

Analisis Efektifitas Pemasangan Proteksi Petir Berdasarkan Tingkat Ancaman Sambaran Petir *Cloud to Ground* di Titik Tower Transmisi Air Anyir – Pangkalpinang

Hanung Yoba Abriyanto¹, Hakimul Batih, ST., MT., PhD²

Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi PLN, Jakarta
Jalan Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Cengkareng, Jakarta Barat 11750

¹hanung.yoba@yahoo.com

²hakimul.batih@itpln.ac.id

Intisari — Pulau Bangka merupakan bagian dari provinsi Kepulauan Bangka Belitung dengan kondisi geografis di kelilingi laut sehingga berpotensi memiliki curah hujan tinggi disertai petir. Berdasarkan analisis pareto gangguan kelistrikan transmisi Bangka, penyebab gangguan tertinggi adalah sambaran petir. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis tingkat ancaman sambaran petir pada titik tower transmisi dan kelayakan ekonomi investasi pemasangan proteksi petir di titik tower transmisi sehingga didapatkan optimasi titik pemasangan proteksi petir dengan biaya investasi yang lebih optimal. Objek penelitian difokuskan pada penghantar transmisi Air Anyir-Pangkalpinang. Pendekatan analisa penelitian yaitu dengan perhitungan tingkat potensi ancaman sambaran petir dari data history tahun 2019-2021 yang diambil dari aplikasi pengolah data FALLS (*Fault Analysis and Lightning Location Software*). Hasil perhitungan analisa tingkat potensi ancaman sambaran tinggi dengan nilai kerapatan sambaran diatas 1,90 sambaran per km² adalah tower 12, tower 16, tower 23, tower 24, tower 25 dan tower 26. Analisa kelayakan ekonomi investasi didasarkan pada perhitungan *Internal Rate of Return* (IRR), *Net Present Value* (NPV), *Payback Period* (PP) dan *Benefit Cost Ratio* (BCR). Hasil analisis kelayakan ekonomi investasi pemasangan diseluruh titik tower Air Anyir-Pangkalpinang didapatkan nilai NPV Positif sebesar Rp 2.573.916.460,39, nilai IRR sebesar 19,16%, nilai PP selama 9 tahun dan nilai BCR sebesar 4,75. Sedangkan untuk analisis kelayakan ekonomi pemasangan proteksi petir di titik tower berdasarkan hasil perhitungan analisa potensi peluang sambaran petir tinggi didapatkan nilai NPV Positif sebesar Rp 3.766.891.465,59, nilai IRR sebesar 60,63%, nilai PP selama 3 tahun dan nilai BCR sebesar 14,90.

Kata Kunci — Sambaran Petir, FALLS, Efektifitas, Analisis Ekonomi

Abstract — Bangka Island is part of the Bangka Belitung Islands province with geographical conditions surrounded by sea so it has the potential to have high rainfall accompanied by lightning. Based on pareto analysis of Bangka transmission electricity disturbances, the highest cause of disturbances is lightning strikes. The purpose of this study was to analyze the level of threat of lightning strikes at the point of the transmission tower and the economic feasibility of investing in the installation of lightning protection at the point of the transmission tower in order to obtain optimization of the point of installation of lightning protection with a more optimal investment cost. The research object is focused on the Air Anyir-Pangkalpinang transmission conductor. The research analysis approach is by calculating the level of potential threat of lightning strikes from historical data for 2019-2021 taken from the FALLS (*Fault Analysis and Lightning Location Software*) data processing application. The results of the calculation of the analysis of the high potential threat level with a strike density value above 1.90 strikes per km² are tower 12, tower 16, tower 23, tower 24, tower 25 and tower 26. The economic feasibility analysis of investment is based on the calculation of the *Internal Rate of Return* (IRR), *Net Present Value* (NPV), *Payback Period* (PP) and *Benefit Cost Ratio* (BCR). The results of the economic feasibility analysis of the installation investment at all Air Anyir-Pangkalpinang tower points obtained a positive NPV value of IDR 2,573,916,460.39, an IRR value of 19.16%, a PP value for 9 years and a BCR value of 4.75. Whereas for the economic feasibility analysis of installing lightning protection at the point of the tower, based on the results of calculating the potential analysis of high lightning strike opportunities, a positive NPV value of IDR 3.766.891.465,59, an IRR value of 60,63%, a PP value for 3 years and a BCR value of 14,90.

Keywords — Lightning Strike, FALLS, Effectiveness, Economic Analysis

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang berada di posisi geografis $6^{\circ}\text{LU} - 11^{\circ}08'\text{LS}$ dan $95^{\circ}\text{BT} - 141^{\circ}45'\text{BT}$. Selain itu Indonesia memiliki wilayah laut yang luas yang mencapai $\frac{2}{3}$ bagian dari luas seluruhnya yang menjadikan Indonesia salah satu negara maritim dengan kepulauan terbesar didunia. Pulau Bangka Belitung merupakan bagian dari salah satu provinsi di Indonesia yang berbentuk kepulauan dan berbatasan langsung dengan laut. Daerah yang berbatasan langsung dengan laut, maka awan yang berpotensi petir akan lebih banyak dibandingkan dengan daerah lain. Pulau Bangka merupakan salah satu bagian dari provinsi Kepulauan Bangka Belitung, dimana memiliki kelembapan udara minimum 60% dan maksimum 97% dengan tingkat curah hujan berkisar antara 150-300 mm/bulan. Tingkat kelembapan udara yang tinggi ditambah tingkat curah hujan yang menengah cenderung tinggi sangat berpotensi terjadinya hujan disertai sambaran petir yang lebih dominan.

Berdasarkan hasil pemetaan pareto *history* gangguan pada sistem kelistrikan Bangka, sebanyak 86% gangguan disebabkan oleh sambaran petir, 8% disebabkan oleh pola pengaturan sistem, 4% disebabkan oleh peralatan/konstruksi kelistrikan, 1% disebabkan oleh sentuhan pohon dan 1% disebabkan karena faktor eksternal. Tingginya potensi gangguan jaringan kelistrikan karena sambaran petir menjadi perhatian utama dalam mengurangi potensi gangguan tersebut.

Sistem proteksi petir yang dipasang pada menara tower transmisi 150 kV menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi gangguan kelistrikan akibat sambaran petir. Biaya investasi pemasangan proteksi petir untuk satu titik tower adalah Rp 91.332.605,- dan apabila dilakukan pemasangan untuk semua titik tower di jaringan transmisi pulau Bangka sebanyak 892 titik tower dibutuhkan biaya investasi Rp 81.468.683.752,-.

Dengan banyaknya jumlah tower transmisi dan tingginya biaya investasi untuk pemasangan proteksi petir pada tower transmisi, maka perlu dilakukan penelitian, evaluasi dan analisa terhadap pemasangan proteksi petir pada titik tower tersebut. Hal ini bertujuan agar didapatkan efisiensi biaya investasi pemasangan dan ketepatan pemasangan peralatan proteksi petir di tower transmisi. Dalam penelitian ini, objek yang diteliti adalah segmen penghantar transmisi Air Anyir – Pangkalpinang dengan panjang jaringan

8,18 km dan jumlah menara tower sebanyak 26 tower. Titik lokasi penghantar Air Anyir – Pangkalpinang dipilih karena merupakan salah satu jalur transmisi utama (*backbone*) di sistem kelistrikan pulau Bangka.

Teknik analisa data yang digunakan yaitu dengan melakukan perhitungan analisa tingkat ancaman sambaran petir *Cloud to Ground* (CG) pada titik tower transmisi Air Anyir - Pangkalpinang. Metode ini digunakan untuk menganalisa tingkatan jumlah potensi sambaran petir pada titik tower transmisi berdasarkan kerapatan sambaran petir di masing-masing titik tower transmisi sehingga dilakukan perhitungan analisa kelayakan ekonomi untuk memberikan gambaran dari sisi profit kelayakan investasi

II. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penelitian ini, tinjauan pustaka yang menjadi dasar referensi adalah jenis-jenis petir, sistem deteksi petir, perhitungan peluang sambaran petir dan perhitungan kelayakan ekonomi.

A. Jenis-Jenis Petir

Petir Awan ke Tanah (*Cloud to Ground/CG*)

petir jenis ini merupakan jenis petir yang berbahaya dan merusak karena petir jenis CG adalah jenis petir yang langsung bersinggungan dengan aktifitas manusia.

Petir Dalam Awan (*Inrea Cloud/IC*) petir IC adalah jenis petir yang paling sering terjadi. Petir ini disebabkan karena adanya pusat-pusat muatan yang berbeda dalam satu awan .

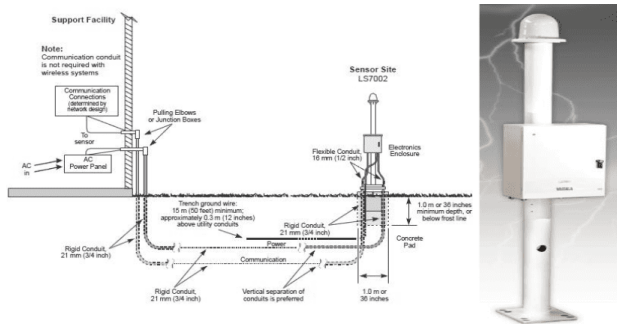
Petir Awan ke Awan (*Cloud to Cloud/CC*) petir CC sering terjadi karena adanya muatan yang berbeda pada dua awan yang berbeda.

Petir Awan ke Udara (*Cloud to Air/CA*) petir jenis CA terjadi akibat udara disekitar awan positif (+) berinteraksi dengan udara yang bermuatan negatif (-).

B. Sistem Deteksi Petir

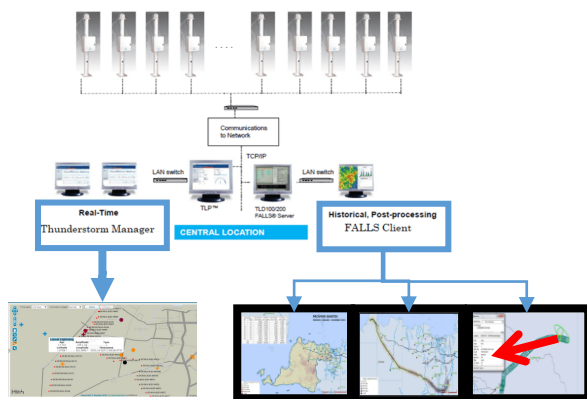
Sistem deteksi petir yang sering disebut dengan LDS (*Lightning Detection System*) merupakan sistem deteksi petir penggabungan dari metode deteksi petir *Time of Arrival* (ToA) dengan *Magnetic Directional Finding* (MDF).

Didalam sistem LDS ini, untuk menentukan titik lokasi sambaran menggunakan gabungan dua metode sebagaimana disebutkan sebelumnya yaitu *Magnetic Directional Finding* (MDF) dan *Time of Arrival* (ToA).



Gbr.1 Konfigurasi Sensor LS7002 (PLN, 2022).

Menurut Betz et al., 2009 dan Lu et al., 2020 metode MDF membutuhkan dua buah antenna *cross-loop* pada satu titik pembacaan sehingga dapat diketahui simpangan sudut antara utara absolut dengan titik terjadinya sambaran. Adapun syarat untuk mengetahui lokasi terjadinya sambaran petir membutuhkan minimal dua titik pembacaan. Menurut Wang et al., 2020 metode ToA menggabungkan data waktu tiba gelombang elektromagnetik dari minimal 3 titik pembacaan, untuk dapat mengetahui perkiraan lokasi sambaran. Penggabungan dua metode ini membantu untuk merekam kejadian sambaran petir secara *realtime* serta mampu menyimpan rekam kejadian historis sambaran petir untuk kebutuhan analisa historis yang saat ini sudah diimplementasikan oleh PLN.



Gbr.2 Topologi Sistem LDS di PLN (PLN, 2022).

Dalam konfigurasi sistem LDS di PLN terdapat *Total Lightning Processor* (TLP) yang berfungsi sebagai tempat untuk merekam menerima data-data yang dikirimkan dari sensor LDS, dalam hal ini menggunakan sensor tipe LS7002 yang hasil data tersebut diolah untuk dikirim kedalam TLD/FALLS server. Data rekaman sambaran petir dapat dimonitor oleh *client* atau *user remote* untuk dapat melihat kondisi sambaran petir secara *real time* dan kebutuhan data sambaran lainnya, baik *history* sambaran ataupun data arus puncak petir, jarak sambaran dan kekuatan sambaran. Tampilan data sambaran petir disebut dengan *Thunderstorm*

Manager atau Vaisala. *Thunderstorm Manager* ini berfungsi untuk menampilkan data hasil pengolahan *server* LDS, sehingga *user* dapat memonitor sambaran petir secara *realtime* dan menampilkan titik lokasi sambaran petir beserta parameter kekuatan sambaran.

C. Pehitungan Peluang Sambaran Petir

Dibeberapa jurnal dan literatur kerapatan sambaran petir berbanding lurus dengan jumlah kali sambaran petir. Kerapatan petir merupakan jumlah sambaran petir per satuan luas wilayah yang dikaji atau banyaknya sambaran petir dalam area per km². Penentuan potensi kerawanan sambaran petir yang didasarkan pada level ancaman dan tingkat kerapatan sambaran petir. Berikut persamaan dalam menentukan interval atau tingkat level katagori sambaran petir:

$$I_{Ancaman} = \frac{\Delta d}{3} \quad (1)$$

Dimana :

$I_{Ancaman}$ = interval tiap tingkatan ancaman sambaran petir

Δd = rentang nilai kerapatan sambaran tiap tahun/km²

Selanjutnya menentukan nilai kerapatan sambaran petir yang bertujuan untuk mengetahui tingkat rata-rata jumlah sambaran petir dalam setahun dibandingkan luas wilayah area sambaran. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$d = \frac{(\bar{X})}{A_{Wil}} \quad (2)$$

Dimana :

d = Kerapatan sambaran petir per tahun per km²

\bar{X} = Jumlah sambaran rata-rata pertahun per luas wilayah

A_{Wil} = Luas wilayah (km²)

D. Perhitungan Kelayakan Ekonomi.

Analisis kelayakan memiliki beberapa metode diantaranya analisis keuntungan dan biaya (*Benefit Cost Ratio*), nilai sekarang (*Net Present Value*), laju pengembalian modal (*Internal Rate of Return*) dan *Payback Period* untuk mengetahui jangka waktu pengembalian awal (Trimintarsih, 2016). *Net Present Value* (NPV), digunakan untuk melakukan penilaian terhadap usulan setiap proyek, Apabila NPV positif atau NPV > 0 maka kriteria kelayakan ekonomi pada proyek dapat diterima atau tidak layak, namun sebaliknya apabila NPV < 0 maka kriteria usulan proyek

tersebut dinyatakan tidak layak. Dalam kondisi $NPV = 0$ maka usulan proyek tersebut adalah netral dan perlu ditinjau kembali.

$$NPV = \sum_{i=0}^{n=0} \left[(b_i - c_i) \left(1 + \left(\frac{r}{100} \right) \right)^i \right]^{-1} \quad (3)$$

Dimana:

NPV = nilai sekarang bersih

b_i = manfaat pada tahun i

c_i = biaya pada tahun i

r = suku bunga diskonto (*discount rate*)

n = umur ekonomi proyek, dimulai dari tahap perencanaan sampai akhir

Internal Rate Return (IRR), perhitungan yang berdasarkan pada nilai tingkat bunga (*discount rate*) Apabila nilai $IRR > discount\ factor$, maka usulan proyek dinyatakan layak atau diterima. Namun sebaliknya apabila $IRR < discount\ factor$, maka usulan proyek tersebut dinyatakan tidak layak atau tidak dapat diterima.

$$IRR = i_1 + (i_2 - i_1) \frac{NPV_1}{NPV_1 + NPV_2} \quad (4)$$

Dimana:

IRR = arus pengembalian internal

i_1 = tingkat bunga yang menghasilkan NPV negatif terkecil

i_2 = tingkat bunga yang menghasilkan NPV positif terkecil

NPV_1 = nilai sekarang dengan menggunakan i_1

NPV_2 = nilai sekarang dengan menggunakan i_2

Benefit Cost Ratio (BCR), Metode ini dilakukan dengan cara membandingkan manfaat dan biaya total yang telah dikonversikan ke dalam nilai uang saat ini (*present value*). Hasil BCR dalam suatu proyek dapat diterima atau dinyatakan layak secara ekonomi, apabila nilai BCR lebih besar daripada 1 ($BCR > 1$)

$$BCR = \frac{\text{present value benefit}}{\text{capital cost}} \times 100\% \quad (5)$$

Payback Period (PP), metode yang sering digunakan dalam mempertimbangkan tentang risiko untuk dapat mengetahui tingkat waktu dalam menutup kembali modal yang diinvestasikan.

$$\text{Payback period} = \frac{n + (a + b) \times 1}{(c - b)} \quad (6)$$

Dimana:

n = tahun terakhir dimana jumlah arus kas masih belum bisa menutup investasi mula-mula.

a = jumlah investasi mula-mula

b = jumlah kumulatif arus kas pada tahun ke n

c = jumlah kumulatif arus kas pada tahun $n + 1$

III. METODOLOGI

Dalam penelitian ini bertujuan melakukan analisa dan evaluasi terhadap efektivitas pemasangan proteksi petir di tower transmisi sehingga didapatkan efisiensi biaya pemasangan berdasarkan peluang potensi sambaran petir pada titik tower transmisi.

A. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di titik tower transmisi jalur Air Anyir - Pangkalpinang. Jalur titik tower tersebut merupakan jalur *backbone* utama yang menyalurkan suplai energi listrik dari sentral pembangkitan Air Anyir ke Gardu Induk Pangkalpinang. Jumlah titik tower pada jalur tersebut terdapat 26 titik tower. Panjang jalur transmisi Air Anyir - Pangkalpinang adalah 8,18 km.

B. Metode Penelitian

Perhitungan analisa potensi peluang sambaran petir di titik tower transmisi berdasarkan rekaman sambaran yang diambil dari aplikasi data *Lightning Detection System* (LDS) yaitu FALLS VAISALA dalam kurun waktu 3 (tiga) tahun terakhir 2019 sampai dengan 2021. Data petir yang digunakan adalah jumlah kali sambaran dan luas area pengambilan data sambaran dimasing-masing titik tower.

Potensi peluang sambaran petir pada titik tower transmisi didapatkan dari hasil analisa perhitungan tingkat ancaman sambaran petir berdasarkan dari perhitungan rata-rata jumlah kerapatan sambaran petir dalam kurun waktu 3 (tiga) tahun 2019 - 2021 dimasing-masing titik tower. Dimana perhitungan kerapatan dan tingkat ancaman sambaran petir sebagaimana dijelaskan dalam formula (1) dan (2).

Selanjutnya, berdasarkan hasil perhitungan potensi peluang sambaran petir di titik tower transmisi, dilakukan analisa kelayakan ekonomi (NPV , IRR , BCR dan PP) untuk mendapatkan perbandingan efisiensi biaya investasi dalam pemasangan peralatan proteksi petir di seluruh titik tower transmisi dengan di titik tower yang dipilih berdasarkan perhitungan peluang potensi sambaran petir tertinggi.

IV. HASIL DAN ANALISIS

Hasil evaluasi potensi peluang sambaran petir pada titik tower transmisi jalur Air Anyir - Pangklapinang berdasarkan data rekaman sambaran petir dalam 3 (tiga) tahun terakhir 2019 - 2021 dianalisis sebagai berikut:

A. Kerapatan Sambaran Petir 2019 - 2021

Kerapatan sambaran petir adalah jumlah sambaran petir per satuan luas wilayah yang dikaji atau banyaknya sambaran petir dalam area per km².



Gbr.3 Hasil Perhitungan Kerapatan Sambaran Petir 2019 - 2021

Hasil nilai kerapatan sambaran petir per tower periode 2019 – 2021 diatas, didapatkan dari jumlah rata-rata sambaran petir per tower dalam satu tahun dibagi luas wilayah pengambilan data per tower. Luas wilayah areal pengambilan data petir per tower adalah 1 km².

Langkah awal dalam penentuan nilai tingkat kerapatan sambaran petir adalah dengan menentukan nilai kerapatan tertinggi dan terendah untuk masing-masing periode waktu yaitu tahun 2019, tahun 2020 dan tahun 2021.

Tabel 1. Tingkat Kerapatan Tertinggi dan Terendah Sambaran Petir Per Tahun

Tingkat Kerapatan	2019	2020	2021
Kerapatan Tertinggi	3,08	2,42	2,42
Kerapatan Terendah	1,58	0,67	0,92

Pada tabel 1 diatas didapatkan hasil kerapatan sambaran petir selama periode tahun 2019-2021 dengan nilai kerapatan tertinggi terdapat pada tahun 2019 dengan nilai 3,08 sambaran/km² dan nilai terendah pada tahun 2020 dengan nilai 0,67 sambaran/km² sehingga rentang kerapatan antara kerapatan tertinggi dan terendah selama periode 2019-2021 adalah 2,42 sambaran/km². Berdasarkan rentang data kerapatan tersebut didapatkan interval tiap tingkatan ancaman sambaran petir 0,81 sambaran/km². Nilai setiap tingkatan ancaman sambaran petir tersebut didapatkan dari rentang nilai kerapatan tertinggi dan terendah selama tiga periode pengambilan

data (2019-2021) dibagi dengan jumlah tingkatan klasifikasi interval.

Berikut adalah hasil klasifikasi interval ancaman sambaran petir periode 2019-2021:

$$\begin{aligned} d &\leq 1,47 &&= \text{Rendah} \\ 1,47 < d &\leq 2,28 &&= \text{Sedang} \\ d > 2,28 &&&= \text{Tinggi} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil klasifikasi interval ancaman sambaran petir periode 2019-2021 tersebut didapatkan klasifikasi tingkat sambaran petir titik tower sebagai berikut:

Tabel 2. Klasifikasi Tingkat Sambaran Petir Pada Titik Tower

Klasifikasi	Interval	Tahun		
		2019	2020	2021
Rendah	$d \leq 1,47$	-	T01-T15 T18-T23	T01-T07
		T01-T08 T16-T20 T25	T16-T17 T24	T08-T15 T17-T26
Tinggi	$d > 2,28$	T09-T15 T21-T24 T26	T25-T26	T16

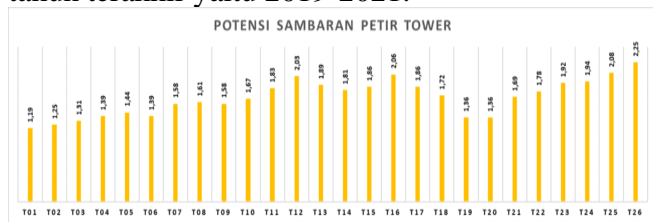
Pada tahun 2019, kerapatan sambaran petir pada titik tower masuk kedalam katagori sedang dan tinggi. Titik tower yang masuk kedalam katagori sedang adalah tower 1 sampai dengan tower 8, tower 16 sampai dengan tower 20 dan tower 25. Sedangkan untuk titik tower katagori tinggi adalah tower 9 sampai dengan tower 15, tower 21 sampai dengan tower 24 dan tower 26. Pada tahun 2020, kerapatan sambaran petir pada titik tower yang masuk kedalam katagori rendah adalah tower 1 sampai dengan tower 15 dan tower 18 sampai dengan tower 23. Titik tower yang masuk kedalam katagori sedang adalah tower 16, tower 17 dan tower 24.

Sedangkan untuk titik tower tinggi adalah tower 25 dan tower 26. Pada tahun 2021, kerapatan sambaran petir pada titik tower yang masuk kedalam katagori rendah adalah tower 1 sampai dengan tower 7. Titik tower yang masuk kedalam katagori sedang adalah tower 8 sampai dengan tower 15, tower 17 sampai dengan tower 26. Sedangkan untuk titik tower dengan tingkat kerapatan sambaran tinggi adalah tower 16.

B. Peluang Potensi Sambaran Petir di Tower Air Anyir - Pangkalpinang

Berdasarkan hasil perhitungan kerapatan sambaran petir pada tahun 2019-2021 dapat dianalisa potensi peluang terjadinya sambaran

pada masing-masing titik tower berdasarkan nilai rata-rata kerapatan sambaran petir periode tiga tahun terakhir yaitu 2019-2021.



Gbr.4 Potensi Peluang Sambaran Petir di Titik Tower Air Anyir-Pangkalpinang

Pada gambar 4 menampilkan pola peluang terjadinya sambaran petir pada titik-titik tower transmisi pada jalur penghantar transmisi Air Anyir-Pangkalpinang. Proses analisa selanjutnya, menentukan nilai peluang tingkat kerapatan sambaran petir tertinggi dan terendah sebelum dilakukan klasifikasi terhadap tingkat ancaman sambaran petir.

Tabel 3. Tingkat Potensi Peluang Tertinggi dan Terendah Sambaran Petir

Tingkat Potensi Peluang Sambaran Petir	Potensi Peluang Sambaran Petir	Potensi Titik Tower
Potensi Tingkat Sambaran Tertinggi	2,25	Tower 26
Potensi Tingkat Sambaran Terendah	1,19	Tower 01

Pada tabel 3 menyebutkan bahwa potensi sambaran petir tertinggi terdapat di tower 26 dengan tingkat potensi sambaran adalah 2,25 sambaran/km². Sedangkan untuk tingkat potensi sambaran terendah terdapat di titik tower 01 dengan tingkat potensi sambaran 1,19 sambaran/km² sehingga didapatkan rentang tingkat potensi sambaran adalah sebesar 1,06 sambaran/km².

Berdasarkan rentang data tingkat potensi sambaran tersebut didapatkan interval tiap tingkatan ancaman sambaran petir sebesar 0,35 sambaran/km². Berikut adalah klasifikasi interval peluang potensi sambaran petir pada tower Air Anyir-Pangkalpinang.

$d \leq 1,55$ = Rendah
 $1,55 < d \leq 1,90$ = Sedang
 $d > 1,90$ = Tinggi

Berdasarkan klasifikasi hasil interval ancaman potensi peluang sambaran petir pada titik tower transmisi Air Anyir-Pangkalpinang, berikut adalah tabel klasifikasi potensi peluang sambaran petir pada tower Air Anyir-Pangkalpinang. Titik tower dengan katagori sambaran petir yang tinggi memiliki prioritas untuk pemasangan sistem

proteksi petir sehingga efisiensi untuk pemasangan proteksi petir pada transmisi Air Anyir-Pangkalpinang sejumlah enam titik pemasangan yaitu di tower 12, tower 16 dan tower 23 sampai dengan tower 26.

Tabel 4. Klasifikasi Potensi Peluang Sambaran Petir Pada Tower

Klasifikasi	Interval	Potensi Peluang Sambaran Petir
Rendah	$d \leq 1,55$	T01-T06 T19-T20
Sedang	$1,55 < d \leq 1,90$	T07-T11 T13-T15 T17-T18 T21-T22
Tinggi	$d > 1,90$	T12 T16 T23-T26

C. Analisis Kelayakan Ekonomi

Penelitian terhadap efisiensi pemasangan proteksi petir pada titik tower transmisi jalur *backbone* Air Anyir-Pangkalpinang dilakukan analisa dari sisi ekonomi untuk memastikan nilai kelayakan dan nilai manfaatnya. Hal ini karena biaya investasi pekerjaan pemasangan proteksi petir pada tower transmisi yang cukup tinggi.

Tabel 5. Tabel Analisa Perbandingan Ekonomi Pemasangan Proteksi Petir Pada Tower

Parameter	Hasil Analisa Ekonomi	
	Semua Titik Tower	Titik Tower Pilihan
IRR (%)	19,16%	60,63%
NPV (Rp)	2.573.916.460,39	3.766.891.465,59
Payback Period (tahun)	9	3
B/C Ratio	4,75	14,90

Dalam penelitian ini, analisa ekonomi dilakukan dalam dua analisa ekonomi yang berbeda yaitu terkait analisa pemasangan proteksi petir di titik tower transmisi dipasang disepanjang jalur transmisi yang menjadi lokasi objek penelitian dan analisa pemasangan proteksi petir di titik tower transmisi berdasarkan hasil analisa perhitungan potensi dan peluang titik tower terkena sambaran petir tertinggi. Perhitungan analisa ekonomi untuk kedua skema tersebut kemudian dilakukan analisa perbandingan untuk memperlihatkan hasil kelayakan ekonomi yang memiliki nilai manfaat lebih baik.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan analisis tingkat ancaman sambaran petir di titik tower transmisi Air Anyir - Pangkalpinang terdapat 6 (enam) titik yang berpotensi memiliki sambaran tinggi yaitu tower 12, tower 16, tower 23, tower 24, tower 25 dan tower 26 sehingga menjadi prioritas pemasangan proteksi petir. Selain itu, hasil perhitungan kelayakan ekonomi efisiensi pemasangan proteksi petir pada titik tower yang memiliki potensi sambaran petir tinggi lebih efisien secara investasi dan memiliki nilai keuntungan (profit) lebih baik dari pada dipasang diseluruh titik tower transmisi.

REFERENSI

- [1] Andrean, Novri., Erviant, Edy. (2020). Analisis Keberadaan Sistem I-GSW Untuk Perlindungan Menara Transmisi 150 kV Terhadap Sambaran Petir Langsung. *Jurnal Jom FTeknik*. 7(1).
- [2] Gunawan, Tomy., Pandiangan, Lestari Naomi Lydia. (2014). Analisis Tingkat Kerawanan Bahaya Sambaran Petir Dengan Metode *Simple Additive Weghting* Di Provinsi Bali. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 15(3), 193-201.
- [3] Sakinah, Eka Nurus., Putra, I Nyiman Dita., & Rumintang, Anna. (2021). Analisis Kelayakan Ekonomi Pada Pembangunan Perkantorn Tower Poros Maritim Surabaya. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Pembangunan Nasional*, 10(2), 224-231. DOI 10.22225/pd.10.2.2773.
- [4] Tessal, Dasrinal., Emeraldi, Primas., & Hazmi, Ariadi. (2015). Sistem Deteksi Petir Multistation Dengan Metode Time Of Arrival. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Andalas*, 4(1), 2302-2949.
- [5] Ain, Amelia Ramadhani Nurul, Madlazim. (2015). Perbandingan Hasil Pemetaan Sambaran Petir Menggunakan LD2000 Dengan Metode Kriging dan IDW Kota Surabaya Tahun 2013. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 4(3), 145-149.
- [6] PT Perusahaan Listrik Negara (Persero). (2021). Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2021 Sampai Dengan Tahun 2030. Jakarta: Kementerian ESDM.
- [7] Mulyadi, Syifa., Hazmi, Ariadi. (2014). Deteksi Lokasi Petir Dengan Metoda Magnetic Direction Finder. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Andalas*, 3(2), ISSN 2303-2949.
- [8] Hardiana, Rini., Arsyad, Muhammad., & Sulitiawaty. (2020). Analisis Kerapatan Sambaran Petir di Kawasan Karst Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung. *Jurnal Program Pascasarjana Universitas Negeri Makasar*, 98-101.
- [9] Septiarini, Intan Dwi., Gani, Usman A., Rajaguguk, Managam. (2022). Analisis Pemetaan Daerah Rawan Sambaran Petir Di Wilayah Kota Pontianak Dengan Menggunakan Metode Simple Additive Weighting. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 1(1).
- [10] Trimintarsih, Titin. (2016). Analisis Kelayakan Investasi Di Usaha Jasa Transportasi Truk (Studi Kasus Pada CV Bangkit Malang). *Jurnal Revitalisasi Ilmu Manajemen*, 5(4).
- [11] Prastiwi, Andini., Utomo Chritiono. (2013). Analisis Investasi Perumahan Green Smanggi Mangrove Surabaya. *Jurnal Teknik Pomits Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh November (ITS)*, 2(2), ISSN 2337-3539.
- [12] Adrianti, Shaumi Novila Asri., Nasir, Muhammad. (2019). Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Listrik Universitas Andalas Untuk Memperbaiki Indeks Energy Not Supplied. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Universitas Andalas*, 8(1). p-ISSN 2302-2949, e-ISSN 2407-7267.