p-ISSN: 2502-1621
e-ISSN: 2656-1611

Jurnal 7 Samudra
Politeknik Pelayaran Surabaya
Vol. 11, No. 2, 14 November 2026
Hal: 73–79

Analisis Penentuan Kapasitas Battery, Pengaman Arus, dan Penampang Kabel pada Instalasi Listrik Kapal Pesiar Sesuai Standar BKI

Ilham Waskito[1], Edy Prasetyo Hidayat[1]
Program Studi D3 Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya[1]
Email korespondensi: ilham.waskito@gmail.com

ABSTRAK

Instalasi listrik merupakan sistem vital pada kapal sehingga perencanaannya harus memenuhi standar keselamatan, salah satunya Rules Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Penelitian ini bertujuan menganalisis penentuan kapasitas battery, kapasitas pengaman arus, dan luas penampang kabel pada instalasi listrik kapal pesiar katamaran berukuran 11,89 m yang memakai battery 12 VDC sebagai sumber utama, kemudian membandingkannya dengan konfigurasi terpasang. Metode yang digunakan adalah analisis deskriptif kuantitatif berbasis neraca daya (power balance) dengan faktor keserempakan 0,5, perhitungan arus nominal setiap beban, serta pemilihan pengaman dan penampang kabel berdasarkan tabel BKI.

Hasil penelitian menunjukkan kebutuhan kapasitas battery tertinggi terjadi pada kondisi sailing, yaitu 521,7 Ah dengan beban puncak 1.239,8 W, sehingga dipilih 4 unit battery lithium-ion 150 Ah/12 V terhubung paralel (600 Ah, load factor 87,0%) sebagai pengganti 2 unit 300 Ah terpasang. Pengaman beban AC perlu dinaikkan dari MCB 6 A menjadi 10 A pada keempat line, pengaman DC kelompok electrical part sudah sesuai (20 A pada line 1 dan 10 A pada line lainnya), sedangkan pengaman pompa dapat diturunkan dari 15 A menjadi 10 A dan pengaman klakson dari 20 A menjadi 10 A. Seluruh kabel darat NYM dan NYAF perlu diganti dengan kabel marine L-TPYC dan L-DPYC, dengan penampang kelompok electrical part naik dari 1,5 mm² menjadi 2,5 mm² dan penampang kabel windlass dan winch turun dari 35 mm² menjadi 25 mm².

Kata kunci: *Kapasitas Battery; Pengaman Arus; Penampang Kabel; Kapal Pesiar; Standar BKI*

1. PENDAHULUAN

Pembangunan kapal baru terdiri atas tahap desain dan tahap pembangunan fisik, dan pemasangan instalasi listrik merupakan salah satu pekerjaan penting pada tahap pembangunan fisik (Moore, 1995). Instalasi listrik berfungsi mendistribusikan daya dari sumber ke seluruh beban agar operasional kapal berjalan optimal, sehingga perencanaannya harus dihitung secara cermat dan mengacu pada standar klasifikasi. Di Indonesia, standar tersebut adalah *Rules for Electrical Installations* Biro Klasifikasi Indonesia (BKI, 2006, 2016).

Pada kapal pesiar katamaran berukuran kecil, sumber daya listrik sering dikombinasikan dari battery, panel surya, dan generator set. Katamaran sendiri adalah kapal dengan dua lambung yang dihubungkan oleh suatu konstruksi sehingga menjadi satu kesatuan (Nooryadi & Suastika, 2012). Pada kapal yang diteliti, battery 12 VDC menjadi sumber utama karena sebagian besar peralatan bekerja pada tegangan

tersebut, sedangkan beban AC 220 V dilayani oleh inverter. Pada tegangan rendah, daya yang sama menghasilkan arus yang jauh lebih besar, sehingga kekeliruan dalam menentukan kapasitas battery, pengaman arus, dan penampang kabel berpengaruh langsung terhadap keandalan sistem dan keselamatan pemilik kapal. Komponen yang terlalu kecil tidak mampu melayani beban, sedangkan komponen yang terlalu besar menambah biaya dan bobot pada kapal yang displacement-nya hanya sekitar 7,2 ton.

Kajian terdahulu tentang analisis beban listrik kapal umumnya berfokus pada kapal barang atau kapal penumpang berukuran besar dan pada penentuan kapasitas generator (Ariany, 2013; Novarianto, n.d.; Rolan et al., 2015). Dalam rujukan yang ditelaah penulis, evaluasi terpadu terhadap kapasitas battery, pengaman arus, dan penampang kabel pada kapal pesiar kecil berbasis battery masih jarang dijumpai, sehingga terdapat celah penelitian pada aspek tersebut.

Penelitian ini bertujuan (1) menentukan kapasitas battery yang sesuai dengan kebutuhan beban DC pada seluruh kondisi operasi kapal, dan (2) menentukan kapasitas pengaman arus serta jenis dan luas penampang kabel yang sesuai standar BKI, kemudian membandingkannya dengan konfigurasi yang terpasang. Hasilnya diharapkan menjadi rujukan bagi perancang kapal dalam menyusun instalasi listrik kapal pesiar yang aman dan ekonomis.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapasitas Battery

Battery berfungsi sebagai sumber tenaga listrik DC yang dapat melayani peralatan kapal ketika sumber lain tidak tersedia (Hidayat, 2012b). Arus beban dan kapasitas battery yang dibutuhkan dihitung dengan Persamaan (3) dan (4). Faktor kapasitas f_k diambil dari tabel hubungan antara kapasitas dan lama pemakaian battery, dan bernilai 1 untuk pemakaian 5 jam (Hidayat, 2012b). Kelayakan kapasitas yang dipilih diperiksa dengan *load factor battery* (LFB) pada Persamaan (5). Nilai LFB tidak boleh melebihi 99%, dan semakin mendekati batas tersebut pemanfaatan battery semakin optimal. Battery bertegangan sama dapat dihubungkan paralel untuk menambah kapasitas dalam ampere-jam (Hidayat, 2012b).

2.2 Neraca Daya dan Faktor Keserempakan

Kebutuhan daya kapal disusun dalam neraca daya (*power balance*) untuk setiap kondisi operasi. Beban dibedakan menjadi beban kontinu (*continuous load*, CL), yaitu peralatan yang bekerja terus-menerus seperti lampu navigasi, dan beban terputus-putus (*intermittent load*, IL), yaitu peralatan yang bekerja periodik seperti pompa dan winch (Ariany, 2013). Daya tiap peralatan dihitung dengan Persamaan (1). Beban puncak maksimum (*maximum peak load*, MPL) diperoleh dari Persamaan (2) dengan faktor keserempakan (*diversity factor*) yang menurut BKI tidak boleh kurang dari 0,5 (BKI, 2016).

2.3 Pengaman Arus dan Penampang Kabel

Pengaman beban AC pada kapal ini berupa *miniature circuit breaker* (MCB), sedangkan pengaman beban DC berupa fuse. Pemilihan pengaman dan penghantar harus memenuhi dua syarat: kemampuan hantar arus (KHA) pengaman lebih besar daripada arus beban nominal, dan KHA penghantar lebih besar daripada KHA pengaman (Harten

& Setiawan, 1985; Hidayat, 2012a). Arus beban AC satu fasa dan DC dihitung dengan Persamaan (3) dan (6) (Dzulqornaini, 2015). Hubungan antara arus, kapasitas pengaman, dan luas penampang kabel ditetapkan dalam Tabel 13.a BKI Vol. IV (BKI, 2006).

Kabel NYM dan NYAF adalah kabel darat yang lazim dipakai pada instalasi rumah atau gedung dan pada rangkaian kontrol (Nurrahman, 2016). Kabel L-TPYC dan L-DPYC merupakan kabel marine dengan isolasi yang berbeda sehingga sesuai untuk ruangan kapal yang dipengaruhi suhu dan kelembaban. Untuk sirkuit akhir motor yang memiliki proteksi beban lebih sendiri, BKI (2016, Sec. 4) membolehkan proteksi hubung singkat dipasang hanya pada titik masuk.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Objek dan Data

Objek penelitian adalah kapal pesiar katamaran dengan panjang keseluruhan (LOA) 11,89 m, panjang garis air (LWL) 11,00 m, lebar (BOA) 6,4 m, sarat 1,05 m, dan displacement sekitar 7,2 ton. Data berupa rencana umum, spesifikasi peralatan, dan konfigurasi instalasi listrik terpasang diperoleh dari perusahaan galangan (PT Samudera Sinar Abadi) selama kegiatan *on the job training* pada Februari sampai Mei 2018. Beban AC terdiri atas 14 stop kontak (100 W), freezer (1.000 W), dan microwave (800 W) yang dilayani inverter 2.000 W. Beban DC 12 V dibagi menjadi kelompok *machinery part* (windlass, dua winch, dan pompa) serta *electrical part* (lampu, peralatan navigasi, kipas, dan refrigerasi).

3.2 Tahapan Analisis

Analisis dilakukan dalam enam tahap. Pertama, peralatan listrik diinventarisasi menurut jenis beban, tegangan, dan jumlahnya. Kedua, neraca daya disusun untuk empat kondisi operasi, yaitu sailing, *arrival and departure*, *cargo handling*, dan *anchoring*. Ketiga, kapasitas battery dihitung dari MPL, tegangan 12 V, dan lama pemakaian 5 jam, lalu alternatif battery diuji dengan LFB. Keempat, arus nominal setiap line atau peralatan dihitung. Kelima, kapasitas pengaman dan penampang kabel ditentukan dari Tabel 13.a BKI. Keenam, hasil perhitungan dibandingkan dengan konfigurasi terpasang. Konfigurasi dinilai sesuai bila pengaman dan penampang sama dengan hasil BKI, berlebih bila lebih besar, dan tidak memenuhi bila lebih kecil atau berjenis kabel darat.

3.3 Persamaan yang Digunakan

Daya setiap peralatan ditentukan dari faktor kebutuhan d_i, jumlah peralatan yang bekerja n_i, dan daya nominal P_n. Peralatan dengan faktor kebutuhan 80% atau lebih dikategorikan beban kontinu, sedangkan faktor kebutuhan 50% sampai 70% dikategorikan beban terputus-putus.

$$P_i = d_i \times n_i \times P_n \qquad (1)$$

$$MPL = DF \times P_{IL} + P_{CL} \qquad (2)$$

Daya keluaran battery diperoleh dengan mengalikan MPL dengan faktor 1,01. Arus beban DC, kapasitas battery yang dibutuhkan, dan LFB dihitung dengan persamaan berikut.

$$I = \frac{P}{U_b} \qquad (3)$$

$$C_{req} = \frac{I \times t}{f_k} \qquad (4)$$

$$LFB = \frac{C_{req}}{n \times C_{unit}} \times 100\% \leq 99\% \qquad (5)$$

Pada beban AC satu fasa, arus nominal dihitung dari daya semu S (VA) dan tegangan $V = 220$ V.

$$I = \frac{S}{V} \qquad (6)$$

Parameter yang dipakai adalah $DF = 0{,}5$, $U_b = 12$ V, $t = 5$ jam, dan $f_k = 1$.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kapasitas Battery

Tabel 1 menyajikan neraca daya DC dan kebutuhan kapasitas battery pada tiap kondisi operasi. Kebutuhan tertinggi terjadi saat sailing, dengan MPL 1.239,8 W, daya keluaran battery 1.252,2 W, arus 104,3 A, dan kapasitas 521,7 Ah. Kondisi anchoring memerlukan kapasitas terendah, yaitu 122,9 Ah. Karena itu kondisi sailing menjadi penentu kapasitas battery, yang dibulatkan menjadi 600 Ah.

Tabel 1. Neraca daya DC dan kapasitas battery yang dibutuhkan

Kondisi	IL (W)	CL (W)	MPL (W)	I (A)	C_{req} (Ah)
Sailing	803,6	838,0	1.239,8	104,3	521,7
Arrival & Dep.	3,6	797,0	798,8	67,2	336,2
Cargo Handling	652,4	214,2	540,4	45,5	227,4
Anchoring	138,0	223,0	292,0	24,6	122,9

IL dan CL: total beban terputus-putus dan kontinu; MPL = 0,5·IL + CL.

Tiga alternatif battery diuji dengan LFB (Tabel 2). Seluruh alternatif memenuhi batas 99%, sehingga pemilihan didasarkan pada keseragaman pemanfaatan battery pada semua kondisi. Konfigurasi 4 × 150 Ah menghasilkan LFB 74,7% sampai 87,0%, sedangkan konfigurasi terpasang 2 × 300 Ah hanya 41,0% saat anchoring dan konfigurasi 1 × 600 Ah hanya 20,5%. Konfigurasi 4 × 150 Ah dengan hubungan paralel karena itu dipilih.

Tabel 2. Load factor battery (LFB, %) alternatif konfigurasi

Konfigurasi	Sailing	Arr. & Dep.	Cargo	Anchor.
1 × 600 Ah	87,0 (1)	56,0 (1)	37,9 (1)	20,5 (1)
2 × 300 Ah (terpasang)	87,0 (2)	56,0 (2)	75,8 (1)	41,0 (1)
4 × 150 Ah (dipilih)	87,0 (4)	74,7 (3)	75,8 (2)	81,9 (1)

Angka dalam kurung adalah jumlah unit battery yang bekerja.

Total kapasitas terpasang (2 × 300 Ah) dan hasil perhitungan (4 × 150 Ah) sama-sama 600 Ah. Perbedaannya terletak pada pembagian unit: konfigurasi 150 Ah memungkinkan jumlah unit yang bekerja menyesuaikan beban sehingga pemanfaatannya lebih merata, dan hilangnya satu unit tidak melumpuhkan seluruh bank battery. Artinya konfigurasi terpasang tidak kekurangan kapasitas, tetapi kurang optimal dalam pemanfaatannya.

4.2 Pengaman dan Kabel Beban AC

Tabel 3 menunjukkan arus nominal keempat line AC. Line 1 (microwave dan tiga stop kontak) membawa 1.100 VA atau 5,0 A, dan line 2 (freezer dan tiga stop kontak) membawa 1.300 VA atau 5,9 A. Dengan Tabel 13.a BKI, pengaman yang dipilih adalah MCB 10 A pada semua line, sedangkan konfigurasi terpasang memakai MCB 6 A. MCB 6 A masih lebih besar daripada arus beban, tetapi pada line 2 selisihnya hanya sekitar 0,1 A sehingga hampir tanpa margin, dan arus awal kompresor freezer berpotensi memicu pemutusan yang tidak diinginkan.

Tabel 3. Arus nominal dan MCB beban AC (kapasitas MCB dalam A)

Line	Beban	*S* (VA)	*I* (A)	Terpasang (A)	BKI (A)
1	Microwave + 3 stop kontak	1.100	5,00	6	10
2	Freezer + 3 stop kontak	1.300	5,91	6	10
3	1 stop kontak (400 VA)	400	1,82	6	10
4	1 stop kontak (400 VA)	400	1,82	6	10

4.3 Pengaman dan Kabel Beban DC

Pada kelompok *electrical part* (Tabel 4), line 1 yang melayani lampu navigasi dan dek berdaya 222 W menarik arus 18,5 A sehingga dipasang fuse 20 A. Line 2 sampai 5 berdaya 33 sampai 54 W (2,8 sampai 4,5 A) dan cukup dengan fuse 10 A. Seluruh nilai ini sama dengan konfigurasi terpasang. Satu-satunya perbedaan adalah klakson (10 W, 0,83 A) yang terpasang dengan fuse 20 A, padahal BKI hanya mensyaratkan 10 A.

Tabel 4. Pengaman DC kelompok electrical part

Kelompok beban	*P* (W)	*I* (A)	Terpasang (A)	BKI (A)
Lampu line 1	222	18,5	20	20
Lampu line 2	54	4,5	10	10
Lampu line 3	54	4,5	10	10
Lampu line 4	33	2,8	10	10
Lampu line 5	33	2,8	10	10
MFD, AIS, autopilot, VHF, radar (per alat)	6–24	0,5–2,0	10	10
Klakson	10	0,83	20	**10**

Pada kelompok *machinery part* (Tabel 5), windlass 1.000 W menarik arus 83,3 A dan dua winch 800 W masing-masing 66,7 A, sehingga fuse 100 A dan 80 A yang terpasang telah sesuai dengan BKI. Pompa berdaya 12 sampai 60 W hanya menarik 1,0 sampai 5,0 A, dan BKI cukup mensyaratkan fuse 10 A, sedangkan yang terpasang 15 A. Pengaman ini tetap aman, tetapi lebih besar dari yang diperlukan.

Tabel 5. Pengaman DC kelompok machinery part

Peralatan	*P* (W)	*I* (A)	Terpasang (A)	BKI (A)
Windlass	1.000	83,3	100	100
Winch 1 dan 2	800	66,7	80	80
Macerator dan spare pump	60	5,0	15	**10**
Bilge pump	24	2,0	15	**10**
Fresh water dan fuel pump	12	1,0	15	**10**

Perbedaan terbesar justru terdapat pada jenis kabel (Tabel 6). Semua kabel terpasang adalah kabel darat NYM dan NYAF, sedangkan BKI mensyaratkan kabel marine L-TPYC untuk beban AC dan L-DPYC untuk beban DC. Selain jenis, ukuran juga berubah pada dua kelompok: penampang lampu dan navigasi naik dari 1,5 mm² menjadi 2,5 mm², dan penampang windlass serta winch turun dari 35 mm² menjadi 25 mm².

Tabel 6. Perbandingan jenis dan penampang kabel

Kelompok	Terpasang (mm²)	Hasil BKI (mm²)	Keterangan
Beban AC (4 line)	NYM 3 × 2,5	L-TPYC 3 × 2,5	Jenis diganti
DC electrical part	NYAF 1,5	L-DPYC 2 × 2,5	Jenis diganti, ukuran naik
Windlass dan winch	NYAF 35	L-DPYC 2 × 25	Jenis diganti, ukuran turun
Pompa	NYAF 2,5	L-DPYC 2 × 2,5	Jenis diganti

4.4 Pembahasan

Hasil di atas memperlihatkan tiga pola. Pertama, kapasitas pengaman terpasang sebagian besar sudah sesuai dengan BKI: seluruh fuse DC kelompok *electrical part* kecuali klakson, serta fuse windlass dan winch. Penyimpangan pengaman terjadi dalam dua arah. Pengaman AC 6 A terlalu kecil menurut tabel BKI, sedangkan pengaman klakson dan pompa terlalu besar. Pengaman yang terlalu besar masih aman, tetapi lebih mahal dan melonggarkan perlindungan terhadap arus lebih pada penghantar kecil.

Kedua, ketidaksesuaian jenis kabel bersifat menyeluruh dan paling mendesak karena menyangkut ketahanan isolasi terhadap suhu dan kelembaban ruang kapal. Penaikan penampang lampu dari 1,5 mm² menjadi 2,5 mm² juga bukan sekadar kepatuhan: pada line 1, fuse 20 A dipasangkan oleh Tabel 13.a BKI dengan penampang 2,5 mm², sehingga kabel 1,5 mm² tidak memenuhi syarat KHA penghantar lebih besar daripada KHA pengaman. Sebaliknya, kabel 35 mm² pada windlass dan winch lebih besar daripada yang diperlukan (25 mm²) sehingga boros tembaga dan bobot.

Ketiga, kapasitas battery terpasang tidak kurang, tetapi konfigurasinya kurang optimal. Hasil ini bergantung pada beberapa batasan. Neraca daya battery hanya mencakup beban DC, sehingga beban AC yang dilayani inverter (maksimum 3.200 VA terpasang) dan rugi-rugi inverter belum diperhitungkan. LFB 99% berarti battery dikuras hampir habis, padahal pada battery lithium-ion kedalaman pengosongan biasanya dibatasi lebih konservatif. Penampang kabel juga dipilih dari tabel BKI berdasarkan arus, tanpa perhitungan jatuh tegangan yang pada sistem 12 V dengan arus puluhan ampere dapat menjadi penentu. Penelitian lanjutan perlu menambahkan komponen tersebut serta pengukuran beban sebenarnya di kapal.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, kapasitas battery yang dibutuhkan untuk kondisi terberat (sailing) adalah 521,7 Ah dengan beban puncak 1.239,8 W, sehingga dipilih 4 unit battery lithium-ion 150 Ah/12 V terhubung paralel (LFB 87,0%) sebagai pengganti 2 unit 300 Ah terpasang. Kapasitas total sama, yaitu 600 Ah, tetapi pemanfaatannya lebih merata pada semua kondisi.

Pengaman beban AC perlu dinaikkan dari MCB 6 A menjadi 10 A pada keempat line. Pengaman DC kelompok *electrical part* sudah sesuai (20 A pada line 1 dan 10 A pada line lainnya) kecuali klakson yang cukup 10 A. Pengaman windlass (100 A) dan winch (80 A) sudah sesuai, sedangkan pengaman pompa dapat diturunkan dari 15 A menjadi 10 A.

Semua kabel darat NYM dan NYAF perlu diganti dengan kabel marine L-TPYC dan L-DPYC. Penampang kelompok *electrical part* perlu dinaikkan dari 1,5 mm² menjadi 2,5 mm², dan penampang windlass serta winch dapat diturunkan dari 35 mm² menjadi 25 mm². Disarankan seluruh peralatan listrik kapal memakai komponen *marine use* sesuai BKI, dan penelitian lanjutan menghitung jatuh tegangan, beban AC pada inverter, serta kedalaman pengosongan battery.

DAFTAR PUSTAKA

Ariany, Z. (2013). Load faktor peralatan pada kapal cargo type LCT. *Poros Teknik, 34*(1).

Biro Klasifikasi Indonesia. (2006). *Rules for electrical installations* (Vol. IV). Biro Klasifikasi Indonesia.

Biro Klasifikasi Indonesia. (2016). *Rules for electrical installations* (Vol. IV). Biro Klasifikasi Indonesia.

Dzulqornaini, A. (2015). *Soal dan jawaban listrik 1 phasa & 3 phasa* [Tugas teknik listrik]. Universitas Negeri Surabaya.

Harten, P. van, & Setiawan, E. (1985). *Instalasi listrik arus kuat 2*. Binacipta.

Hidayat, E. P. (2012a). *Modul 3 instalasi listrik kapal*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

Hidayat, E. P. (2012b). *Modul 5 battery*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

Moore, R. C. (1995). *Ship production* (2nd ed.). Cornell Maritime Press.

Nooryadi, L., & Suastika, K. (2012). Perhitungan wave making resistance pada kapal katamaran dengan menggunakan CFD. *Jurnal Teknik ITS, 1*(1).

Novarianto, S. (n.d.). *Analisa karakteristik kebutuhan daya listrik pada kapal cargo dalam rangka efisiensi energi* [Tugas akhir]. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Nurrahman, A. (2016). *Spesifikasi dan jenis-jenis kabel listrik (N.Y.A, N.Y.M, N.Y.Y)*. https://materiselamasekolah.wordpress.com/2016/11/22/spesifikasi-dan-jenis-jenis-kabel-listrik-n-y-a-n-y-m-n-y-y/

Rolan, H. B. I. P., dkk. (2015). Analisa optimasi penentuan kapasitas daya generator pada kapal KM. Sinabung. *Jurnal Teknik Perkapalan, 3*(2).