

Keandalan Peletakan Kabel Bawah Laut Bangka-Lepar

Agung Fitrahadi

IAIN Syaikh Abdurrahman Siddik Bangka Belitung
Jl. Raya Petaling Km 13 Petaling, Mendo Barat, Bangka 33173 Bangka Belitung, Telepon (0717) 9108206
e-mail: fitrahadiagung_elektro_ttl@yahoo.com

Abstrak

Penelitian keandalan peletakan kabel bawah laut Bangka-Lepar ini menggambarkan 1 jalur kabel distribusi tegangan menengah 20 kV di Bangka-Lepar dan mengevaluasi dari berbagai parameter yang mempengaruhi operasi jaringan, serta memberikan informasi tentang prosedur peletakan kabel. Selanjutnya penelitian dilakukan dengan analisis keandalan berdasarkan model statistik (Dimensi Reduksi). Dimension reduksion digunakan untuk mengevaluasi karakteristik operasional kabel seperti tingkat kegagalan dari penyebab manusia atau alam serta juga digunakan untuk mendapatkan nilai keandalan maksimum dari suatu jalur kabel bawah laut. Hasil dari penelitian ini adalah keandalan jalur kabel dihitung menjadi $R_{total} = 2$ kegagalan/1100m/ tahun. Mean Time Between Failures yaitu sama dengan 0,49/tahun.

Kata kunci: Dimensi reduksi, Keandalan, Prosedur Peletakan, Submarine Power Cable

Abstract

This research on the reliability of laying submarine cables in Bangka-Lepar describes 1 line cable distribution medium voltage of 20 kV in Bangka-Lepar and evaluates the various parameters that affect network operation, as well as providing information about the laying cable procedure. The research was conducted with a reliability analysis based on a model statistical (Dimension Reduction). Dimension reduction is used to evaluate the characteristics operational of the cable such as failure rate from human or natural causes and is also used to obtain the reliability maximum value of a submarine line cable. The result of this study is the reliability for the line cable is calculated to be $R_{total} = 2$ failures / 1100m / year. Mean Time Between Failures is equal to 0.490 / year

Keywords: Dimension Reduction, Reliability, Laying Procedure, Submarine Power Cable

1. Pendahuluan

Kabel Listrik bawah laut Bangka-Lepar menjadi perhatian penting dalam penyaluran energi. Pasokan energi listrik ke pulau-pulau terpencil dengan menggunakan kabel bawah laut sudah banyak digunakan. Beberapa faktor gangguan yang terjadi adalah faktor alam, manusia, dan aktifitas pelayaran kapal. Untuk mengantisipasi terjadi gangguan maka dilakukan perawatan rutin. Perawatan rutin dilakukan untuk menekan terjadinya akibat gangguan. Selain dilakukan perawatan rutin, kabel bawah laut Bangka-Lepar perlu dievaluasi guna memperpanjang usia pemakaian, Evaluasi tersebut dapat dilakukan dengan menganalisis keandalan peletakan kabel bawah laut bangka-lepar. Keandalan kabel bawah laut dianalisis pada keadaan yang sudah ada dari situ akan didapatkan hasil keandalan mekanik. Evaluasi pada kabel bawah laut bangka-lepar dilakukan dengan mengacu pada peraturan menteri no 68 tahun 2011.

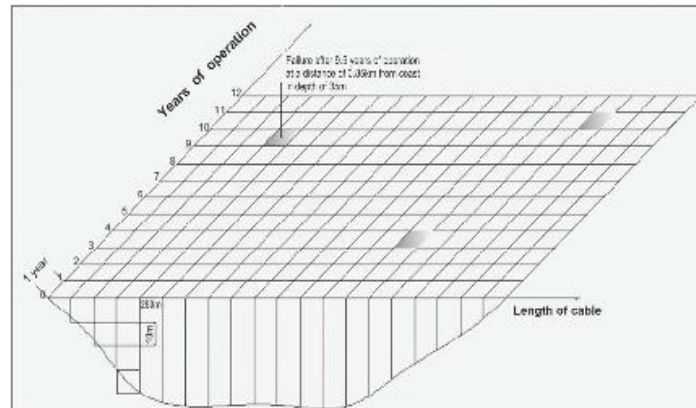
Kontinuitas suplai energi listrik pada suatu wilayah (pulau) sangat dipengaruhi oleh keandalan kabel bawah laut sebagai sistem pendistribusiannya. Keandalan menggambarkan suatu ukuran tingkat pelayanan penyediaan tenaga listrik dari sistem ke pelanggan. Keandalan sistem sangat dipengaruhi oleh konfigurasi sistem, alat pengaman yang terpasang, dan sistem proteksinya.

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan kemungkinan aspek terjadinya kegagalan pada peletakan kabel bawah laut dan mengevaluasi kegagalan kinerja dan perlindungan rute kabel.

2. Metode Penelitian

Kabel bawah laut jaringan listrik tegangan menengah 20 kV dari pulau bangka menuju pulau lepar sebagai objek penelitian. Kabel bawah laut dianalisis pada keadaan yang sudah ada, dari situ akan dihasilkan keandalan mekanik. Dari data dilihat keandalan mekanik kabel bawah laut dan dilakukan langkah-langkah perbaikan agar didapatkan keandalan mekanik yang optimal.

Pemodelan analisis data pada gambar 1 di bawah ini adalah menggunakan metode dimensi reduksi.



Gambar 1. Ilustrasi Metode Dimensi Reduksi [4]

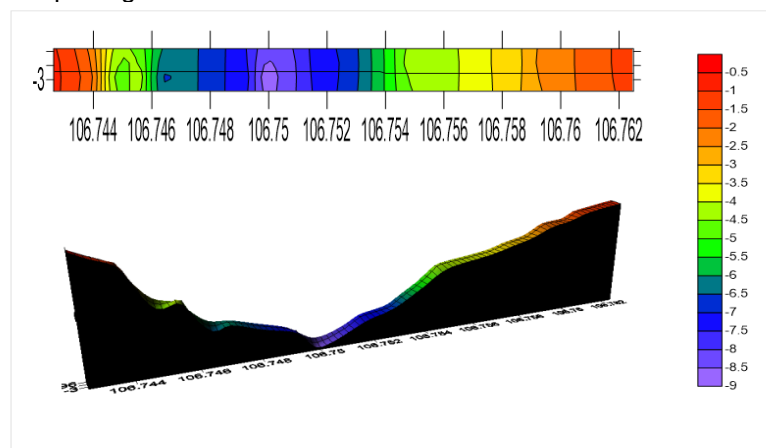
Dalam penelitian ini, parameter menjadi dasar perhitungan adalah sebagai berikut:

- Kedalaman rute kabel
- Panjang rute kabel
- Karakteristik dasar bawah laut.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Batimetri Hasil Pengukuran di Lapangan

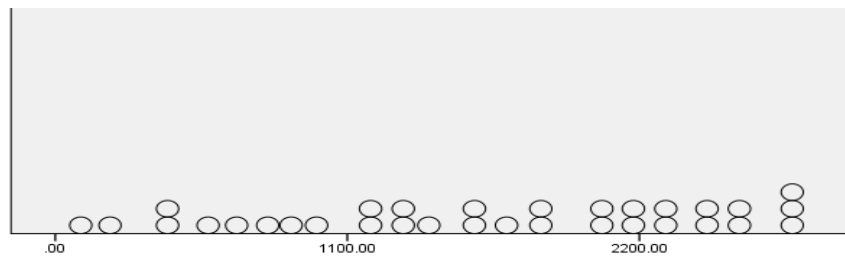
Data bathimetri merupakan data yang diambil dari lapangan, data tersebut diambil menggunakan GPS dan Sonar Echosounder. Dari gambar 3.2 kondisi terdalam pada laut adalah pada koordinat $106^{\circ}44'59.47''E$ dan $3^{\circ} 0'1.97''S$ yaitu sedalam 8.8 meter. Data bathimetri dari pengukuran digunakan untuk menghitung kegagalan yang akan terjadi. Data bathimetri ini juga digunakan untuk memvisualkan kondisi kedalaman laut. visualisasi data bathimetri dapat dilihat pada gambar 2. dibawah ini.



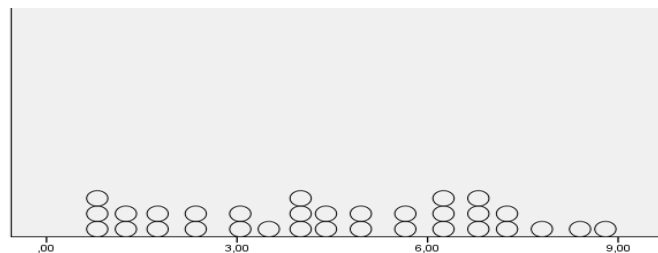
Gambar 2. Hasil pengukuran *Singlebeam Echosounder*

3.2 Analisis Keandalan Peletakan Kabel Bawah Laut

Analisis keandalan peletakan kabel bawah laut menggunakan dimensi reduksi dapat dilihat pada gambar 3. dan 4, serta pada tabel 1 dan 2 menunjukkan hasil perhitungan sebagai berikut:



Gambar 3. Pengelompokan Data Segment Panjang



Gambar 4. Pegelompokan Data Segment Kedalaman

Dari hasil pengelompokan data segment diatas dapat dituangkan dalam tabel 1 dan 2. Tabel tersebut merupakan hasil perhitungan berdasarkan pemodelan dimensi reduksi yang dipaparkan pada [4].

Tabel 1. Hasil Perhitungan Keandalan Pada Kondisi Kedalaman

Perhitungan Kedalaman							
Kedalaman	NF	D. Poisson	Mod.failures	NT	NF/NT	SD	FD
0 – 3	9	0.37775	12.08805	54	0.224	1	1
3.1 - 6.1	12	0.72456	23.18591	72	0.322	0.695	1.439
6.2 - 9.2	11	0.61899	19.80773	66	0.300	0.746	1.341
Total	32						
Rata-rata	10.67						

Tabel 2. Hasil Perhitungan Keandalan Pada Kondisi Panjang

Perhitungan Panjang							
Panjang	NF	D. Poisson	Mod.failures	NT	NF/NT	SL	FL
0 - 1100	9	0.3778	12.088	54	0.224	1	1
1101 - 2201	14	0.8772	28.070	84	0.334	0.670	1.493
2202-3302	9	0.3778	12.088	54	0.224	1	1
Total	32						
Rata-rata	10.667						

Data perhitungan dari tabel 1 dan 2 di atas diperoleh dari perhitungan dimensi reduksi di bawah ini:

$$NF \text{ [Jumlah segment kegagalan]} = L_j = (0-1100= 9), (1101-2201= 14), \text{ dan } (2202-3302= 9)$$

$$D_k = (0-3= 9), (3.1-6.1= 12), \text{ dan } (6.2-9.2=11)$$

$$NF \text{ (Mod. Failure)} = L_j = (0-1100= 12,08), (1101-2201= 28,07), \text{ dan } (2202-3302= 12,08)$$

$$D_k = (0-3= 12,08), (3.1-6.1= 23,18), \text{ dan } (6.2-9.2= 19,8)$$

$$NT \text{ [Total segment kegagalan dalam 1 tahun (dalam 1 tahun terdapat 6 kali kegagalan)]}$$

$$= L_j = (0-1100= 54), (1101-2201= 84), \text{ dan } (2202-3302= 54)$$

$$D_k = (0-3= 54), (3.1-6.1= 72), \text{ dan } (6.2-9.2= 66)$$

Proteksi pada panjang jalur (Lj) dan kedalaman (Dk) dihitung sebagai berikut:

$$P(L_j, D_k) = \frac{N_f \text{ (Mod. Failure)}}{N_t}$$

$$P(L_j) = \left[\left(\frac{12,08}{54} \right), \left(\frac{28,07}{84} \right), \left(\frac{12,08}{54} \right) \right]$$

$$P(L_j) = [(0,224), (0,334), (0,224)]$$

$$P(Dk) = \left[\left(\frac{12,08}{54} \right), \left(\frac{23,18}{72} \right), \left(\frac{19,8}{66} \right) \right]$$

$$P(Dk) = [(0,224), (0,322), (0,300)]$$

Safety Factor pada panjang jalur (Lj) dan kedalaman (Dk) dihitung sebagai berikut:

$$S(Lj) = \left[\left(\frac{0,224}{0,224} \right), \left(\frac{0,224}{0,334} \right), \left(\frac{0,224}{0,334} \right) \right]$$

$$S(Lj) = [(1), (0,670), (1)]$$

$$S(Dk) = \left[\left(\frac{0,224}{0,224} \right), \left(\frac{0,224}{0,332} \right), \left(\frac{0,224}{0,300} \right) \right]$$

$$S(Dk) = [(1), (0,695), (0,746)]$$

Failure Factor pada panjang jalur (Lj) dan kedalaman (Dk) dihitung sebagai berikut:

$$F(Lj) = \left[\left(\frac{1}{1} \right), \left(\frac{1}{0,670} \right), \left(\frac{1}{1} \right) \right]$$

$$F(Lj) = [(1), (1,493), (1)]$$

$$F(Dk) = \left[\left(\frac{1}{1} \right), \left(\frac{1}{0,695} \right), \left(\frac{1}{0,746} \right) \right]$$

$$F(Dk) = [(1), (1,493), (1,341)]$$

Reliabilitas jalur diperoleh dari perhitungan di bawah ini:

$$R_t = \left(Nf \text{ mod. failure} / NT_{(0-3)} \cdot FLj_{(0-1100)} \right) + \left(Nf \text{ mod. failure} / NT_{(3,1-6,1)} \cdot FLj_{(1101-2201)} \right) + \left(Nf \text{ mod. failure} / NT_{(6,2-9,2)} \cdot FLj_{(2202-3302)} \right)$$

$$R_t = (0,224 \cdot 1) + (0,322 \cdot 1,493) + (0,300 \cdot 1) = 2 \text{ kegagalan/tahun/1100 meter}$$

Mean Time Between Failures jalur kabel sebagai berikut:

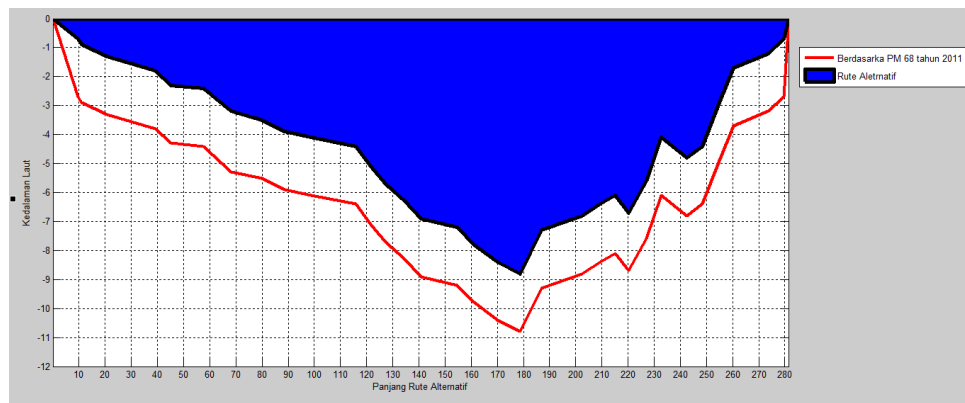
$$MTBF = \frac{1}{R_t}$$

$$MTBF = \frac{1}{2} = 0,5/\text{tahun}$$

Berdasarkan perhitungan di atas dan tabel 1 menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan (*SF*) terkecil pada kedalaman 3,1-6,1meter yaitu 0,695, sedangkan nilai faktor keamanan (*SF*) terbesar pada kedalaman 0-3meter yaitu sebesar 1. Untuk nilai faktor kegagalan (*FF*) terbesar pada kedalaman 3,1-6,1meter yaitu sebesar 1,439, sedangkan nilai faktor kegagalan (*FF*) terkecil terletak pada kedalaman 0-3 yaitu sebesar 1.

Pada tabel 32 menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan (*SF*) terbesar pada jarak 0-1100meter dan 2202-3302meter yaitu 1, sedangkan nilai yang terkecil berada pada jarak 1101-2201meter yaitu 0,670. Untuk faktor kegagalan (*FF*) terbesar berada pada kedalaman 1101-2201meter yaitu 1,493 sedangkan nilai faktor kegagalan (*FF*) terkecil berada pada jarak 0-1100meter dan 2202-3302meter yaitu 1. Setelah menggunakan perhitungan dengan metode dimensi didapatkan *Mean Time Between Failures* 0,498/tahun serta keandalan pada jalur (R_{total}) = 2 kegagalan/ 1100 m/tahun.

Analisis data saluran dapat dilihat berdasarkan grafik kontur bawah laut ini adalah hasil pengukuran, berikut ditunjukkan pada grafik kedalam laut dan jarak antara Pulau Bangka dan Lepar. Pada pengukuran kontur bawah laut ini dimulai dari tepi pantai Desa Sadai pulau Bangka sampai dengan tepi pantai Desa Penutuk Pulau Lepar.



Gambar 5. Peletakan Kabel Berdasarkan PM 68 Tahun 2011

4. Kesimpulan

Pemodelan jalur kabel bawah laut yang paling aman, yaitu jalur dengan keandalan yang lebih tinggi atau dengan *Mean Time Between Failures* (MTBF) yang lebih tinggi. Hal ini dapat dilihat dari hasil perhitungan faktor keamanan (*SF*) dan faktor kegagalan (*FF*) pada jalur kabel bawah laut Bangka-Lepar.

Daftar Pustaka

- [1] Arkell, C.A. *dkk.*, 1989. Design, manufacture and installation of 150 kV submarine cable system for the Java-Madura interconnection, *IEEE Proceeedings*, Vol. 136, Pt. C, No. 3
- [2] Kadir, Abdul. 2000. *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*, Penerbit Universitas., Indonesia.
- [3] Kundur, P. 2004. Definition and Classification of Power System Stability, *IEEE Trasactions on Power Systems*. Vo. 19, No. 2.
- [4] Li, Fangxing, "Distributed Processing of Reliability Index Assessment and Reliability-Based Network Reconfiguration in Power Distribution System", *IEEE Transaction on Power Systems*, Vol.20, No. 1, pp.231, February, 2005.
- [5] Nakamura, Masatoshi. 1991. Reliability Analysis of Submarine Power Cables and Determination of External Mechanical Protections. *IEEE 0-7803-0219-2*
- [6] Nugraha, Herry. 2016. Maintenance Dcision Model for Java-Bali 150 kV Power Transmission Submarine Cable Using RAMS. *IEEE Power and Energy Technology System Journal*, Vol 3, No 1.
- [7] Sartika, Dewi, 2017. Analysis Batimetry Field and Batimetry Citra Landsat 8 OLI in Lepar Current Regency of South Bangka.
- [8] Short, T.A., "*Electric Power Distribution Equipment and Systems*", CRC Press Taylor & Francis Group, United States of America, 2006.
- [9] Stevenson, William D., Granger, John J., 1994. *Power System Analysis*, McGraw-Hill International Edition., New York.
- [10] Ventikos, Np. 2016. Submarine Power Cable: Laying Prosedur, The Fleet and Reliability Analysis. *Jurnal Of Marine Engineering and Technology*, 12:1, 13-26.
- [11] Billinton, R. and Ronald N. Allan [1992], *Reliability Evaluation of Engineering Systems: Concepts and Techniques*, 2nd edition, Plenum Press, New York and London
- [12] Hoyland, Arnljot and Marvin Rausand [1994], *System Reliability Theory Models and Statistical Methods*, John Willey & Sons, Inc.