

## **SIMULASI PERBAIKAN DROP TEGANGAN DENGAN KAPASITOR BANK PADA FEEDER KRAPYAK 06 DENGAN ETAP 12.6**

**Eggy Surya Yudha, Muhammad Haddin, Munaf Ismail**

Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Email : eggysuryayudha@std.unissula.ac.id

**Abstrak** – Distribusi energi listrik dari pusat pembangkit (power plant) hingga sampai ke konsumen yang letaknya berjauhan selalu mengakibatkan terjadinya suatu drop tegangan. Drop tegangan yang cukup besar akan mengakibatkan rendahnya tegangan yang diterima oleh konsumen terutama yang berada di ujung saluran jaringan tegangan menengah (JTM).

Metode untuk memperbaiki terjadinya drop tegangan pada sistem distribusi jaringan tegangan menengah (JTM) 20 kV di suatu feeder diantaranya adalah dengan melakukan rekonduktor penghantar dengan mengganti luas penampang kabel menjadi lebih besar, pelimpahan beban ke feeder lain, pemasangan Tap Charger pada transformator dan pemasangan kapasitor bank. Tugas Akhir ini menganalisis pengaruh drop tegangan sebelum dan sesudah dilakukan pemasangan kapasitor bank. Dalam perhitungannya dibantu dengan software ETAP 12.6 untuk simulasi.

Tugas Akhir ini dilakukan pada penghantar jenis AAAC 70 mm<sup>2</sup> dan 240 mm<sup>2</sup> pada faktor daya 0,85. Hasil simulasi perhitungan pada ETAP 12.6 menunjukkan nilai drop tegangan sebelum dilakukan perbaikan 1567 V atau 7,83% dan nilai drop tegangan setelah dilakukan perbaikan dengan kapasitor bank nilai dari drop tegangan menjadi 860 V atau 4,3%. Dapat disimpulkan bahwa dengan dilakukan perbaikan dengan kapasitor bank akan menurunkan besarnya nilai drop tegangan, sehingga dapat meningkatkan kualitas serta keandalan sistem tenaga listrik.

**Kata Kunci** : drop tegangan, faktor daya, ETAP, kapasitor bank, jaringan distribusi.

**Abstract** - The distribution of electrical energy from the power plant to the consumers which are located far apart always results in a voltage drop. A large voltage drop will result in a low voltage received by consumers, especially those at the end of the medium voltage network (JTM).

Methods to correct the voltage drop in a 20 kV medium voltage network distribution system in a feeder include conducting conductor reconductors by changing the cable cross-sectional area to be larger, load overloading to other feeders, installing Tap Chargers on transformers and installing capacitor banks . This Final Project analyzes the effect of voltage drop before and after the installation of a capacitor bank. In its calculation assisted with ETAP 12.6 software for simulations.

This Final Project is carried out on the conductor type AAAC 70 mm<sup>2</sup> and 240 mm<sup>2</sup> at a power factor of 0.85. The simulation results calculated on ETAP 12.6 show the voltage drop before repairing 1567 V or 7,83% and the voltage drop after repairing with a capacitor bank the value of voltage drop to 860 V or 4,3%. It can be concluded that by doing repairs with a bank capacitor will reduce the value of the voltage drop, so as to improve the quality and reliability of the electric power system.

**Keywords** : drop voltage, power factor, ETAP, capacitor bank, distribution network

## I. PENDAHULUAN

Penyediaan energi listrik dilakukan oleh suatu sistem tenaga listrik yang meliputi sistem pembangkitan, sistem transmisi, dan sistem distribusi gambaran umumnya sistem tenaga listrik. Pada pembangkit tenaga listrik terbarukan ataupun nonterbarukan proses pembangkitan menghasilkan tenaga listrik sebesar 150 kV atau 500 kV. Kemudian akan ditransmisikan pada SUTT tenaga listrik akan diterima pada gardu induk untuk kemudian diturunkan tegangannya menjadi 20 kV dan akan didistribusikan ke konsumen, pada sistem distribusi terdapat transformator distribusi yang berguna untuk menurunkan tegangan 20 kV menjadi 220 dan kemudian akan sampai pada konsumen.

Meningkatnya usaha dibidang industri terutama yang berlokasi pada feeder-feeder yang umumnya mayoritas beban bersifat induktif, menyebabkan kebutuhan daya reaktif induktif meningkat.

Permasalahan yang terjadi seiring meningkatnya daya reaktif induktif pada suatu sistem mengakibatkan terjadinya drop tegangan. Terjadinya drop tegangan pada penyaluran daya listrik akan berpengaruh terhadap besarnya drop tegangan. Drop tegangan dalam sistem tenaga listrik tidak dapat dihindari. Terjadinya gangguan dan drop tegangan pada suatu sistem tenaga listrik dan membuat tidak berfungsi dengan baik atau terhenti total dapat menimbulkan kerugian yang sangat besar.

Secara umum, dalam penyaluran energi listrik ada beberapa masalah yang dihadapi antara lain drop tegangan, faktor daya yang rendah. Beban pada jaringan distribusi bisa berupa beban kapasitif maupun pada umumnya merupakan beban induktif. Apabila beban reaktif induktif semakin tinggi maka akan berakibat memperbesarnya kebutuhan beban reaktif dan drop tegangan yang terjadi. Baik buruknya sistem penyaluran dan distribusi tenaga listrik terutama adalah ditinjau dari kualitas tegangan yang diterima oleh konsumen. Perkembangan sistem kelistrikan saat ini telah mengarah pada efisiensi dalam penyaluran energi listrik. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi yaitu dengan meminimalkan drop tegangan pada jaringan.

Untuk mengatasi hal tersebut, terdapat beberapa metode yang umumnya biasa digunakan untuk memperbaiki drop tegangan, adapun metode yang biasa digunakan adalah dengan memperbesar luas permukaan penampang saluran distribusi, pelimpahan beban ke feeder lain, pemasangan Tap Changer pada transformator dan pemasangan kapasitor bank

Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini akan membahas tentang dampak pemasangan kapasitor bank dalam upaya mengurangi nilai-nilai drop tegangan yang ada.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik besar dan kompleks karena terdiri atas komponen peralatan seperti generator, transformator, beban dan alat-alat pengaman dan pengaturan yang saling dihubungkan membentuk suatu sistem yang digunakan untuk membangkitkan, dan menyalurkan energi listrik. Namun secara mendasar sistem tenaga listrik dapat dikelompokkan atas 3 bagian utama yaitu :

1. Sistem Pembangkitan  
Pusat pembangkit tenaga listrik (*electric power station*) biasanya terletak dekat dengan sumber energi yang digunakan seperti air dan batubara.
2. Sistem Transmisi  
Menyalurkan energi listrik yang dibangkitkan dari pembangkit listrik yang jauh menuju gardu induk (GI).
3. Sistem Distribusi

Energi listrik dari gardu-gardu induk akan disalurkan oleh sistem distribusi sampai kepada konsumen.

Ketiga bagian utama (pembangkitan, transmisi, dan distribusi) tersebut menjadi bagian penting dan harus saling mendukung untuk mencapai tujuan utama sistem tenaga listrik yaitu penyaluran energi listrik kepada konsumen.

## B. Daya

Daya adalah suatu energi yang diperlukan dalam melakukan usaha. Daya dalam sistem tenaga listrik memiliki satuan Watt, yang merupakan perkalian dari tegangan (volt) dengan arus (ampere). Sehingga besarnya daya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang diperlihatkan pada persamaan (1):

$$P = V \cdot I \quad (1)$$

dengan :

P = daya (Watt)

V = tegangan (Volt)

I = arus (Ampere)

Daya aktif adalah daya rata-rata yang sesuai dengan kekuatan sebenarnya ditransmisikan atau dikonsumsi oleh beban. Beberapa contoh dari daya aktif adalah energi panas, energi mekanik, cahaya dan daya aktif memiliki satuan berupa watt (W) dan daya aktif disimbolkan dengan (P). Berikut ini merupakan persamaan daya aktif yang diperlihatkan pada persamaan (2) dan (3):

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ (1 phasa)} \quad (2)$$

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ (3 phasa)} \quad (3)$$

dengan :

P = Daya aktif (watt)

V = Tegangan ( volt)

I = Arus (ampere)

Cos  $\varphi$  = Faktor daya

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu pijar dan lain – lain. Daya reaktif memiliki satuan berupa volt ampere reactive (VAR) dan daya reaktif disimbolkan dengan (Q). Berikut ini merupakan persamaan daya reaktif diperlihatkan pada persamaan (4) dan (5):

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \text{ (1 phasa)} \quad (4)$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin \varphi \text{ (3 phasa)} \quad (5)$$

dengan :

Q = Daya Reaktif (VAR)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Daya Semu adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan 8 trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Daya semu ialah daya yang dikeluarkan sumber alternation current (AC) atau di serap oleh beban.

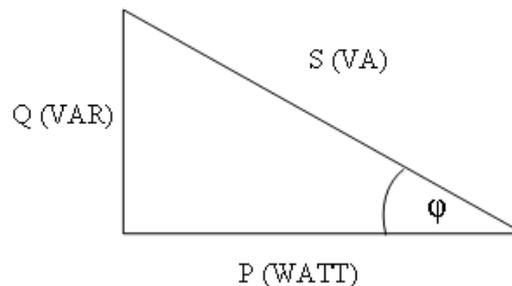
Satuan dari daya semu yaitu volt ampere (VA) dan daya semu disimbolkn dengan (S). Berikut persamaan dari daya semu diperlihatkan pada persamaan (6):

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \quad (6)$$

dengan :

- S = Daya Semu (VA)
- V = Tegangan (Volt)
- I = Arus (Ampere)

Hubungan dari ketiga daya diatas disebut sistem segtiga daya dapat digambarkan seperti Gambar 2.1



**Gambar 2.1** Trigonometri Daya Aktif, Daya Semu dan Daya Reaktif

### C. Drop tegangan

Drop tegangan ditimbulkan karena adanya resistansi pada penghantar, Besar arus pada tiap fasa pada jaringan transmisi Akibatnya nilai tegangan di sisi penerima akan berbeda dengan nilai tegangan di sisi pengirim. Drop tegangan pada saluran transmisi adalah selisih antara tegangan pada sisi kirim (sending end) dan tegangan pada sisi terima (receiving end). Dengan semakin besar pula perbedaan nilai tegangan yang ada pada sisi kirim dengan yang ada pada sisi terima. Apabila perbedaan nilai tegangan tersebut melebihi standar yang ditentukan, maka mutu penyaluran tersebut rendah. Di dalam saluran tranmisi persoalan tegangan sangat penting, baik dalam keadaan operasi maupun dalam perencanaan sehingga harus selalu diperhatikan tegangan pada setiap titik saluran. Maka pemilihan penghantar (penampang penghantar) untuk tegangan menengah harus diperhatikan. dimana ditentukan bahwa variasi tegangan pelayanan, sebagian akibat jatuh tegangan, karena adanya perubahan beban, Penurunan tegangan maksimum pada beban penuh, yang dibolehkan dibeberapa titik pada jaringan distribusi adalah (SPLN 72 :1987) [5]:

- SUTM = 5 % dari tegangan kerja bagi sistem radial
- SKTM = 2 % dari tegangan kerja pada sistem spindel dan gugus.
- Trafo distribusi = 3 % dari tegangan kerja
- Saluran tegangan rendah = 4 % dari tegangan kerja tergantung kepadatan beban.
- Sambungan rumah = 1 % dari tegangan nominal

Sehingga untuk menghitung besar jatuh tegangan yang terjadi pada jaringan transmisi dapat ditulis dengan persamaan yang diperlihatkan pada persamaan (7) dan (8):

$$\Delta V = I (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (7)$$

$$V_{\text{drop}} = \frac{V_{\text{pangkal}} - V_{\text{ujung}}}{V_{\text{pangkal}}} \times 100\% \quad (8)$$

dengan :

I = Arus beban ( Ampere )

R = Tahanan kabel ( Ohm )

X = Reaktansi kabel ( Ohm )

#### D. Faktor daya

Faktor daya ( $\cos \phi$ ) adalah perbandingan antara daya aktif dan daya reaktif yang digunakan pada sistem Alternating current (AC) atau beda fase antara tegangan dan arus, Faktor daya yang rendah ini dapat disebabkan oleh pengoperasian beban induktif yang diakibatkan oleh motor induksi dan unit lain yang memerlukan arus magnetisasi yang aktif. Jika PF lebih kecil dari 0,85 maka kapasitas daya aktif (kW) yang digunakan akan berkurang. Besarnya nilai faktor daya dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan yang diperlihatkan pada persamaan (9) [2]:

$$\text{faktor daya} = \frac{\text{Daya Aktif (P)}}{\text{Daya Semu (S)}} \quad (9)$$

$$= \frac{V \cdot I \cdot \cos \varphi}{V \cdot I} \quad (10)$$

$$= \cos \varphi \quad (11)$$

#### E. Penyebab faktor daya rendah

Faktor daya yang rendah dihasilkan oleh peralatan seperti motor-motor induksi, terutama pada beban-beban rendah pada unit ballast lampu pelepas yang memerlukan arus magnetisasi reaktif untuk geraknya serta alat las busur listrik yang mempunyai faktor daya rendah. Medan magnet dari peralatan-peralatan tersebut memerlukan arus yang tidak melakukan kerja yang bermanfaat untuk menimbulkan kerja mekanis atau panas, tetapi hanya diperlukan sebagai pembangkit medan. Faktor daya yang rendah menyebabkan arus dan tegangan berlawanan fase, sehingga perkaliannya tidak menghasilkan daya dalam Watt (W) tetapi dalam Volt Ampere (VA).

Peningkatan beban yang bersifat induktif pada sistem tenaga listrik dapat menurunkan nilai faktor daya (PF) dalam proses pengiriman daya. Penurunan faktor daya (PF) ini dapat menimbulkan berbagai kerugian, yang antara lain:

1. Memperbesar kebutuhan kVA
2. Penurunan efisiensi penyaluran daya
3. Memperbesar rugi-rugi panas kawat dan peralatan
4. Mutu listrik menjadi rendah karena adanya drop tegangan

Karena alasan kerugian akibat penurunan faktor daya (PF) inilah, penyedia layanan listrik PT. PLN menetapkan denda VAR, dalam usaha untuk menghimbau konsumennya agar ikut berkontribusi menjaga faktor daya pada kondisi idealnya.

#### F. Perbaikan faktor daya

Meningkatkan faktor daya dapat dilakukan dengan memasang kapasitor bank pada jaringan, kapasitor memiliki sifat alami untuk menyimpan muatan listrik ketika dialiri arus sehingga muatan yang terkumpul akan menimbulkan tegangan listrik. Muatan yang terkumpul memiliki cadangan daya reaktif yang sangat tinggi. Sehingga jika suatu waktu jaringan membutuhkan pasokan

daya reaktif, kapasitor bisa memberikan cadangan yang dimiliki pada jaringan yang membutuhkan. Perbaikan faktor daya juga dapat dilakukan dengan metode perhitungan segitiga daya, yaitu seperti yang diperlihatkan pada persamaan (12), (13), (14) [3]:

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P^2} \quad (12)$$

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P^2} \quad (13)$$

$$Q^3 = Q^1 - Q^2 \quad (14)$$

dengan :

Q = Kompensasi daya reaktif

S = Daya semu

P = Daya aktif

Ada beberapa keuntungan yang diperoleh dari perbaikan faktor daya, antara lain :

1. Pemakaian daya listrik menjadi lebih kecil
2. Rugi-rugi tegangan akan menjadi kecil
3. Pengaturan tegangan menjadi lebih baik

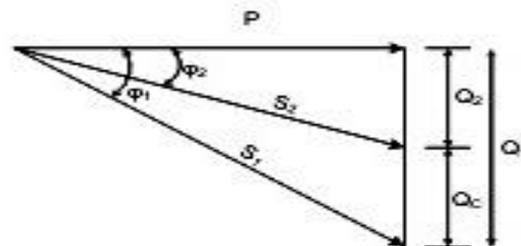
### G. Kapasitor bank

Kapasitor yang dalam rangkaian elektronika dilambangkan “C”. Kapasitor bank ini merupakan peralatan listrik yang mempunyai sifat kapasitif yang terdiri dari sekumpulan kapasitor yang disambung secara paralel/seri untuk mendapatkan kapasitas kapasitif tertentu. Besaran parameter yang sering dipakai adalah kVAr (*kilo volt ampere reaktif*) meskipun pada kapasitor sendiri tercantum besaran kapasitansi yaitu *Farad* (F) atau *microfarad* ( $\mu\text{F}$ ). Kapasitor yang akan digunakan untuk memperbesar faktor daya dipasang paralel dengan rangkain beban.

Terdapat dua cara pemasangan kapasitor yaitu secara seri dan *shunt*/paralel. Pemasangan kapasitor pada sistem daya menimbulkan daya reaktif untuk memperbaiki faktor daya dan tegangan, karenanya menambah kapasitas sistem dan mengurangi kerugian.

Pemasangan kapasitor secara seri maupun *shunt* memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Ada beberapa aspek tertentu yang menjadi kerugian pada kapasitor seri. Secara umum dapat dikatakan, biaya untuk memasang kapasitor seri lebih tinggi dari biaya pemasangan kapasitor *shunt*. Hal ini disebabkan karena peralatan perlindungan untuk kapasitor seri sering lebih kompleks. Juga biasanya, kapasitor seri didesain untuk daya yang lebih besar dari pada kapasitor *shunt* untuk mengatasi pengembangan beban nantinya.

Besarnya kapasitor yang dipergunakan untuk memperbaiki faktor daya dapat ditentukan, yaitu seperti diperlihatkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Penentuan Rating Kapasitor

Besarnya komponen KW konstan, sedangkan kVA dan VAR berubah dengan perubahan faktor daya. Bila faktor daya berubah dari  $\cos\phi_1$  menjadi  $\cos\phi_2$  maka kVAr pada faktor daya mula-mula adalah  $kW \times \tan\phi$  dan kVAr pada faktor daya yang diperbaiki adalah  $kW \times \tan\phi_2$ . Jadi besarnya rating daya reaktif kapasitor ( $Q_c$ ) yang dikehendaki untuk memperbaiki faktor daya diperlihatkan pada persamaan (15) [3]:

$$Q_c = P (\tan \phi_1 - \tan\phi_2) \quad (15)$$

Sedangkan untuk menentukan daya reaktif yang diperbaiki dapat dicari dengan menggunakan persamaan (16) :

$$Q_2 = Q_1 - Q_c \quad (16)$$

dimana :

$Q_1$  = daya reaktif awal atau sebelum perbaikan

$Q_c$  = daya reaktif kapasitor

## H. ETAP

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan simulasi ETAP 12.6. ETAP (*electrical transient and analysis program*) merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan *offline* untuk simulasi tenaga listrik, *online* untuk pengelolaan data *real-time* atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara *real-time*. Fitur yang terdapat di dalamnya bermacam – macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik.

ETAP ini awalnya dibuat dan dikembangkan untuk meningkatkan kualitas keamanan fasilitas nuklir di Amerika Serikat yang selanjutnya dikembangkan menjadi sistem monitor manajemen energi secara *real time*, simulasi, control, dan optimasi sistem tenaga listrik. ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu busbar (*one line diagram*) dan jalur sistem tenaga listrik untuk berbagai bentuk analisis, antara lain : aliran daya, hubung singkat, *starting motor*, *transient stability*, koordinasi relay proteksi dan sistem harmonisasi. Proyek sistem tenaga listrik memiliki masing – masing elemen rangkaian yang dapat diedit langsung dari diagram satu busbar dan atau jalur sistem tenaga listrik. Untuk kemudahan hasil perhitungan analisis dapat ditampilkan pada diagram satu busbar.

ETAP *Power Station* memungkinkan untuk bekerja secara langsung dengan tampilan gambar *single line diagram*. Program ini dirancang sesuai dengan tiga konsep utama.

### 1. Virtual Reality Operasi

Sistem operasional yang ada pada program sangat mirip dengan sistem operasi pada kondisi *realnya*. Misalnya, ketika membuka atau menutup sebuah *circuit breaker*, menempatkan suatu elemen pada sistem, mengubah status operasi suatu motor, dan untuk kondisi *de-energized* pada suatu elemen dan sub-elemen sistem ditunjukkan pada gambar *single line diagram* dengan warna abu – abu.

### 2. Total Integration Data

ETAP *Power Station* menggabungkan informasi sistem elektrikal, sistem logika, sistem mekanik, dan data fisik dari suatu elemen yang dimasukkan dalam sistem database yang sama. Misalnya, untuk elemen sebuah kabel, tidak hanya berisikan data kelistrikan dan tentang dimensi fisiknya, tapi juga memberikan informasi

melalui *raceways* yang dilewati oleh kabel tersebut. Dengan demikian, data untuk satu kabel dapat digunakan untuk menganalisa aliran beban (*load flow analysis*) dan analisa hubung singkat (*short-circuit analysis*) yang membutuhkan parameter listrik dan parameter koneksi serta perhitungan *ampacity derating* suatu kabel yang memerlukan data fisik *routing*.

### 3. Simplicity Data Entry

ETAP *Power Station* memiliki data yang detail untuk setiap elemen yang digunakan. Dengan menggunakan editor data, dapat mempercepat proses *entry* data suatu elemen. Data – data yang ada pada program ini telah dimasukkan sesuai dengan data – data yang ada di lapangan untuk berbagai jenis analisa atau desain.

ETAP *Power Station* dapat melakukan penggambaran *single line diagram* secara grafis dan mengadakan beberapa analisa / studi yakni *load flow* (aliran daya), *short circuit* (hubung singkat), *motor starting*, *Harmonisa*, *transient stability*, *protective device coordination*, dan *cable derating*.

Penggambaran *single line* penyulang krapyak 06 dengan menggunakan ETAP 12.6 seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.3 merupakan resepresentasi dari jaringan sistem distribusi yang terdapat pada penyulang Krapyak 06 sesuai data yang ada di lapangan setelah menggambar *single line* langkah selanjutnya adalah mengisi rating peralatan yang ada pada *software* ETAP 12.6 sesuai dengan data yang telah di dapat dari PT PLN area Semarang yaitu data meliputi power grid, Transformator, bus, panjang konduktor, impedansi kabel dan juga beban. Berikut merupakan komponen yang perlu di isi dalam ETAP 12.6

## III. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini berisi tentang metode-metode yang digunakan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulis menentukan obyek penelitian yaitu pada Feeder Krapyak 06.

Model penelitian ini merupakan gambaran skema pemodelan pada feeder Krapyak 06 yang di gunakan sebagai acuan dalam melakukan perhitungan maupun mencari nilai–nilai yang telah di tentukan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.1.

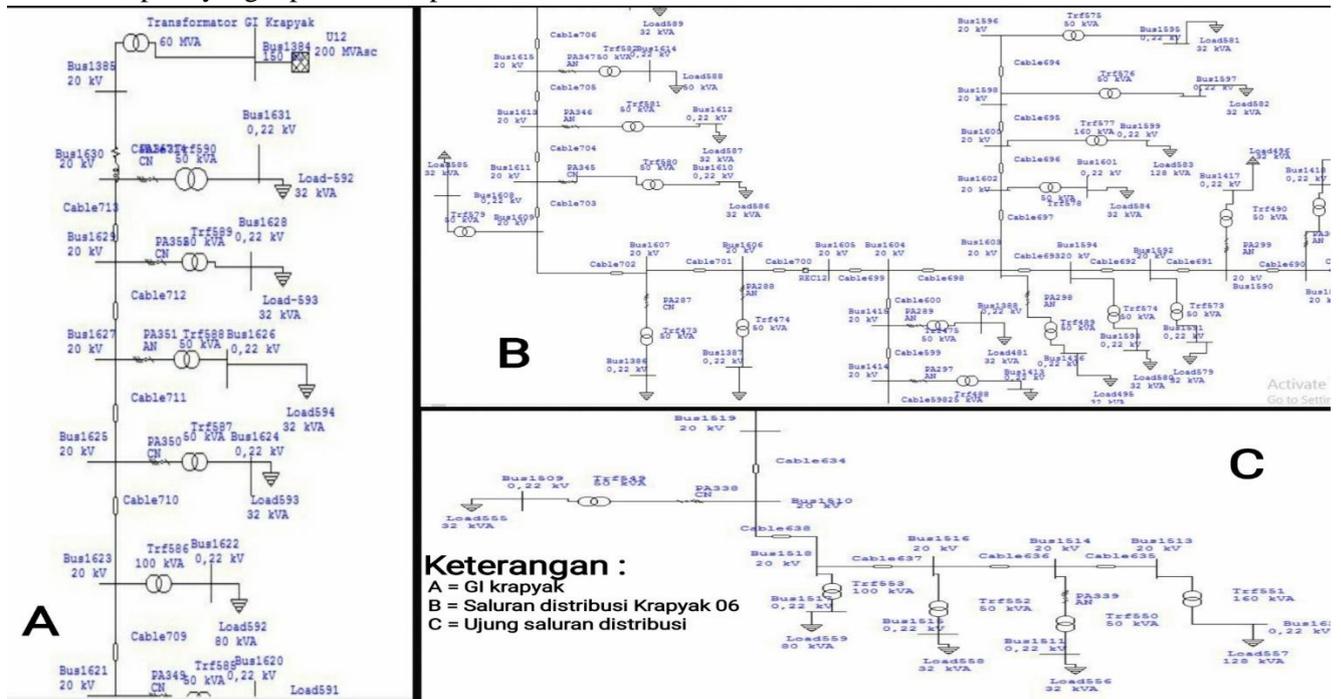
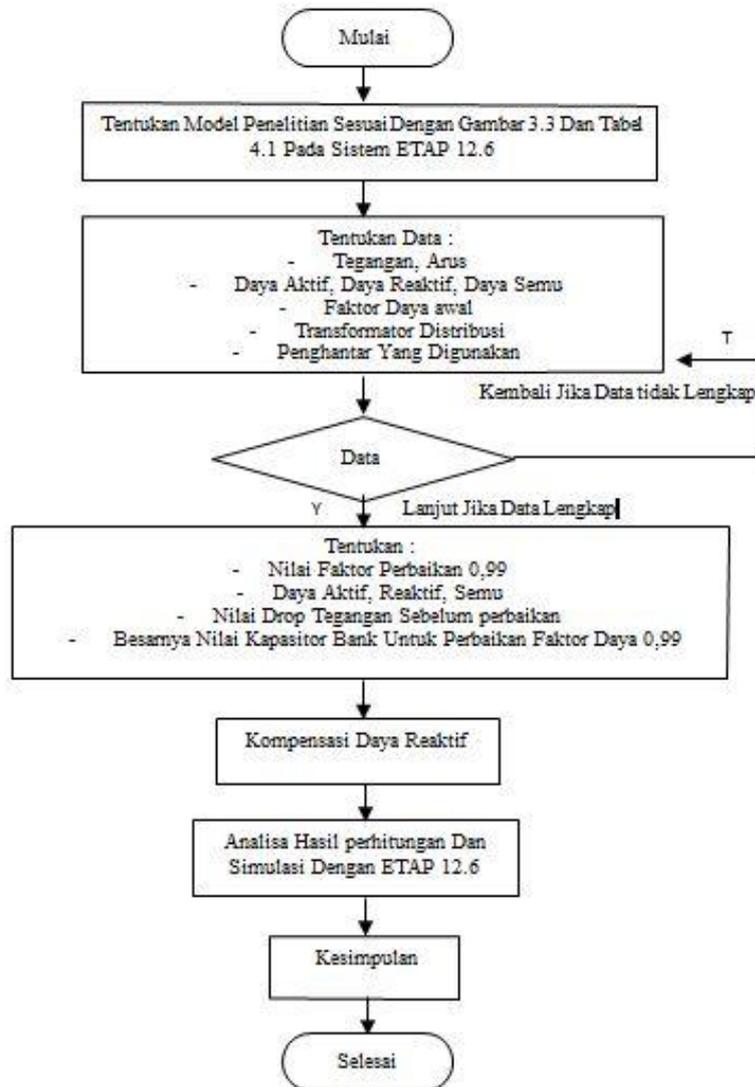


Diagram *flow chart* penelitian



**Gambar 3.2** Diagram Alur Penelitian

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah data transformator distribusi yang ada pada feeder Krapyak 06 dengan menggunakan kabel penghantar jenis AAAC 240 mm<sup>2</sup> dan untuk jarak tiap kabel 150m sehingga total dari panjang saluran kabel penghantar distribusi 19,4 km.

Tabel 4.1 Data Transformator Distribusi Feeder Krapyak 06

No	Nama Mesin	Kapasitas	PF	Jml	Pembebanan
1	Transformator Trafoindo	25 kVA	0.85	2	80%
2	Transformator Unindo	25 kVA	0.85	1	80%
3	Transformator B & D	25 kVA	0.85	1	80%

4	Transformator Trafoindo	50 kVA	0.85	22	80%
---	-------------------------	--------	------	----	-----

No	Nama Mesin	Kapasitas	PF	Jml	Pembebanan
5	Transformator Sintra	50 kVA	0.85	32	80%
6	Transformator B & D	50 kVA	0.85	31	80%
7	Transformator Voltra	50 kVA	0.85	3	80%
8	Transformator Trafoindo	100 kVA	0.85	4	80%
9	Transformator B & D	100 kVA	0.85	3	80%
10	Transformator Sintra	100 kVA	0.85	2	80%
11	Transformator Unindo	100 kVA	0.85	1	80%
12	Transformator Trafoindo	160 kVA	0.85	6	80%
13	Transformator Sintra	160 kVA	0.85	3	80%
14	Transformator B & D	160 kVA	0.85	1	80%
15	Transformator B & D	200 kVA	0.85	1	80%
16	Transformator Sintra	200 kVA	0.85	1	80%
17	Transformator Trafoindo	1000 kVA	0.85	3	80%
18	Transformator B&D	1000 kVA	0.85	1	80%

Untuk mengetahui kualitas tegangan di Feeder KPK 06 sebelum dilakukannya perbaikan drop tegangan menggunakan simulasi dengan software ETAP 12.6:

diketahui :

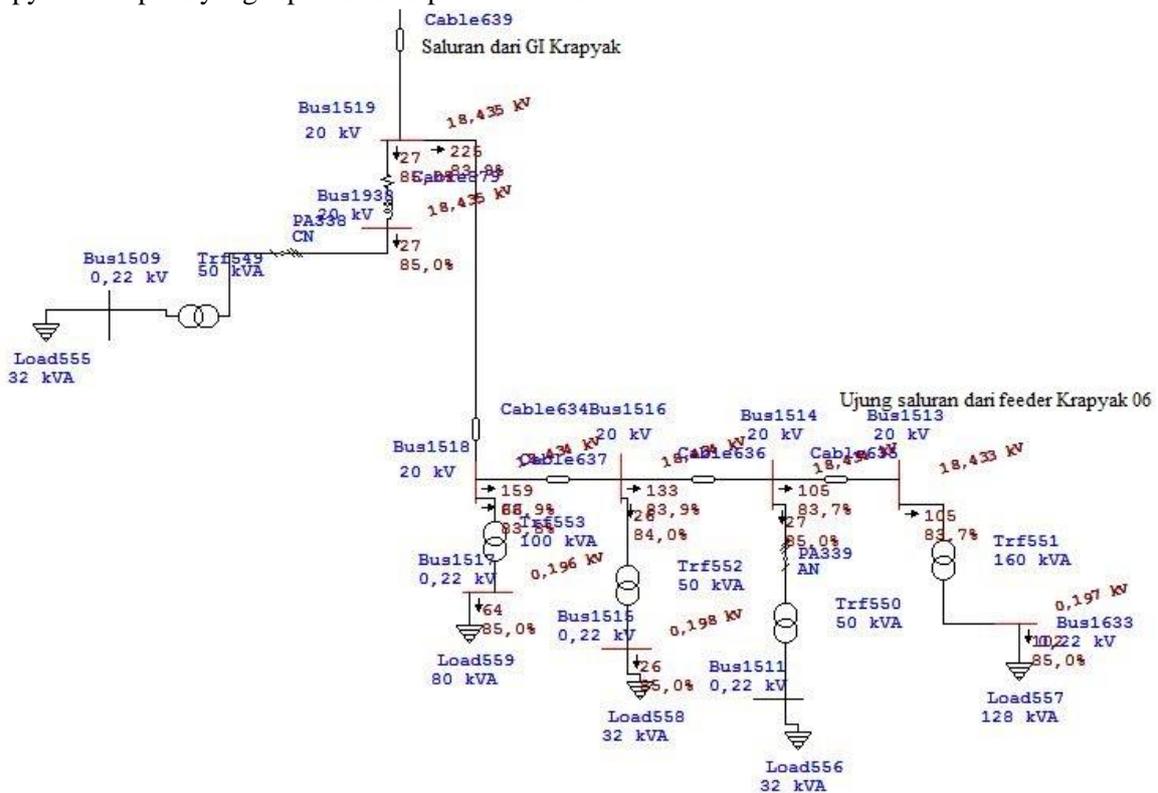
Penghantar yang digunakan AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*) 70 mm<sup>2</sup> dan 240 mm<sup>2</sup> dengan panjang penghubung antar transformator 150 m

Tabel 4.2 Data Saluran Distribusi yang digunakan pada feeder Krapyak 06

No	Data Yang Digunakan	Keterangan
1	Penghantar AAAC 240 mm <sup>2</sup>	Panjang 19,65 km ( Jarak antar Transformator 150 m )
2	Penghantar AAAC 70 mm <sup>2</sup>	Panjang 2,1 km ( Jarak antar Transformator 150 m )
3	Tegangan Pangkal	20 kV

Serta data transformator dan juga pembebanan pada tiap transformator seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1

Kemudian melakukan simulasi drop tegangan sebelum dilakukannya perbaikan pada feeder Krapyak 06 seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Tegangan Ujung Feeder Krapyak 06 Sebelum Perbaikan

Setelah dilakukannya simulasi drop tegangan dengan menggunakan *software* ETAP 12.6 kemudian mencari besarnya drop tegangan yang terjadi pada simulasi tersebut menggunakan persamaan (2.9) :

$$V_{\text{drop}} = \frac{20000 \text{ V} - 18433 \text{ V}}{20000 \text{ V}} \times 100\%$$

$$V_{\text{drop}} = \frac{1567 \text{ V}}{20000 \text{ V}} \times 100\%$$

$$V_{\text{drop}} = 0,0783 \times 100\%$$

$$V_{\text{drop}} = 7,83 \%$$

sebelum mencari besarnya kapasitor bank yang dibutuhkan untuk memperbaiki drop tegangan pada feeder Krapyak 06 harus mencari P terlebih dahulu,

Besarnya daya aktif pada faktor daya sekarang pada transformator 25 kVA

$$S = 20 \text{ kVA}$$

$$P = S \times \text{Cos } \phi$$

$$= 20 \times 0,85$$

$$= 17 \text{ kW}$$

Besarnya daya aktif pada faktor daya sekarang pada transformator 50 kVA

$$S = 32 \text{ kVA}$$

$$P = S \times \text{Cos } \phi$$

$$= 32 \times 0,85$$

$$= 27,2 \text{ kW}$$

Perhitungan selanjutnya dengan persamaan yang sama berlaku untuk keseluruhan transformator.

Tabel 4.2 Data pembebanan feeder Krapyak 06

NO	Jumlah Transformator	Kapasitas Transformator (kVA)	Beban Transformator (kVA)	Cos $\phi$	Daya Beban (kW)	Total Daya Beban (kW)
1	4	25	20	0,85	17	68
2	88	50	32	0,85	27,2	2393,6
3	10	100	80	0,85	68	680
4	10	160	128	0,85	108,8	1088
5	2	200	160	0,85	136	272
6	4	1000	800	0,85	680	2720
						7221,6

Kemudian melakukan perhitungan kapasitas kapasitor yang dibutuhkan dengan menaikan faktor daya yang telah ditentukan, yaitu sebesar 0,99 dengan menggunakan persamaan (12), (13) dan (14)

Untuk menghitung kapasitas kapasitor bank diketahui cos  $\phi$  sebagai berikut.

diketahui,

$$\text{Cos } \phi_{\text{Awal}} = 0,85$$

$$\text{Cos } \phi_{\text{Perbaikan}} = 0,99$$

Sehingga untuk menghitung besarnya kapasitor bank yang dibutuhkan pada setiap transformator sebagai berikut :

Pada diketahui transformator 25 kVA :

$$S = 20 \text{ kVA}$$

$$P = 17 \text{ kW}$$

Melakukan perhitungan nilai daya reaktif ( $Q_1$ ) sebelum dilakukan perbaikan dengan menggunakan persamaan (12) :

$$Q_1 = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$Q_1 = \sqrt{20^2 - 17^2}$$

$$Q_1 = \sqrt{111}$$

$$Q_1 = 10,53 \text{ kVar}$$

Kemudian Melakukan perhitungan daya reaktif ( $Q_2$ ) Setelah dilakukan perbaikan dengan nilai cos 0,99 menggunakan persamaan (13) :

diketahui,

$$P = 17 \text{ kW}$$

$$S = \frac{17}{0,99}$$

$$S = 17,17 \text{ kVA}$$

Sehingga nilai daya reaktif ( $Q_2$ ) :

$$Q_2 = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$Q_2 = \sqrt{17,17^2 - 17^2}$$

$$Q_2 = \sqrt{5,8}$$

$$Q_2 = 2,4 \text{ kVar}$$

Kemudian menghitung kebutuhan kapasitor dengan menggunakan persamaan (14) :

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$Q_c = 10,53 - 2,4$$

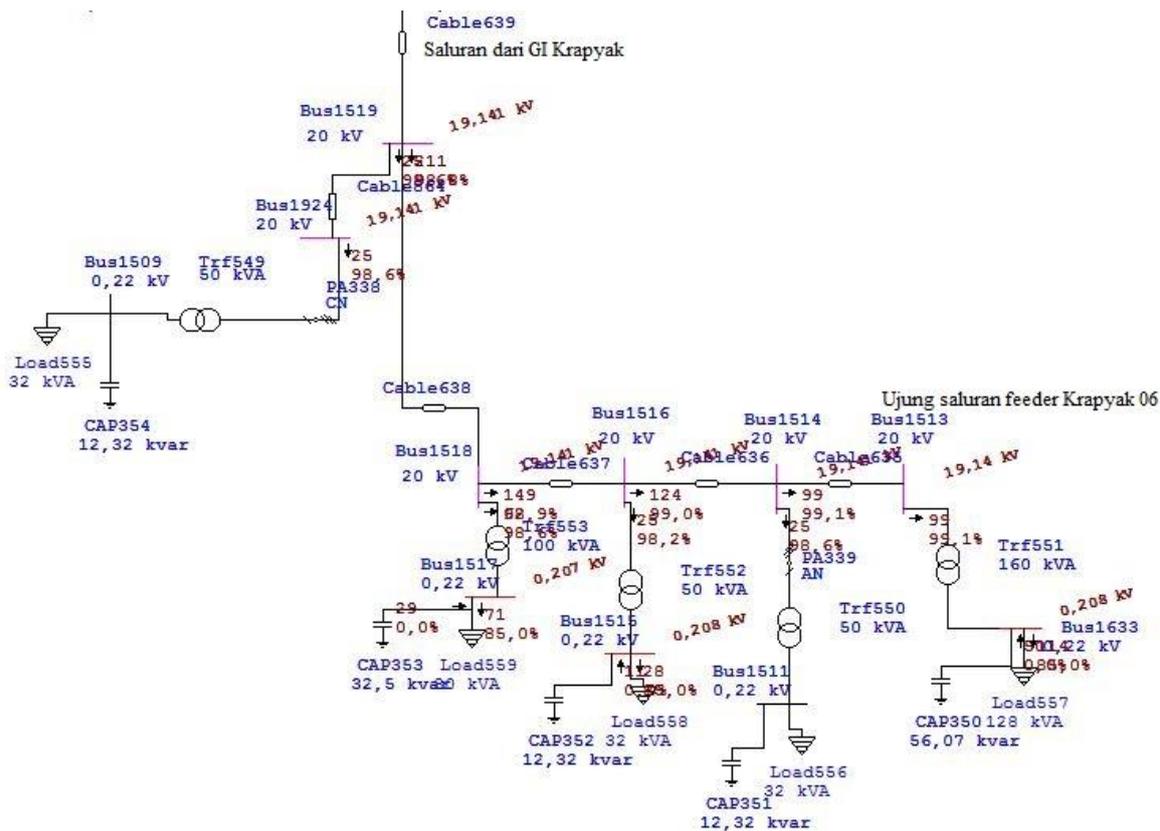
$$Q_c = 8,13 \text{ kVar}$$

Perhitungan yang sama dengan menggunakan persamaan (12), (13), (14) untuk keseluruhan transformator.

Tabel 4.3 Kapasitas kapasitor bank

NO	Jumlah Transformator	Kapasitas Transformator (kVA)	Daya Beban (kW)	Cos $\phi$	Qc (kVar)
1	4	25	17	0,99	8,13
2	88	50	27,2	0,99	12,32
3	10	100	68	0,99	32,5
4	10	160	108,8	0,99	56,07
5	2	200	136	0,99	64,9
6	4	1000	680	0,99	324,6
			7221,6		

Kemudian melakukan *ruuning load flow* kembali setelah diketahui besarnya kompensasi dengan kapasitor bank pada tiap transformator distribusi pada *software* ETAP 12.6 kemudian melakukan perbandingan drop tegangan yang terjadi sebelum dan setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank dengan melihat perbandingan tegangan antara tegangan kirim dengan tegangan ujung saluran transformator.



Gambar 4.2 Hasil Simulasi Perbaikan Drop Tegangan Pada ETAP 12.6 Setelah Dilakukan Pemasangan Kapasitor Bank

Tabel 4.4 Hasil Perbaikan Drop Tegangan Pada Salah Satu Busbar Feeder Krapyak 06

NO	Busbar	Tegagan Sebelum Dilakukan Perbaikan	Tegangan Setelah Dilakukan Perbaikan
1	Bus 1519	18,435 kV	19,141 kV
2	Bus 1518	18,434 kV	19,141 kV
3	Bus 1514	18,434 kV	19,141 kV
4	Bus 1513	18,433 kV	19,140 kV

Seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.2 perbaikan drop tegangan dengan kapasitor bank untuk memperbaiki  $\cos \phi$  dari  $\cos 0,85$  menjadi  $0,99$  memperlihatkan perbedaan tegangan antara sebelum dilakukan perbaikan dan setelah dilakukan perbaikan. Sehingga untuk melakukan perhitungan drop tegangan pada feeder KPK 06 dengan menggunakan AAAC (*All Alumunium Alloy Conductor*) 240 mm<sup>2</sup> dengan menggunakan persamaan (2.9) :

$$V_{drop} = \frac{20000 \text{ V} - 19140 \text{ V}}{20000 \text{ V}} \times 100\%$$

$$V_{drop} = \frac{860 \text{ V}}{20000 \text{ V}} \times 100\%$$

$$V_{drop} = 0,043 \times 100\%$$

$$V_{drop} = 4,3 \%$$

Dari hasil perhitungan drop tegangan pada feeder Krapyak 06 dengan simulasi menggunakan ETAP 12.6 diperoleh :

1. Drop tegangan sebelum dilakukannya perbaikan dengan kapasitor bank pada feeder 20 kV Krapyak 06 dari hasil simulasi pada ETAP sebesar 1567 V atau 7,83%.
2. Sedangkan hasil drop tegangan setelah dilakukannya perbaikan pada feeder Krapyak 06 dengan kapasitor bank besarnya menjadi 4,3% atau 860 V.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada BAB sebelumnya tentang perbaikan drop tegangan menggunakan kapasitor bank di feeder Krapyak 06 maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a) Dengan dilakukan metode perbaikan drop tegangan untuk memperbaiki nilai faktor daya dengan pemasangan kapasitor bank drop tegangan pada tegangan kerja 20 kV feeder Krapyak 06 menjadi semakin menurun yang dimana drop tegangan awalnya sebesar 1567 V atau 7,83% menjadi 860 V atau 4,3% .
- b) Besarnya kapasitas kompensasi kapasitor bank dihitung secara manual dengan metode segitiga daya dengan besar kompensasi berbeda-beda antar transformator (8,13 kVar, 12,32 kVar, 32,5 kVar, 56,07 kVar, 64,9 kVar, 324,6 kVar) yang dimana faktor daya awalnya 0,85 menjadi 0,99 pada malam hari saat beban penuh yang dimana pembebanan 80% daripada kapasitas tiap transformator.
- c) Pada hasil akhir simulasi dengan menggunakan *software* ETAP 12.6 simulasi dilakukan pada malam hari saat beban penuh yang dimana pembebanan 80% daripada kapasitas tiap transformator drop tegangan yang ada pada saluran feeder 20 kV Krapyak 06 sebelum dilakukannya perbaikan sebesar 1567 V atau 7,83% dan setelah dilakukannya perbaikan menjadi 860 V atau 4,3% .

## DAFTAR PUSTAKA

### Artikel Jurnal

[1] Khoirun Nizam, M., & Rijanto, T. (2019). ANALISIS PERBAIKAN KUALITAS DAYA MENGGUNAKAN KAPASITOR BANK PADA PENYULANG LUMUMBA PT. PLN NGAGEL SURABAYA. *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, 8(3).

[2] Handajadi, W. ANALISIS PERBAIKAN TEGANGAN PADA SUBSISTEM DENGAN PEMASANGAN KAPASITOR BANK DENGAN ETAP VERSI 7.0.

[3] Bandri, S., & Danial, T. (2015). Studi Analisa Pemasangan Kapasitor Pada Jaringan Udara Tegangan Menengah 20 kV Terhadap Drop Tegangan (Aplikasi pada Feeder 7 Pinang GI Muaro Bungo). *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 4(1).

[4] Hakim, M. F. (2017). Analisis kebutuhan capacitor bank beserta implementasinya untuk memperbaiki faktor daya listrik di politeknik kota malang. *JURNAL ELTEK*, 12(1), 105-118.

[6] Utama, N. P. S. (2008). Memperbaiki Profil Tegangan Di Sistem Distribusi Primer Dengan Kapasitor Shunt.

[10] Al Bahar, A. K. (2017). ANALISA PENGARUH KAPASITOR BANK TERHADAP FAKTOR DAYA GEDUNG TI BRI RAGUNAN. *Elektrokrisna*, 6(1)

### Buku :

[5] PLN, P. (1987). SPLN 72:“Spesifikasi Design Untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR)”. *Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara*.

[7] SPLN 41-8:1981. Hantaran Aluminium Campuran (AAAC).

[8] SPLN 41-10:1991. Penghantar Alumunium Paduan Berselubung Polietilen (AAAC-S).

[9] SPLN: D3.002-1: 2007. Spesifikasi Transformator Distribusi.

LEMBAR PENGESAHAN  
MAKALAH TUGAS AKHIR

Dengan Judul:

**SIMULASI PERBAIKAN DROP TEGANGAN DENGAN KAPASITOR  
BANK PADA FEEDER KRAPYAK 06 DENGAN ETAP 12.6**

Disahkan Pada Tanggal:.....

*Mengetahui,*

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



**Dr. Ir. H. Muhammad Haddin, M.T.**

**Munaf Ismail, S.T., M.T.**

NIDN. 0618066301

NIDN. 0613127302

---