.061085	0.098547	20.10365
UNGU	e	27.78013	0.8			0	0	0	
		E input		1841047				Total	3676.871

Hasil perhitungan dengan nilai KV 0,8 (hari libur).

penyulang	jumlah gd	i mean	KV	igw	pengali	a	b	y	susut
AMBON	18	14.98611	0.8	0.832562	2109	0.00471	0.004915	0.00793	16.72401
ANGGADA	14	45.48611	0.8	3.249008	1015	0.07173	0.074855	0.120763	122.574
ANGIN	7	15.72222	0.8	2.246032	140	0.034279	0.035773	0.057712	8.079616
ATAP	14	48.64444	0.8	3.474603	1015	0.082038	0.085611	0.138115	140.1869
BADAI	12	35.19444	0.8	2.93287	650	0.05845	0.060997	0.098405	63.96317
BANDREK	20	28.80556	0.8	1.440278	2870	0.014096	0.01471	0.023731	68.10912
BARUNA	4	19.80556	0.8	4.951389	30	0.166593	0.17385	0.280469	8.414072
BASS	8	29.73611	0.8	3.717014	204	0.093884	0.097973	0.158059	32.24404
BEKEN	1	6.388889	0.8	6.388889	1	0.277366	0.289448	0.466962	0.466962
BETON	15	45.85714	0.8	3.057143	1240	0.063509	0.066275	0.106921	132.5818
BIAK	17	9.611111	0.8	0.565359	1785	0.002172	0.002267	0.003657	6.527073
BIOLA	15	11.04167	0.8	0.736111	1240	0.003682	0.003842	0.006199	7.686689
BIRU	8	14.34722	0.8	1.793403	204	0.021855	0.022807	0.036795	7.506141
BOGOR	9	10.80556	0.8	1.200617	285	0.009795	0.010222	0.016491	4.69986
CANDA	6	32.58333	0.8	5.430556	91	0.200397	0.209126	0.33738	30.70159
CELO	16	10	0.8	0.625	1496	0.002654	0.00277	0.004469	6.685325
D.PERTIWI	1	9.347222	0.8	9.347222	1	0.5937	0.619562	0.99953	0.99953
D.PERTIWI	2	18.95833	0.8	9.479167	5	0.61058	0.637177	1.027948	5.139741
D.PERTIWI	e		0.8						
D.PERTIWI	1	21.61111	0.8	21.61111	1	3.173631	3.311875	5.342999	5.342999
D.PERTIWI	1	21.34722	0.8	21.34722	1	3.096599	3.231487	5.213311	5.213311
DEMOKRA	15	40.91667	0.8	2.727778	1240	0.050562	0.052764	0.085123	105.553
DEPAN	11	31.64444	0.8	2.876768	506	0.056236	0.058685	0.094676	47.90612
DITAKTOR	17	23.375	0.8	1.375	1785	0.012847	0.013407	0.021629	38.60775
DONGKER	13	36.125	0.8	2.778846	819	0.052472	0.054758	0.088341	72.35088
GELAK	12	33.18056	0.8	2.765046	650	0.051953	0.054216	0.087465	56.85243
GEPENG	16	8	0.8	0.5	1496	0.001699	0.001773	0.00286	4.278608
GITAR	12	15.375	0.8	1.28125	650	0.011155	0.011641	0.01878	12.20709
GLASIS	2	48.625	0.8	24.3125	5	4.016627	4.191592	6.762233	33.81116
GURAME	7	7.236111	0.8	1.03373	140	0.007261	0.007578	0.012225	1.711486
GURAU	9	38.66667	0.8	4.296296	285	0.125427	0.130891	0.211164	60.18166
HIJAU	11	44.83333	0.8	4.075758	506	0.112881	0.117798	0.190041	96.1608
HITAM	13	8.236111	0.8	0.633547	819	0.002727	0.002846	0.004592	3.760733
JATAYU	11	42.27778	0.8	3.843434	506	0.100379	0.104751	0.168993	85.51067
JATENG	12	10.59722	0.8	0.883102	650	0.005299	0.00553	0.008922	5.79917
JENDELA	7	14.36667	0.8	2.052381	140	0.028623	0.02987	0.048189	6.746443
KALBAR	e		0.8						
KAMPAK	e		0.8						
KASWARI	15	23.65278	0.8	1.576852	1240	0.016896	0.017632	0.028445	35.27235
KESA1	1	44.30556	0.8	44.30556	1	13.33886	13.9199	22.45677	22.45677
KESA2	1	44.30556	0.8	44.30556	1	13.33886	13.9199	22.45677	22.45677
KESOHOR	1	5.625	0.8	5.625	1	0.215004	0.22437	0.361973	0.361973
KONDANG	4	16.18056	0.8	4.045139	30	0.111191	0.116034	0.187197	5.615895
KUMBARA	e		0.8						
KUNING	11	54.20833	0.8	4.92803	506	0.165025	0.172213	0.277829	140.5815
KUTILANG	12	30	0.8	2.5	650	0.04247	0.04432	0.071501	46.47552
LANTAI	9	39.67778	0.8	4.408642	285	0.132072	0.137825	0.222352	63.37025
LELAP	18	29.75	0.8	1.652778	2109	0.018562	0.019371	0.031251	65.90774
LESMANA	18	49.26389	0.8	2.736883	2109	0.0509	0.053117	0.085693	180.7257
MALANG	e		0.8						
MAMIRI	e		0.8						
MANDOLIN	e		0.8						
MERAH	12	34.40278	0.8	2.866898	650	0.05585	0.058283	0.094028	61.11795

MERAUKE	10	4.013889	0.8	0.401389	385	0.001095	0.001142	0.001843	0.709614
MERPATI	3	52.54167	0.8	17.51389	14	2.084335	2.175128	3.509103	49.12744
MUJJAER	6	34.34722	0.8	5.724537	91	0.222681	0.232381	0.374897	34.1156
NANDI	1	21.95833	0.8	21.95833	1	3.276431	3.419153	5.516068	5.516068
NGAKAK	6	14.81944	0.8	2.469907	91	0.041454	0.043259	0.06979	6.350876
ORANGE	11	57.43056	0.8	5.22096	506	0.185226	0.193295	0.31184	157.7909
ORGAN	11	10.22222	0.8	0.929293	506	0.005868	0.006124	0.00988	4.999041
PADANG	14	27.88889	0.8	1.992063	1015	0.026966	0.02814	0.045398	46.07902
PAHAT	9	4.555556	0.8	0.506173	285	0.001741	0.001817	0.002931	0.83536
PAM I	1	15.73611	0.8	15.73611	1	1.682663	1.75596	2.832864	2.832864
PAM II	1	28.09722	0.8	28.09722	1	5.364497	5.598175	9.031454	9.031454
PARANG	10	12.30556	0.8	1.230556	385	0.01029	0.010738	0.017323	6.669512
PARKIT	20	29.91414	0.8	1.495707	2870	0.015202	0.015864	0.025593	73.45238
PAUS	e		0.8						
PGSTL1	1	24.56944	0.8	24.56944	1	4.101974	4.280657	6.90592	6.90592
PGSTL10	1	19.19444	0.8	19.19444	1	2.503533	2.612587	4.214849	4.214849
PGSTL2	1	24.56944	0.8	24.56944	1	4.101974	4.280657	6.90592	6.90592
PGSTL3	1	24.56944	0.8	24.56944	1	4.101974	4.280657	6.90592	6.90592
PGSTL4	1	35.65278	0.8	35.65278	1	8.637518	9.01377	14.54178	14.54178
PGSTL5	1	35.65278	0.8	35.65278	1	8.637518	9.01377	14.54178	14.54178
PGSTL6	1	20.48611	0.8	20.48611	1	2.851815	2.97604	4.801201	4.801201
PGSTL7	1	20.23611	0.8	20.23611	1	2.782636	2.903848	4.684735	4.684735
PGSTL8	1		0.8	0	1	0	0	0	0
PGSTL9	1	19.19444	0.8	19.19444	1	2.503533	2.612587	4.214849	4.214849
PHOSFOR	e		0.8						
PIANO	8	33.63889	0.8	4.204861	204	0.120145	0.125378	0.202271	41.26334
PINTU	e		0.8						
POPULER	e		0.8						
PUTIH	16	17.73611	0.8	1.108507	1496	0.00835	0.008714	0.014057	21.03
PUYER	e		0.8						
RAHWANA	E		0.8						
RATUS	e		0.8						
RESEP	5	20.81944	0.8	4.163889	55	0.117815	0.122947	0.198349	10.90917
RONTGEN	12	14.68056	0.8	1.22338	650	0.01017	0.010613	0.017122	11.12927
SEKOP	25	14.65278	0.8	0.586111	5525	0.002334	0.002436	0.00393	21.71316
SEMPATI	6	6.375	0.8	1.0625	91	0.007671	0.008005	0.012915	1.17525
SERANG	18	14.47222	0.8	0.804012	2109	0.004393	0.004584	0.007395	15.59671
SHINTA	9	40.31944	0.8	4.479938	285	0.136379	0.142319	0.229602	65.43646
SUBALI	1	33.27778	0.8	33.27778	1	7.525076	7.852869	12.66892	12.66892
SUGRIWA	16	42.84722	0.8	2.677951	1496	0.048731	0.050854	0.082042	122.7348
SULFIDA	1	0.111111	0.8	0.111111	1	8.39E-05	8.75E-05	0.000141	0.000141
TEKUKUR	9	43.41667	0.8	4.824074	285	0.158136	0.165024	0.266231	75.87587
TELEGRAP	11	13.63889	0.8	1.239899	506	0.010447	0.010902	0.017587	8.899262
TEMBOK	16	35.27778	0.8	2.204861	1496	0.033034	0.034473	0.055615	83.20031
TENAR	4	12.81944	0.8	3.204861	30	0.069794	0.072835	0.117503	3.525093
TENSI	15	25.02778	0.8	1.668519	1240	0.018918	0.019742	0.031849	39.4925
TONGKOL	6	26.43056	0.8	4.405093	91	0.13186	0.137604	0.221994	20.20144
TORNADO	e		0.8						
UBIN	8	22.74444	0.8	2.843056	204	0.054925	0.057318	0.09247	18.86391
UNGU	e		0.8						
		E input	1541509					TOTAL	2988.569