

ANALISIS TEKNIS PENGGUNAAN SHORE CONNECTION DI PELABUHAN TERMINAL TELUK LAMONG

Dwi Sasmita Aji Pambudi¹, Edy Prasetyo Hidayat¹, Akbar Nugraha Yankumara¹

¹Teknik Kelistrikan Kapal, Teknik Kelistrikan Kapal. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Jalan Teknik Kimia No. 1 Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya 60111

E-mail: dwi.sasmita@ppns.ac.id

ABSTRAK

Penyediaan fasilitas shore connection sangat berperan penting dalam memenuhi kebutuhan daya listrik kapal di dermaga sebagai upaya mengurangi dampak yang ditimbulkan akibat polusi udara yang dihasilkan oleh mesin bantu kapal. Analisis teknis dilakukan untuk mengetahui kelayakan dari penerapan shore connection terhadap kondisi pembebanan saat ini. Parameter yang dianalisis meliputi Gawai Proteksi Arus Lebih (GPAL), Kapasitas Hantar Arus (KHA) konduktor, dan kapasitas transformator. Penyediaan fasilitas shore connection bergantung pada jumlah lalu lintas kapal dan lamanya durasi kapal berlabuh sesuai dengan kapasitas dermaga yang dimiliki di pelabuhan. Berdasarkan hasil analisis pada kondisi pembebanan saat ini, didapatkan nilai arus nominal GPAL pada Terminal Domestik sebesar 146,04A. Sedangkan pembebanan pada transformator adalah sebesar 242,54Kva dengan kapasitas transformator terpasang sebesar 1250Kva dan kebutuhan kapasitas hantar arus minimal yang dibutuhkan adalah sebesar 146,04A. Berdasarkan data teknis yang telah diperoleh, besarnya kapasitas arus nominal GPAL, kapasitas transformator, dan kapasitas hantar arus kabel yang terpasang telah memenuhi persyaratan dan standar kelayakan.

Kata Kunci: Gawai Proteksi Arus Lebih, Kapasitas Hantar Arus, Kapasitas Transformator, Shore Connection

ABSTRACT

The provision of shore connection facilities plays an important role in supplying the ship's electrical power needs at the dock as an effort to reduce the impact caused by air pollution produced by ship's auxiliary engines. Technical analysis is carried out to determine the feasibility of applying shore connection to current loading conditions. Parameters analyzed include overcurrent protection device, current carrying capacity of conductors, and transformer capacity. The provision of shore connection facilities depends on the amount of ship traffic and the duration of the ship's berth in accordance with the capacity of the pier owned at the port. Based on the results of the analysis on the current loading conditions, the nominal current value of the GPAL at the Domestic Terminal is 146.04A. While the load on the transformer is 242.54Kva with the installed transformer capacity of 1250Kva and the minimum current-carrying capacity required is 146.04A. Based on the technical data that has been obtained, the nominal current capacity of overcurrent protection device, the transformer capacity, and the current carrying capacity of the installed cables have met the requirements and feasibility standards.

Keyword: current carrying capacity, shore connection, transformer capacity, overcurrent protection device

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan Tol Laut menjadi sarana dan prasarana penunjang transportasi laut, termasuk diantaranya kapal-kapal besar, untuk menghubungkan wilayah-wilayah Indonesia melalui jalur laut secara cepat. Pembangunan Tol Laut bertujuan untuk melakukan pemerataan pembangunan di berbagai wilayah Indonesia dan penurunan biaya transportasi yang berdampak pada ikut meratanya harga komoditi antara satu pulau dengan pulau yang lain. Lalu lintas

kapal di dermaga juga akan mengalami kenaikan secara signifikan seiring dengan penambahan sarana dan prasarana penunjang. Adanya peningkatan jumlah lalu lintas kapal di dermaga memunculkan permasalahan baru terkait polusi udara akibat gas buang hasil pembakaran dari penggunaan mesin bantu (generator listrik) kapal. Mesin bantu kapal harus tetap beroperasi ketika berlabuh untuk memenuhi kebutuhan daya listrik kapal. Sebagai upaya dalam mengatasi polusi gas buang mesin bantu kapal, pihak pengelola pelabuhan menyediakan

fasilitas *shore connection* untuk memenuhi kebutuhan daya listrik kapal saat bersandar di dermaga. *Shore connection* berfungsi sebagai suplai daya pengganti saat kapal berlabuh, yang berawal dari mesin bantu kapal menjadi suplai daya dari darat.

Shore Connection merupakan sistem penyaluran tenaga listrik dari darat ke kapal untuk menunjang kebutuhan daya listrik pada saat berlabuh, bersandar, dan atau melakukan proses bongkar muat dalam keadaan mesin mati. Secara umum sistem *shore connection* terdapat pada IEC PAS 80005-3 Tahun 2014 menjelaskan mengenai ruang lingkup LVSC (*Low Voltage Shore Connection*).

1.2 Standar Shore Connection

Secara teknis, fasilitas *shore connection* di Pelabuhan Terminal Teluk Lamong Surabaya menggunakan standar internasional IEC PAS 80005-3 LVSC (*Low Voltage Shore Connection*). IEC PAS 80005-3 menjelaskan mengenai sambungan daya dengan menggunakan tegangan rendah untuk menyuplai kapal dengan daya dari darat. Untuk memungkinkan standarisasi sambungan daya darat ke kapal dan tegangan nominal pada berbagai pelabuhan, setiap peralatan yang memerlukan konversi ke tegangan nominal harus dipasang di kapal sesuai dengan standar IEC 60092-201. Untuk memungkinkan standarisasi tegangan rendah nominal dan frekuensi pada pelabuhan yang berbeda, sambungan daya darat ke kapal harus dilengkapi tegangan nominal 400 VAC dan/atau 440 VAC dan/atau 690 VAC yang terpisah dari sistem distribusi di darat. Frekuensi kerja (Hz) dari kapal harus sesuai/sama dengan sistem kelistrikan di darat. Jika tidak, maka pengubah frekuensi harus terpasang di darat. Tegangan dan frekuensi kerja kelistrikan darat harus diperiksa dan disesuaikan terlebih dahulu sebelum dihubungkan ke kapal.

Berdasarkan PUIL 2011 bagian 2.2.8., dalam menentukan GPAL adalah sekurang-kurangnya mempunyai nilai 125% dari arus maksimum beban. KHA konduktor harus dianggap tidak kurang dari kebutuhan arus maksimum. Sebuah kabel yang digunakan untuk menyalurkan daya listrik sekurang-kurangnya memiliki kapasitas hantar sebesar 125% dari arus maksimal suatu beban. Nilai tersebut berdasarkan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011 bagian 510.5.3.1. Sedangkan pemilihan kapasitas daya transformator didasarkan pada beban yang akan dilayani. Diusahakan presentasi pembebanan transformator mendekati 80%, karena transformator umumnya mencapai efisiensi maksimum (rugi-rugi transformator paling kecil) pada pembebanan 80%.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, metode pendekatan yang digunakan adalah metode pendekatan kuantitatif. Metode ini dikarenakan penelitian ini bersifat terukur, objektif, dan rasional. Data pada penelitian ini didapatkan dengan melakukan observasi dan wawancara. Data-data yang diperlukan diantaranya adalah data lalu lintas kapal dan data riwayat penggunaan *shore connection*.

2.1 Lalu-lintas Kapal

Lalu-lintas kapal di Pelabuhan Terminal Teluk Lamong selama periode bulan Mei 2021 terdapat 30 kapal pada Terminal Domestik dan 64 kapal pada Terminal Internasional. Berdasarkan data lalu-lintas kapal, rata-rata durasi kapal yang berlabuh adalah selama 16,60 jam dengan rata-rata 1 kapal setiap hari pada Terminal Domestik dan 17,20 jam dengan rata-rata 2 kapal setiap hari pada Terminal Internasional.

2.2 Riwayat Penggunaan Shore Connection

Pelabuhan Terminal Teluk Lamong merupakan salah satu pelabuhan dibawah pengelolaan Indonesia Pelindo III yang menggunakan pelayanan *shore connection*. Spesifikasi layanan *shore connection* di Pelabuhan Terminal Teluk Lamong dapat ditunjukkan pada pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Layanan Shore Connection Terminal Teluk Lamong

Kapasitas daya total	1000 Kva
Tegangan	400 Volt
Frekuensi	50 Hz
Jumlah kotak hubung	5 unit

Selama periode Indonesia sampai dengan awal Juni 2021, penggunaan fasilitas *shore connection* di Pelabuhan Terminal Teluk Lamong pada Terminal Domestik tercatat sebanyak 17 kali. Rata-rata daya listrik yang digunakan sebesar 187,76 kWh dan rata-rata waktu penggunaan selama 22,51 jam. Sedangkan rata-rata konsumsi daya seluruh kapal setiap jam adalah sebesar 22,51 Kw.

3. PEMBAHASAN

Kelayakan sistem kelistrikan dianalisis berdasarkan kondisi sistem yang telah terpasang dan pembebanan saat ini berdasarkan data riwayat penggunaan *shore connection*. Kelayakan sistem kelistrikan yang tinjau adalah bagian Gawai Proteksi Arus Lebih (GPAL), Kapasitas Hantar Arus (KHA) konduktor, dan kapasitas transformator terhadap pembebanan saat ini. Standar yang digunakan pada analisis kelayakan adalah PUIL 2011. Spesifikasi GPAL, transformator, dan konduktor secara rinci termuat pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Tabel 2. Spesifikasi GPAL

Lokasi Gawai Proteksi	Jenis	Kapasitas	Jumlah	Merek & Model
Panel Dermaga Domestik	MCCB	400 A	3	Schneider Compact NSX100N
Panel Dermaga Internasional	MCCB	800 A	2	Schneider Compact NS800N
Gardu Utama	MCCB	800 A	3	Schneider Compact NS800N
	ACB	2000 A	1	Schneider EasyPact MVS20N

Tabel 3. Spesifikasi Transformator

Kapasitas daya	1250 Kva
Tegangan sisi primer	20.000 V
Tegangan sisi sekunder	400 V
Frekuensi	50 Hz
Konfigurasi lilitan	Delta-Star

Tabel 4. Spesifikasi Konduktor

Konduktor	Tegangan (Kv)	Luas Penampang (mm ²)	Jenis dan Jumlah Konduktor
Kapal – Panel Dermaga Domestik	0,6/1(1,2)	120	NYAF 3×(1C×120m m ²)
Kapal – Panel Dermaga Internasional	0,6/1(1,2)	120	NYAF 3×(1C×120m m ²)
Panel Dermaga Domestik – MCCB GU III	0,6/1(1,2)	300	YYY 3×(1C×300m m ²)
Panel Dermaga Internasional – MCCB GU I/II	0,6/1(1,2)	300	YYY 3×(1C×300m m ²)
MCCB GU – ACB	-	500	Tembaga 3×(2C×500m m ²)
ACB – Transformator	0,6/1(1,2)	300	YYY 4×(2×1C×300 mm ²)
Transformator – Kubikel	12/20(24)	50	N2XSEBY 1×(3C×50mm ²)

3.1 Analisis Kelayakan GPAL terhadap Pembebanan Saat Ini

Nilai arus tertinggi berdasarkan riwayat penggunaan shore connection yang termuat pada Tabel 4.6. sebesar 116,83 A. Maka dilakukan analisis kapasitas pengaman yang terpasang terhadap riwayat pembebanan. Pembebanan diasumsikan pada kapasitas maksimum dermaga dalam melayani proses bongkar muat barang yang telah dihitung pada bagian 4.1.2. Pada Terminal Domestik jumlah maksimum kapal yang berlabuh sebanyak 3 kapal dengan asumsi masing-masing kapal mengonsumsi arus sebesar 116,83 A. Sedangkan pada Terminal Internasional

yang memiliki kapasitas dermaga maksimal sebanyak 2 kapal belum pernah melakukan pelayanan *shore connection*.

Analisis dilakukan dengan cara melakukan perhitungan kapasitas GPAL dan persentase pembebanan arus nominal GPAL berdasarkan besaran arus pada masing-masing terminal dermaga. Perhitungan arus nominal GPAL menurut PUIL 2011 dapat ditunjukkan pada Persamaan 1.

$$\text{Arus Nominal GPAL} = \text{Arus Maksimum} \times 125\% \quad (1)$$

Berdasarkan Persamaan 1, perhitungan arus nominal GPAL pada Terminal Domestik dengan arus beban tertinggi 116,83 A dapat diperoleh dengan perhitungan berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{Arus Nominal GPAL} &= \text{Arus Maksimum} \times 125\% \\ &= 116,83 \times 125\% \\ &= 146,04 \text{ A} \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan secara rinci termuat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisis Kelayakan GPAL

Lokasi Gawai Proteksi	Arus Beban (A)	Arus Nominal GPAL Minimal (A)*	Arus Nominal GPAL Terpasang (A)
Terminal Domestik			
Panel Dermaga I	116,83	146,04	400
Panel Dermaga II	116,83	146,04	400
Panel Dermaga III	116,83	146,04	400
Internasional			
Panel Dermaga IV	0	0,00	800
Panel Dermaga V	0	0,00	800
Gardu Utama			
MCCB GU I (Int)	0	0,00	800
MCCB GU II (Int)	0	0,00	800
MCCB GU III (Dom)	350,49	438,11	800
ACB GU	350,49	438,11	2000

*) Arus beban × 125% (PUIL 2011)

Berdasarkan Tabel 5, didapatkan nilai arus nominal GPAL pada Terminal Domestik sekurang- sebesar 146,04 A. Kapasitas arus nominal GPAL yang terpasang telah memenuhi persyaratan dan dianggap layak.

Pada Gardu Utama terdapat 3 MCCB yaitu MCCB Gardu Utama I, II, dan III. MCCB GU I dan II digunakan untuk melayani Terminal Internasional dan MCCB GU III digunakan untuk melayani Terminal Domestik serta ACB merupakan pengaman sirkit pusat, sehingga perhitungan arus beban didapatkan dari penjumlahan arus pada setiap MCCB GU. MCCB GU I dan II terhubung secara seri dengan panel dermaga, sehingga besar arus pada sirkit

tersebut sama besar. Sedangkan arus beban MCCB GU III merupakan hasil dari akumulasi Panel Dermaga I, II, dan III.

3.2 Analisis Kelayakan Transformator terhadap Pembebanan Saat Ini

Penentuan kapasitas transformator harus mempertimbangkan efisiensi dari transformator yang digunakan. Efisiensi maksimum transformator terdapat pada 80% pembebanan terhadap kapasitas transformator. Menentukan kapasitas transformator dapat pula dilakukan dengan menggunakan Persamaan 2.

$$\text{Kapasitas Transformator} = \frac{\text{Kapasitas Beban (kVA)}}{0,8} \quad (2)$$

Untuk mengetahui daya semu maka dilakukan perhitungan berdasarkan Persamaan 3.

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{3} \times V \times I \\ &= \sqrt{3} \times 400 \times 350,49 \\ &= 242,54 \text{ kVA} \end{aligned} \quad (3)$$

Berdasarkan Persamaan 2, maka perhitungan kapasitas daya transformator menjadi sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Transformator} &= \frac{K242,54 \text{ kVA}}{0,8} \\ &= 291,05 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, kapasitas transformator sekurang-kurangnya adalah 291,05 kVA. Sedangkan kapasitas transformator yang terpasang adalah 1250 kVA. Secara rinci perhitungan kapasitas daya dan persentase pembebanan transformator termuat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisis Kelayakan Kapasitas Daya Transformator

Parameter	Sisi Sekunder	Sisi Primer
Tegangan (V)	400	20000
Arus Beban Maks. (A)	350,49	7,01
Daya Total (Kva)	242,54	242,54
Minimal Kapasitas Transformator (Kva)	291,05	291,05
Transformator Terpasang (Kva)	1250	
Keterangan	Layak	

Berdasarkan Tabel 4.6, pembebanan transformator sebesar 242,54 kVA dengan kapasitas transformator sebesar 1250 kVA. Dengan demikian, maka transformator dianggap layak digunakan pada sistem kelistrikan *shore connection*.

3.3 Analisis Kelayakan Konduktor terhadap Pembebanan Saat Ini

Kabel yang digunakan dalam sistem *shore connection* di Pelabuhan Terminal Teluk Lamong adalah manufaktur dari Indonesia Supreme Cable Manufacturing & Commerce Tbk dengan merek Supreme. Jenis kabel yang digunakan adalah NYAF, NYY (Cu/PVC/PVC) 0,6/1(1,2) Kv dan N2XSEBY 12/20(24) Kv. Ketentuan pemasangan kabel NYY dalam instalasi listrik diantaranya penempatan dalam ruangan, terdapat saluran pelindung instalasi jika diletakkan di dalam tanah, dan dalam kondisi yang tidak mengalami potensi kerusakan mekanis.

Penerapan instalasi kabel pada sistem kelistrikan *shore connection* di Pelabuhan Terminal Teluk Lamong adalah diletakkan pada bagian bawah beton cor dermaga menggunakan saluran pelindung kabel, mempunyai sirkulasi udara yang cukup, dan terhindar dari potensi gangguan mekanis yang menyebabkan kerusakan fisik dari kabel. Sehingga secara teknis penerapan instalasi kabel NYY pada sistem ini sudah memenuhi standar instalasi kabel.

Penerapan yang sama dilakukan terhadap instalasi kabel N2XSEBY. Spesifikasi mekanis kabel yang memiliki pelindung berupa isolasi XLPE, lapisan isolasi konduktor, dua lapis isolasi pelindung galvanis, dan pembungkus luar yang terbuat dari PVC. Dengan spesifikasi tersebut, secara teknis penerapan instalasi kabel N2XSEBY sudah memenuhi standar instalasi kabel.

Tabel 7. Hasil Analisis Kelayakan Konduktor berdasarkan PUIL 2011

Konduktor	Arus Maks. Beban (A)	Spesifikasi Konduktor (PUIL 2011)		
		KHA Min. (x125 %) (A)	Luas Penampang (mm ²)	KHA (A)
Kapal – Panel Dermaga Domestik	116,83	146,04	35	169
Kapal – Panel Dermaga Internasional	-	-	-	-
Panel Dermaga Domestik – MCCB GU III	116,83	146,04	35	183
Panel Dermaga Internasional – MCCB GU I/II	-	-	-	-
MCCB GU – ACB	350,49	438,11	200	600
ACB – Transformator	350,49	438,11	185	494
Transformator – Kubikel	7,01	8,76	35	171

Tabel 8. Hasil Analisis Kelayakan Konduktor Terpasang

Konduktor	Arus Maks. Beban (A)	Spesifikasi Konduktor (PUIL 2011)		
		KHA Min. (x125 %)(A)	Luas Penampang (mm ²)	KHA (A)
Kapal – Panel Dermaga Domestik	116,83	146,04	35	169
Kapal – Panel Dermaga Internasional	-	-	-	-
Panel Dermaga Domestik – MCCB GU III	116,83	146,04	35	183
Panel Dermaga Internasional – MCCB GU I/II	-	-	-	-
MCCB GU – ACB	350,49	438,11	200	600
ACB – Transformator	350,49	438,11	185	494
Transformator – Kubikel	7,01	8,76	35	171

Berdasarkan data pada Tabel 7. dilakukan perhitungan KHA kabel dengan menggunakan persamaan (1). Diketahui dari rekap pelayanan *shore connection* bahwa arus tertinggi sebesar 116,83 A, maka luas penampang yang dibutuhkan dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan KHA. Berdasarkan perhitungan diketahui bahwa standar luas penampang kabel yang dibutuhkan dengan arus 116,83 A sekurang-kurangnya membutuhkan KHA sebesar 146,04 A. Hasil perhitungan secara rinci ditampilkan secara rinci persentase pembebanannya pada Tabel 7 berdasarkan PUIL 2011 dan Tabel 8 menunjukkan hasil analisis kelayakan konduktor terpasang.

4. KESIMPULAN

Merujuk hasil dari analisis teknis kelayakan *shore connection* di Pelabuhan Terminal Teluk Lamong yang terpasang saat ini dapat diketahui bahwa sistem kelistrikan yang terpasang dapat dianggap layak sesuai dengan persyaratan standar PUIL 2011. Nilai arus nominal GPAL pada Terminal Domestik sekurang-kurangnya sebesar 146,04 A dan besarnya arus nominal GPAL terpasang adalah sebesar 400A. Sedangkan kapasitas transformator sekurang-kurangnya adalah 291,05 kVA dan kapasitas transformator yang terpasang adalah 1250 kVA. Sedangkan kebutuhan standar luas penampang kabel dengan arus 116,83 A sekurang-kurangnya membutuhkan KHA sebesar 146,04 A

PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional. (2011). Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011., 2.2.8.3: 51.
- [2] Biro Klasifikasi Indonesia. (2020). Ship Register. Diambil kembali dari BKI: <https://bki.co.id/shipregister.html#>
- [3] Ericsson, P. &. (2008). Shore-Side Power Supply. Goteborg - Sweden: Chalmers University of technology.
- [4] Indonesia Electrotechnical Commission. (2014). Publicly Available Specification 80005-3 ., (hal. Part-3, Low Voltage Shore Connection). Geneva, Switzerland.
- [5] Putra, A. P. (2016). Perencanaan *Shore Power Connection* pada Pelabuhan Terminal Teluk Lamong untuk Mewujudkan Pelabuhan Hijau (*Greenport*). Surabaya: Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [6] Samosir, D. H. (2016). The Technical and Business Analysis of Using Shore Power Connection in The Port of Hamburg. Surabaya: Faculty of Marine Technology Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [7] Sampeallo, A. S. (2012). Perencanaan, Penentuan Kapasitas Transformator Daya pada Gardu Induk (Gi) Sistem 70 Kv. Seminar Nasional Sains Dan Teknik 2012 (Sainstek 2012) .
- [8] Schneider Electric. (2021, Juli 15). Schneider Electric. Diambil kembali dari Schneider Electric: www.se.com
- [9] Triatmodjo, B. (2010). Perencanaan Pelabuhan. Indonesia: Beta Offset.
- [10] Wachjoe, C. K., Zein, H., Supriyanti, Y., Gantina, T. M., Kurniasetiawati, A., & Marensaputri, P. (2020). Pengurangan Pencemaran Udara berdasarkan Konsep Pelabuhan Hijau. ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika, 252-261.
- [11] Warman, E. (2004). Pemilihan dan Peningkatan Penggunaan/Pemakaian serta Manajemen Trafo Distribusi. USU Digital Library.
- [12] Yudhian, H. L. (2017). Analisis Studi Kelayakan Perencanaan *Shore Power Connection* pada Teminal Teluk Lamong untuk Mewujudkan Pelabuhan Hijau (*Greenport*). Surabaya: Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember