



# JE-UNISLA

Electronic Control, Telecommunication, Computer Information and Power Systems  
 Volume 7 No.2 Bulan September Tahun 2022  
 ISSN : 25020989 | E-ISSN : 26860635



## ANALISIS TEKNIS DAN SIMULASI *LOAD FLOW* PENERAPAN *SHORE CONNECTION* DI PELABUHAN TERMINAL BERLIAN-SURABAYA

Tutus Mahardika Mujahid<sup>1</sup>, Annas Singgih Setiyoko<sup>2</sup>, Perwi Darmajanti<sup>3</sup>

Teknik Kelistrikan Kapal

Jl. Teknik Kimia, Keputih, Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur (60111)

Telp. 031-5947186, Fax (031) 5942887

E-mail: tutusmahardika@student.ppns.ac.id

### ABSTRAK

Received : 27-06-2022

Accepted : 24-08-2022

Published : 15-09-2022

Emisi gas buang dari pelayaran internasional terus meningkat setiap tahunnya, teknologi *shore connection* merupakan terobosan baru dalam mengurangi emisi mesin bantu kapal. Diperlukan penelitian untuk mengetahui bagaimana instalasi *shore connection* yang sudah terpasang. Penelitian ini menggunakan metode analisis kapasitas pengaman dan penghantar dengan perhitungan manual dan pembuktian kelayakan dengan menggunakan simulasi aliran daya berbasis aplikasi *Electrical Transient Analyzer Program* (ETAP). Dari analisis teknis, sistem *shore connection* yang terpasang saat ini membutuhkan perbaikan pada kapasitas hantar arus konduktor dari panel dermaga ke kapal dan konduktor dari panel *junction* ke ACB LVMDP agar memenuhi persyaratan PUIL 2011 mengacu pada perhitungan berdasarkan arus pembebanan penuh 347,83 A. Hasil simulasi aliran daya dengan mengacu standar IEC PAS 80005-3, terdapat kondisi *under voltage* yang tidak memenuhi standar pada hasil simulasi *shore connection* terpasang dengan nilai *under voltage* terendah 91,52% dari tegangan standar 440 volt atau sama dengan 403 volt dalam kondisi pembebanan penuh. Adapun hasil simulasi *shore connection* setelah dilakukan perancangan ulang seluruh tegangan berada dalam batas standar dengan *under voltage* terendah 95,21% % dari tegangan standar 440 volt atau sama dengan 419 volt dalam kondisi pembebanan penuh.

Kata kunci : *Shore Connection*, *Kapasitas Hantar Arus (KHA)*, *Circuit Breaker*, *Load Flow*, *Short Circuit*.

### ABSTRACT

Exhaust emissions from international shipping continue to increase every year, *shore connection* technology is a new breakthrough in reducing emissions of ship auxiliary engines. Research is needed to find out how the *shore connection* is installed. This study uses the method of analysis of safety and conductor capacity with manual calculations and proof of feasibility by using a power flow simulation based on the *Electrical Transient Analyzer Program* (ETAP) application. From the technical analysis, the currently installed *shore connection* system requires improvements to the current carrying capacity of the conductor from the dock panel to the ship and the conductor from the *junction* panel to the LVMDP ACB in order to meet the PUIL 2011 requirements referring to the calculation based on the full loading current of 347.83 A. Simulation results power flow with reference to the IEC PAS 80005-3 standard, there is an *under voltage* condition that does not meet the standard in the simulation results of the installed *shore connection* with the lowest *under voltage* value of 91.52% of the standard voltage of 440 volts or equal to 403 volts under full load conditions. The simulation results of *shore connection* after redesigning all voltages are within standard limits with the lowest *under voltage* 95.21% % of the standard voltage of 440 volts or equal to 419 volts under full load conditions.

Keywords: *Shore Connection*, *Current Conducting Capacity*, *Circuit Breaker*, *Load Flow*, *Short Circuit*.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara maritim yang dua pertiga wilayahnya adalah laut, dengan besarnya potensi Indonesia dalam dunia kemaritiman Presiden melalui program NAWA CITA membentuk kebijakan yang sering disebut dengan PERPRES Tol Laut pada tanggal 1 Oktober 2015, meningkatnya lalu lintas kapal akan berbanding lurus dengan meningkatnya emisi kapal dan pelabuhan, “Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari pelayaran internasional telah meningkat dari 977 juta ton pada tahun 2012 menjadi 1076 juta ton pada tahun 2018 (peningkatan 9,6%) Sebagian besar disebabkan oleh peningkatan berkelanjutan dari perdagangan maritim global” (Kitack Lim, Sekretaris Jenderal IMO, 2020). Banyak unsur kimia yang menyusun emisi kapal, yaitu Sulfur Oksida (SOx), Nitrogen Oksida (NOx), Particulate Matter (PM), dan Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>). Selanjutnya emisi kapal dan Pelabuhan menyebabkan gangguan sistem pernapasan serta menimbulkan isu lingkungan seperti perubahan iklim. Oleh karena itu hal yang dapat dilakukan dalam mengurangi emisi kapal dan pelabuhan diantaranya adalah dengan mempertimbangkan penggunaan energi terbarukan dan fasilitas ramah lingkungan; misalnya turbin angin, panel surya, dan listrik sisi pantai (*Shore Connection*).

*Shore Connection* adalah sebuah teknologi penyuplai daya dari sisi pantai untuk kapal saat sandar, dimana kapal tidak perlu lagi menggunakan mesin bantunya untuk mengoperasikan beban kelistrikan pada kapal. *Shore connection* merupakan upaya penyelesaian polusi yang disebabkan oleh mesin bantu kapal seperti emisi gas buang, getaran dan suara. Namun teknologi *shore connection* masih belum banyak dikembangkan di Indonesia, maka dari itu diperlukan penelitian untuk mengetahui bagaimana instalasi *shore connection* yang sudah terpasang, sehingga dari hasil penelitian tersebut dapat diketahui apakah spesifikasi peralatan yang terpasang sudah bisa memenuhi kebutuhan kapal atau belum. Dari pemaparan sebelumnya dan pentingnya teknologi *shore connection* maka penelitian saat ini akan dianalisa tentang bagaimana penerapan *shore connection* di Pelabuhan Terminal Berlian sebagai salah satu alat yang digunakan untuk mengurangi emisi kapal, dengan berfokus pada analisis teknis serta mengembangkannya dengan menambahkan simulasi *load flow*. Analisis teknis yang dimaksud adalah pemeriksaan ulang peralatan dengan mengacu pada standar yang ada. Sedangkan pada simulasi *load flow* dimaksudkan untuk mengetahui keadaan sistem mendekati yang sebenarnya.

### 1.2 Tinjauan Pustaka

#### 1.2.1 Literatur Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan bahan referensi dan pedoman dalam mengembangkan Penelitian ini, berikut merupakan beberapa penelitian oleh peneliti sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini:

Pada tahun 2017, Herlambang melakukan penelitian tentang *shore connection* dengan objek yang sama yakni di Pelabuhan Terminal Teluk Lamong, Penelitian berfokus pada analisis studi kelayakan pada aspek operasional dan aspek keuangan. Dari aspek operasional, Herlambang menyimpulkan bahwa perancangan *shore connection* sangat dibutuhkan untuk mengurangi dampak emisi di pelabuhan, namun dari aspek keuangan disimpulkan bahwa:

- a. Dalam perancangan *shore connection* selama 10 tahun membutuhkan investasi yang besar pertahunnya.
- b. Laba bersih akhir yang didapat tidak dapat menutupi investasi awal.

Pada tahun 2021, Akbar melakukan penelitian tentang *shore connection* di pelabuhan yang sama yakni di Pelabuhan Terminal Teluk Lamong. Penelitian berfokus pada analisis teknis dan bisnis dengan pendekatan metode kuantitatif. Pada aspek teknis dilakukan studi kelayakan dengan mengacu pada perhitungan dengan standar yang menyimpulkan bahwa:

- a. Berdasarkan PUIL 2011 perbaikan diperlukan pada salah satu tarikan konduktor sehingga layak untuk bekerja pada arus beban penuh 250A.
- b. Berdasarkan PUIL 2011 perbaikan diperlukan pada salah satu gawai proteksi arus lebih sehingga layak untuk bekerja pada arus beban penuh 250A.
- c. Berdasarkan standar IEC 8005-3 (*Low Voltage Shore Connection*) direkomendasikan untuk memasang pengubah frekuensi agar dapat melayani *shore connection* dengan frekuensi 60 Hz.
- d. Pada aspek bisnis dilakukan analisis yang menyimpulkan:
- e. Biaya operasional penggunaan *shore connection* untuk suplai daya kapal saat sandar terbukti lebih ekonomis jika dibandingkan dengan menggunakan mesin bantu kapal.
- f. Sebagai ladang bisnis baru, investasi *shore connection* dianggap layak berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan.

#### 1.2.2 Polusi Polutan dan Emisi

Polusi atau pencemaran adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam lingkungan atau berubahnya tatanan (komposisi) lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan

menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Menteri Negara KLH, 1988). Sedangkan polutan dapat diartikan sebagai bahan yang menyebabkan terjadinya pencemaran atau polusi. Polusi terbagi menjadi bermacam-macam berdasarkan polutannya seperti polusi udara, air, tanah, dan suara.

#### a. Polusi Udara

Emisi adalah zat, energi atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk dan/atau dimasukkannya kedalam udara ambien yang mempunyai dan/atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar (Peraturan Pemerintah RI, 1999). Sedangkan Polusi udara merupakan pencemaran oleh polutan terhadap udara di lingkungan, polusi udara di pelabuhan paling banyak dihasilkan dari emisi mesin bantu kapal. Saat kapal sandar, mesin bantu kapal harus tetap beroperasi untuk menghidupkan peralatan kelistrikan di kapal. Polusi udara oleh emisi gas buang kapal diperlihatkan dalam Gambar 1 berikut:



**Gambar 1. Emisi dari mesin bantu kapal**

Polusi dari hasil pembakaran mesin bantu kapal secara umum terdiri dari Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), Sulfur dioksida (SO<sub>x</sub>), Nitrogen dioksida (NO<sub>x</sub>), dan Particular matter (PM), menurut Kementerian Kesehatan RI zat-zat polutan tersebut berdampak buruk bagi kesehatan diantaranya adalah gangguan saluran pernafasan, penyakit jantung, kanker berbagai organ tubuh, gangguan reproduksi dan hipertensi (tekanan darah tinggi) [4]. Gas SO<sub>2</sub> merupakan pemicu warna hitam pekat pada asap gas buang, zat ini bersifat karsinogenik yaitu pemicu tumbuhnya sel kanker [5].

“Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari pelayaran internasional telah meningkat dari 977 juta ton pada tahun 2012 menjadi 1076 juta ton pada tahun 2018 (peningkatan 9,6%) Sebagian besar disebabkan oleh peningkatan berkelanjutan dari perdagangan maritim global” ( Kitack Lim, Sekretaris Jenderal IMO, 2020). Selanjutnya emisi kapal dan Pelabuhan menimbulkan isu lingkungan seperti perubahan iklim. Salah satu partikel penyusun emisi mesin bantu kapal yang paling berperan dalam terjadinya perubahan iklim adalah CO<sub>2</sub>, terjadinya perubahan

iklim karena adanya gas rumah kaca yang berlebih seperti CO<sub>2</sub> di atmosfer bumi yang menghalangi pantulan radiasi matahari dari bumi, hal ini membuat radiasi sinar matahari tidak dapat keluar dari atmosfer sehingga permukaan bumi lebih panas dan mengurangi O<sub>2</sub>. Naiknya temperature bumi dapat menyebabkan es di kutub mencair sehingga menyebabkan naiknya permukaan laut yang membuat abrasi di daerah pesisir bahkan tidak mungkin hal ini yang menjadi menyebabkan sebuah kota dapat hilang terendam air. Berkurangnya O<sub>2</sub> menyebabkan kualitas hidup biota laut terganggu, akan banyak ikan yang mati sehingga berpotensi hilangnya mata pencaharian nelayan.

#### b. Polusi Suara

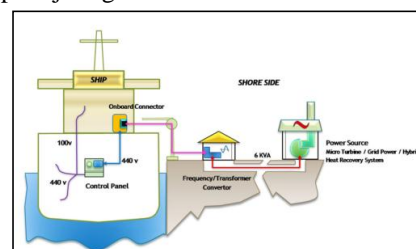
Kebisingan (*noise*) adalah keadaan bising atau bunyi tak tentu yang bunyinya melebihi ambang batas sehingga mengganggu pendengaran manusia [5]. Kebisingan di pelabuhan biasanya disebabkan oleh aktivitas kapal, truk, kereta, kegiatan bongkar muat, konstruksi dan lainnya. Gangguan kebisingan yang ada di kapal biasanya disebabkan oleh mesin bantu kapal saat sandar, pada dasarnya bunyi pada mesin bantu kapal dihasilkan dari pemampatan udara dan bahan bakar, yang meninggalkan ruang bakar melalui katup buang. Menurut Lintong (2013), batas maksimal aman bagi manusia adalah 80 dB, namun pendengaran manusia dapat mentolerir lebih dari 80 dB asalkan waktu pemaparannya diperhatikan. Bila intensitas kebisingan lebih dari 140 dB dapat mengakibatkan kerusakan pada organ dalam telinga.

#### c. Polusi Air

Polusi pada air dapat diakibatkan oleh tumpahan minyak dari kapal, pengerukan saluran air, aktivitas tank ballast kapal, serta proses bongkar muat curah. Pencemaran tersebut dapat mengganggu kehidupan biota laut bahkan bisa membuat ikan di sekitar pelabuhan mati karena terkontaminasi.

### 1.2.3 Shore Connection

*Shore connection* merupakan istilah lain dari teknologi penyaluran tenaga listrik dari darat ke kapal untuk mensuplai daya listrik kapal saat bersandar saat proses bongkar muat atau keperluan lain sebagai pengganti dari mesin bantu kapal. Pada sistem shore connection sumber dari PLN biasanya ditransformasi menjadi tegangan rendah (400-460 Volt) untuk kemudian digunakan untuk menyalakan beban kelistrikan dikapal, Gambar 2 mengilustrasikan penerapan jaringan *shore connection*:



**Gambar 2. Ilustrasi jaringan shore connection**

### 1.2.4 Standar Shore Connection

Pada tahun 2005, pelabuhan Long Beach membuat desain standar awal untuk *shore connection* di pelabuhan mereka. Yang mana perancangan *shore connection* direncanakan dengan tegangan 6.6 kV, 3-fase, dan frekuensi 60 Hz dengan konduktor pentanahan dan beban maksimal 7.5 MVA untuk setiap kapal. Karena sistem *shore connection* semakin diminati, maka tiga organisasi standar internasional ISO, IEC dan IEEE mulai membentuk standar untuk *shore connection* [7].

Menurut (Standar IEC dalam Yankumara, 2021), secara teknis standar *shore connection* telah dijelaskan didalam IEC PAS 80005-3-2014, menjelaskan tentang tegangan rendah yang digunakan dari darat untuk mensuplai kebutuhan daya kapal.

#### 1. Persyaratan Tegangan dan Frekuensi

Agar dapat memenuhi kebutuhan daya dan frekuensi yang berbeda pada tiap kapal, maka sambungan daya darat ke kapal harus dilengkapi tegangan nominal 400 VAC dan/atau 440 VAC dan/atau 690 VAC serta peralatan pengubah frekuensi yang memungkinkan *sinkronisasi* frekuensi kerja pada sambungan dari darat ke kapal.

#### 2. Toleransi Tegangan dan Frekuensi

- Pada kondisi tanpa beban dan terbebani, frekuensi dibatasi tidak boleh melebihi  $\pm 5\%$  secara kontinyu.
- Pada kondisi tanpa beban, tegangan dititik sambungan darat dibatasi tidak boleh melebihi 6% dari nilai tegangan nominal pada kondisi tanpa beban.
- Pada kondisi terbebani, tegangan dititik sambungan darat tidak diperbolehkan kurang dari 5% tegangan nominal.

#### 3. Standar dan Jenis Kabel

Direkomendasikan penghantar 3 Phase + Earth + 4 kabel pilot, 185 mm<sup>2</sup>

### 1.2.5 Transformator

Transformator distribusi merupakan bagian penting dalam sistem distribusi listrik. Pada umumnya transformator digunakan untuk mengkonversi daya listrik dari tegangan rendah ke tegangan tinggi dan sebaliknya, dalam penentuan rating trafo data beban yang akan di layani digunakan presentasi pembebanan trafo distribusi mendekati 80%, hal ini didasari oleh teori bahwa transformator umumnya mencapai efisiensi maksimum (rugi-rugi transformator paling kecil) pada pembebanan 80%. Berikut adalah rumus perhitungan kapasitas transformator:

$$Kapasitas\ Transformator = \frac{S}{80\%} \quad (1)$$

S = Daya Semu (KVA)

80% = Toleransi Pembebanan

### 1.2.6 Busbar

Busbar adalah suatu batang konduktor dengan impedansi rendah yang terbuat dari tembaga dengan bentuk persegi panjang, dimana beberapa sirkit dapat dihubungkan secara terpisah. Fungsi busbar secara mekanis adalah untuk mempermudah wiring didalam panel dengan mengelompokkan masing-masing fasa kedalam batangan busbar. Sedangkan fungsi yang sebenarnya adalah sebagai tempat berkumpulnya arus dari sumber listrik yang kemudian dibagi pada beban [10]. Hampir sama seperti penghantar kabel dalam menentukan ukuran busbar yang harus diperhatikan adalah kapasitas beban pada sirkit terakhir. Dalam PUIL 2011 telah ditetapkan kemampuan hantar arus pada setiap ukuran busbar, dijelaskan dalam Tabel 1 berikut [11]:

**Tabel 1. Daftar pembebanan konduktor yang diperbolehkan untuk tembaga penampang persegi**

Ukuran	Penampang	Berat	Pembebanan kontinu (A)															
			Arus bolak-balik				Arus searah				Arus searah							
			Dilapisi lapisan konduktif		Tetap		Dilapisi lapisan konduktif		Tetap		Dilapisi lapisan konduktif		Tetap					
m	mm <sup>2</sup>	kg/m	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
12 x 2	24	0.23	125	225	-	-	110	200	-	-	130	230	-	-	120	210	-	-
15 x 2	30	0.27	155	270	-	-	140	240	-	-	160	260	-	-	145	255	-	-
15 x 3	45	0.40	185	330	-	-	170	300	-	-	195	335	-	-	175	305	-	-
20 x 2	40	0.36	205	350	-	-	185	315	-	-	210	370	-	-	190	330	-	-
20 x 3	60	0.53	245	425	-	-	220	380	-	-	250	435	-	-	225	395	-	-
20 x 5	100	0.89	325	550	-	-	290	485	-	-	330	570	-	-	300	515	-	-
25 x 3	75	0.67	300	510	-	-	270	460	-	-	300	530	-	-	275	485	-	-
25 x 5	125	1.11	385	670	-	-	350	600	-	-	400	680	-	-	350	620	-	-
30 x 3	90	0.80	350	600	-	-	315	540	-	-	360	630	-	-	315	570	-	-
30 x 5	150	1.34	450	780	-	-	400	700	-	-	475	800	-	-	425	725	-	-
40 x 3	120	1.07	460	780	-	-	420	710	-	-	470	820	-	-	425	740	-	-
40 x 5	200	1.78	600	1000	-	-	620	900	-	-	690	1030	-	-	650	965	-	-
40 x 10	400	3.56	835	1590	2090	2800	760	1350	1650	2500	870	1550	2180	800	1395	1950	-	-
50 x 5	250	2.23	700	1400	1760	2310	630	1100	1550	2100	740	1270	1870	660	1150	1700	-	-
50 x 10	500	4.46	1025	1800	2450	3330	920	1620	2200	3000	1070	1800	2700	1000	1700	2400	2500	2500
60 x 5	300	2.67	820	1600	2160	2850	750	1300	1800	2400	870	1500	2000	780	1400	1900	2000	2000
60 x 10	600	5.34	1200	2100	2800	3800	1100	1880	2500	3400	1250	2200	3100	3600	1100	2000	2800	3500
80 x 5	400	3.56	1080	1900	2450	3300	950	1650	2100	2900	1150	2000	2800	3800	1000	1900	2500	3200
80 x 10	800	7.12	1540	2600	3450	4600	1400	2300	3100	4200	1650	2800	4000	5100	1450	2600	3600	4500
100 x 5	500	4.45	1310	2200	2950	3900	1200	2000	2800	3400	1400	2300	3400	4300	1250	2250	3000	3900
100 x 10	1000	8.90	1880	3100	4000	5400	1700	2700	3600	4800	2000	3600	4900	6200	1700	3200	4400	5500

CATATAN :  
 - Suhu sekitar 30 - 35 °C.  
 - Suhu konduktor tembaga maksimum 65 °C.

### 1.2.7 Penghantar atau Kabel

Penghantar listrik adalah media berbentuk logam maupun non logam yang bersifat konduktif dan mampu menghantarkan listrik dari satu titik ke titik lain. Lebih dari itu penghantar juga berfungsi sebagai pengaman listrik khususnya sebagai penyalur arus bocor ke tanah. Penghantar memiliki kemampuan sesuai ukuran luas penampangnya. Kemampuan ini disebut sebagai kuat hantar arus (KHA). Dalam penentuannya KHA konduktor tidak boleh kurang dari kebutuhan arus maksimum. Menurut PUIL 2011 ayat 510.5.3.1 nilai KHA tidak boleh kurang dari 125 % dari arus beban penuh, Persamaan untuk menentukan KHA konduktor adalah sebagai berikut [11]:

$$KHA = Arus\ Nominal \times 125\% \quad (2)$$

### 1.2.8 Circuit Breaker

*Circuit breaker* adalah peralatan saklar / *switching* mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan memutuskan arus beban dalam kondisi normal serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam spesifik kondisi abnormal / gangguan seperti kondisi *short circuit* / hubung singkat (*Internasional Electrotechnical Vocabulary* dalam

Ridla, 2017). Dalam PUIL 2011 pada bagian 510.5.4.3 penentuan kapasitas pengaman arus lebih sekurang-kurangnya 110% - 115% arus nominal beban. Persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan kapasitas *circuit breaker* adalah sebagai berikut [11]:

$$\text{Arus Pengaman CB} = \text{Arus Nominal} \times 115\% \quad (3)$$

### 1.2.9 Pengubah Frekuensi

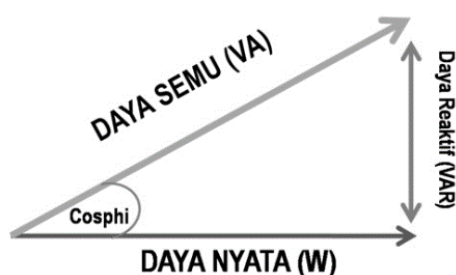
Pengubah frekuensi adalah salah satu peralatan dalam jaringan *shore connection* yang berfungsi mengkonversi frekuensi dari sumber agar sesuai dengan kebutuhan beban. Didalam pengubah frekuensi terdapat fungsi *auto sinkron* dengan tujuan kopel, sehingga dalam penerapan jaringan *shore connection* kelistrikan di kapal dapat terhindar dari padam total sebelum mendapatkan suplai dari darat.



Gambar 3. Pengubah frekuensi

### 1.2.10 Daya Listrik

Daya listrik dapat diartikan sebagai kemampuan peralatan listrik untuk melakukan usaha, parameter yang mempengaruhi daya listrik adalah tegangan, arus dan hambatan serta keadaannya terhadap waktu. Daya listrik biasanya dinyatakan dalam satuan *Horsepower* (HP) atau Watt, *Horsepower* merupakan satuan daya listrik dimana 1 HP setara dengan 746 Watt, Sedangkan 1 Watt memiliki daya setara dengan daya yang dihasilkan oleh perkalian arus 1 Ampere dan tegangan 1 Volt [13]. Dalam penerapannya, daya listrik dibagi menjadi tiga yang digambarkan berbentuk segitiga dalam Gambar 4:



Gambar 4. Segitiga daya

#### 1. Daya aktif (P)

Daya Aktif adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan dari daya aktif adalah Watt.

#### 2. Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Beban yang menimbulkan daya reaktif adalah beban yang bersifat kapasitif dan induktif seperti, transformator, motor, lampu pijar, dan sebagainya. Satuan untuk daya reaktif adalah Var.

#### 3. Daya semu (S)

Daya semu adalah daya supply dari PLN merupakan perkalian dari tegangan rms dan arus rms.

Dengan rumus pada setiap jenis daya sebagai berikut:

Pada jaringan satu fase:

$$Q = S \sin \phi \quad (4)$$

$$P = S \cos \phi \quad (5)$$

$$S = V \times I \quad (6)$$

Pada jaringan 3 fasa:

$$Q = \sqrt{3} V \times I \sin \phi \quad (7)$$

$$P = \sqrt{3} V \times I \cos \phi \quad (8)$$

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

Dimana,

P : Daya Aktif (Watt)

Q : Daya Reaktif (Var)

S : Daya Semu (VA)

V : Tegangan (Volt)

I : Arus (Ampere)

$\cos \phi$  : Faktor Daya

Faktor daya adalah nilai rasio perbandingan antara daya aktif (Watt) dan daya nyata (VA) yang digunakan dalam sirkuit AC atau beda sudut fasa antara tegangan dan arus yang biasa dinyatakan dalam  $\cos \phi$  [13]. Rentang nilai faktor daya dimulai dari angka 0 hingga 1 dan dapat juga dinyatakan dalam persen. Sebuah sirkuit AC dapat dikatakan baik apabila memiliki faktor daya yang mendekati 1. Mengacu pada Peraturan [14] yang menetapkan standar minimum untuk faktor daya adalah  $> 0,85$ . Apabila faktor daya kurang dari 0,85 maka PLN akan memperhitungkan kelebihan pemakaian Kilo Volt Ampere Hours (kVARh), disamping pemakaian KWH yang sudah ada. Dengan demikian maka nilai faktor daya harus diperbaiki menjadi lebih tinggi, sesuai dengan yang diharapkan. Untuk mengetahui pemakaian energi listrik yang dipakai dalam setiap jamnya dapat menggunakan persamaan berikut:

$$W = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi \times t$$

$$W = P \times t \quad (10)$$

Dimana,

W : Energi listrik (kWh)

V : Tegangan (Volt)

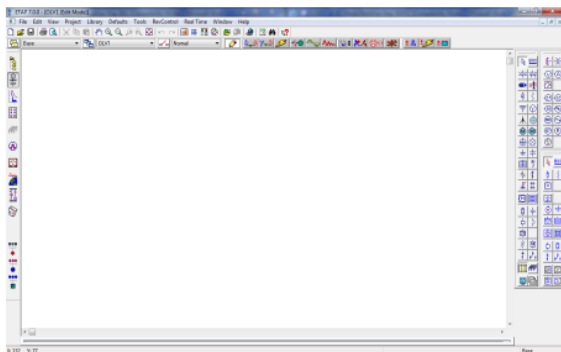
I : Arus (Ampere)

t : Waktu

P : Daya (watt)

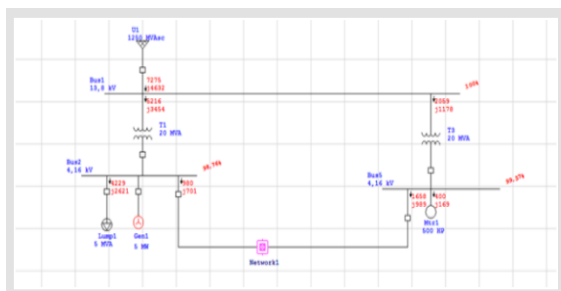
### 1.2.11 ETAP

Untuk menganalisa sebuah jaringan kelistrikan, sebuah *software* sangat dibutuhkan untuk merepresentasikan kondisi riil. ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) merupakan salah satu *software* yang dapat digunakan untuk mensimulasikan studi kasus mengenai hubung singkat, aliran daya, stabilitas transien, dan analisis lainnya. Software ETAP mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, namun untuk pengelolaan data *real-time* atau pengendalian sistem secara *real-time* maka *software* harus bekerja secara online [15]. Gambar 1.5 berikut adalah *interface* awal *Software* ETAP:



Gambar 5. Tampilan halaman awal ETAP

Pada *Software* ETAP tersedia dua standar dalam melakukan Analisis kelistrikan, ANSI dan IEC. Yang membedakan dari kedua standar tersebut yaitu frekuensi yang digunakan, sehingga berakibat pada perbedaan spesifikasi peralatan yang sesuai dengan frekuensi tersebut. Sehingga berbeda pula simbol elemen yang digunakan [16]. Dalam penelitian tugas akhir ini, penulis menggunakan *Software* ETAP untuk simulais dan menganalisis *load flow* dan *short circuit* pada sistem kelistrikan *shore connection*. Gambar 1.6 adalah tampilan simulasi aliran daya pada *Software* ETAP:



Gambar 6. Tampilan Simulasi Aliran Daya ETAP

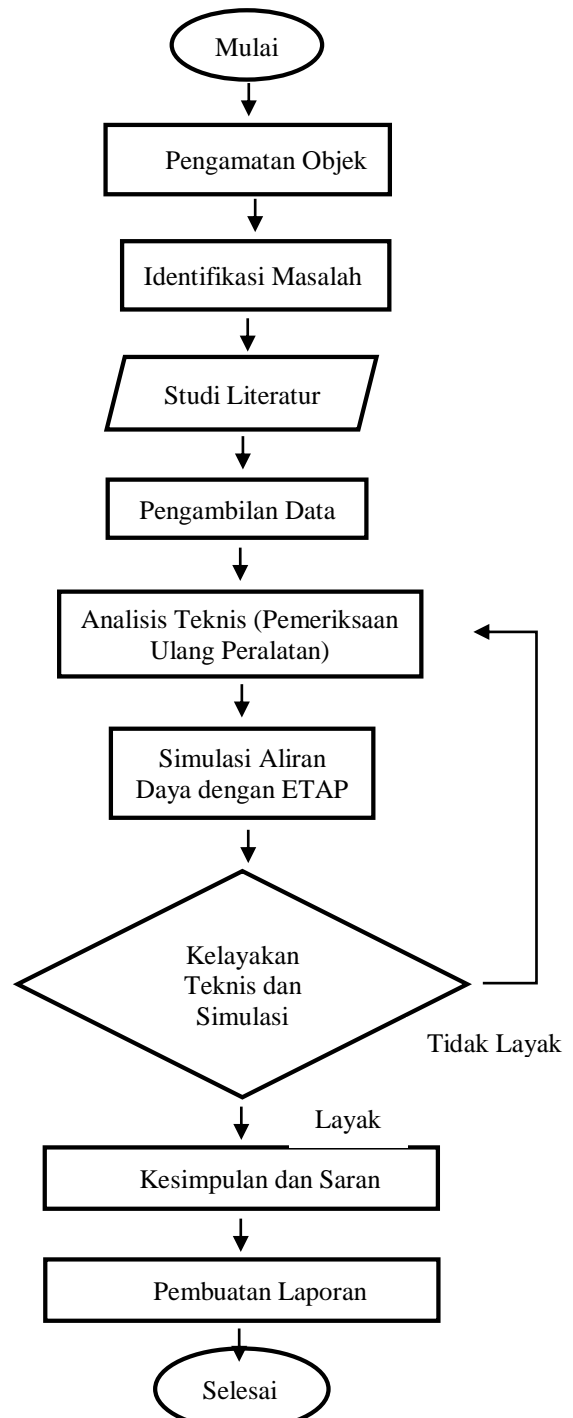
## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode pendekatan yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah metode pendekatan kuantitatif. Metode ini diambil karena dalam prosesnya

penelitian bersifat terukur, objektif, dan rasional. Berbeda dengan penelitian kualitatif yang lebih bersifat subjektif dan tidak berpola. Jenis penelitian kuantitatif yang digunakan pada penelitian ini dimaksudkan untuk meneliti kelayakan dan membuat simulasi dari objek, yaitu *shore connection* di Pelabuhan Terminal Berlian.

### 2.1 Diagram Alur Penelitian

Adapun diagram alur penelitian dari pengerjaan penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 7. Diagram alur penelitian

## 2.2 Pengambilan Data

Pada tahap ini penulis melakukan pengambilan data sebagai bahan untuk penelitian, pengambilan data dilakukan dengan observasi, wawancara dan meminta langsung kepada perusahaan. Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data riwayat penggunaan *shore connection*.
2. Data spesifikasi layanan *shore connection*.
3. Data spesifikasi peralatan *shore connection*.

## 2.3 Analisis dan Pembahasan

Analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut:

### 2.3.1 Analisis Teknis

1. Penggunaan *shore connection*.
2. Dari data riwayat penggunaan *shore connection* dilakukan perhitungan untuk mencari arus yang paling besar dari seluruh kapal yang pernah bersandar, data arus terbesar digunakan untuk tahapan Analisis berikutnya.
3. Analisis pemeriksaan ulang peralatan *shore connection* terhadap pembebanan saat ini, meliputi: kapasitas *circuit breaker*, kuat hantar arus konduktor, transformator, dan busbar.
4. Analisis pemeriksaan ulang peralatan *shore connection* terhadap pembebanan penuh, meliputi: kapasitas *circuit breaker*, kuat hantar arus konduktor, transformator, dan busbar.
5. Perancangan ulang jaringan *shore connection*.

### 2.3.2 Simulasi Load Flow

1. Analisis dan simulasi *load flow* sistem pada kondisi beban layanan.
2. Analisis dan simulasi *load flow* sistem pada kondisi beban penuh.

## 3. PEMBAHASAN

### 3.1 Data Layanan Shore Connection Terminal Berlian

Berdasarkan data layanan *shore connection* Terminal Berlian pada periode Bulan Januari 2021 – Februari 2022, penggunaan fasilitas *shore connection* di Terminal Berlian pada ketiga dermaganya tercatat sebanyak 114 kali. Rata-rata terdapat satu kapal dalam satu hari dengan durasi rata-rata penggunaan selama 14:34 jam pada setiap kapalnya, Secara rinci data layanan *shore connection* dapat dilihat pada Tabel berikut.

**Tabel 2. Data layanan shore connection terminal berlian (Tahun 2021-2022)**

Bulan Layanan	Nama Kapal	Lama (Jam)	Total kWh
January	Pekan Fajar	18:25	533,8
January	Fortune	16:44	99,9
February	Pulau Layang	16:07	671,9
February	Pulau Wetar	4:05	205
February	Derajat	5:23	76,8
February	Pulau Layang	23:25	1043,3
February	Teluk Flaminggo	14:10	352,4

Bulan Layanan	Nama Kapal	Lama (Jam)	Total kWh
March	Akashia	11:19	142,1
March	Pulau Wetar	9:20	223,4
March	Pulau Hoki	26:15	1184,4
March	Pulau Wetar	14:35	224,4
March	Teluk Flaminggo	22:45	412,2
March	Bali Gianyar	10:07	180
March	Derajat	13:55	239,3
March	Fortune	6:03	165,7
April	Meratus Kampar	7:22	499,4
April	Fortune	14:02	346,8
April	Pulau Hoki	9:20	376,2
April	Pulau Layang	29:11	1263,6
April	Pulau Nunukan	9:52	445,16
April	Meratus Kampar	12:45	680,16
April	Pulau Hoki	10:10	595,9
April	Bali Kuta	17:34	460,2
May	Magellan	11:21	196,3
May	Pratiwi Raya	15:53	177
May	Magellan	8:51	169,2
May	Pratiwi Raya	11:47	111
May	Magellan	12:41	105,3
May	Magellan	8:27	129,6
May	Pratiwi Raya	19:55	306
July	Akashia	12:55	249,6
July	Fortune	12:00	236,4
July	Pratiwi Raya	5:05	63,6
August	Teluk Flaminggo	7:30	158,5
August	Teluk Flaminggo	17:30	540
August	Pulau Wetar	24:30	21,9
August	Akashia	4:00	38,2
August	Bali Gianyar	10:20	130,4
August	Akashia	0:35	214,8
August	Fortune	6:45	168
August	Pulau Wetar	14:30	298,9
August	Akashia	12:10	184,6
August	Bali Sanur	10:50	141,6
August	Akashia	4:45	72,9
August	Teluk Flaminggo	17:40	321,7
August	Akashia	10:35	196,1
August	Pratiwi Satu	6:56	82,8
August	Akashia	12:35	247,2
August	Bali Sanur	8:45	124,9
September	Pratiwi Satu	6:17	46,3
September	Pekan Riau	6:18	151,2
September	Bali Gianyar	16:04	311,4
September	Pulau Layang	36:18	1979,5
September	Magellan	6:14	103,2
September	Bali Sanur	10:15	110,3
September	Pulau Wetar	32:46	1306,5
September	Akashia	13:30	286,7
September	Bali Gianyar	13:38	390,2
September	Meratus Karimata	22:00	1186,7
September	Bali Gianyar	8:30	238,8
June	Magellan	14:11	264
June	Bali Kuta	8:15	231,6

Bulan Layanan	Nama Kapal	Lama (Jam)	Total kWh
June	Pulau Hoki	26:20	1228,8
June	Pulau Wetar	19:32	712,5
June	Magellan	19:49	400,8
June	Bali Kuta	12:50	284,2
June	Pratiwi Raya	7:04	71,2
June	Fortune	15:50	378
June	Pekan Fajar	8:06	310,2
June	Pulau Layang	17:57	738
June	Pratiwi Raya	11:25	93,5
June	Pekan Fajar	15:55	639,2
June	Fortune	12:05	286,9
July	Bali Gianyar	6:35	127,2
July	Fortune	14:30	192,7
July	Bali Gianyar	16:25	439,5
July	Pulau Layang	30:12	1342,8
July	Pratiwi Raya	16:45	187
July	Fortune	21:26	292,9
July	Pulau Wetar	39:55	675,6
July	Pekan Fajar	20:02	471,6
July	Pratiwi Raya	11:17	132
July	Bali Gianyar	17:35	484,1
July	Pulau Layang	24:18	1344
July	Teluk Flaminggo	20:05	401,2
July	Bali Gianyar	12:15	225
July	Fortune	12:25	259,5
July	Pekan Riau	12:25	181,5
July	Fortune	17:30	57,6
October	Bali Sanur	12:40	195,2
October	Fortune	6:00	120,6
October	Pulau Layang	14:00	566,8
October	Fortune	15:10	304,8
October	Bali Ayu	3:30	46,8
October	Pulau Nunukan	17:58	994,2
October	Bali Gianyar	7:31	161,2
October	Pulau Nunukan	28:15	1848,7
November	Akashia	10:30	177,6
November	Fortune	6:52	87,6
November	Pulau Nunukan	16:39	1006,7
November	Bali Kuta	17:35	307,2
November	Magellan	13:05	140
November	Pekan Riau	10:04	272,6
November	Akashia	15:35	295,2
December	Bali Ayu	14:15	160,4
December	Pulau Nunukan	46:59	2291,1
December	Akashia	12:47	193,5
December	Akashia	10:21	167,4
January	Bali Kuta	11:15	282,2
January	Akashia	18:00	231,1
January	Pratiwi Raya	16:11	181,8
February	Bali Ayu	16:51	316
February	Pulau Layang	35:00	461,9
February	Bali Kuta	17:00	341,8
Tertinggi		46:59	2291,1
Terendah		0:35	21,9
Rata-Rata		14:34	393,65

Kemudian dari data Tabel 3.1 dicari nilai pemakaian energi listrik setiap jamnya pada setiap kapal dengan rumus Persamaan 1.10. Konsumsi energi listrik pada kapal Pekan Fajar adalah sebesar 533,8 kWh dengan lama pemasangan 18,41 jam. Maka didapatkan perhitungan sebagai berikut.

$$W = P \times t$$

$$533,8 = P \times 18,41$$

$$P = \frac{533,8}{18,41}$$

$$P = 28,98 \text{ kW}$$

Dari nilai pemakaian energi listrik setiap jam yang telah didapat, kemudian dicari besaran arus dengan Persamaan 1.8. Dengan tegangan kerja 400 V dan faktor daya 0,85, maka didapatkan perhitungan sebagai berikut.

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \phi}$$

$$I = \frac{28.984}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,85}$$

$$I = 51,80 \text{ A}$$

Dari perhitungan seluruh data pada Tabel 3.1 didapatkan hasil sebagai berikut.

**Tabel 3. Hasil perhitungan arus beban pada kapal**

Perihal	Daya (Kw)	Arus (A)
Tertinggi	67,79	121,17
Terendah	0,89	1,59
Rata-Rata	24,30	43,44

### 3.2 Analisis Kelayakan Shore Connection Terhadap Beban Layanan

Analisis dilakukan dengan mengasumsikan seluruh panel dermaga di semua dermaga Terminal Berlian mengalami pembebanan dengan arus pembebanan layanan tertinggi, Dari Tabel 4.9 didapatkan arus layanan penggunaan *shore connection* tertinggi yaitu sebesar 121,17 A.

#### 3.2.1 Circuit Breaker

$$\text{Arus CB} = \text{Arus Nominal Beban} \times 115\%$$

$$= 121,17 \times 115\%$$

$$= 139,34 \text{ A}$$



**Tabel 4. Hasil analisis kelayakan CB Kios Q 05**

Lokasi CB	Arus Beban (A)	Arus Nominal Minimal CB	Kapasitas CB (A)/ Setting (A)	Ket.
Panel Dermaga				
Panel Dermaga Barat 01	121,17	139,34	630 / 630	Layak
Panel Dermaga Barat 02	121,17	139,34	630 / 630	Layak
Panel Dermaga Barat 03	121,17	139,34	630 / 630	Layak
Panel LVMDP				
MCCB LVMDP 01	121,17	139,34	630 / 500	Layak
MCCB LVMDP 02	121,17	139,34	630 / 500	Layak
MCCB LVMDP 03	121,17	139,34	630 / 500	Layak
ACB Utama LVMDP	363,51	418,03	2000	Layak

### 3.2.2 Transformator

Dari Tabel 3.3 didapatkan jumlah arus total sebesar 363,51 A Sehingga perhitungan kapasitas daya Transformator T1 pada Kios Q 05 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{3} V \times I \\
 &= \sqrt{3} \times 400 \times 363,51 \\
 &= 251,84 \text{ Kva}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas Transformator} &= \frac{239,25 \text{ kVA}}{80\%} \\
 &= 299,06 \text{ Kva}
 \end{aligned}$$

**Tabel 5. Hasil perhitungan kapasitas Transformator T1**

Sisi trafo	Daya Total (Kva)	Calculated (Kva)	Used()Kva	Ket.
Sekunder	251,84	314,8	1250	Layak
Primer	251,84	314,8		

### 3.2.3 Konduktor

Perhitungan dilakukan dengan Persamaan 1.2, sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{KHA} &= \text{Arus Nominal Beban} \times 125\% \\
 &= 121,17 \times 125\% \\
 &= 151,46 \text{ A}
 \end{aligned}$$

**Tabel 6. Hasil analisis kelayakan konduktor Kios Q 05**

Konduktor	Arus Nominal Beban (A)	KHA Minimal (A)	KHA Terpasang (A)	Ket.
Kapal – Panel Dermaga Barat	121,17	151,46	374	Layak
Busbar Panel Dermaga	121,17	151,46	835	Layak
Panel Dermaga Barat – MCCB panel LVMDP	121,17	151,46	528	Layak

Konduktor	Arus Nominal Beban (A)	KHA Minimal (A)	KHA Terpasang (A)	Ket.
MCCB panel LVMDP – ACB	363,51	454,38	1800	Layak
ACB - Transformator	363,51	454,38	678	Layak
Transformator – Kubikel Kios-q 05	7,2	9	297	Layak

### 3.3 Analisis Kelayakan Shore connection Terhadap Beban Penuh

Analisis dilakukan dengan mengasumsikan seluruh panel dermaga di semua dermaga Terminal Berlian mengalami pembebanan. Pembebanan beban penuh dilakukan berdasarkan besarnya rating MCCB panel shore connection kapal yang berfrekuensi 60 Hz, yaitu sebesar 400 A dengan tegangan kerja sebesar 460 V. Maka, perhitungan untuk mencari arus nominal berdasarkan rating MCCB mengacu kepada PUIL 2011, yaitu dengan Persamaan 2.5 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Arus Nominal CB} &= \text{Arus Nominal Beban} \times 115\% \\
 \text{Arus Nominal Beban} &= \text{Arus Nominal CB} \div 115\% \\
 &= 400 \div 115\% \\
 &= 347,83 \text{ A}
 \end{aligned}$$

#### 3.3.1 Circuit Breaker

**Tabel 7. Hasil analisis kelayakan CB Kios Q 05**

Lokasi CB	Arus Beban (A)	Arus Nominal Minimal CB	Kapasitas CB (A)/ Setting (A)	Ket.
Panel Dermaga				
Panel Dermaga Barat 01	347,83	400	630 / 630	Layak
Panel Dermaga Barat 02	347,83	400	630 / 630	Layak
Panel Dermaga Barat 03	347,83	400	630 / 630	Layak
Panel LVMDP				
MCCB LVMDP 01	347,83	400	630 / 500	Layak
MCCB LVMDP 02	347,83	400	630 / 500	Layak
MCCB LVMDP 03	347,83	400	630 / 500	Layak
ACB Utama LVMDP	1.043,4	1.200,0	2000	Layak

#### 3.3.2 Transformator

**Tabel 8. Hasil perhitungan kapasitas Transformator T1**

Sisi trafo	Daya Total (Kva)	Calculated (Kva)	Used()Kva	Ket.
Sekunder	831,39	1.039,24	1250	Layak
Primer	831,39	1.039,24		

### 3.3.3 Konduktor

**Tabel 9. Hasil analisis kelayakan konduktor Kios Q 05**

Konduktor	Arus Nominal Beban (A)	KHA Minimal (A)	KHA Terpasang (A)	Ket.
Kapal – Panel Dermaga Barat	347,83	434,78	374	Tidak Layak
Busbar Panel Dermaga	347,83	434,78	835	Layak
Panel Dermaga Barat – MCCB panel LVMDP	347,83	434,78	528	Layak
MCCB panel LVMDP – ACB	1.043,49	1.304,36	1800	Layak
ACB - Transformator	1.043,49	1.304,36	678	Layak
Transformator – Kubikel Kios-q 05	24	30	297	Layak

### 3.4 Perancangan Ulang Jaringan Shore Connection

**Tabel 10. Hasil perancangan ulang jaringan shore connection**

Konduktor	Arus Nominal Beban (A)	KHA Minimal (A)	KHA Terpasang (A)	KHA Baru (A)
Kapal – Panel Dermaga Barat	347,83	434,78	374	494
Busbar Panel Junction	695,66	869,58	835	1025
Panel Junction – ACB Panel LVMDP	695,66	869,58	590	1180

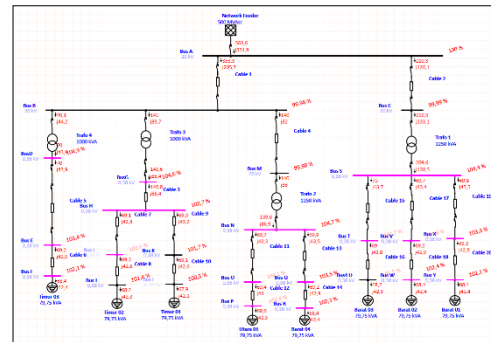
### 3.5 Perhitungan kapasitas pengubah frekuensi

**Tabel 11. Hasil perhitungan kapasitas pengubah frekuensi**

Lokasi Peralatan	Arus Beban (A)	Tegangan Kerja (V)	Daya Aktif (Kw)
Dermaga Barat			
Panel Barat 01	347,83	460	235,56
Panel Barat 02	347,83	460	235,56
Panel Barat 03	347,83	460	235,56
Panel Barat 04	347,83	460	235,56
Dermaga Utara			
Panel Barat 01	347,83	460	235,56
Dermaga Timur			
Panel Barat 01	347,83	460	235,56
Panel Barat 02	347,83	460	235,56
Panel Barat 03	347,83	460	235,56

### 3.6 Simulasi pada Shore Connection Terpasang

#### 3.6.1 Simulasi pada Kondisi Pembebanan Layanan



**Gambar 8. Simulasi load flow shore connection terpasang pada kondisi pembebanan layanan**

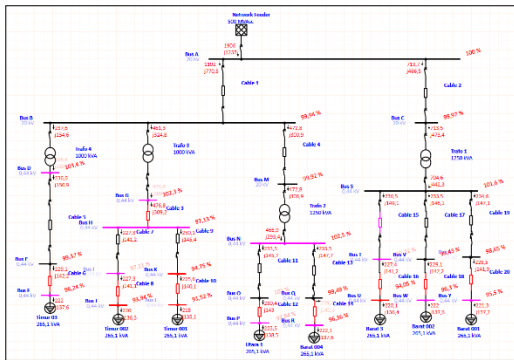
**Tabel 12. Hasil simulasi load flow shore connection terpasang pada kondisi pembebanan layanan**

No	Bus	Tegangan (V)	Tegangan (%)	Arus (A)
1	Timur 03	388	102,1	119,7
2	Timur 02	385	101,4	120,2
3	Timur 01	382	100,5	120,8
4	Utara 01	391	102,9	119,2
5	Barat 04	389	102,3	119,6
6	Barat 03	386	101,5	120,1
7	Barat 02	389	102,4	119,5
8	Barat 01	388	102,1	119,7

No	Bus	PF (%)	P (KW)	S (KVA)	Q (KVAR)
1	Timur 03	85,0	68,4	80,4	42,4
2	Timur 02	85,1	68,2	80,2	42,3
3	Timur 01	85,1	67,9	79,9	42,1
4	Utara 01	85,0	68,6	80,7	42,5
5	Barat 04	85,0	68,4	80,5	42,4
6	Barat 03	85,0	68,2	80,2	42,3
7	Barat 02	85,0	68,4	80,5	42,4
8	Barat 01	85,0	68,4	80,4	42,4

Dari data tegangan yang didapat dari simulasi didapatkan hasil bahwa seluruh tegangan pada tiap bus pada panel shore connection kapal mengalami drop dari tegangan suplai atau sisi sekunder transformator (yaitu 400V), adapun nilai yang didapatkan dari simulasi cenderung masih diatas kebutuhan sistem yang membutuhkan tegangan 380V. Berdasarkan IEC PAS 80005-3 yang menerangkan tentang toleransi tegangan, *over voltage* dibatasi dengan nilai +6% dan *under voltage* dibatasi dengan nilai -5%, maka sistem pada kondisi pembebanan layanan masih dalam batas standar. Dengan *over voltage* tertinggi terjadi pada Bus Utara 01 dengan nilai 102,9% atau 391 V, adapun sistem pada kondisi ini tidak terjadi nilai *under voltage*.

### 3.6.2 Simulasi pada Kondisi Pembebanan Penuh



Gambar 9 Simulasi load flow shore connection terpasang pada kondisi pembebanan penuh

Tabel 13. Hasil simulasi load flow shore connection terpasang pada kondisi pembebanan penuh

No	Bus	Tegangan (V)	Tegangan (%)	Arus (A)
1	Timur 03	423	96,24	356,1
2	Timur 02	413	93,94	361,5
3	Timur 01	403	91,52	367,7
4	Utara 01	431	97,94	352,2
5	Barat 04	424	96,36	355,8
6	Barat 03	414	94,05	361,3
7	Barat 02	424	96,3	355,9
8	Barat 01	420	95,5	357,8

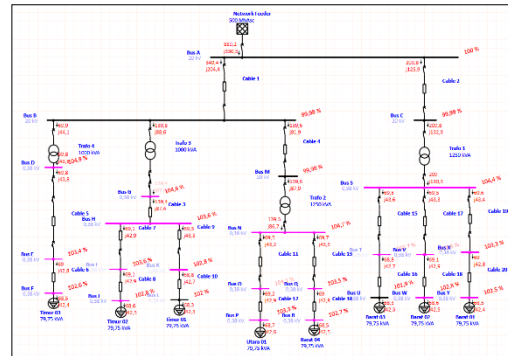
  

No	Bus	PF (%)	P (KW)	S (KVA)	Q (KVAR)
1	Timur 03	85,0	222	261,1	137,6
2	Timur 02	85,0	220	258,8	136,3
3	Timur 01	85,0	218	256,5	135,1
4	Utara 01	85,0	223,5	262,9	138,5
5	Barat 04	85,0	222,1	261,3	137,6
6	Barat 03	85,0	220,1	258,9	136,4
7	Barat 02	85,0	222	261,2	137,6
8	Barat 01	85,0	221,3	260,4	137,2

Dari data tegangan yang didapat dari simulasi didapatkan hasil bahwa seluruh tegangan pada tiap bus pada panel shore connection kapal mengalami drop dari tegangan suplai atau sisi sekunder transformator (yaitu 400V), adapun nilai yang didapatkan dari simulasi cenderung masih diatas kebutuhan sistem yang membutuhkan tegangan 380V. Berdasarkan IEC PAS 80005-3 yang menerangkan tentang toleransi tegangan, over voltage dibatasi dengan nilai +6% dan under voltage dibatasi dengan nilai -5%, maka sistem pada kondisi pembebanan layanan masih dalam batas standar. Dengan over voltage tertinggi terjadi pada Bus Utara 01 dengan nilai 102,9% atau 391 V, adapun sistem pada kondisi ini tidak terjadi nilai under voltage.

### 3.7 Simulasi Shore Connection Setelah Perancangan Ulang

#### 3.7.1 Simulasi pada Kondisi Pembebanan Layanan



Gambar 10 Simulasi load flow shore connection setelah perancangan ulang pada kondisi pembebanan layanan

Tabel 14. Hasil simulasi load flow shore connection setelah perancangan ulang pada kondisi pembebanan layanan

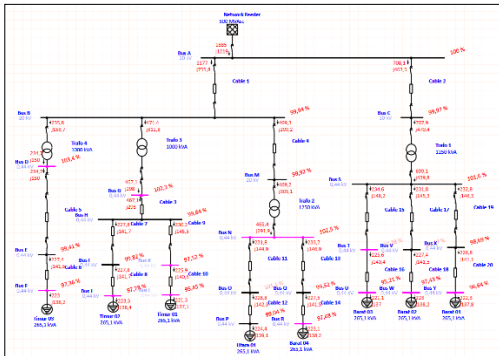
No	Bus	Tegangan (V)	Tegangan (%)	Arus (A)
1	Timur 03	390	102,6	119,4
2	Timur 02	391	102,8	119,2
3	Timur 01	387	102	119,8
4	Utara 01	393	103,3	118,9
5	Barat 04	390	102,7	119,3
6	Barat 03	387	101,9	119,8
7	Barat 02	391	102,8	119,2
8	Barat 01	389	102,5	119,4

No	Bus	PF (%)	P (KW)	S (KVA)	Q (KVAR)
1	Timur 03	85,0	68,5	80,6	42,4
2	Timur 02	85,0	68,6	80,7	42,5
3	Timur 01	85,0	68,3	80,4	42,3
4	Utara 01	85,0	67,7	80,8	42,6
5	Barat 04	85,0	68,5	80,6	42,5
6	Barat 03	85,0	68,3	80,4	42,3
7	Barat 02	85,0	68,6	80,6	42,5
8	Barat 01	85,0	68,5	80,6	42,4

Dari data tegangan yang didapat dari simulasi didapatkan hasil bahwa seluruh tegangan pada tiap bus pada panel shore connection kapal mengalami drop dari tegangan suplai atau sisi sekunder transformator (yaitu 400V), adapun nilai yang didapatkan dari simulasi cenderung masih diatas kebutuhan sistem yang membutuhkan tegangan 380V. Berdasarkan IEC PAS 80005-3 yang menerangkan tentang toleransi tegangan, over voltage dibatasi dengan nilai +6% dan under voltage dibatasi dengan nilai -5%, maka sistem pada kondisi pembebanan layanan masih dalam batas standar. Dengan over voltage tertinggi terjadi pada Bus Utara 01 dengan nilai 103,3% atau 393 V, adapun sistem pada kondisi ini tidak terjadi nilai under voltage.

### 3.7.2 Simulasi pada Kondisi Pembebanan Penuh



**Gambar 11. Simulasi load flow shore connection setelah perancangan ulang pada kondisi pembebanan penuh**

**Tabel 15. Hasil simulasi load flow shore connection setelah perancangan ulang pada kondisi pembebanan penuh**

No	Bus	Tegangan (V)	Tegangan (%)	Arus (A)
1	Timur 03	428	97,36	353,5
2	Timur 02	430	97,78	352,6
3	Timur 01	420	95,45	357,9
4	Utara 01	436	99,04	349,8
5	Barat 04	429	97,48	353,2
6	Barat 03	419	95,21	358,5
7	Barat 02	429	97,43	353,4
8	Barat 01	425	96,64	355,1

No	Bus	PF (%)	P (KW)	S (KVA)	Q (KVAR)
1	Timur 03	85,0	223	262,3	138,2
2	Timur 02	85,0	223,3	262,7	138,4
3	Timur 01	85,0	221,3	260,3	137,1
4	Utara 01	85,0	224,4	264	139,1
5	Barat 04	85,0	223,1	262,4	138,2
6	Barat 03	85,0	221,1	260,1	137
7	Barat 02	85,0	223	262,4	138,2
8	Barat 01	85,0	222,3	261,6	137,8

Dari data tegangan yang didapat dari simulasi didapatkan hasil bahwa seluruh tegangan tiap bus pada panel shore connection kapal mengalami drop dari tegangan suplai atau sisi sekunder transformator (yaitu 460V), adapun nilai yang didapatkan dari simulasi cenderung dibawah kebutuhan sistem yang membutuhkan tegangan 440V. Berdasarkan IEC PAS 80005-3 yang menerangkan tentang toleransi tegangan, *over voltage* dibatasi dengan nilai +6% dan *under voltage* dibatasi dengan nilai -5%, maka sistem pada kondisi pembebanan penuh masih dalam batas standar. Dengan *under voltage* tertinggi terjadi pada Bus Barat 03 dengan nilai 95,21% atau 419 V, adapun sistem pada kondisi ini tidak terjadi nilai *over voltage*.

## 4. PENUTUP

### 4.1. KESIMPULAN

Dari analisis teknis, sistem shore connection yang terpasang saat ini membutuhkan perbaikan pada kapasitas hantar arus konduktor dari panel dermaga ke kapal dan konduktor dari panel junction ke ACB LVMDP agar memenuhi persyaratan PUIL 2011 mengacu pada perhitungan berdasarkan arus pembebanan penuh 347,83 A. Simulasi aliran daya menggunakan ETAP pada jaringan shore connection terpasang memperoleh nilai *over voltage* tertinggi sebesar 102,9 % dalam kondisi pembebanan layanan dan *under voltage* terendah sebesar 91,52% dalam kondisi pembebanan penuh. Sedangkan pada jaringan shore connection setelah perancangan ulang memperoleh nilai *over voltage* tertinggi sebesar 103,3% dalam kondisi pembebanan layanan dan *under voltage* terendah sebesar 95,21% dalam kondisi pembebanan penuh. Berdasarkan IEC PAS 80005-3 Bagian 5.2 yang menerangkan tentang toleransi tegangan, terdapat kondisi *under voltage* yang tidak memenuhi standar pada jaringan shore connection terpasang, setelah dilakukan perancangan ulang *over voltage* dan *under voltage* sudah memenuhi standar.

### REFERENSI

- [1] IMO, "Fourth IMO Greenhouse Gas Study: Executive Summary," *IMO Greenh. Gas Study*, vol. 4, no. 1, p. 46, 2020.
- [2] Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, *Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup NOMOR: KEP-02/MENKLH/I/1988 Tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan Menteri Negara Kependudukan Dan Lingkungan Hidup*. 1988.
- [3] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara Presiden Republik Indonesia*. 1999.
- [4] Kementerian Kesehatan RI, "Dampak Pencemaran Udara (Polusi Udara) Terhadap Penyakit Hipertensi," 2019. <http://p2ptm.kemkes.go.id/kegiatan-p2ptm/dki-jakarta/dampak-pencemaran-udara-polusi-udara-terhadap-hipertensi> (accessed Dec. 29, 2021).
- [5] M. Ahmad, "Kenyamanan lingkungan kerja di kapal perikanan," *J. Environmental Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–11, 2008.
- [6] F. Lintong, "Gangguan Pendengaran Akibat Bising," *J. Biomedik*, vol. 1, no. 2, 2013, doi: 10.35790/jbm.1.2.2009.815.
- [7] J. He, X. Li, H. Xu, J. Zhu, P. Dai, and H. Chu, "Review and Discussion on Standards for Shore-to-Ship Power Supply System," vol. 146, no. Icmea 2017, pp. 22–26, 2018,

- doi: 10.2991/icmea-17.2018.6.
- [8] A. N. Yankumara, "ANALISIS TEKNIS DAN BISNIS PENERAPAN SHORE CONNECTION DI PELABUHAN TERMINAL TELUK LAMONG - SURABAYA," Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 2021.
- [9] E. Warman, "PEMILIHAN DAN PENINGKATAN PENGGUNAAN/PEMAKAIAN SERTA MANAGEMENT TRAF0 DISTRIBUSI," pp. 1–16, 2004.
- [10] Y. Rahmawati, "Studi Kelayakan Busbar Gardu Trafo Tiang 20 kV (Baru) Pada Jurusan Teknik Elektro FT UM," *Tekno*, vol. 19, no. 1, pp. 59–67, 2013, [Online]. Available: <http://journal.um.ac.id/index.php/tekno/article/view/4097>.
- [11] Badan Standarisasi Nasional, "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011," *DirJen Ketenagalistrikan*, vol. 2011, no. Puil, 2011.
- [12] M. I. H. Ridla, "Pembuatan Alat Monitoring Status Pemutus Tenaga 150 kV Berbasis Web Menggunakan Arduino Mega 2560 dan Ethernet Shield," Universitas Muhammadiyah Semarang, 2017.
- [13] A. Belly, H. Asep Dadan, C. Agusman, and B. Lukman, "Makalah Daya aktif, reaktif & nyata," *Univ. Indones.*, p. 34, 2010.
- [14] Kementrian ESDM RI, *Peraturan Menteri ESDM No.07 tahun 2010*, vol. 2010. Indonesia, 2010.
- [15] N. A. L. Iftitah, *Analisa Dan Simulasi Load Shedding Pada Pembangkit*. surabaya, 2020.
- [16] M. Lesnanto and R. P. Aridani, "Modul Pelatihan ETAP," *Jur. Tek. Eektro dan Teknol. Informasi; Uniiversitas Gadjah Mada*, p. 58, 2013.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN