

Analisa Dan Perbaikan Tegangan Jatuh Pada Sistem Distribusi Listrik KRI Teluk Celukan Bawang 532 Menggunakan Kapasitor Bank Dan Pengaturan Tap Transformer

Revanda Dwi Putra Atmanegara, Istiyo Winarno

Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah Surabaya, Indonesia

Jl. Arif Rahman Hakim, Keputih, Kec. Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur 60111

Email : revanda.negara@gmail.com, istiyowinarno@hangtuah.ac.id

Abstrak— Dibutuhkan armada kapal perang yang andal untuk menjaga wilayah kedaulatan Negara Kesatuan Republik Indonesia. Semakin meningkatnya tugas TNI-AL maka harus pula diikuti dengan meningkatnya keandalan armada kapal perang TNI-AL. Salah satu faktor yang mendukung keandalan suatu kapal adalah kualitas tegangan listrik pada kapal. Penyebab menurunnya kualitas tegangan listrik pada kapal adalah terjadinya tegangan jatuh yang menyebabkan peralatan listrik pada kapal tidak dapat bekerja secara maksimal. Tegangan jatuh yang dibiarkan terus menerus akan membuat kerusakan pada peralatan listrik yang berada pada kapal. Pada Penelitian ini dilakukan simulasi pemasangan kapasitor bank dan pengaturan ratio tap transformer pada setiap kondisi operasi kapal sebagai metode perbaikan tegangan jatuh. Pada kondisi sandar dan bongkar muat pada siang hari nilai kapasitas kapasitor sebesar 135 KVAR, kondisi sandar dan bongkar muat pada malam hari nilai kapasitas kapasitor sebesar 140 KVAR, pada kondisi berlayar pada siang hari nilai kapasitas kapasitor sebesar 150 KVAR, pada kondisi berlayar pada malam hari nilai kapasitas kapasitor sebesar 150 KVAR, dan pada kondisi latihan nilai kapasitas kapasitor sebesar 140 KVAR. Pada semua kondisi juga dilakukan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 5%. Hasil simulasi menunjukkan dengan penambahan kapasitor bank dan pengaturan tap transformer dapat melakukan perbaikan tegangan jatuh sebesar 5,43%.

Kata Kunci—Tegangan Jatuh, Sistem Kelistrikan Kapal, Kapasitor Bank, Tap Transformer, Kapal Perang

I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara maritim yang sebagian besar wilayahnya berupa lautan. Indonesia juga merupakan negara kepulauan yang memiliki kurang lebih 17 ribu pulau yang tersebar dari Sabang sampai Merauke. Dan pada saat ini pemerintah berusaha membangun kejayaan maritim Indonesia dengan menjadikan Indonesia sebagai poros maritime dunia. Upaya yang dilakukan oleh pemerintah adalah membangun kekuatan di berbagai sektor maritim antara lain ekonomi, pertahanan, dan juga pariwisata. Untuk mendukung upaya pemerintah tersebut

dibutuhkan sebuah kegiatan untuk mempertahankan dan mengamankan kedaulatan wilayah Indonesia terutama di wilayah Laut Cina Selatan yang pada akhir-akhir ini sedang terjadi konflik perebutan wilayah tersebut yang dilakukan oleh beberapa negara. Salah satu unsur yang bertugas untuk mempertahankan dan mengamankan wilayah Indonesia adalah TNI-AL. Untuk mendukung tugas TNI-AL maka dibutuhkan armada-armada kapal perang yang andal. Salah satu armada yang dimiliki oleh TNI-AL adalah KRI Teluk Celukan Bawang 532. KRI Celukan Bawang 532 adalah kapal jenis LST (*Landing Ship Tank*) kelas Frosch yang bertugas sebagai armada pendarat bagi pasukan mariner, selain itu juga digunakan untuk mengangkut logistic. Kapal ini merupakan kapal perang bekas angkatan laut Jerman Timur yang dibuat oleh VEB Peenewerft, Wolgast, Jerman Timur pada tahun 1976, dan pada tahun 1994 kapal ini dibeli oleh Pemerintah Indonesia dalam paket pembelian kapal perang eks Jerman Timur.

Mengingat usia kapal ini yang tidak lagi muda, maka dibutuhkan suatu upaya untuk membuat kapal ini tetap andal di setiap tugas operasi. Untuk membuat suatu kapal andal maka dibutuhkan kualitas tegangan yang baik agar tidak terjadi kerusakan pada komponen listrik khususnya motor listrik pada kapal. Mengingat kebutuhan listrik di kapal sangat tinggi, hal ini disebabkan karena hampir semua aktivitas di kapal menggunakan listrik. Kapal sendiri memiliki beberapa kondisi yaitu berlayar (*sailing*), bermanuver (*maneuvering*), bongkar muat (*cargo handling*) dan lego jangkar (*anchoring*). Kondisi – kondisi tersebut membutuhkan konsumsi listrik yang besar. Selain itu untuk menjaga kondisi suatu kapal di laut lepas berada pada posisi yang diinginkan maupun bergerak mengikuti titik acuan yang telah dibuat, maka suatu motor listrik harus dapat bekerja dengan maksimal. Cara yang dapat digunakan untuk membuat peralatan listrik (beban listrik) dapat bekerja secara maksimal yaitu dengan menjaga kualitas tegangan pada kapal. Salah satu penyebab menurunnya kualitas tegangan adalah tegangan jatuh.

Tegangan jatuh atau drop voltage adalah kondisi dimana jumlah tegangan yang dikirim dari generator tidak sama dengan tegangan yang diterima oleh beban listrik. Tegangan jatuh tersebut dapat kualitas tegangan menjadi buruk dan mengakibatkan meningkatnya arus listrik (Wahyudianto et al., 2016). Tegangan jatuh yang melebihi toleransi mengakibatkan peralatan listrik (beban listrik) tidak dapat bekerja secara maksimal, hal ini dapat mengakibatkan peralatan listrik (beban listrik) mengalami kerusakan. Meningkatnya beban bersifat induktif mengakibatkan menurunnya nilai faktor daya, meningkatnya rugi-rugi pada jaringan, menurunnya nilai tegangan terutama pada ujung saluran dan memburuknya regulasi tegangan (Asy'ari, 2011). Cara untuk menghitung nilai tegangan jatuh salah satunya dengan menggunakan cara load flow analysis. Perhitungan nilai tegangan jatuh menggunakan metode load flow analysis dengan bantuan perangkat lunak (software) sangat membantu, hal ini dikarenakan perangkat lunak (software) dapat memberikan hasil yang lebih baik daripada melakukan dengan sistem manual. Dengan mengetahui data aktual single line diagram, dapat dilakukan simulasi pada perangkat lunak (software) untuk dilakukan analisa apakah terjadi tegangan jatuh pada tiap beban. Apabila terjadi suatu kegagalan pada sistem atau sistem tersebut bermasalah perangkat lunak (software) tersebut akan memberikan tanda warna merah. Load flow studies dapat juga digunakan untuk mengoptimalkan kapasitas dan lokasi untuk melakukan pemasangan kapasitor bank apabila terjadi tegangan jatuh (Kapahi, 2017). Load flow studies juga dapat digunakan untuk mengetahui aliran daya listrik yang disalurkan dari generator ke beban-beban listrik (Tanti, 2012). Untuk mengurangi terjadinya kerusakan atau pun kegagalan pada motor listrik akibat tegangan jatuh dalam penelitian ini akan dilakukan analisis dan perbaikan tegangan jatuh pada sistem kelistrikan kapal.

II. BAHAN DAN METODE

A. Tegangan Jatuh

Tegangan Jatuh Tegangan jatuh merupakan kondisi saat jumlah tegangan dari generator tidak sama dengan tegangan yang digunakan (diterima) oleh peralatan listrik atau dapat dikatakan terjadi perbedaan nilai tegangan antara pengirim dan penerima (Wahyudianto, Sarwito and Kurniawan, 2016). Nilai dari tegangan jatuh ditulis dalam satuan persen atau dalam satuan volt. Tegangan jatuh ini tidak dapat dimusnahkan (dihilangkan), namun nilai tegangan jatuh dapat direduksi (dikecilkan) . (Putro, Karnoto and Winardi, 2015).

Menurut IEC 60364-8-1 nilai maksimum dari tegangan jatuh yang terjadi pada sistem distribusi listrik yang diijinkan sebesar 3% untuk beban penerangan dan 5% untuk beban kelistrikan lainnya, presentase tersebut disesuaikan dengan besarnya tegangan yang dihasilkan oleh sumber tegangan.

Tegangan jatuh dapat dinyatakan dalam:

$$\Delta V = V_s - V_r \quad (1)$$

Keterangan :

ΔV : Tegangan Jatuh (V)

V_s : Tegangan yang dikirim (V)

V_r : Tegangan yang diterima (V)

Oleh sebab itu nilai presentase (%) dari tegangan jatuh dapat ditulis :

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

$\Delta V(\%)$: Tegangan Jatuh (%)

ΔV : Tegangan jatuh (V)

V : Tegangan Kerja (V)

B. Penyebab Tegangan Jatuh

Tegangan jatuh bisa terjadi dikarenakan oleh beberapa faktor, seperti: jarak penyaluran tenaga listrik dari pembangkit ke beban listrik yang jauh, terjadinya ketidakseimbangan beban, peralatan listrik yang sudah tua, diameter penghantar (kabel) terlalu kecil, dan nilai factor daya yang rendah (Putro, Karnoto and Winardi, 2015).

Pada umumnya beban pada sistem tenaga listrik bersifat resistif dan induktif. Beban-beban tersebut akan menyerap daya aktif dan daya reaktif yang dihasilkan oleh pembangkit. Proses penyerapan daya reaktif oleh beban yang bersifat induktif akan mengakibatkan terjadinya tegangan jatuh pada tegangan yang dihasilkan oleh sumber listrik. Sehingga terjadi perbedaan dari nilai tegangan pada sisi pengirim dan sisi penerima (Sukma and Hermanto, 2017).

Penggunaan energi listrik pada kapal umumnya digunakan untuk menggerakkan motor listrik, hal ini dapat menyebabkan nilai beban induktif yang ditampung generator menjadi cukup besar. Nilai beban induktif yang cukup besar tersebut dapat menyebabkan factor daya menjadi rendah, sehingga penggunaan daya listrik pada peralatan listrik menjadi kurang optimal.

Ada beberapa faktor lain yang penyebab terjadinya tegangan jatuh pada kapal, seperti turunya tegangan dari pembangkit (generator) yang disebabkan karena berkurangnya eksitasi pada pembangkit (generator), selain itu juga diakibatkan oleh arus start pada beban yang bersifat induksi.

C. Efek Tegangan Jatuh

Efek Tegangan Jatuh Terjadinya tegangan jatuh dapat menyebabkan kualitas dari tegangan listrik menjadi

buruk dan dapat mengakibatkan meningkatnya arus listrik. Tegangan jatuh yang melebihi toleransi dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik, hal tersebut dikarenakan peralatan listrik tidak dapat berkerja secara maksimal.

Tegangan jatuh ini sangat berbahaya jika terjadi pada sistem kelistrikan pada kapal perang, mengingat banyak peralatan listrik yang menyangkut tentang system keamanan suatu negara. Oleh sebab itu, tegangan jatuh harus diminimalisir untuk menghindari kerusakan pada peralatan listrik saat melaksanakan suatu operasi.

D. Electrical Transient Analyzer Program (ETAP)

Electrical Transient Analyzer Program (ETAP) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mensimulasikan dan pemodelan jaringan listrik, dan digunakan oleh para insinyur sistem tenaga.

ETAP dapat melakukan penggambaran single line diagram secara grafis dan mengadakan beberapa analisis / studi yakni load flow (aliran daya), short circuit (hubung singkat), motor starting, harmonics power systems, transient stability dan protective device coordination.

E. Kapasitor Bank

Kapasitor bank adalah komponen atau peralatan listrik yang dapat mensuplai daya reaktif (VAr). Pemasangan kapasitor pada sistem distribusi dapat memperbaiki faktor daya, rugi daya pada saluran dan memperbaiki tegangan pada sistem. Dalam kapasitor bank terdapat resistor yang berfungsi sebagai alat internal untuk membuang sisa tegangan. Biasanya kapasitor bank disusun dalam variasi rating tegangan sekitar 240 V – 24940 V dan dalam rating kapasitas sekitar 2,5 – 1000 kVAr.



Gambar 1. Kapasitor Bank

Sebelum pemasangan kapasitor bank, perlu dilakukan perhitungan kapasitas kapasitor bank yang akan dipasang. Tujuan dari perhitungan kapasitas kapasitor bank agar sistem tidak mengalami kompensasi yang berlebih (*over compensating*).

$$Q_{cap} = P (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \quad (3)$$

Dimana =

Q_{cap} : kapasitas kapasitor (kVAR),

P : daya nyata awal (kW)
 ϕ_1 : kondisi awal,
 ϕ_2 : target yang diinginkan

F. Daya Listrik

Daya Listrik adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber energi seperti tegangan listrik dapat menghasilkan daya listrik, dan pada beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik yang dihasilkan. Daya listrik dibedakan menjadi tiga macam yaitu:

1. Daya Aktif (P)

Daya aktif adalah daya yang dibutuhkan oleh beban resistif yang dinyatakan dengan huruf P, satuan dari daya aktif adalah watt (Abrar Tanjung, 2010). Daya aktif dapat ditulis dengan persamaan:

$$\begin{aligned} P &= I^2 R \\ &= I^2 (Z \cos \phi) \\ &= (I Z) I \cos \phi \\ &= V I \cos \phi \end{aligned} \quad (4)$$

Dimana,

P : Daya aktif (watt)

I : Arus (A)

Z : Impedansi (Ω)

R : Hambatan (Ω)

V : Tegangan (V)

2. Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif adalah daya yang diserap oleh komponen aktif yang dinyatakan dengan huruf Q, satuan dari daya reaktif adalah VAr (Abrar Tanjung, 2010). Daya reaktif dapat ditulis dengan persamaan:

$$\begin{aligned} Q &= I^2 X \\ &= I^2 (Z \sin \phi) \\ &= (I Z) I \sin \phi \\ &= V I \sin \phi \end{aligned} \quad (5)$$

Dimana,

Q : Daya reaktif (VAr)

I : Arus (A)

Z : Impedansi (Ω)

X : Reaktansi (Ω)

V : Tegangan (V)

3. Daya Apparent (S)

Daya apparent atau daya semu adalah daya yang dihasilkan dari perkalian tegangan dan arus yang disimbolkan dengan huruf S dan satuan dari daya semu adalah VA (Abrar Tanjung, 2010). Daya semu dapat ditulis dengan persamaan:

$$\begin{aligned} S &= I^2 Z \\ &= (I Z) I \\ &= V I \end{aligned} \quad (6)$$

Dimana,

S : Daya apparent (VA)

I : Arus (A)

Z : Impedansi (Ω)

V : Tegangan (V)

Sedangkan untuk sistem tiga fasa perhitungan daya berubah menjadi :

$$P = \sqrt{3} V I \cos \phi \quad (7)$$

$$Q = \sqrt{3} V I \sin \phi \quad (8)$$

$$S = \sqrt{3} V I \quad (9)$$

G. Tap Transformer

Tap Transformer atau biasa dikenal dengan tap charger adalah suatu alat yang digunakan untuk mengubah perbandingan lilitan pada transformer. Fungsi dari tap transformer yaitu untuk mendapatkan nilai tegangan pada sisi sekunder yang lebih baik (diinginkan).

Perubahan pada tap transformator ada dua jenis, yaitu perubahan tap positif dan negatif. Perubahan tap transformator umumnya menggunakan ukuran persen (%), berkisaran dinilai 5%. Perubahan tap positif dengan menambah jumlah lilitan di sisi sekunder, sedangkan tap negatif sebaliknya akan mengurangi jumlah lilitan di sisi sekunder.

Dengan menggunakan tap transformator kita dapat mengatur rasio lilitan primer dan sekunder transformator. Dengan demikian kita dapat mengatur tegangan keluaran transformator. Hal ini dapat dilihat pada persamaan berikut

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \alpha \quad (10)$$

Dimana:

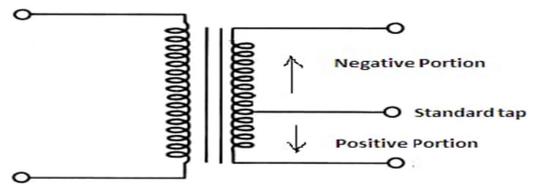
V_p = Tegangan di sisi primer

V_s = Tegangan di sisi sekunder

N_p = Jumlah lilitan primer

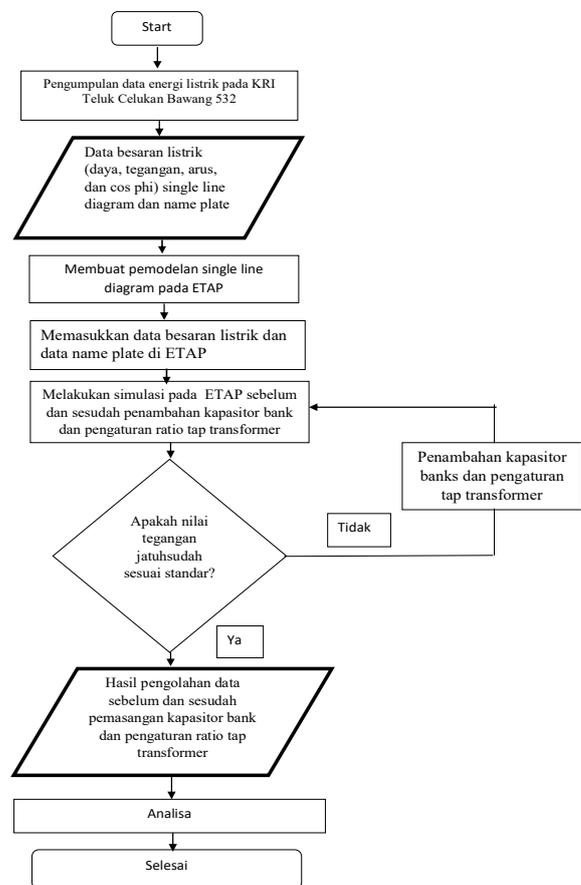
N_s = Jumlah lilitan sekunder

α = Rasio lilitan



Gambar 2. Tap Transformer

H. Proses Penelitian

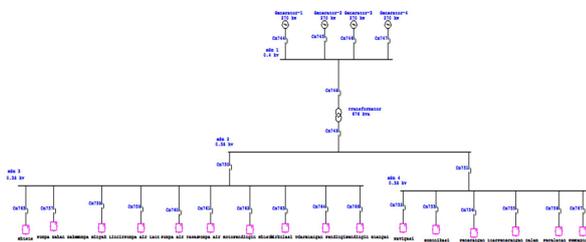


Gambar 3. Flowchart Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan demi tercapainya penelitian yang baik. Langkah yang akan dilakukan antara lain yaitu dilakukan antara lain yaitu dilakukan simulasi sistem distribusi listrik pada KRI Teluk Celekan Bawang 532 menggunakan perangkat lunak (software) ETAP, penentuan pemasangan kapasitor bank dan pengaturan tap transformer pada ETAP. Berikut adalah tahapan untuk tercapainya penelitian yang baik, akan dijabarkan pada gambar 3.1. sebagai berikut:

1. Pengumpulan data energi listrik pada KRI Teluk Celukan Bawang 532 seperti daya tegangan, arus dan cos phi.
2. Membuat single line diagram pada perangkat lunak (software) ETAP.
3. Memasukkan data besaran listrik pada perangkat lunak (software) ETAP.
4. Melakukan simulasi pada perangkat lunak (software) ETAP. Dari simulasi tersebut dapat diketahui apakah terjadi tegangan jatuh atau tidak, apabila terjadi tegangan jatuh maka dapat dianalisa nilai tegangan jatuh tersebut sudah sesuai standar atau tidak.
5. Jika nilai tegangan jatuh sudah sesuai standar maka tegangan dapat digunakan oleh beban listrik, tetapi jika nilai tegangan jatuh berada dibawah standar maka dilakukan perbaikan dengan cara menambah kapasitor bank dan mengatur ratio tap transformer. Setelah dilakukan perbaikan, lalu dilakukan simulasi lagi pada perangkat lunak (software) ETAP. Setelah nilai tegangan jatuh sudah dinilai sesuai standar maka dilakukan analisa tentang nilai tegangan jatuh sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan.
6. Selesai

I. Single Line Diagram



Gambar 4. Single Line Diagram Sistem Distribusi Listrik KRI Teluk Celukan Bawang 532

Pada gambar tersebut terdapat 4 generator dan 16 bus beban. Bus beban tersebut antara lain: Peralatan Navigasi, Pompa Bahan Bakar, Pompa Minyak Lincir, Pompa Air Laut, Pompa Air Tawar, Pompa Air Kotor, Peralatan Pendingin Khusus, Peralatan Ruangan Pendingin, Peralatan Sirkulasi Udara, Peralatan Khusus, Peralatan Pemadam Kebakaran, Peralatan Dapur, Peralatan Komunikasi, Peralatan Penerangan Luar, Peralatan Penerangan Dalam, dan Peralatan Pendingin Ruangan.

J. Beban Pada KRI Teluk Celukan Bawang 532

Beban listrik pada KRI Teluk Celukan Bawang sebagai berikut:

No.	Peralatan	Jumlah Peralatan	Daya
1.	Gyro Compass	1	1.200
2.	Magnet Compass	1	65

3.	Speed Log	1	750
4.	General Positioning System	1	100
5.	Navigation Control Board	1	1.000
6.	RFT Radar	1	600
7.	HF –Tranceiver & Receiver	1	200
8.	VHF –Tranceiver & Receiver	1	300
9.	Handy Talkie	1	100
10.	Horn	1	280
11.	Alarm	1	240
12.	Loud Speaker	1	200
13.	Fuel Oil Priming Pump (Main Engine)	1	700
14.	Fuel Oil Transfer Pump	2	7.100
15.	Fuel Oil Separating Pump	2	7.100
16.	Fuel Oil Draining Pump	1	520
17.	Lube Oil Transfer Pump	2	1.000
18.	Lube Oil Cooling Pump (Main Engine)	2	14.500
19.	Lube Oil Separating Pump	2	7.100
20.	Lube Oil Draining Pump	1	1.000
21.	Lube Oil Cooling Pump (Thrust Bearing)	2	1.100
22.	Lube Oil Suction Pump (Main Engine)	2	14.500
23.	Sea Water Cooling Pump (Aux Engine)	2	2.050
24.	Sea Water Sanitation Pump	1	2.050
25.	Leak Pump / Ballast Pump	2	35.000
26.	Engine Room Bilge Pump	1	350
27.	Fresh Water Circulating Pump	2	2.050
28.	Fresh Water Transfer Pump	1	2.050
29.	Fresh Water Cooling Pump (Main Engine)	2	35.000
30.	Fresh Water Cooling Pump (Aux Engine)	1	110
31.	Fresh Water Expansion Tank Pump (Main & Aux Engine)	1	250
32.	Sewage Separator Pump	1	350
33.	Sewage Draining Pump	1	3.800
34.	Head Master Light	2	1.000
35.	Side Light	2	300
36.	Anchor Light	2	150
37.	Stem Light	1	100
38.	Morse Signal Light	1	500
39.	Fluorescent Lamp	175	20
40.	Emergency Lamp	170	15
41.	Water Chiller Cooling Pump	2	7.500
42.	Weapon Cooling Pump	2	21.000
43.	Fresh Room Condenser	1	7.500
44.	Condenser Cooling Pump	1	1.100
45.	Air Circulating Blower	13	520

46.	Air Circulating Blower (Main Eng Room)	2	3.300
47.	Air Circulating Blower (Aux Eng Room)	2	3.300
48.	Air Conditioner	2	52.000
49.	Fan Coil Room 1	7	90
50.	Fan Coil Room 2	2	90
51.	Fan Coil Room 3	5	90
52.	Fan Coil Room 4	5	90
53.	Fan Coil Room 5	19	90
54.	Hydraulic Pump (Steering Gear)	2	5.300
55.	Ramp Hydraulic Pump	1	37.000
56.	Track Ramp Hydraulic Pump	1	15.000
57.	Bower Anchor Windlass	2	38.000
58.	Stern Anchor Windlass	1	11.800
59.	Fresh Water PreHeater (Main Engine)	3	1.200
60.	Lube Oil PreHeater (Main Engine)	2	30.000
61.	Reverse Water Osmosis	2	4.500
62.	Boat Crane	1	3.000
63.	Boom Crane	1	105.000
64.	Battery Charger	1	4.320
65.	Washing Machine	3	700
66.	Air Compressor (Main Engine Starter)	2	21.000
67.	Air Compressor (Diving Tube)	1	3.000
68.	Air Compressor (Auxiliary)	1	4.000
70.	Fire Fighting Pump	1	21.000
71.	Fire Preventing Pump	1	10.000
72.	Smoke, Flame and Heat Detector	3	11
73.	Frying Pan	1	4.400
74.	Rice Cooker	2	4.400
75.	Hot Plate	1	19.000

K. Kondisi Operasi Pada KRI Teluk Celukan Bawang 532

Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi pada KRI Teluk Celukan Bawang 532 saat menghadapi beberapa kondisi antara lain: sandar & bongkar muat, berlayar, dan saat latihan.

1. Sandar & Bongkar Muat Siang Hari

Pada kondisi ini disimulasikan KRI Teluk Celukan Bawang 532 melakukan sandar dan juga melakukan embarkasi pasukan marinir beserta alutsista seperti tank btr-50 yang dilakukan pada siang hari.

2. Sandar & Bongkar Muat Malam Hari

Pada kondisi ini disimulasikan KRI Teluk Celukan Bawang 532 melakukan sandar dan juga melakukan embarkasi pasukan marinir beserta alutsista seperti tank btr-50 yang dilakukan pada malam hari.

3. Berlayar Siang Hari

Pada kondisi ini disimulasikan KRI Teluk Celukan Bawang 532 berlayar dengan membawa pasukan marinir beserta alutsista seperti tank btr-50 ke daerah operasi yang dilakukan pada siang hari..

4. Berlayar Malam Hari

Pada kondisi ini disimulasikan KRI Teluk Celukan Bawang 532 berlayar dengan membawa pasukan marinir beserta alutsista seperti tank btr-50 ke daerah operasi yang dilakukan pada malam hari.

5. Latihan

Pada kondisi ini disimulasikan KRI Teluk Celukan Bawang 532 melakukan pendaratan amfibi bagi pasukan marinir beserta alutsista seperti tank btr-50 ke daerah operasi, tetapi saat sedang melakukan pendaratan amfibi KRI Teluk Celukan Bawang 532 mengalami kebakaran akibat tertembak dari senjata musuh. Kondisi latihan ini hanya berlangsung saat malam hari karena pendaratan amfibi harus dilakukan secara senyap untuk membuat efek serangan fajar.

L. Jumlah Daya Saat Kondisi Tertentu

Saat kapal berada pada kondisi tertentu, kapal membutuhkan daya yang digunakan untuk menggerakkan beban – beban motor yang ada. Jumlah daya saat kondisi tertentu seperti pada tabel 1.

TABEL 1. DATA JUMLAH DAYA SAAT KONDISI TERTENTU

No.	Kondisi	Jumlah Daya (Watt)
1.	Sandar & Bongkar Muat Siang Hari	522.768
2.	Sandar & Bongkar Muat Malam Hari	529.268
3.	Berlayar Siang Hari	521.048
4.	Berlayar Malam Hari	527.248
5.	Latihan	527.618

M. Perhitungan Nilai Kapasitas Kapasitor

Dengan menggunakan rumus persamaan (3) maka dapat dihitung nilai kapasitas kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki nilai tegangan jatuh pada KRI Teluk Celukan Bawang 532 saat menghadapi kondisi yang terjadi.

Diketahui

$$P = 522,78 \text{ KW}$$

$$\cos \phi_1 = 0,804 \quad \phi_1 = 36,49$$

$$\cos \phi_2 = 0,9 \quad \phi_2 = 25,8$$

Maka

$$Q_{cap} = P (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

$$Q_{cap} = 522,78 (\tan 36,49 - \tan 25,8)$$

$$Q_{cap} = 522,78 (0,74 - 0,483)$$

$$Q_{cap} = 134,36 \text{ KVar}$$

Dengan menggunakan rumus yang sama maka dapat diketahui nilai kapasitas kapasitor pada beberapa kondisi seperti pada tabel 2

TABEL 2. HASIL PERHITUNGAN NILAI KAPASITAS KAPASITOR

No.	Kondisi	Nilai Kapasitas Kapasitor (KVar)
1.	Sandar & Bongkar Muat Siang Hari	134,36
2.	Sandar & Bongkar Muat Malam Hari	136,03
3.	Berlayar Siang Hari	149,54
4.	Berlayar Malam Hari	151,33
5.	Latihan	140,87

N. Pengaturan Tap Transformer

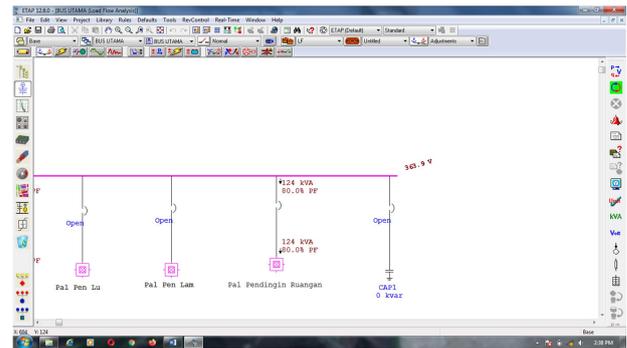
Pada penelitian ini pengaturan nilai ratio pada tap transformer dilakukan dengan melakukan perubahan positif yaitu dengan menambah lilitan pada sisi sekunder, sehingga nilai tegangan jatuh dapat naik dan sesuai dengan standar. Perubahan ratio pada sisi sekunder ini dilakukan dengan nilai maksimal yaitu sebesar 5%.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan menunjukkan hasil dari simulasi perbaikan tegangan jatuh pada sistem distribusi listrik KRI Teluk Celukan Bawang 532 menggunakan kapasitor bank dan pengaturan tap transformer. Sebelum mendapatkan hasil terlebih dahulu merancang sistem kelistrikan kapal dan disimulasikan menggunakan software ETAP 12.6. seperti gambar 4., setelah itu dilakukan analisa nilai tegangan jatuh yang ada pada sistem kelistrikan kapal.

A. Simulasi Kondisi Sandar & Bongkar Muat Pada Siang Hari

Dilakukan simulasi pada kondisi sandar & bongkar muat pada siang hari nilai tegangan yang diterima oleh beban sebesar 363,9V dan digambarkan pada gambar 5



Gambar 5. Nilai Tegangan Yang Diterima Oleh Beban Saat Kondisi Sandar & Bongkar Muat Pada Siang Hari

Dari gambar 5. maka dilakukan upaya perbaikan untuk mengubah nilai tegangan yang diterima oleh beban. Hasil dari perbaikan nilai tegangan tersebut dijelaskan pada tabel 3.

TABEL 3. HASIL PERBAIKAN NILAI TEGANGAN SAAT KONDISI SANDAR & BONGKAR MUAT PADA SIANG HARI

Metode Perbaikan	PF Awal	PF Akhir	Tegangan Awal	Tegangan Akhir
Penambahan Kapasitor Bank (165 kVar)	80,4%	88,2%	363,9 V	358,8 V
Pengaturan Ratio Tap Transformer (2,5%)	80,4%	80,3%	363,9 V	372,7 V
Pengaturan Ratio Tap Transformer (5%)	80,4%	80,2%	363,9 V	381,6 V
Penambahan Kapasitor Bank dan Pengaturan Tap Transformer (2,5%)	80,4%	88,5%	363,9 V	375,4 V
Penambahan Kapasitor Bank dan Pengaturan Tap Transformer (5%)	80,4%	88,7%	363,9 V	384,4 V

Dari tabel 3. dapat diketahui bahwa dengan melakukan penambahan kapasitor bank dengan nilai kapasitas kapasitor sebesar 135 KVar. Pada nilai faktor daya terjadi perubahan sebesar 7,8% yang awalnya sebesar 80,4% berubah menjadi 88,2% dan pada nilai tegangan yang diterima oleh beban juga terjadi perubahan sebesar 2,4 V yang awalnya sebesar 363,9 V berubah menjadi 366,3 V. Nilai tegangan tersebut sudah sesuai standar dari IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar 361 V.

Selanjutnya dilakukan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 2,5%. Pada nilai faktor daya terjadi perubahan sebesar 0,1% yang awalnya sebesar 80,4% berubah menjadi 80,3%, dan

pada nilai tegangan yang diterima oleh beban juga terjadi perubahan sebesar 8,8 V yang awalnya sebesar 363,9 V berubah menjadi 372,7 V. Nilai tegangan tersebut sudah sesuai standar dari IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar 361 V.

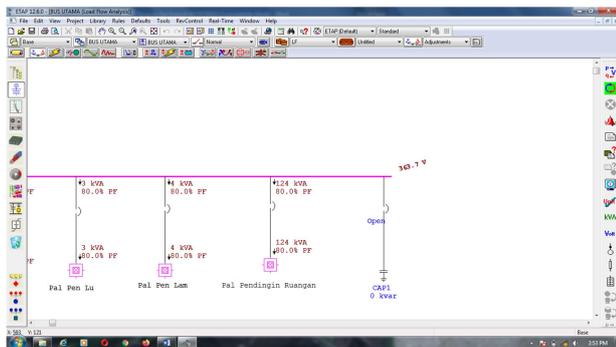
Selanjutnya dilakukan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 5%. Pada nilai faktor daya terjadi perubahan sebesar 0,2% yang awalnya sebesar 80,4% berubah menjadi 80,2%, dan pada nilai tegangan yang diterima oleh beban juga terjadi perubahan sebesar 17,7 V yang awalnya sebesar 363,9 V berubah menjadi 381,6 V. Nilai tegangan tersebut sudah sesuai standar dari IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar 361 V.

Selanjutnya dilakukan penggabungan dua metode perbaikan tersebut. Yang pertama adalah menggabungkan metode penambahan kapasitor bank dengan nilai kapasitas kapasitor sebesar 135 KVAR dan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 2,5%. Pada nilai faktor daya terjadi perubahan sebesar 8,1% yang awalnya sebesar 80,4% berubah menjadi 88,5% dan pada nilai tegangan yang diterima oleh beban juga terjadi perubahan sebesar 11,5 V yang awalnya sebesar 363,9 V berubah menjadi 375,4 V. Nilai tegangan tersebut sudah sesuai dengan standar yang ditentukan oleh IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar 361 V.

Selanjutnya dilakukan penggabungan metode penambahan kapasitor bank dengan nilai kapasitas kapasitor sebesar 135 KVAR dan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 5%. Pada nilai faktor daya terjadi perubahan sebesar 8,3% yang awalnya sebesar 80,4% berubah menjadi 88,7% dan pada nilai tegangan yang diterima oleh beban juga terjadi perubahan sebesar 20,5 V yang awalnya sebesar 363,9 V berubah menjadi 384,4 V. Nilai tegangan tersebut sudah sesuai dengan standar yang ditentukan oleh IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar 361 V.

B. Simulasi Kondisi Sandar & Bongkar Muat Pada Malam Hari

Dilakukan simulasi pada kondisi sandar & bongkar muat pada malam hari nilai tegangan yang diterima oleh beban sebesar 363,7V dan digambarkan pada gambar 6.



Gambar 6. Nilai Tegangan Yang Diterima Oleh Beban Saat Kondisi Sandar & Bongkar Muat Pada Malam Hari

Dari gambar 6. maka dilakukan upaya perbaikan untuk mengubah nilai tegangan yang diterima oleh beban. Hasil dari perbaikan nilai tegangan tersebut dijelaskan pada tabel 4.

TABEL 4. HASIL PERBAIKAN NILAI TEGANGAN SAAT KONDISI SANDAR & BONGKAR MUAT PADA MALAM HARI

Metode Perbaikan	PF Awal	PF Akhir	Tegangan Awal	Tegangan Akhir
Penambahan Kapasitor Bank (170 kVar)	80,4%	88,4%	363,7 V	366,2 V
Pengaturan Ratio Tap Transformer (2,5%)	80,4%	80,2%	363,7 V	372,6 V
Pengaturan Ratio Tap Transformer (5%)	80,4%	80,2%	363,7 V	381,4 V
Penambahan Kapasitor Bank dan Pengaturan Tap Transformer (2,5%)	80,4%	88,7%	363,7 V	375,3 V
Penambahan Kapasitor Bank dan Pengaturan Tap Transformer (5%)	80,4%	88,9%	363,7 V	384,3 V

Dari tabel 4. dapat diketahui bahwa dengan melakukan penambahan kapasitor bank dengan nilai kapasitas sebesar 140 KVAR. Pada nilai faktor daya terjadi perubahan sebesar 8% yang awalnya sebesar 80,4% berubah menjadi 88,4% dan pada nilai tegangan yang diterima beban juga terjadi perubahan sebesar 2,5 V yang awalnya sebesar 363,7 V berubah menjadi 366,2 V. Nilai tegangan tersebut sudah sesuai standar dari IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar 361 V untuk beban motor, tetapi nilai tegangan tersebut masih dibawah standar dari IEC 60364-8-1 untuk beban penerangan yaitu sebesar 3% dari tegangan normal yaitu sebesar 368,6 V.

Selanjutnya dilakukan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 2,5%. Pada nilai faktor daya terjadi perubahan sebesar 0,2% yang awalnya sebesar 80,4% berubah menjadi 80,2% dan pada nilai tegangan yang diterima beban juga terjadi perubahan sebesar 8,9 V yang awalnya sebesar 363,7 V berubah menjadi 372,6 V. Nilai tegangan tersebut sudah sesuai standar dari IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar 361 V untuk beban motor dan 3% dari tegangan normal yaitu sebesar 368,6 V untuk beban penerangan.

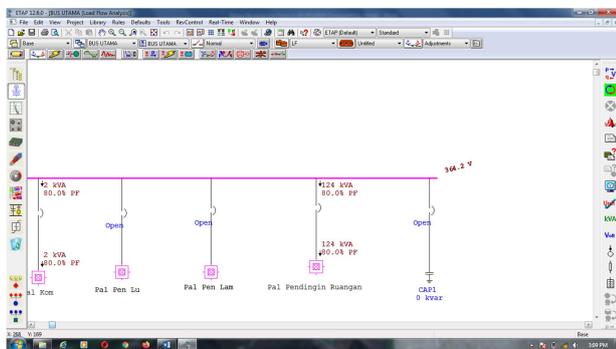
Selanjutnya dilakukan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 5%. Pada nilai power faktor terjadi perubahan sebesar 0,2% yang awalnya sebesar 80,4% berubah menjadi 80,2% dan pada nilai tegangan yang diterima beban juga terjadi perubahan sebesar 17,7 V yang awalnya sebesar 363,7 V berubah menjadi 381,4 V. Nilai tegangan tersebut sudah sesuai standar dari IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar 361 V untuk beban motor dan 3% dari tegangan normal yaitu sebesar 368,6 V untuk beban penerangan.

Selanjutnya dilakukan penggabungan dua metode perbaikan tersebut. Yang pertama adalah menggabungkan metode penambahan kapasitor bank dengan nilai kapasitas kapasitor sebesar 140 KVAR dan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 2,5%. Pada nilai power faktor terjadi perubahan sebesar 8,3% yang awalnya sebesar 80,4% berubah menjadi 88,7% dan pada nilai tegangan yang diterima oleh beban juga terjadi perubahan sebesar 11,6 V yang awalnya sebesar 363,7 V berubah menjadi 375,3 V. Nilai tegangan tersebut sudah sesuai dengan standar yang ditentukan oleh IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar 361 V untuk beban motor dan 3% dari tegangan normal yaitu sebesar 368,6 V untuk beban penerangan.

Selanjutnya dilakukan penggabungan metode penambahan kapasitor bank dengan nilai kapasitas kapasitor sebesar 140 KVAR dan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 5%. Pada nilai faktor daya terjadi perubahan sebesar 8,5% yang awalnya sebesar 80,4% berubah menjadi 88,9% dan pada nilai tegangan yang diterima oleh beban juga terjadi perubahan sebesar 20,6 V yang awalnya sebesar 363,7 V berubah menjadi 384,3 V. Nilai tegangan tersebut sudah sesuai dengan standar yang ditentukan oleh IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar 361 V untuk beban motor dan 3% dari tegangan normal yaitu sebesar 368,6 V untuk beban penerangan.

C. Simulasi Kondisi Berlayar Pada Siang Hari

Dilakukan simulasi pada kondisi berlayar pada siang hari, nilai tegangan yang diterima oleh beban sebesar 364,2V dan digambarkan pada gambar 7.



Gambar 7. Nilai Tegangan Yang Diterima Oleh Beban Saat Kondisi Berlayar Pada Siang Hari

Dari gambar 7. maka dilakukan upaya perbaikan untuk mengubah nilai tegangan yang diterima oleh beban. Hasil dari perbaikan nilai tegangan tersebut dijelaskan pada tabel 5.

TABEL 5. HASIL PERBAIKAN NILAI TEGANGAN SAAT KONDISI BERLAYAR PADA SIANG HARI

Metode Perbaikan	PF Awal	PF Akhir	Tegangan Awal	Tegangan Akhir
Penambahan Kapasitor Bank (180 kVar)	79,2%	88,4%	364,2 V	366,9 V
Pengaturan Ratio Tap Transformer (2,5%)	79,2%	79,2%	364,2 V	373 V
Pengaturan Ratio Tap Transformer (5%)	79,2%	79,2%	364,2 V	381,7 V
Penambahan Kapasitor Bank dan Pengaturan Tap Transformer (2,5%)	79,2%	88,7%	364,2 V	375,9 V
Penambahan Kapasitor Bank dan Pengaturan Tap Transformer (5%)	79,2%	88,9%	364,2 V	384,9 V

Dari tabel 5. dapat diketahui bahwa dengan melakukan penambahan kapasitor bank dengan nilai kapasitas kapasitor sebesar 150 KVAR. Pada nilai faktor daya terjadi perubahan sebesar 9,2% yang awalnya sebesar 79,2% berubah menjadi 88,4% dan pada nilai tegangan yang diterima beban juga terjadi perubahan sebesar 2,7 V yang awalnya sebesar 364,2 V berubah menjadi 366,9 V. Nilai tegangan tersebut sudah sesuai standar dari IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar 361 V.

Selanjutnya dilakukan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 2,5%. Pada nilai faktor daya tidak terjadi perubahan, yang terjadi adalah perubahan nilai tegangan yang diterima oleh beban sebesar 8,8 V yang awalnya sebesar 364,2 V berubah menjadi 373 V. Nilai tegangan tersebut sudah sesuai standar dari IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar 361 V.

Selanjutnya dilakukan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 5%. Pada nilai faktor daya tidak terjadi perubahan, yang terjadi adalah perubahan nilai tegangan yang diterima oleh beban sebesar 17,5 V yang awalnya sebesar 364,2 V berubah menjadi 381,7 V. Nilai tegangan tersebut sudah sesuai standar dari IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar 361 V.

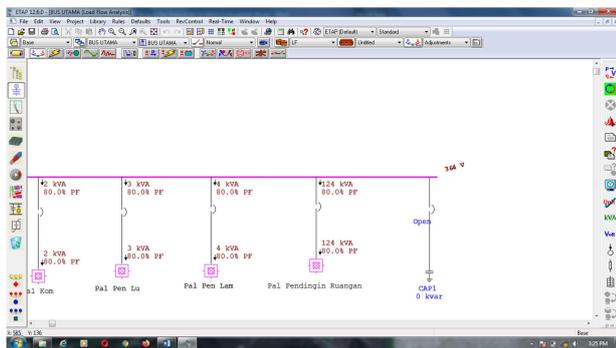
Selanjutnya dilakukan penggabungan dua metode perbaikan tersebut. Yang pertama adalah

menggabungkan metode penambahan kapasitor bank dengan nilai kapasitas kapasitor sebesar 150 KVAR dan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 2,5%. Pada nilai power faktor terjadi perubahan sebesar 9,5% yang awalnya 79,2% berubah menjadi 88,7% dan pada nilai tegangan yang diterima oleh beban juga terjadi perubahan sebesar 11,7 V yang awalnya sebesar 364,2 V berubah menjadi 375,9 V. Nilai tegangan tersebut sudah sesuai dengan standar yang ditentukan oleh IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar 361 V.

Selanjutnya dilakukan penggabungan metode penambahan kapasitor bank dengan nilai kapasitas kapasitor sebesar 150 KVAR dan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 5%. Pada nilai power faktor terjadi perubahan sebesar 9,7% yang awalnya sebesar 79,2% menjadi 88,9% dan nilai tegangan yang diterima oleh beban juga terjadi perubahan sebesar 20,7 V yang awalnya sebesar 364,2 V berubah menjadi 384,9 V. Nilai tersebut sudah sesuai dengan standar yang ditentukan oleh IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar 361 V.

D. Simulasi Kondisi Berlayar Pada Malam Hari

Dilakukan simulasi pada kondisi berlayar pada siang hari nilai tegangan yang diterima oleh beban sebesar 364 V dan digambarkan pada gambar 8.



Gambar 8. Nilai Tegangan Yang Diterima Oleh Beban Saat Kondisi Berlayar Pada Malam Hari

Dari gambar 8. maka dilakukan upaya perbaikan untuk mengubah nilai tegangan yang diterima oleh beban. Hasil dari perbaikan nilai tegangan tersebut dijelaskan pada tabel 6.

TABEL 6. HASIL PERBAIKAN NILAI TEGANGAN SAAT KONDISI BERLAYAR PADA MALAM HARI

Metode Perbaikan	PF Awal	PF Akhir	Tegangan Awal	Tegangan Akhir
Penambahan Kapasitor Bank (180 kVar)	79,2%	88,3%	364 V	366,7 V
Pengaturan Ratio Tap Transformer (2,5%)	79,2%	79,2%	364 V	372,8 V
Pengaturan Ratio Tap	79,2%	79,2%	364 V	381,6 V

Transformer (5%)				
Penambahan Kapasitor Bank dan Pengaturan Tap Transformer (2,5%)	79,2%	88,6%	364 V	375,7 V
Penambahan Kapasitor Bank dan Pengaturan Tap Transformer (5%)	79,2%	88,8%	364 V	384,7 V

Dari tabel 6. dapat diketahui bahwa dengan melakukan penambahan kapasitor bank dengan nilai kapasitas kapasitor sebesar 150 KVAR. Pada nilai faktor daya terjadi perubahan sebesar 9,1% yang awalnya sebesar 79,2% berubah menjadi 88,3% dan pada nilai tegangan yang diterima oleh beban juga terjadi perubahan sebesar 2,7 V yang awalnya sebesar 364 V berubah menjadi 366,7 V. Nilai tersebut sudah sesuai standar dari IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar 361 V untuk beban motor, tetapi nilai tegangan tersebut masih dibawah standar dari IEC 60364-8-1 untuk beban penerangan yaitu sebesar 3% dari tegangan normal yaitu sebesar 368,6 V.

Selanjutnya dilakukan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 2,5%. Pada nilai faktor daya tidak terjadi perubahan, yang terjadi adalah perubahan nilai tegangan yang diterima oleh beban sebesar 8,8 V yang awalnya sebesar 364 V menjadi 372,8 V. Nilai tegangan tersebut sudah sesuai standar dari IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar 361 V untuk beban motor dan 3% dari tegangan normal yaitu sebesar 368,6 V untuk beban penerangan.

Selanjutnya dilakukan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 5%. Pada nilai faktor daya tidak terjadi perubahan, yang terjadi adalah perubahan nilai tegangan yang diterima oleh beban sebesar 17,6 V yang awalnya sebesar 364 V berubah menjadi 381,6 V. Nilai tegangan tersebut sudah sesuai standar dari IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar 361 V untuk beban motor dan 3% dari tegangan normal yaitu sebesar 368,6 V untuk beban penerangan.

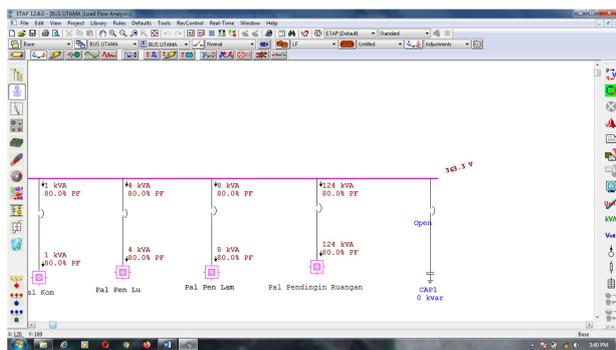
Selanjutnya dilakukan penggabungan dua metode perbaikan tersebut. Yang pertama adalah menggabungkan metode penambahan kapasitor bank dengan nilai kapasitas kapasitor sebesar 150 KVAR dan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 2,5%. Pada nilai faktor daya terjadi perubahan sebesar 9,4% yang awalnya sebesar 79,2% berubah menjadi 88,6% dan pada nilai tegangan yang diterima oleh beban juga terjadi perubahan sebesar 11,7 V yang awalnya sebesar 364 V berubah menjadi 375,7 V. Nilai tegangan tersebut sudah sesuai standar dari IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar

361 V untuk beban motor dan 3% dari tegangan normal yaitu sebesar 368,6 V untuk beban penerangan.

Selanjutnya dilakukan penggabungan metode penambahan kapasitor bank dengan nilai kapasitas kapasitor sebesar 150 KVAR dan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 5%. Pada nilai faktor daya terjadi perubahan sebesar 9,6% yang awalnya sebesar 79,2% berubah menjadi 88,8% dan pada nilai tegangan yang diterima oleh beban juga terjadi perubahan sebesar 20,7 V yang awalnya sebesar 364 V berubah menjadi 384,7 V. Nilai tersebut sudah sesuai dengan standar yang ditentukan oleh IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar 361 V untuk beban motor dan 3% dari tegangan normal yaitu sebesar 368,6 V untuk beban penerangan.

E. Simulasi Kondisi Latihan

Dilakukan simulasi pada kondisi latihan nilai tegangan yang diterima oleh beban sebesar 363,3 V dan digambarkan pada gambar 9.



Gambar 9. Nilai Tegangan Yang Diterima Oleh Beban Saat Kondisi Latihan

Dari gambar 9. maka dilakukan upaya perbaikan untuk mengubah nilai tegangan yang diterima oleh beban. Hasil dari perbaikan nilai tegangan tersebut dijelaskan pada tabel 7.

TABEL 7 HASIL PERBAIKAN NILAI TEGANGAN SAAT KONDISI LATIHAN

Metode Perbaikan	PF Awal	PF Akhir	Tegangan Awal	Tegangan Akhir
Penambahan Kapasitor Bank (295 kVar)	80,1%	88,1%	363,3 V	365,8 V
Pengaturan Ratio Tap Transformer (2,5%)	80,1%	80,1%	363,3 V	372,1 V
Pengaturan Ratio Tap Transformer (5%)	80,1%	80%	363,3 V	381 V
Penambahan Kapasitor Bank dan Pengaturan Tap	80,1%	88,3%	363,3 V	374,9 V

Transformer (2,5%)				
Penambahan Kapasitor Bank dan Pengaturan Tap Transformer (5%)	80,1%	88,6%	363,3 V	383,9 V

Dari tabel 7. dapat diketahui bahwa dengan melakukan penambahan kapasitor bank dengan nilai kapasitas sebesar 140 KVAR. Pada nilai faktor daya terjadi perubahan sebesar 8% yang awalnya sebesar 80,1% menjadi 88,1% dan pada nilai tegangan yang diterima oleh beban juga terjadi perubahan sebesar 2,5 V yang awalnya sebesar 363,3 V berubah menjadi 365,8 V. Nilai tersebut sudah sesuai standar dari IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar 361 V untuk beban motor, tetapi nilai tegangan tersebut masih dibawah standar dari IEC 60364-8-1 untuk beban penerangan yaitu sebesar 3% dari tegangan normal yaitu sebesar 368,6 V.

Selanjutnya dilakukan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 2,5%. Pada nilai faktor daya tidak terjadi perubahan, tetapi pada nilai tegangan yang diterima oleh beban terjadi perubahan sebesar 8,8 V yang awalnya sebesar 363,3 V berubah menjadi 372,1 V. Nilai tersebut sudah sesuai dengan standar yang ditentukan oleh IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar 361 V untuk beban motor dan 3% dari tegangan normal yaitu sebesar 368,6 V untuk beban penerangan.

Selanjutnya dilakukan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 5%. Pada nilai faktor daya terjadi perubahan sebesar 0,1% yang awalnya sebesar 80,1% berubah menjadi 80% dan pada nilai tegangan yang diterima oleh beban juga terjadi perubahan sebesar 17,7 V yang awalnya sebesar 363,3 V berubah menjadi 381 V. Nilai tersebut sudah sesuai dengan standar yang ditentukan oleh IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar 361 V untuk beban motor dan 3% dari tegangan normal yaitu sebesar 368,6 V untuk beban penerangan.

Selanjutnya dilakukan penggabungan dua metode perbaikan tersebut. Yang pertama adalah menggabungkan metode penambahan kapasitor bank dengan nilai kapasitas kapasitor sebesar 140 KVAR dan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 2,5%. Pada nilai faktor daya terjadi perubahan sebesar 8,2% yang awalnya 80,1% berubah menjadi 88,3% dan pada nilai tegangan yang diterima oleh beban juga terjadi perubahan sebesar 11,6 V yang awalnya sebesar 363,3 V berubah menjadi 374,9 V. Nilai tersebut sudah sesuai dengan standar yang ditentukan oleh IEC 60364-8-1 yaitu sebesar 5% dari tegangan normal yaitu sebesar 361 V untuk beban motor dan 3% dari tegangan normal yaitu sebesar 368,6 V untuk beban penerangan.

Selanjutnya dilakukan penggabungan metode penambahan kapasitor bank dengan nilai kapasitas kapasitor sebesar 140 KVAR dan pengaturan ratio tap

transformer pada sisi sekunder sebesar 5%. Pada nilai faktor daya terjadi perubahan sebesar 8,5% yang awalnya sebesar 80,1% menjadi 88,6% dan pada nilai tegangan yang diterima oleh beban juga terjadi perubahan sebesar 20,6 V yang awalnya sebesar 363,3 V berubah menjadi 383,9 V.

F. Ringkasan

Dari simulasi A sampai dengan simulasi E dapat dilihat bahwa metode terbaik untuk melakukan perbaikan tegangan jatuh pada sistem distribusi listrik KRI Teluk Celukan Bawang 532 adalah dengan menggabungkan metode pemasangan kapasitor bank dan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 5%. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel 8.

TABEL 8 HASIL PERBAIKAN MENGGUNAKAN METODE PENGGABUNGAN PEMASANGAN KAPASITOR BANK DAN PENGATURAN RATIO TAP TRANSFORMER PADA SISI SEKUNDER SEBESAR 5%

Kondisi	PF			TEGANGAN		
	Awal	Akhir	%	Awal	Akhir	%
Sandar & Bongkar Muat Pada Siang Hari	80,4%	88,7%	8,5%	363,9 V	384,4 V	5,39%
Sandar & Bongkar Muat Pada Malam Hari	80,4%	88,9%	8,5%	363,7 V	384,3 V	5,42%
Berlayar Pada Siang Hari	79,2%	88,9%	9,7%	364,2 V	384,9 V	5,45%
Berlayar Pada Malam Hari	79,2%	88,8%	9,6%	364 V	384,7 V	5,45%
Latihan	80,1%	88,6%	8,5%	363,3 V	383,9 V	5,42%
Rata - Rata			8,96%			5,43%

Dari tabel 8. dapat diketahui bahwa perbaikan tegangan jatuh pada sistem distribusi listrik KRI Teluk Celukan Bawang 532 dengan menggunakan metode penggabungan pemasangan kapasitor bank dan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 5% dapat melakukan perbaikan nilai power faktor sebesar 9% dan perbaikan nilai tegangan yang diterima oleh beban sebesar 5,88%.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari simulasi dan analisa perbaikan tegangan jatuh pada sistem distribusi listrik KRI Teluk Celukan Bawang 532 menggunakan kapasitor bank dan pengaturan ratio tap transformer diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Metode terbaik untuk melakukan perbaikan tegangan jatuh pada sistem distribusi listrik KRI Teluk Celukan Bawang 532 adalah dengan menggunakan metode penggabungan pemasangan kapasitor bank dan juga pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 5%. Dari metode penggabungan pemasangan kapasitor bank dan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 5% menghasilkan beberapa hasil dari setiap simulasi tersebut:
 - Simulasi pada saat kondisi sandar & bongkar muat pada siang hari: dengan penambahan kapasitor bank dengan nilai kapasitas kapasitor sebesar 135 KVAR dan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 5%. Nilai faktor daya awal sebelum dilakukan perbaikan sebesar 80,4% berubah menjadi 88,7% dan nilai tegangan yang diterima oleh beban sebesar 363,9 V berubah menjadi 384,4 V setelah dilakukan perbaikan tegangan jatuh dengan menggunakan pemasangan kapasitor bank dan pengaturan ratio tap transformer.
 - Simulasi pada saat kondisi sandar & bongkar muat pada malam hari: dengan penambahan kapasitor bank dengan nilai kapasitas kapasitor sebesar 140 KVAR dan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 5%. Nilai faktor daya awal sebelum dilakukan perbaikan sebesar 80,4% berubah menjadi 88,9% dan nilai tegangan yang diterima oleh beban sebesar 363,7 V berubah menjadi 384,3 V setelah dilakukan perbaikan tegangan jatuh dengan menggunakan pemasangan kapasitor bank dan pengaturan ratio tap transformer.
 - Simulasi pada saat kondisi berlayar pada siang hari: dengan penambahan kapasitor bank dengan nilai kapasitas kapasitor sebesar 150 KVAR dan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 5%. Nilai faktor daya awal sebelum dilakukan perbaikan sebesar 79,2% berubah menjadi 88,9% dan nilai tegangan yang diterima oleh beban sebesar 364,2 V berubah menjadi 384,9 V setelah dilakukan perbaikan tegangan jatuh dengan menggunakan pemasangan kapasitor bank dan pengaturan ratio tap transformer.
 - Simulasi pada saat kondisi berlayar pada malam hari: dengan penambahan kapasitor

bank dengan nilai kapasitas kapasitor sebesar 150 KVAR dan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 5%. Nilai faktor daya awal sebelum dilakukan perbaikan sebesar 79,2% berubah menjadi 88,8% dan nilai tegangan yang diterima oleh beban sebesar 364 V berubah menjadi 384,7 V setelah dilakukan perbaikan tegangan jatuh dengan menggunakan pemasangan kapasitor bank dan pengaturan ratio tap transformer.

- Simulasi pada saat kondisi latihan: dengan penambahan kapasitor bank dengan nilai kapasitas kapasitor sebesar 140 KVAR dan pengaturan ratio tap transformer pada sisi sekunder sebesar 5%. Nilai faktor daya awal sebelum dilakukan perbaikan sebesar 80,1% berubah menjadi 88,6% dan nilai tegangan yang diterima oleh beban sebesar 363,3 V berubah menjadi 383,9 V setelah dilakukan perbaikan tegangan jatuh dengan menggunakan pemasangan kapasitor bank dan pengaturan ratio tap transformer.
2. Setelah dilakukan perhitungan rata - rata pada hasil perbaikan tegangan jatuh pada sistem distribusi listrik KRI Teluk Celukan Bawang 532 pada semua kondisi didapatkan hasil rata – rata sebesar 5,43%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asy'ari, H. (2011) 'Perbaikan Jatuh Tegangan dan Rekonfigurasi Beban pada Panel Utama Prambanan', *Seminar*, 2011(Semantik), pp. 1–5.
- [2] Abadi, A. and . S. (2015) 'Analisa Perbaikan Profil Tegangan Sistem Tenaga Listrik Sumbar Menggunakan Kapasitor Bank dan Tap Transformator', *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 4(2), p. 158. doi: 10.25077/jnte.v4n2.145.2015.
- [3] Effendi, A., Dewi, A. Y. and Crismas, E. (2017) 'Analisa Drop Tegangan PT PLN (Persero) Rayon Lubuk Sikaping Setelah Penambahan PLTM Guntung', *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 6(2), pp. 199–203. doi: 10.21063/jte.2017.3133626.
- [4] Haerwana, M. T. (2008) 'Evaluasi profil tegangan dan susut daya pada saluran udara tegangan rendah (sutr) di kompleks perkantoran kabupaten sambas', (1).
- [5] Jurnal, R. T. (2018) 'Sistem Kelistrikan Pada Kapal Perang Tni Al Kelas Frosch Kri Teluk Celukan Bawang 532', *Energi & Kelistrikan*, 9(1), pp. 60–69. doi: 10.33322/energi.v9i1.59.
- [6] Putro, A. P., Karnoto, K. and Winardi, B. (2015) 'Analisis Tegangan Jatuh Sistem Distribusi Listrik Kabupaten Pelalawan Dengan Menggunakan Etap 7.5.0', *Transient*, 4(1), pp. 122–127. Available at: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/view/8800>.
- [7] Sukma, D. Y. and Hermanto (2017) 'Perbaikan Jatuh Tegangan pada Feeder Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20 kV Teluk Kuantan', *Jom FTEKNIK*, 4(1), pp. 1–8.
- [8] Wahyudy, F. R. (2016) 'Analisa Arus Starting Transformator Pada Pengoperasian Container Crane Di Pelabuhan', p. 95. Available at: <http://repository.its.ac.id/51166/>.
- [9] Wahyudianto, M. F., Sarwito, S. and Kurniawan, A. (2016) 'Analisa Tegangan Jatuh pada Sistem Distribusi', *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), p. G-344-G-348.
- [10] Kapahi, R. (2017) 'Load Flow Analysis of 132 kV substation using ETAP Software', *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 4(2), pp. 770–773. Available at: <https://irjet.net/archives/V4/i2/IRJET-V4I2149.pdf>.
- [11] Tanti, D. K. (2012) 'Load Flow Analysis on IEEE 30 bus System', *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2(11), pp. 1–6.
- [12] ASSOCIATION, I. S. (1995) *Ieee Standard 1159 - 1995, IEEE Std 1159 - 1995*. Available at: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=5154067.
- [13] Iec (2019) 'IEC 60364-8-1 Functional aspects – Energy efficiency', *International Electrotechnical Commission*, pp. 1–10.
- [14] Chikaraishi, H. et al. (2004) 'Line voltage detector for SMES system designed to protect from momentary voltage drop', *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 14(2), pp. 754–757. doi: 10.1109/TASC.2004.830100.
- [15] Tanjung, Abrar. 2010. "Analisis Penentuan Kapasitor Optimum Untuk Memperbaiki Jatuh Tegangan dan Meminimalkan Rugi – Rugi Daya Pada Sistem Distribusi Menggunakan Program Electric Transient Analysis Program". Universitas Lancang Kuning.