

**PENURUNAN MEDAN ELEKTROMAGNETIK MENGGUNAKAN
SANGKAR FARADAY SEBAGAI MITIGASI RISIKO
PELAKSANAAN ENERGISASI TRANSMISI YANG MENGALAMI
SINGGUNGAN RIGHT OF WAYS (ROW) DENGAN SUMUR MIGAS.**

Aditya Widhi Nugroho¹, Tamaji².

¹Universitas Widya Kartika

²Universitas Widya Kartika

Abstrak

Energi listrik dan migas merupakan sumber energi yang sangat dibutuhkan oleh seluruh masyarakat maupun industri. Proses penyediaan kedua energi tersebut harus sesuai dengan ketentuan regulasi atau peraturan yang berlaku, salah satunya adalah aturan Rights of Way (ROW). Dalam studi kasus Pembangunan Jaringan Transmisi 500 kV New Aur Duri – Peranap di Pulau Sumatera Indonesia, terdapat perbedaan regulasi Right of Way (ROW) antara jasa penyedia listrik (PT PLN (Persero)) dan jasa penyedia migas (PT Pertamina (Persero)) dimana terjadi singgungan ROW antara span tower transmisi tenaga listrik dengan radius bebas sumur migas. Mengingat pentingnya ketersediaan kedua energi tersebut, maka pelaksanaan energisasi Transmisi 500 kV New Aur Duri – Peranap harus dilaksanakan dengan memperhatikan safety di sekitar area sumur PT Pertamina. Maka dari itu, salah satu mitigasi resiko yang diambil sebagai metode pengamanan sumur PT Pertamina dari potensi kebakaran akibat sambaran medan listrik dan medan magnet yaitu dengan menggunakan sangkar faraday. Dalam tulisan ini dijelaskan mengenai analisa risiko pelaksanaan energisasi Transmisi 500 kV New Aur Duri – Peranap serta desain konstruksi sangkar faraday sehingga dapat menurunkan medan listrik disekitar sumur PT Pertamina. Dengan demikian maka pelaksanaan energisasi Transmisi 500 kV New Aur Duri – Peranap dapat dilaksanakan meskipun berada dalam satu irisan ROW.

Kata kunci : Mitigasi Risiko, ROW, Sangkar Faraday

Abstract

Primary energy sources such as electrical, oil and gas are energy that is really needed by society and industries. The provision process of these energy sources must adhere to applicable regulations, including the Right of Way (ROW) rules. In the case of the 500 kV Transmission Network Construction from New Aur Duri to Peranap on Sumatra Island, Indonesia, there is a regulatory conflict regarding ROW between the electricity provider (PT. PLN (Persero)) and the oil & gas provider (PT. Pertamina (Persero)), where there is a ROW tangency between transmission tower span overlaps and the free radius of the oil wells. Considering the critical need for both energy sources, the energization of the 500 kV New Aur Duri – Peranap Transmission Line must be carried out with strict of attention to safety in the vicinity of PT. Pertamina's wells. Therefore, the Faraday Cage method will be used as one of mitigation risks of potential fires due to induced electric and magnetic fields. In this paper, the author explains the risk analysis of the energization implementation for the 500 kV New Aur Duri – Peranap Transmission and Faraday Cage construction design aimed at reducing electric field induction around PT Pertamina's wells. By implementing this safety measure, the energization of the 500 kV New Aur Duri – Peranap Transmission Line can proceed safely, even in the overlapping ROW area.

Keywords: *Faraday Cage, Mitigation risks, ROW*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan bertambahnya kebutuhan pasokan listrik khususnya di pulau sumatera, Perusahaan listrik Negara telah melaksanakan pembangunan Jaringan Transmisi 500 kV dipulau Sumatera, untuk memperkuat system kelistrikan dipulau sumatera.

Pada pembangunan Transmisi 500 kV Sumatera, khususnya pada jalur Transmisi 500 kV New Aur Duri – Peranap terdapat span tower yang bersinggungan dengan sumur migas, kehawatiran muncul akibat adanya 2 asset bersinggungan pada masing – masing regulasi jarak aman (ROW) yang berbeda. Right of Way (ROW) merupakan ruang bebas yang harus dijaga, terdapat perbedaan regulasi Right of Way (ROW) antara jasa penyedia listrik (PT PLN (Persero)) dan jasa penyedia migas (PT Pertamina (Persero)) dimana regulasi yang digunakan oleh PT PLN (Persero) ialah menggunakan permen ESDM nomer 13 tahun 2021 dimana disebutkan bahwa jarak minimum vertikal dari konduktor untuk zona bebas adalah 17 meter dan jarak minimum horizontal dari sumbu vertikal menara SUTET 500 kV empat sirkuit adalah 30 meter, berbeda hal dengan Regulasi Right of Way (ROW) yang digunakan oleh Pertamina mengacu pada SNI 13-6910-2002 ditetapkan bahwa radius ROW dalam operasi pengeboran darat dan lepas pantai adalah 100 meter.

Menyikapi perbedaan regulasi ROW serta rencana pengoprasiian SUTET 500 kV Sumatera New Aur Duri – Peranap yang bersinggungan dengan sumur migas milik pertamina diperlukan mitigasi risiko untuk mengamankan kedua aset tersebut dari potensi kebakaran serta meminimalisir potensi risiko yang akan muncul dalam proses energisasi, sangkar faraday menjadi salah satu opsi untuk meminimalisir potensi risiko tersebut.

Sangkar faraday adalah salah satu fenomena kelistrikan yang unik, bila ada sebuah ruangan yang dilingkupi konduktor maka walupun diluar ada arus listrik maupun gelombang elektromagnet tetapi medan listrik diruangan tersebut tetap nol. Efek ini ditemukan oleh Michael Faraday pada tahun 1867, seorang ilmuan fisika dan kimia berkebangsaan inggris faraday menyatakan bahwa : *“Muatan yang ada pada sangkar konduktor hanya terkumpul pada bagian luar konduktor saja tidak berpengaruh terhadap bagian dalam”*. Untuk membuktikan hal ini ia membuat sebuah sangkar yang dilapisi dengan logam tipis dan meletakkan didekatnya sebuah muatan tegangan tinggi yang berasal dari generator elektrostatis. Dia menggunakan sebuah elektroskop untuk membuktikan bahwa tidak ada muatan didalam sangkar faraday.

Diharapkan dengan dilaksanakan proses mitigasi risiko ini proses pelaksanaan energisasi dapat dilaksanakan meskipun berada dalam satu irisan ROW .

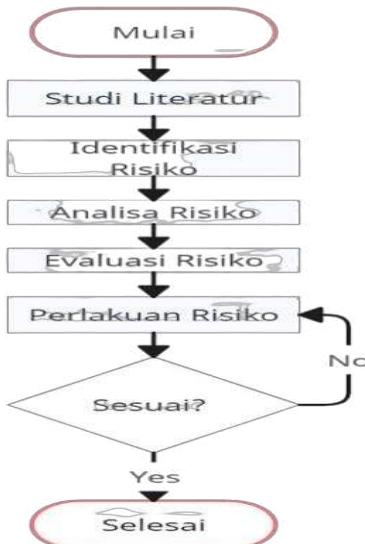
2. METODE PENELITIAN

Dalam proses mitigasi risiko ini proses melewati beberapa tahapan – tahapan yang perlu disiapkan diantaranya:

Manajemen risiko adalah proses sistematis untuk mengidentifikasi, menganalisis, mengevaluasi, dan mengelola risiko yang mungkin memengaruhi tujuan organisasi. Berikut adalah penjelasan mengenai alur manajemen risiko:

1. Identifikasi Risiko

Ini adalah tahap awal untuk menemukan risiko yang dapat mempengaruhi organisasi. Identifikasi risiko melibatkan pengenalan peristiwa, kondisi, atau faktor yang dapat berdampak negatif pada pencapaian tujuan. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi risiko meliputi wawancara, analisis dokumen, brainstorming, dan studi historis. Tujuannya adalah untuk membuat daftar risiko potensial yang relevan



Gambar 1
Diagram Alir

2. Analisis Risiko

Setelah risiko diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah menganalisis setiap risiko untuk memahami sifatnya, kemungkinan terjadinya, serta dampak yang mungkin ditimbulkan. Analisis ini melibatkan dua elemen utama yaitu Kemungkinan dan Dampaknya

3. Evaluasi Risiko

Evaluasi risiko adalah proses membandingkan hasil analisis risiko terhadap kriteria yang telah ditetapkan, seperti toleransi risiko organisasi atau standar kepatuhan tertentu. Di sini, risiko yang telah dianalisis dikelompokkan atau diurutkan berdasarkan tingkat kepentingannya, untuk menentukan risiko mana yang perlu segera ditangani dan mana yang dapat diterima. Evaluasi ini membantu manajemen dalam memutuskan tindakan yang harus diambil terkait setiap risiko.

4. Pelakuan Risiko

Perlakuan Risiko (Risk Treatment)

Tahap ini adalah proses mengambil tindakan untuk menangani risiko yang sudah dievaluasi. Ada, beberapa tahapan yang akan dilaksanakan diantaranya:

- Peninjauan lokasi existing
- Perencanaan Konstruksi
- Pelaksanaan konstruksi.
- Pengukuran gelombang elektromagnetik

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Proses Identifikasi Risiko

Proses identifikasi risiko dengan adanya span tower transmisi yang bersinggungan dengan sumur migas terdapat 4 resiko yang teridentifikasi diantaranya :

- Timbulnya kebakaran di sekitar sumur migas akibat kebocoran gas dan sambaran petir
- Terjadinya kecelakaan kerja pada saat pengoperasian rig
- Gangguan Kesehatan bagi pekerja disekitar sumur pertamina
- terputusnya konduktor transmisi PLN disekitar sumur Migas.

3.2 Proses Analisa Risiko

Setelah identifikasi risiko dilaksanakan, langkah selanjutnya adalah menganalisa setiap risiko untuk memahami sifatnya, kemungkinan terjadinya, serta dampak yang mungkin ditimbulkan dari proses pelaksanaan energisasi Transmisi 500 kV New Aur Duri – Peranap yang berisian dengan sumur migas.

Tabel 1
Analisa Risiko 1

No.	Risiko	Penyebab	Dampak	Tingkat Risiko Inheren			Mitigasi	Tingkat Risiko Residu		
				Kemungkinan	Dampak	Tingkat Risiko		Kemungkinan	Dampak	Tingkat Risiko
1	Timbul kebakaran di sekitar sumur Pertamina	1. Terjadinya kebocoran gas dari Sumur Pertamina dan adanya Busur Api akibat Medan Listrik dan medan magnet	1. Kerusakan critical asset Transmisi PLN dan Sumur Pertamina yang membutuhkan perbaikan hingga >6 bulan , atau penggantian 2. Menurunkan Citra Perusahaan	Sangat Kecil	Sangat Signifikan	Tinggi	1. Pembuatan Sangkar Faraday untuk menurunkan gelombang elektromagnetik. 2. Memastikan peralatan Sumur Pertamina tidak terjadi kebocoran 3. Sinkronisasi jadwal antara pelaksanaan Energize dan kegiatan Well Intervention 4. Menyediakan tim tanggap darurat	Sangat Kecil	Medium	Moderat

Tabel 2
Table Analisa Risiko 2

No.	Risiko	Penyebab	Dampak	Tingkat Risiko Inheren			Mitigasi	Tingkat Risiko Residu		
				Kemungkinan	Dampak	Tingkat Risiko		Kemungkinan	Dampak	Tingkat Risiko
2	Terjadinya kecelakaan kerja pada saat pengoperasian RIG	Peralatan RIG masuk kedalam jarak aman minimum peralatan bertegangan	1. Fatality/Korban jiwa 2. Menurunkan Citra Perusahaan 2. Kerusakan Kerusakan critical asset (Peralatan RIG) 3. Pemadaman yang berpotensi Black Out	Kecil	Sangat Signifikan	Sangat Tinggi	1. Membuat SOP/Prosedur Instalasi RIG khusus disekitar jaringan Transmisi PLN 2. Berkoordinasi dengan Pertamina Hulu Rokan Field Jambi apabila terdapat rencana kegiatan pada sumur-sumur terkait 3. Pemadaman Satu Line Transmisi PLN pada saat ada aktivitas maintenance Sumur Pertamina 4. Menyediakan tim tanggap darurat	Sangat Kecil	Medium	Moderat

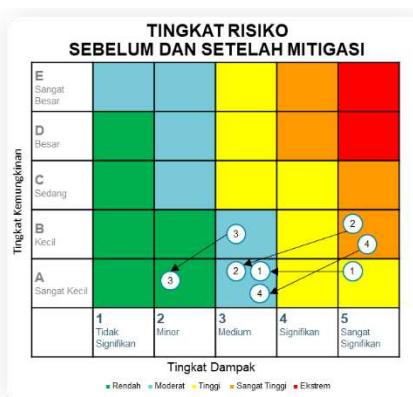
Tabel 3
Table Analisa Risiko 3

No.	Risiko	Penyebab	Dampak	Tingkat Risiko Inheren			Mitigasi	Tingkat Risiko Residu		
				Kemungkinan	Dampak	Tingkat Risiko		Kemungkinan	Dampak	Tingkat Risiko
3	Gangguan kesehatan bagi Pekerja disekitar lokasi Sumur Pertamina	Pekerja terpapar medan listrik dan medan magnet	Penurunan produktivitas kerja	Kecil	Medium	Moderat	Pembuatan Sangkar Faraday untuk memastikan medan magnet dan medan listrik dibawah nilai ambang batas sesuai Permen ESDM 13 Tahun 2021 (NAB :>10 kV/m dan 0,5 mT)*	Sangat Kecil	Minor	Rendah

Tabel 4
Table Analisa Risiko 4

No.	Risiko	Penyebab	Dampak	Tingkat Risiko Inheren			Mitigasi	Tingkat Risiko Residu		
				Kemungkinan	Dampak	Tingkat Risiko		Kemungkinan	Dampak	Tingkat Risiko
2	Terputusnya Konduktor Transmisi PLN	Potensi semburan liar (blow out) pada sumur migas	1. Kerusakan critical asset Transmisi PLN dan Sumur Pertamina yang membutuhkan perbaikan hingga >6 bulan , atau penggantian Menurunkan Citra Perusahaan 2. Instalasi jointing konduktor tidak sesuai standart Korosi pada konduktor	Kecil	Sangat Signifikan	Sangat Tinggi	Pembuatan vangnet dan Sangkar Faraday Berkoordinasi dengan Pertamina Hulu Rokan Field Jambi apabila terdapat rencana kegiatan pada sumur-sumur terkait Sinkronisasi jadwal antara pelaksanaan Energize dan kegiatan Well Intervention	Sangat Kecil	Medium	Moderat
		Instalasi jointing konduktor tidak sesuai standart					Menggunakan konduktor dengan tipe Aluminium Clad Steel (AS) untuk mengurangi laju korosi pada konduktor. Kondisi saat ini konduktor yang digunakan adalah ACSR/AS			
		Korosi pada konduktor					Melakukan Pemeriksaan Jalur Transmisi secara berkala			

3.3 Evaluasi Risiko



Gambar 2
Peta Risiko

Dengan mempertimbangkan Tingkat resiko tinggi sampai dengan Tingkat resiko sangat tinggi didapatkan beberapa rencana mitigasi risiko yang menjadi prioritas diantaranya:

1. Pembuatan Sangkar Faraday untuk memastikan medan magnet dan medan Listrik dibawah nilai ambang batas sesuai Permen ESDM No.13 Tahun 2021 dimana nilai ambang batas $>10 \text{ kV/m}$
2. Pembuatan vangnet untuk mengantisipasi terputusnya konduktor transmisi.



Gambar 3

Detail Lokasi (A)Titik 1 (34 meter dari AS tower) (B)Titik 2 (85 meter dari AS tower)
(C) Titik 3 (160 meter dari AS tower)

3.4 Perlakuan Risiko

3.4.1 Peninjauan Lokasi

Pada saat dilakukan peninjauan lokasi titik pada span tower transmisi yang bersinggungan dengan sumur migas didapatkan 3 lokasi yang bersinggungan dengan kondisi pada gambar 3.

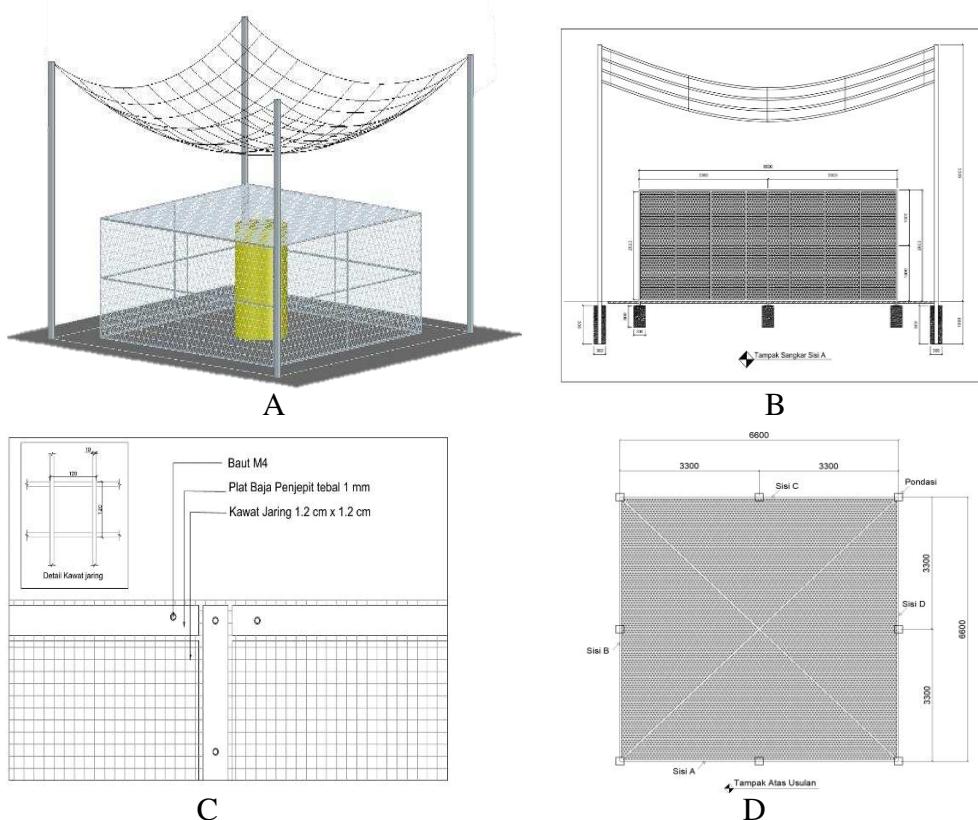
Sesuai dengan ketentuan regulasi ROW yang digunakan oleh PT Pertamina mengacu pada SNI 13-6910-2002 ditetapkan bahwa radius ROW dalam operasi pengeboran darat dan lepas pantai adalah 100 meter hal itu tidak bisa terpenuhi, maka terkait dengan rencana pengoprasian transmisi 500 kV sumatera yang beririsan dengan sumur migas diperlukan mitigasi resiko untuk mengamankan kedua asset tersebut.

3.4.2 Perencanaan Konstruksi

Sesuai hasil peninjauan lokasi, dilaksanakan perencanaan desain Sangkar Faraday dan vangnet dengan rincian sebagaimana berikut :

1. Sangkar Faraday

- Ukuran sangkar faradaya adalah $6,6 \times 6,6 \times 2,6$ m (dilengkapi dengan 1 buah pintu akses keluar masuk sangkar).
- Tulangan menggunakan material besi siku $40 \times 40 \times 4$ mm
- Dinding menggunakan wiremesh yang dirangkai ke tulangan besi siku menggunakan baut dan dilapisi plat dengan lebar 30 mm dan tebal 1 mm di setiap tulangan.
- Pembuatan pondasi untuk sangkar faraday dengan ukuran pondasi pertapak adalah $0,2 \times 0,2 \times 0,39$ cm
- Pemasangan grounding sedalam 0,5 beserta aksesorisnya vangnet



Gambar 4

(A) Desain Sangkar Faraday (B) Tampak Depan (C) Detail Sangkar (D)Tampak Atas

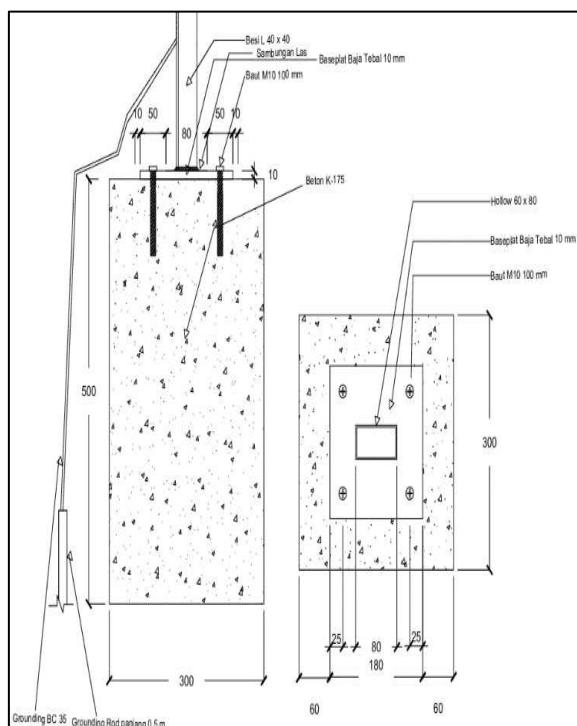
- Untuk tiang penyangga disetiap sisi fangnet menggunakan material besi galvanis dengan Panjang 7 meter
- Menggunakan safety net berupa jaring yang dianyam dengan diameter 6 mm
- Pemasangan dengan pembuatan pondasi dengan ukuran 0,3 x 0,3 x 0,9 m
- Ukuranya jarak posisi antar tiang penyangga menyesuaikan dengan ukuran sangkar faraday-nya

Mengingat beban yang akan ditopang Pondasi cukup besar dikarenakan material struktur atas yang terbuat dari bahan logam yang cukup berat maka perencanaan pondasi juga diperlukan bisa dihitung dengan perhitungan sedehana dibawah ini:

$$\text{dimensi pondasi} \geq \frac{W^{total}}{q}$$

dimana disini nilai q diasumsikan 0,5 kg/cm²

- $W \text{ besi } L$ = 362,399 kg
- $W \text{ Kawat}$ = 218 kg
- $W \text{ Baseplat}$ = 20.97 kg
- $W \text{ pl Baja}$ = 57 kg
- $W \text{ Total}$ = 658,152 kg



Gambar 5.
Desain Pondasi Sangkar Faraday

$$\begin{aligned} \text{dimensi pondasi} &\geq \frac{W^{total}}{q} \\ &= \frac{658,152 \text{ kg}}{0,5 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 1316,303 \text{ cm}^2 \\ &= 1,316 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Sangkar 2.5 (9 titik pondasi)
 Dimensi = $0,5 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$
 $= 0,15 \text{ m}^2$
 Total = $0,15 \text{ m}^2 \times 9 \text{ titik}$
 $= 1.35 \text{ m}^2 \geq 1,32 \text{ m}^2 (\text{ok})$

3.4.3 Pelaksanaan Konstruksi

Setelah perencanaan desain dilakukan, maka dilanjut dengan proses pekerjaan konstruksi pembuatan dan permasangan sangkar faraday.

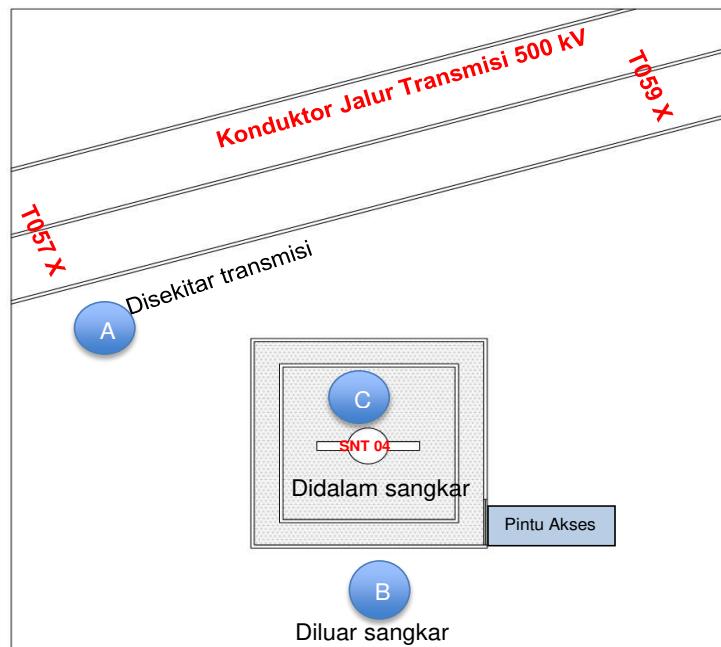


A



B

Gambar 6
 (A) Pekerjaan Pondasi (B) Pemasangan Sangkar Faraday



Gambar 7
 Skema Pengukuran Medan Elektromagnetik

3.4.4 Pengukuran gelombang elektromagnetik

Setelah tahap pekerjaan konstruksi selesai, tahap selanjutnya dilaksanakan pengukuran gelombang elektromagnetik pada aset yang berdampak dengan menggunakan alat pengukur electromagnetic survey meter model HI-3604 ETS Lindgren, pengukuran akan dilaksanakan pada 3 area diantaranya disekitar transmisi, diluar sangkar faraday dan didalam sangkar faraday, dengan skema alur pengukuran pada gambar 7.

Tabel 5
Hasil Pengukuran Elektromagnetik

Hari	Nilai Pengukuran Elektromagnetik		
	Di sekitar transmisi (kV/m)	Diluar sangkar faraday (kV/m)	Didalam sangkar faraday (kV/m)
1	2.67	0.83	0.002
2	2.10	0.48	0.002
3	2.02	0.78	0.002
4	2.24	1.36	0.002
5	2.23	0.39	0.004
6	2.18	0.82	0.004
7	2.02	1.23	0.004
8	1.28	2.20	0.004
9	3.20	2.46	0.004
10	2.88	2.32	0.004
11	2.80	1.99	0.004
12	2.52	1.88	0.004
13	1.89	1.68	0.004
14	2.40	1.98	0.004
15	2.55	1.22	0.004
16	1.94	0.42	0.004
17	2.86	1.83	0.004
18	2.78	1.77	0.004
19	3.02	1.72	0.002
20	3.33	1.80	0.002
21	2.56	0.83	0.002

Setelah dilakukan pengukuran dan pengamatan gelombang elektromagnetik pada aset yang terdampak dengan menggunakan alat pengukur elektromagnetic survey meter model HI-3604 ETS Lindgren, dari hasil pengukuran rata-rata didalam sangkar faraday bahwasanya tingkat elektromagnetik diluar sangkar sebenarnya sudah berapa pada titik aman yang ditentukan pada pertauran Permen ESDM No.13 tahun 2021 yaitu harus berada dibawah 10 kV/m, namun dengan adanya sangkar faraday nilai ini dapat ditekan sangat signifikan, dari sampling nilai pengukuran diluar sangkar yang awalnnya 3.33 kV/m hingga menjadi 0,004 kV/m saat pengukuran didalam sangkar.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran medan elektromagnetik, Sangkar faraday terbukti sangat efektif menurunkan medan elektromagnetik dari 3.33 kV/m hingga menjadi 0,004 kV/m, sangkar faraday dapat dijadikan salah satu solusi implementasi mitigasi risiko

kebakaran saat energize transmisi 500 kV dengan kondisi terdapat irisan ROW antara tower transmisi dan sumur migas.

DAFTAR PUSTAKA

- Triyono, E. (2013). Pemanfaatan Teralis sebagai Sangkar Faraday. *Jurnal Teknik Elektro Terapan*.
- Samoeallo, S Aguisthinus, Mauboy R Evtaleny, Maron M Yeremias (2020). Perencanaan Sistem Penyeluran Petir Elektrostatis dengan metode sangkar faraday pada Gedung keuangan nega kupang.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2021). Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2021 tentang Ruang Bebas dan Jarak Bebas Minimum Jaringan Transmisi Tenaga Listrik dan Kompensasi Atas Tanah, Bangunan, dan/atau Tanaman yang Berada di Bawah Ruang Bebas Jaringan Transmisi Tenaga Listrik.
- Standar Nasional Indonesia. (2002). SNI 13-6910-2002 tentang Operasi pengeboran darat dan lepas Pantai yang aman di indonesia, "Kilang Pertamina Dilindungi Sangkar Faraday untuk Atasi Sambaran Petir", Suara Merdeka, Senin, 8 Desember 2003, Sangkar Faraday
- https://id.wikipedia.org/wiki/Sangkar_Faraday
- ISO 31000:2018. (2018). Risk Management – Guidelines. International Organization for Standardization (ISO).