

# Analisis Susut Energi (Losses) Jaringan Tegangan Menengah (20kV) Di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar

Tri Wahyudi Listin<sup>1)</sup>, Sarma Thaha<sup>2)</sup>, Kurniawati Naim AR<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang

<sup>1</sup> [Listinriwahyudi1@gmail.com](mailto:Listinriwahyudi1@gmail.com)

<sup>2</sup> [Sarma.thaha@gmail.com](mailto:Sarma.thaha@gmail.com)

<sup>3</sup> [nianaim@poliupg.ac.id](mailto:nianaim@poliupg.ac.id)

## Abstrak

Secara umum sistem tenaga listrik terdiri dari empat komponen utama yaitu pembangkit, jaringan distribusi, jaringan distribusi, dan beban. Proses penyaluran (distribusi) terdapat beberapa masalah, salah satu masalahnya yaitu rugi-rugi daya. Penyebab adanya rugi-rugi tersebut yaitu adanya resistansi pada penghantar serta faktor jarak menuju beban yang terlalu jauh sehingga menimbulkan adanya daya yang hilang pada penghantar. Penelitian ini bertujuan menghitung rugi-rugi daya yang terjadi dengan memberikan perbandingan perhitungan manual dengan simulasi ETAP 12.6.0 serta menghitung susut energi dan kerugian finansial yang terjadi pada saat beban puncak. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan yakni pendekatan kuantitatif dimana pengumpulan data dilakukan dengan studi literatur, observasi, dan wawancara langsung. Didapatkan hasil penelitian yaitu besar rugi-rugi daya yang terjadi pada saluran transmisi tegangan tinggi 20 kV pada saat beban puncak selama satu bulan secara manual sebesar 10,20204 kV sedangkan besar rugi-rugi daya dengan simulasi ETAP 12.6.0 sebesar 9,2 kV serta besar susut energi pada saluran transmisi MPH ke *substation* 3, 2 dan 4 dalam satu bulan sebesar 122,42448 kWh dengan kerugian finansial yang di tanggung pihak PT Angkasa Pura I (Persero) pada bulan Mei 2021 sebesar Rp 190.207.242. Dari hasil jumlah rupiah tarif tenaga listrik pada bulan Mei 2021 sebesar Rp 1.171.777.914 dibandingkan Rupiah rugi-rugi total daya sebesar Rp 190.207.242 sehingga kerugian perusahaan PT Angkasa Pura I (persero) sebesar 16,2%

**Keywords:** Rugi-rugi daya, Susut Energi, ETAP 12.6.0, dan Distribusi

## I. PENDAHULUAN

Pada tahun 1962, PN Angkasa Pura Kemayoran berubah nama menjadi PN Angkasa Pura, dengan maksud untuk lebih membuka kemungkinan mengelola bandar udara lain di wilayah Indonesia. Selanjutnya tahun 1974, status badan perusahaan diubah menjadi Perusahaan Umum (Perum). Tanggal 19 Mei 1987, nama Perum Angkasa Pura diubah menjadi Perusahaan Umum Angkasa Pura I. Selanjutnya berdasarkan PP Nomor 5 Tahun 1992, bentuk Perum berubah menjadi Perseroan Terbatas (PT) yang sahamnya dimiliki sepenuhnya oleh Negara Republik Indonesia sehingga namanya menjadi PT Angkasa Pura I. Hingga saat ini Angkasa Pura I mengelola 13 Bandara di kawasan tengah dan timur Indonesia salah satunya adalah Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar [1].

Bandara mengalami peningkatan kembali di masa penjajahan Jepang dengan melakukan perbaikan landasan pacu yang awalnya rumput menjadi beton. Namanya pun menjadi Lapangan Terbang Mandai. Penambahan landasan pacu pun terjadi dan akan dilakukan oleh pihak sekutu pada tahun 1945 dengan kode Runway 13-31 yang dibangun dengan ukuran 1745 x 45 meter

Bandar Udara Sultan Hasanuddin mengalami peningkatan jumlah penumpang dan wisatawan luar negeri setelah melalui keputusan Menteri Perhubungan Nomor. KM 61/1994 yang keluar pada tanggal 30 Oktober 1994 Melalui Keputusan itu Bandar Udara Sultan Hasanuddin

resmi menjadi Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin [1].

Bandar udara atau bandara memiliki pengertian yang berasal dari kata "bandar" (tempat berlabuh) dan "udara". Bandara dibedakan menjadi dua bagian yaitu Airside dan Lineside. Airside (sisi udara) adalah bagian bandara yang berhubungan dengan kegiatan take off (lepas landas) maupun landing (pendaratan) sehingga merupakan area terbatas, bagian dari airside meliputi runway, taxiway, apron. Sedangkan lineside (sisi darat) adalah bagian bandara yang terbuka untuk umum (public area) dan bangunan terminal yang terbatas untuk umum (restricted public area), bagian dari lineside meliputi terminal penumpang dan area parkir mobil dan motor [2].

Secara umum sistem tenaga listrik terdiri dari empat komponen utama, yaitu pembangkit, jaringan distribusi (sistem tenaga listrik yang bertegangan tinggi dan ekstra tinggi), jaringan distribusi (sistem tenaga listrik menengah dan sistem tenaga listrik rendah), dan beban. Proses pengiriman energi listrik dilakukan dengan cara bertahap yang dimulai dari sistem pembangkit kemudian disalurkan ke jaringan distribusi, dan disalurkan ke semua beban menggunakan saluran distribusi.

Jaringan distribusi adalah suatu saluran atau jaringan yang menghubungkan dari sumber daya listrik besar (gardu induk) ke peralatan atau pemakai listrik baik terminal, industri dan substation. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar

(bulk power source) sampai ke peralatan. Sistem distribusi daya listrik meliputi semua Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 KV dan semua Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 380/220 Volt hingga ke KWh meter pelanggan. Pendistribusian daya listrik dilakukan dengan menarik kabel distribusi melalui penghantar ke tanah. Penghantar bawah tanah dari mulai gardu induk hingga ke pusat – pusat beban. Pada sistem di bandar udara sultan hasanuddin makassar. Jadi untuk daerah ini tetap disuplai melalui hantaran bawah tanah 3 fasa 1 kabel. Jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang paling penting bagi peralatan.

Proses penyaluran terdapat beberapa masalah, salah satu masalahnya yaitu rugi-rugi daya dan susut energi. Penyebab adanya rugi-rugi tersebut yaitu memiliki beberapa faktor diantaranya, kebocoran isolator adanya resistansi pada penghantar serta faktor jarak menuju beban yang terlalu jauh sehingga menimbulkan adanya daya yang hilang pada penghantar. Faktor lain yang mempengaruhi susut pada jaringan adalah panjang jaringan dan luas penampang konduktornya, dimana semakin panjang jaringan dengan penampang konduktor yang kecil, maka susut pada jaringan akan semakin besar.

Kehilangan energi yang berupa rugi-rugi daya sulit untuk dihindari. Kerugian daya pada saluran distribusi sangat perlu diperhatikan karena dapat menyebabkan kehilangan daya yang besar. Besar daya yang hilang saat pen-transmisi harus dianalisa dan diantisipasi, sehingga daya yang hilang masih mencapai batas yang diperbolehkan. Kekurangan energi listrik pada daerah mengakibatkan tegangan merendah atau bisa mengakibatkan pemadaman listrik [3].

Berdasarkan dari uraian latar belakang diatas sehingga pada penelitian ini akan membahas tentang rugi-rugi daya dengan menggunakan software ETAP 12.6.0 untuk dibandingkan dengan perhitungan manual serta mengitung susut energi yang diakibatkan oleh rugi-rugi daya dan mengitung kerugian biaya akibat susut energi.

## II. KAJIAN LITERATUR

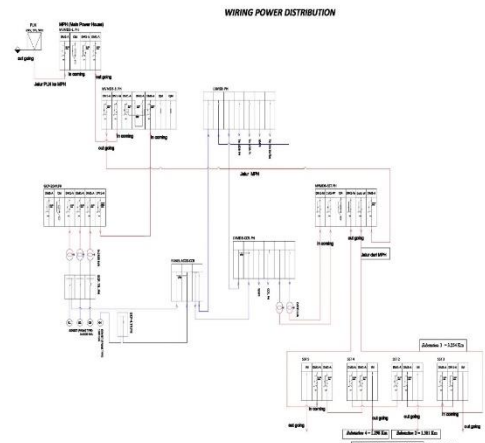
### A. Sistem Pendistribusian Tenaga Listrik

Pusat-pusat listrik, biasanya juga disebut sentral-sentral listrik (electric power stations), terutama yang menggunakan tenaga air, biasanya letaknya jauh dari tempat-tempat dimana tenaga listrik itu digunakan. Karena itu, tenaga listrik yang dibangkitkan harus disalurkan melalui kawat-kawat (saluran-saluran) transmisi. Saluran-saluran ini membawa tenaga listrik dari Pusat-Pusat Listrik Tenaga Air (PLTA) atau Pusat-Pusat Listrik Tenaga Termis (PLTT) ke pusat-pusat beban (load centers), baik langsung maupun melalui saluran-saluran penghubung, gardu-gardu induk (substation) dan gardu-gardu rele (relay substation) (Arismunandar, 2004) [4].

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan masyarakat yang sangat penting dan sebagai sumber daya ekonomis yang paling utama yang dibutuhkan dalam berbagai kegiatan. Dalam waktu yang akan datang kebutuhan listrik akan meningkat sering dengan adanya

peningkatan dan perkembangan baik dari jumlah penduduk, jumlah investasi, perkembangan teknologi termasuk didalamnya perkembangan dunia semua jenjang pendidikan.

Dalam proses penyaluran energi listrik, tenaga listrik dibangkitkan oleh suatu pusat pembangkit listrik, selanjutnya tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi. Tegangan distribusi yang digunakan dari kubikel yaitu 380V sampai 20 kV



Gambar 1. Sistem Pendistribusian Tenaga Listrik(Main Power House)

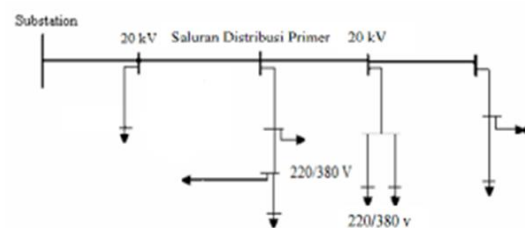
### B. Struktur jaringan distribusi (Main Power House)

#### a. Pusat pembangkit listrik

Pada bagian ini jika sistem pendistribusian tenaga listrik dilakukan secara langsung, maka bagian pertama dari sistem distribusi tenaga listrik adalah Pusat Pembangkit Tenaga Listrik. Terletak di daerah bado bado mandai pada umumnya berupa pusat gardu induk. Untuk menyalurkan tegangan listrik ke pusat-pusat beban (peralatan) dilakukan pada jaringan primer dan sekunder [4].

#### b. Jaringan Distribusi Primer

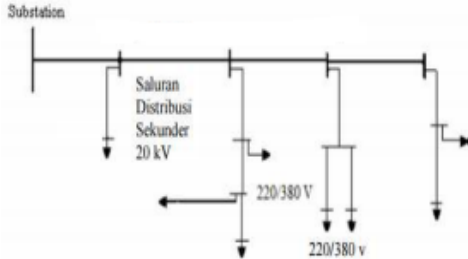
Jaringan distribusi primer merupakan awal penyaluran tenaga listrik dari Pusat Pembangkit Tenaga Listrik ke untuk sistem pendistribusian langsung. Sedangkan untuk sistem pendistribusian tak langsung merupakan tahap berikutnya dan jaringan transmisi dalam upaya menyalurkan tenaga listrik. Jaringan distribusi primer atau jaringan distribusi tegangan menengah memiliki tegangan sistem sebesar 20 kV [4].



Gambar 2. Jaringan Distribusi Primer

c. Jaringan Distribusi Sekunder

Jaringan distribusi sekunder atau Jaringan Distribusi Tegangan Rendah merupakan jaringan tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan peralatan. Oleh karena itu besarnya tegangan untuk jaringan distribusi sekunder ini tegangan kerja pada sistem jaringan distribusi sekunder adalah 220/380 volt. Pada gambar 5 terdapat jaringan distribusi sekunder [5].



Gambar 3. Jaringan Distribusi Sekunder

C. Transformator TM

Transformator adalah sebuah alat yang mentransfer energi antara 2 sirkuit yang melalui induksi elektromagnetik. Transformator di mungkin untuk di gunakan sebagai perubahan tegangan dengan mengubah tegangan sebuah arus bolak balik dari satu tingkat tegangan ke tingkat tegangan lainnya dari input ke input alat tertentu, untuk menyediakan kebutuhan yang berbeda dari sebuah tingkatan arus sebagai sumber arus cadangan, atau bisa juga di gunakan untuk mencocokkan impedansi antara sirkuit elektrik yang tidak sinkron untuk memaksimalkan pertukaran antara 2 sirkuit. Hal ini memungkinkan terjadinya pertambahan daya arus listrik yang terjadi dari sebuah benda yang memiliki arus tegangan listrik yang tidak stabil [6].



Gambar 4. Transformator TM (main power house)

D. Panel Kubikel TM

Kubikel 20 KV adalah komponen peralatan-peralatan untuk memutuskan dan menghubungkan, pengukuran tegangan, arus, maupun daya, peralatan proteksi, dan control yang terpasang pada ruang tertutup dan sebagai pembagi, penyalur, pengukur, pengontrol, dan proteksi sistem penyaluran tenaga listrik. Disebut sebagai kubikel karena peralatan-peralatan tersebut dikemas plat berbentuk almari dengan pintu di bagian depan yang bisa dibuka dan ditutup menurut standar operasi yang diminta. Kubikel 20 KV adalah seperangkat peralatan listrik yang dipasang pada Gardu Hubung [7].



Gambar 5. Kubikel (main power house)

E. Susut Distribusi

Susut (*losses*) adalah sejumlah energi yang hilang selama proses pengaliran energi listrik mulai dari gardu induk sampai ke konsumen. Apabila tidak terdapat gardu induk, susut dimulai dari gardu distribusi sampai ke konsumen. Nilai dari rugi daya pada jaringan merupakan nilai tunjuk kerja jaringan listrik dalam menyalurkan energi listrik dari pusat-pusat pembangkit sampai ke pusat-pusat beban. Penyebab susut ada beberapa faktor seperti jarak saluran listrik yang terlalu jauh, ketidakseimbangan beban, sambungan (*connector*) konduktor yang panas dll. Susut pada sistem transmisi tegangan tinggi sangat dipengaruhi oleh tingkat pembebanan, penampang konduktor, resistansi penghantar. Rugi-rugi daya merupakan sifat yang tidak dapat dihindari, tetapi hanya dapat diminimalkan.

Jenis susut (*losses*) menurut Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) No.217- 1.K/DIR/2005 tentang Pedoman Penyusunan Laporan Neraca Energi (kWh), Jenis susut (*losses*) energi listrik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Berdasarkan sifatnya, susut teknis dan susut nonteknis :
  - a. Susut teknis, yaitu hilangnya energi listrik yang dibangkitkan pada saat disalurkan karena berubah menjadi energi panas. Susut teknis ini tidak dapat dihilangkan (fenomena alam).
  - b. Susut nonteknis, yaitu hilang energi listrik yang dikonsumsi pelanggan maupun non pelanggan karena tidak tercatat dalam penjualan.

2. Berdasarkan tempat terjadinya, susut transmisi dan susut distribusi:
  - a. Susut transmisi, yaitu hilangnya energi listrik yang di bangkitkan pada saat disalurkan melalui jaringan transmisi ke gardu induk.
  - b. Susut distribusi, yaitu hilangnya energi listrik yang didistribusikan dari gardu induk melalui jaringan distribusi ke pelanggan.

Rugi-rugi daya mencerminkan adanya daya yang terbuang sehingga mengakibatkan daya yang diterima disisi penerima lebih kecil dari daya yang dikirim pada sisi pengirim. Pembuangan daya ini dikonversikan dalam bentuk panas pada sistem transmisi selama selang waktu tertentu. Sehingga energi yang diterima pada sisi penerima lebih kecil dari energi yang dikirim. Secara umum rugi- rugi daya ini disebabkan oleh tahanan pada penghantar [8].

#### F. Perhitungan Susut Pada Saluran Distribusi

Untuk mendapatkan besarnya susut yang terjadi pada saluran distribusi terdapat beberapa perhitungan yang digunakan sebagai berikut:

- a. Perhitungan Rugi-rugi daya secara manual

Dalam proses transmisi tenaga listrik sering kali dialami rugi-rugi daya yang cukup besar yang diakibatkan oleh komponen-komponen kawat penghantar itu sendiri, arus yang mengalir pada penghantar dengan resistansi akan menyebabkan terjadinya rugi-rugi pada penghantar tersebut, sehingga daya yang dikirim dari Gardu Induk ke konsumen akan berkurang. Rugi-rugi daya yang terjadi akibat adanya daya yang hilang pada saluran, kerugian daya ini mempengaruhi kualitas daya yang disalurkan ke sisi penerima, rugi-rugi daya yang besar menyebabkan kerugian finansial disisi perusahaan pengolah listrik.[9] Besarnya rugi-rugi daya pada penghantar saluran 3 fasa yaitu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1.

$$P_{losses} = 3I^2 R_{total} \quad (1)$$

Dimana:

$P_{losses}$  = Rugi-rugi daya (W)

$I$  = Arus yang disalurkan (A)

$R_{total}$  = Resistansi Total ( $\Omega$ )

Untuk mencari nilai Resistansi Total, dapat menggunakan persamaan 2.

$$R_{total} = R \times l \quad (2)$$

$R$  = Resistansi ( $\Omega/\text{km}$ )

$R_{total}$  = Resistansi Total ( $\Omega$ )

$l$  = Jarak penghantar (km)

- b. Perhitungan susut energi

Susut energi adalah suatu kondisi atau keadaan dimana jumlah energi yang disalurkan tidak sama dengan energi yang diterima pada sisi penerimaan. Susut energi adalah seharga dengan rugi daya rata-rata untuk periode tertentu dikalikan dengan jumlah jam dari periode yang

berangkutan. Susut Energi adalah jumlah energi kWh yang hilang. Persero Angkasa pura 1 akan mendapatkan kerugian finansial ketika susut energi bertambah besar. Faktor yang menentukan besarnya susut pada jaringan tegangan menengah adalah jenis atau ukuran saluran yang digunakan, panjang suplai energi listrik, dan besaran waktu pembebanan. Dikarenakan daya yang diterima berbeda dengan daya kirim. Sehingga daya kirim tidak bisa terjual sepenuhnya [9].

Peneliti melakukan perhitungan susut energi yang hilang dengan menggunakan persamaan 2.3 berikut:

$$E = P_{losses} \times t \quad (3)$$

Dimana:

$E$  = Susut energi (kWh)

$P_{losses}$  = Rugi-rugi Daya (W)

$t$  = Waktu pemakaian (jam)

- c. Perhitungan kerugian finansial

Susut (losses) adalah suatu bentuk kehilangan energi listrik yang berasal dari selisih sejumlah energi listrik yang tersedia dengan sejumlah energi listrik yang terjual. Susut (losses) ini diakibatkan oleh dua faktor yaitu faktor teknis yang berupa masalah jaringan dan faktor non teknis yaitu ketidakserempakan dalam pencatatan pemakaian atau dalam perhitungan kWh. Dalam istilah ekonomi losses ini erat kaitannya dalam masalah biaya efisiensi, sehingga bisa ditarik kesimpulan semakin tidak efisien (biaya tinggi) maka akan semakin kecil keuntungan dari pendapatan yang diperoleh. Ketidakefisienan biaya yang terjadi dalam aliran energi listrik erat kaitannya dengan permasalahan dalam segi teknologi dan peranan sumber daya manusia. Kerugian yang diderita PT Angkasa Pura I beberapa tahun belakangan ini selain disebabkan tidak adanya penyesuaian TDL (Tarif Dasar Listrik) juga disebabkan adanya ketidak efisienan dalam pengelolaannya, khususnya pengendalian terhadap susut (losses) energi listrik yang mengakibatkan hilangnya kesempatan perusahaan untuk memperoleh pendapatan akibat tidak terjualnya energi yang didistribusikan [10].

Susut (losses) yang merupakan sumber permasalahan dalam memperoleh pendapatan perusahaan. Susut (losses) mempunyai pengaruh yang sangat kuat dan positif karena tinggi rendahnya susut (losses) sangat dipengaruhi oleh tarif dasar listrik (TDL) artinya apabila susut (losses) meningkat maka pendapatan perusahaan akan meningkat, begitu pula sebaliknya. Tinggi rendahnya angka susut (losses) sangat penting, sebab secara finansial angka kesusutan identik dengan biaya/pendapatan yang hilang. Adanya daya listrik yang hilang pada saat proses pentransmisian mengakibatkan Angkasa Pura I mengalami kerugian biaya karena daya yang dibangkitkan tidak semua tersalurkan. Untuk menghitung kerugian finansial yang diakibatkan karena daya yang hilang, maka penulis menggunakan persamaan 4 berikut:

$$\text{Biaya Listrik} = E \times TTL \quad (4)$$

Dimana:

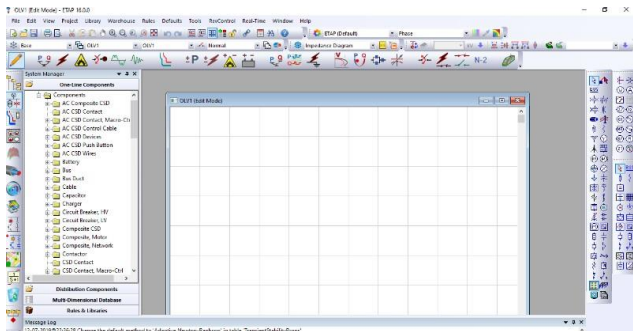
$E$  = Energi listrik (kWh)

$TTL$  = Tarif Tenaga Listrik (Rp/kWh)

### G. Eletrical transient Analyzer Program (ETAP) 12..6.0

Dalam perancangan dan analisis sebuah sistem tenaga listrik, sebuah software aplikasi sangat dibutuhkan untuk merepresentasikan kondisi real. Hal ini dikarenakan sulitnya meng-uji coba suatu sistem tenaga listrik dalam skala yang besar terhadap kondisi transien yang ekstrim. ETAP Power Station 12.6.0 merupakan salah satu software aplikasi yang banyak digunakan untuk mensimulasikan sistem tenaga listrik. Secara umum ETAP dapat digunakan untuk simulasi hasil perancangan dan analisis suatu sistem tenaga listrik yang meliputi [11].

Setiap komponen Sistem Tenaga Listrik dapat digambarkan dalam worksheet atau ruang kerja program dengan lambang-lambang tertentu. Spesifikasi masing-masing komponen dapat disesuaikan keadaan sebenarnya atau kondisi nyata di lapangan. Spesifikasi ini juga dapat dipilih sesuai data umumnya yang dapat diambil dari library atau data yang ada pada program. Misalnya, panjang dan ukuran kabel, kapasitas dan rating trafo, kapasitas dan tegangan beban dan lain- lain. Adapun tampilan awal dari ETAP di bawah ini.



Gambar 6. Tampilan Awal dari Aplikasi ETAP Versi 12.6.0

#### 1. Membuat single line diagram

Tahap awal untuk memulai simulasi aliran daya adalah dengan menggambar single line diagram. Single line diagram yang telah dibuat dalam penelitian ini.

#### 2. Data Masukan

Setelah single line diagram selesai dibuat, maka tahap selanjutnya adalah memasukkan data dari setiap komponen yang ada.

#### 3. Eksekusi program

Tahap selanjutnya setelah single line diagram selesai dibuat dan semua data tiap komponen sudah dimasukkan adalah mengeksekusi program [12].

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Tempat dan Waktu Penelitian

Pengambilan data dalam penurunan susut ini dilakukan di PT ANGKASA PURA 1 (PERSERO) Bandara Sultan Hasanuddin Makassar.

#### B. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yakni pendekatan kuantitatif, dimana pengumpulan data dilakukan dengan studi literatur, observasi, dan wawancara langsung di Kantor Angkasa Pura 1 Main power house. Teknik pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### 1. Observasi

Observasi adalah melakukan kunjungan atau pengamatan langsung di lokasi penelitian yaitu untuk mengetahui kondisi lapangan dan mendapatkan data-data yang diperlukan baik itu informasi penting lainnya dalam penyusunan skripsi ini.

##### 2. Wawancara

Metode pengumpulan data ini dilakukan dengan mengadakan tatap muka atau wawancara secara langsung dengan staf divisi teknik di PT ANGKASA PURA 1 Main power house.

##### 3. Studi Literatur

Studi literatur adalah suatu kegiatan yang dilakukan dengan mengadakan studi dari buku-buku/pustaka, situs-situs internet dan literatur lain yang berkaitan dengan masalah yang dibahas dalam penulisan ini.

#### C. Teknik Analisis Data

Adapun data-data yang dibutuhkan sebagai berikut untuk analisa data yaitu:

1. Data Saluran Distribusi MPH Gardu Substation 20kV
2. Data Beban Harian MPH Gardu Substation 20kV
3. Single line diagram MPH Gardu Substation 20kV
4. Tarif Tenaga Listrik tahun 2021

Data-data yang diperoleh diubah kedalam bentuk matematis dan diolah menggunakan persamaan yang telah ada. Adapun perhitungan yang akan dilakukan, yaitu:

##### 1. Rugi-Rugi Daya

Untuk menghitung nilai rugi-rugi daya menggunakan persamaan (1) dengan terlebih dahulu menghitung nilai resistansi total dengan menggunakan persamaan (2)

##### 2. Susut Energi

Untuk menghitung besar susut energi yang diakibatkan rugi-rugi daya dapat menggunakan persamaan (3)

##### 3. Kerugian Finansial

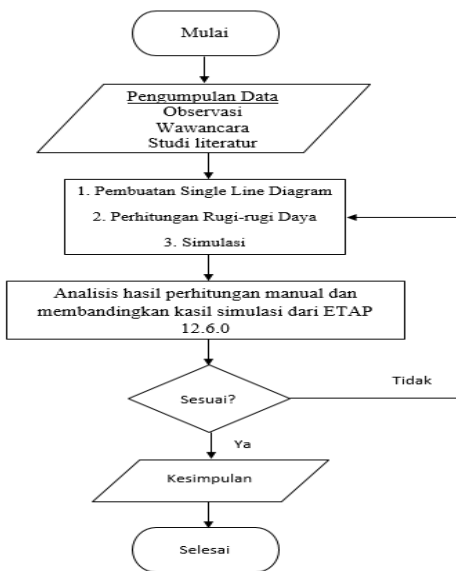
Untuk menghitung kerugian biaya yang diakibatkan karena daya yang hilang serta susut energi dapat menggunakan persamaan (4) Dalam menganalisis susut energi pada saluran transmisi 150 kV, ada beberapa prosedur yang dilakukan, yaitu:

1. Melakukan segala persiapan dengan melakukan pengenalan terhadap tempat penelitian maupun hal-hal yang akan diteliti.

2. Melakukan observasi ke tempat penelitian dengan teknik pengumpulan data yang ada untuk mengumpulkan : data beban puncak line

Substation pada Gardu Induk Main power house data saluran transmisi Gardu induk main power house, single line diagram Gardu Induk main power house dan Tarif Tenaga Listrik bulan Mei tahun 2021.

3. Setelah pengumpulan data, selanjutnya mengolah data yaitu menghitung nilai rugi daya secara manual dan susut energi serta akibat rugi daya pada saluran transmisi Gardu Induk main power mouse.
4. Lalu membuat simulasi dan menginput data di software ETAP 12.6.0.
5. Melakukan perbandingan antara perhitungan manual dengan simulasi rugi-rugi daya
6. Selanjutnya melakukan proses penarikan kesimpulan dari hasil analisa yang telah dilakukan.



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian (Flowchart)

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jaringan distribusi Main power house ke Substation menggunakan sistem looping yaitu 1 line dari Main power house ke Substation 3 dengan jarak panjang saluran 3.254 Km dan menggunakan jenis penghantar N2XSEBY 3 x 35mm<sup>2</sup> dengan nilai resitansi 0,0668 Ω/km. dan Main power house ke substation 2 dengan jarak panjang saluran 1.381 Km kemudian Main power house ke substation 4 dengan jarak panjang saluran 1.298 Km.

Perhitungan rugi-rugi daya dilakukan sesuai jumlah data yaitu selama satu bulan pada saat beban puncak. Adapun hasil perhitungan manual rugi-rugi daya perhari selama satu bulan pada Line Substation 3,2 dan 4 serta total rugi-rugi daya yang terjadi pada saluran transmisi

##### A. Simulasi Rugi-rugi daya

Adapun hasil simulasi rugi-rugi daya pada ETAP setelah dijalankan dapat dilihat pada gambar berikut:

Project:	ETAP	Page:	1
Location:	12.6.0H	Date:	08-23-2021
Contract:		SN:	
Engineer:	Study Case: LF	Revision:	Base
Filename: Losses Skripsi		Config:	Normal

##### Branch Losses Summary Report

Ckt / Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
Cable1	0.630	0.001	-0.629	0.000	0.4	0.6	100.0	99.9	0.06
Cable2	0.630	0.001	-0.629	0.000	0.4	0.6	100.0	99.9	0.06
Cable3	0.630	0.001	-0.629	0.000	0.4	0.6	100.0	99.9	0.06
					1.1	1.8			

Gambar 8. Hasil simulasi rugi-rugi daya pada ETAP 12.6.0

Gambar 8 merupakan hasil simulasi rugi-rugi daya saluran transmisi pada saat beban puncak yang terjadi pada tanggal 31 Mei 2021. Dari hasil simulasi tersebut, didapatkan total rugi-rugi daya pada saluran distribusi sebesar 1.1 kW, dimana rugi-rugi daya pada cable 1 sebesar 0.4 kW, cable 2 sebesar 0.4 kW dan cable 3 sebesar 0.4 kW. Adapun hasil simulasi rugi-rugi menggunakan Software ETAP 12.6.0 selama 31 hari sesuai dengan data beban puncak yang telah dikumpulkan oleh peneliti dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil simulasi rugi-rugi daya

TGL	LINE 1	LINE 2	LINE 3	Total losses(MW)
	Plosses(kW)	Plosses(kW)	Plosses(kW)	
A	B	C	D	E
1	0,3	0,3	0,3	0,8
2	0,3	0,3	0,3	0,8
3	0,3	0,3	0,3	0,9
4	0,2	0,2	0,2	0,7
5	0,3	0,3	0,3	1,0
6	0,3	0,3	0,3	0,9
7	0,3	0,3	0,3	1,0
8	0,3	0,3	0,3	1,0
9	0,4	0,4	0,4	1,1
10	0,3	0,3	0,3	1,0
11	0,3	0,3	0,3	0,9

TGL	LINE 1	LINE 2	LINE 3	Total losses(M W)
	Plosses(k W)	Plosses(k W)	Plosses(k W)	
A	B	C	D	E
12	0,2	0,2	0,2	0,7
13	0,3	0,3	0,3	1,0
14	0,3	0,3	0,3	1,0
15	0,3	0,3	0,3	1,0
16	0,3	0,3	0,3	1,0
17	0,3	0,3	0,3	1,0
18	0,3	0,3	0,3	0,9
19	0,3	0,3	0,3	0,9
20	0,3	0,3	0,3	0,8
21	0,3	0,3	0,3	0,8
22	0,3	0,3	0,3	0,8
23	0,3	0,3	0,3	0,8
24	0,2	0,2	0,2	0,7
25	0,3	0,3	0,3	1,0
26	0,3	0,3	0,3	1,0
27	0,3	0,3	0,3	1,0
28	0,3	0,3	0,3	1,0
29	0,3	0,3	0,3	1,0
30	0,3	0,3	0,3	1,0
31	0,4	0,4	0,4	1,1
<b>Tot al</b>	<b>9,2</b>	<b>9,2</b>	<b>9,2</b>	<b>28,6</b>

Berdasarkan tabel 1 dapat dilihat dari hasil simulasi rugi-rugi daya pada saluran distribusi MPH ke Substation 3,2 dan 4 terbesar terjadi pada tanggal 31 Mei 2021 sebesar 0,4 kW dan rugi-rugi daya terkecil terjadi pada tanggal 12 Mei 2021 sebesar 0,2 kW. Adapun total rugi-rugi daya pada tanggal 31 Mei yaitu 1,1 kW dan pada tanggal 12 Mei total rugi-rugi daya sebesar 0,7 kW dengan jumlah total rugi-rugi daya yang terjadi selama sebulan yaitu sebesar 28,6 kW.

### B. Perhitungan Manual Rugi-rugi daya

#### 1. Perhitungan resistansi total

Nilai resistansi (R) yang diperoleh adalah setiap 1 kilometer, sehingga resistansi total penghantar yang terdapat pada saluran distribusi MPH ke Substation yang berjarak 5.933 km, dapat dicari dengan persamaan (2.1), dimana jenis penghantar yang digunakan adalah N2XSEBY 3 x 35mm<sup>2</sup> dengan nilai resistansi 0,0668Ω/km seperti yang terdapat pada tabel 1 sehingga resistansi total dapat diperoleh:

$$R_{total} = R \times l$$

$$R_{total} = 0,0668 \Omega/\text{Km} \times 5.933 \text{ km}$$

$$R_{total} = 0.396324 \Omega$$

#### 2. Perhitungan manual rugi-rugi daya

Berdasarkan data beban puncak saluran distribusi pada tabel 4.2, rugi-rugi daya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.2). Berikut merupakan contoh perhitungan rugi-rugi daya pada line substation 3, 2 dan 4 dengan arus tertinggi sebesar 18,2A yang terjadi pada tanggal 31 Mei 2021 dan arus terendah 14,7A yang terjadi pada tanggal 12 Mei 2021.

##### Substation 3

$$P_{losses} = 3I^2 R_{total}$$

$$P_{losses} = 3 \times (18,2)^2 \times 0.396324 \Omega = 393.835 \text{ Watt}$$

$$P_{losses} = 0.39383 \text{ kW}$$

##### Substation 2

$$P_{losses} = 3I^2 R_{total}$$

$$P_{losses} = 3 \times (18,2)^2 \times 0.396324 \Omega = 393.835 \text{ Watt}$$

$$P_{losses} = 0.39383 \text{ kW}$$

##### Substation 4

$$P_{losses} = 3I^2 R_{total}$$

$$P_{losses} = 3 \times (18,2)^2 \times 0.396324 \Omega = 393.835 \text{ Watt}$$

$$P_{losses} = 0.39383 \text{ kW}$$

$$P_{losses} \text{ Total} = P_{losses} \text{ substation 3} + P_{losses} \text{ substation 2} + P_{losses} \text{ substation 4}$$

$$P_{losses} \text{ total} = 0.39383 + 0.39383 + 0.39383$$

$$P_{losses} \text{ Total} = 1.18149 \text{ kW}$$

Tanggal 12 Mei 2021

##### Substation 3

$$P_{losses} = 3I^2 R_{total}$$

$$P_{losses} = 3 \times (14,7)^2 \times 0.396324 \Omega = 256.924 \text{ Watt}$$

$$P_{losses} = 0.25692 \text{ kW}$$

##### Substation 2

$$P_{losses} = 3I^2 R_{total}$$

$$P_{losses} = 3 \times (14,7)^2 \times 0.396324 \Omega = 256.924 \text{ Watt}$$

$$P_{losses} = 0.25692 \text{ kW}$$

##### Substation 4

$$P_{losses} = 3I^2 R_{total}$$

$$P_{losses} = 3 \times (14,7)^2 \times 0.396324 \Omega = 256.924 \text{ Watt}$$

$$P_{losses} = 0.25692 \text{ kW}$$

$$P_{losses} \text{ Total} = P_{losses} \text{ substation 3} + P_{losses} \text{ substation 2} + P_{losses} \text{ substation 4}$$

$$P_{losses} \text{ total} = 0.25692 + 0.25692 + 0.25692$$

$$P_{losses} \text{ total} = 0.77076 \text{ kW}$$

#### 3. Perhitungan susut energi

Berdasarkan hasil perhitungan rugi-rugi daya, nilai susut dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.3) dimana waktu dari beban puncak yang tercatat pada main power house yaitu selama 4 jam dimulai dari pukul 18.00 sampai dengan pukul 22.00. Berikut perhitungan susut energi pada salah satu beban puncak yang terjadi pada tanggal 31 Mei 2021.

$$E = p_{losses} \text{ total} \times t$$

$$E = 1.18149 \text{ kW} \times 4 \text{ jam}$$

$$E = 4.72596 \text{ kWh}$$

4. Perhitungan kerugian finansial

Hilangnya daya pada saluran transmisi mengakibatkan kerugian finansial bagi perusahaan pemasok listrik (Angkasa Pura 1). Untuk mengetahui besarnya kerugian finansial PT. (Persero) Angkasa Pura 1 yang disebabkan oleh adanya rugi-rugi daya dapat dilakukan dengan melihat tarif tenaga listrik (TTL) pada bulan Mei tahun 2021. TTL yang disediakan oleh wd sebanyak 3 golongan tarif, R3 di antaranya mengikuti mekanisme atau penyesuaian tarif. Tarif Tenaga Listrik yang disediakan oleh Angkasa Pura mengacu pada Peraturan Menteri (Permen) Per ESDM No.28 tahun 2016 dengan Perubahan No.03 tahun 2020 Pengaturan menteri ini juga mengatur tentang Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik bagi 3 golongan tarif, yaitu tarif golongan B3, B3 dan R2 dimana tarif tenaga listrik untuk peralatan tegangan menengah dengan daya 5.540.000 VA dengan tarif waktu beban puncak Rp 1.553,67/kWh. Menghitung kerugian finansial yang terjadi pada saluran transmisi antara MPH bado-bado ke substation 3,2 dan 4 menggunakan persamaan (4).

Berikut salah satu perhitungan kerugian biaya akibat adanya susut energi yang terjadi pada saluran distribusi.

$$\text{Biaya Listrik} = E \times \text{TTL}$$

$$\text{Biaya Listrik} = 4.725,96 \text{ kWh} \times \text{Rp. } 1553,67/\text{kWh}$$

$$\text{Biaya Listrik} = \text{Rp. } 7.342,582$$

Tabel 2. Hasil perhitungan susut

TGL	SST 3	SST 2	SST 4	Total Losses Daya (MW)	Susut Energi (MWh)	Kerugian Biaya (Rp)
	Plosses (MW)	Plosses (MW)	Plosses (MW)			
A	C	E	G	H	B	C
1	0,29681	0,29681	0,29681	0,89043	3,56172	5.533.738
2	0,2747	0,2747	0,2747	0,8241	3,2964	5.121.518
3	0,30058	0,30058	0,30058	0,90174	3,60696	5.604.026
4	0,26043	0,26043	0,26043	0,78129	3,12516	4.855.467
5	0,34766	0,34766	0,34766	1,04298	4,17192	6.481.787
6	0,31978	0,31978	0,31978	0,95934	3,83736	5.961.991
7	0,35174	0,35174	0,35174	1,05522	4,22088	6.557.855
8	0,35584	0,35584	0,35584	1,06752	4,27008	6.634.295
9	0,37671	0,37671	0,37671	1,13013	4,52052	7.023.396
10	0,36412	0,36412	0,36412	1,09236	4,36944	6.788.668
11	0,38095	0,38095	0,38095	1,14285	4,5714	7.102.447
12	0,25692	0,25692	0,25692	0,77076	3,08304	4.790.027
13	0,35174	0,35174	0,35174	1,05522	4,22088	6.557.855
14	0,36412	0,36412	0,36412	1,09236	4,36944	6.788.668
Tot al	<b>10,20204</b>	<b>10,20204</b>	<b>10,20204</b>	<b>30,60612</b>	<b>122,4245</b>	<b>190.207.242</b>

TGL	SST 3	SST 2	SST 4	Total Losses Daya (MW)	Susut Energi (MWh)	Kerugian Biaya (Rp)
	Plosses (MW)	Plosses (MW)	Plosses (MW)			
A	C	E	G	H	B	C
15	0,35174	0,35174	0,35174	1,05522	4,22088	6.557.855
16	0,35174	0,35174	0,35174	1,05522	4,22088	6.557.855
17	0,35997	0,35997	0,35997	1,07991	4,31964	6.711.295
18	0,32369	0,32369	0,32369	0,97107	3,88428	6.034.889
19	0,30819	0,30819	0,30819	0,92459	3,69828	5.745.907
20	0,29681	0,29681	0,29681	0,89043	3,56172	5.533.738
21	0,28197	0,28197	0,28197	0,84591	3,38364	5.257.060
22	0,2747	0,2747	0,2747	0,8241	3,2964	5.121.518
23	0,28197	0,28197	0,28197	0,84591	3,38364	5.257.060
24	0,26043	0,26043	0,26043	0,78129	3,12516	4.855.467
25	0,33557	0,33557	0,33557	1,00671	4,02684	6.256.381
26	0,34766	0,34766	0,34766	1,04298	4,17192	6.481.787
27	0,35174	0,35174	0,35174	1,05522	4,22088	6.557.855
28	0,35997	0,35997	0,35997	1,07991	4,31964	6.711.295
29	0,35584	0,35584	0,35584	1,06752	4,27008	6.634.295
30	0,36412	0,36412	0,36412	1,09236	4,36944	6.788.668
31	0,39383	0,39383	0,39383	1,18149	4,72596	7.342.582
Tot al	<b>10,20204</b>	<b>10,20204</b>	<b>10,20204</b>	<b>30,60612</b>	<b>122,4245</b>	<b>190.207.242</b>

Dengan memperlihatkan tabel 2 dapat dilihat bahwa terjadi rugi-rugi daya terbesar pada tanggal 31 Mei 2021 sebesar 0.39383 kW dan rugi-rugi daya terkecil terjadi pada tanggal 12 Mei 2021 sebesar 0.25692 kW. Adapun total rugi-rugi daya perhari pada tanggal 31 Mei sebesar 1.18149 kW dan total rugi-rugi daya pada tanggal 12 Mei sebesar 0.77076 kW. Kemudian dapat dilihat bahwa susut energi terbesar terjadi pada tanggal 31 Mei 2021 sebesar 4.72596 kWh dan susut energi terkecil pada tanggal 12 Mei 2021 sebesar 3.08304 kWh, dengan total susut energi pada saat beban puncak bulan Mei 2021 sebesar 122.42448 kWh. Kemudian susut energi yang terjadi saat proses pengiriman dari MPH ke Substation 3, 2 dan 4 selama satu bulan (31 hari) sebesar 122.42448 kWh. Rugi-rugi daya pada sistem transmisi merupakan hilangnya daya yang berakibatkan kerugian materi. Dana kerugian dapat di lihat dari hilangnya daya dalam satu bulan (kWh) dan di kalikan dengan biaya per kWh pada tarif tenaga listrik, sehingga dapat di ketahui kerugian PT Angkasa pura 1 (Persero) akibat dari susut



energi pada saluran transmisi MPH ke Substation 3, 2 dan 4 mencapai Rp 190.207.242 dalam satu bulan.

C. Perbandingan perhitungan manual dengan simulasi rugi-rugi daya

Tabel 3. Hasil perbandingan manual dan simulasi

TGL	LINE 1		LINE 2		LINE 3	
	Perhitungan	Simulasi	Perhitungan	Simulasi	Perhitungan	Simulasi
Mei	Plosses(MW)	Plosses(MW)	Plosses(MW)	Plosses(MW)	Plosses(MW)	Plosses(MW)
A	B	C	D	E	F	G
1	0,29681	0,3	0,29681	0,3	0,29681	0,3
2	0,2747	0,3	0,2747	0,3	0,2747	0,3
3	0,30058	0,3	0,30058	0,3	0,30058	0,3
4	0,26043	0,2	0,26043	0,2	0,26043	0,2
5	0,34766	0,3	0,34766	0,3	0,34766	0,3
6	0,31978	0,3	0,31978	0,3	0,31978	0,3
7	0,35174	0,3	0,35174	0,3	0,35174	0,3
8	0,35584	0,3	0,35584	0,3	0,35584	0,3
9	0,37671	0,4	0,37671	0,4	0,37671	0,4
10	0,36412	0,3	0,36412	0,3	0,36412	0,3
11	0,38095	0,3	0,38095	0,3	0,38095	0,3
12	0,25692	0,2	0,25692	0,2	0,25692	0,2
13	0,35174	0,3	0,35174	0,3	0,35174	0,3
14	0,36412	0,3	0,36412	0,3	0,36412	0,3
15	0,35174	0,3	0,35174	0,3	0,35174	0,3
16	0,35174	0,3	0,35174	0,3	0,35174	0,3
17	0,35997	0,3	0,35997	0,3	0,35997	0,3
18	0,32369	0,3	0,32369	0,3	0,32369	0,3
19	0,30819	0,3	0,30819	0,3	0,30819	0,3
20	0,29681	0,3	0,29681	0,3	0,29681	0,3
21	0,28197	0,3	0,28197	0,3	0,28197	0,3
22	0,2747	0,3	0,2747	0,3	0,2747	0,3
23	0,28197	0,3	0,28197	0,3	0,28197	0,3
24	0,26043	0,2	0,26043	0,2	0,26043	0,2
25	0,33557	0,3	0,33557	0,3	0,33557	0,3
26	0,34766	0,3	0,34766	0,3	0,34766	0,3
<b>Tota l</b>	<b>10,20204</b>	<b>9,2</b>	<b>10,20204</b>	<b>9,2</b>	<b>10,20204</b>	<b>9,2</b>

TGL	LINE 1		LINE 2		LINE 3	
	Perhitungan	Simulasi	Perhitungan	Simulasi	Perhitungan	Simulasi
Mei	Plosses(MW)	Plosses(MW)	Plosses(MW)	Plosses(MW)	Plosses(MW)	Plosses(MW)
A	B	C	D	E	F	G
27	0,35174	0,3	0,35174	0,3	0,35174	0,3
28	0,35997	0,3	0,35997	0,3	0,35997	0,3
29	0,35584	0,3	0,35584	0,3	0,35584	0,3
30	0,36412	0,30	0,36412	0,3	0,36412	0,3
31	0,39383	0,4	0,39383	0,4	0,39383	0,4
<b>Tota l</b>	<b>10,20204</b>	<b>9,2</b>	<b>10,20204</b>	<b>9,2</b>	<b>10,20204</b>	<b>9,2</b>

Berdasarkan pada tabel 3 dapat dilihat perbandingan hasil perhitungan manual dengan simulasi dimana pada perhitungan simulasi menghasilkan nilai rugi-rugi daya lebih kecil yaitu 9,2 kW bila dibandingkan dengan hasil perhitungan manual rugi-rugi daya dengan nilai 10,20204 kW. Dimana total hasil dari rugi-rugi daya untuk simulasi sebesar 28,6 kW sedangkan hasil total dari perhitungan manual yaitu 30,60612. Hasil total tersebut merupakan hasil rugi-rugi daya selama 31 satu hari pada saat beban puncak. Dari hasil jumlah rupiah tarif tenaga listrik pada bulan Mei 2021 lampiran 2 sebesar Rp 1.171.777.914 dibandingkan Rupiah rugi-rugi total daya sebesar Rp 190.207.242 sehingga kerugian perusahaan PT Angkasa pura I (persero) sebesar 16,2%. Besarnya rugi-rugi daya yang terjadi setiap harinya berbeda, hal ini terjadi karena adanya perbedaan beban yang terkirim pada setiap harinya hal ini terlihat pada data beban puncak yang diperoleh. Pembebanan sistem yang berbeda setiap saat sesuai dengan kebutuhan sistem tenaga listrik. Dengan demikian besar rugi-ruginya berbeda dari waktu ke waktu, sehingga total rugi-rugi daya listrik setiap bulan dan setiap harinya berbeda-beda.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan hasil perhitungan rugi-rugi daya dan susut energi pada saluran transmisi tegangan menengah 20 kV pada Substation 3, 2 dan 4 yang terjadi pada saat beban puncak bulan Mei 2021, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Besar rugi-rugi daya yang terjadi pada saluran transmisi tegangan menengah 20 kV Substation 3, 2 dan 4 pada saat beban puncak selama sebulan (Mei 2021) secara manual sebesar 10,20204 kW sedangkan besar rugi-rugi daya dengan simulasi ETAP 12.6.0 sebesar 9,2 kW.
2. Perbandingan hasil perhitungan manual dengan simulasi menunjukkan bahwa perhitungan simulasi menghasilkan nilai rugi-rugi daya lebih kecil yaitu 9,2 kW bila dibandingkan dengan hasil perhitungan manual rugi-rugi daya dengan nilai 10,20204 kW. Dimana total hasil dari rugi-rugi daya untuk simulasi

sebesar 28,6 kW sedangkan hasil total dari perhitungan manual yaitu 30,60612.

3. Besar susut energi pada saluran transmisi MPH ke substation 3, 2 dan 4 dalam satu bulan pada saat beban puncak sebesar 122,42448 kWh dengan kerugian finansial yang di tanggung pihak PT Angkasa Pura I (Persero) pada bulan Mei 2021 yaitu sebesar Rp 190.207.242 Dari hasil jumlah rupiah tarif tenaga listrik pada bulan Mei 2021 lampiran 2 sebesar Rp 1.171.777.914 dibandingkan Rupiah rugi-rugi total daya sebesar Rp 190.207.242 sehingga kerugian perusahaan PT Angkasa pura I (persero) sebesar 16,2%

#### **REFERENSI**

- [1] apl.co.id
- [2] Direktorat Jendral Perhubungan Udara, DJPU. 2002. “Keputusan Direktur Jendral Perhubungan Nomor : SKEP 114-VI Tahun 2002 tentang Standar Gambar Instalasi Sistem Penerangan Bandar Udara (Airfield Lighting System)”
- [3] Shiddiq, U. (2018). Skripsi Analisa Rugi – Rugi Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan Menengah 20 KV Pada Gardu Induk Palur Gondangrejo.
- [4] Arismunandar, A. Dr. (2004). Teknik Tenaga Listrik. Jilid II: Saluran Transmisi. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [5] Achmaddwiki, Transformator dan Sistem Distribusi Daya (2014)
- [6] Aprilia Erlita, Transformator (2015)
- [7] armanbacktrak5.wordpress.com/2017/02/12/kubikel-20-kv/
- [8] esember, J., & Khoirunnisa, N. (2020). Energi dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah Pengaruh Susut Energi ( Losses ) Pada Jaringan Distribusi ( Studi Kasus : di PT . Krakatau Daya listrik ) Energi dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah. 12(2), 80–89.
- [9] Setyawan, R. D. (2018). Skripsi Analisa susut energi penggunaan penghantar tacsr pada jaringan transmisi tegangan menengah 20 kv pada gardu induk Palur – Solobaru dengan ETAP 12.6.
- [10] Diyah Rosmawati, S. (2009). PENGARUHSUSUT (LOSSES) DISTRIBUSI ENERGI LISTRIK TERHADAP PENDAPATAN PADA PT. PLN (Persero) DISTRIBUSI JAWA BARAT DAN BANTEN. Diploma thesis, Universitas Komputer Indonesia. 1–10.
- [11] Multa, L., Restu, M. E., & Aridani, P. (2013). Modul Pengantar ETAP. Modul Pelatihan ETAP, 58
- [12] NUR CAHYO, (2018) ANALISA ALIRAN DAYA SISTEM TENAGA LISTRIK PT.INDOFOOD CBP SUKSES MAKMUR, TBK DIVISI FOOD SEASONING SEMARANG MENGGUNAKAN ETAP 12.6Andi, Okta Hidayatama. 2013. Rancang Bangun Prototipe Elevator Menggunakan Mikrokontroler Arduino ATmega328P. Jurnal Teknologi Vol.4 No.3.