

Analysis of Lightning Strike Effects on Crude Oil Storage Tank Protection System at PT. Pertamina Balongan Indramayu

Analisis Efek Sambaran Petir Pada Sistem Proteksi Tanki Tampung Crude Oil Di PT. Pertamina Balongan Indramayu

* Agus Siswanto¹, Junaedi², Muhamad Soleh³, Mudofar Baehaqi⁴

¹)Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon, Jawa Barat, INDONESIA.

INFORMASI ARTIKEL

NASKAH DITERIMA: 16 Maret 2022

DIREVISI: 14 April 2022

DISETUJUI: 15 Mei 2022

***KORESPONDENSI PENULIS :**

asiswanto.untagcrb@gmail.com

Abstract

Main Gathering Station (MGS) Balongan Pertamina EP Asset 3 OGT is an industry engaged in the oil and gas sector by always paying attention to QHSE (Quality, Health, Safety and Environment) aspects. This industry is a national vital object categorized as a zone 1 and zone 2 hazardous area. There is a source of danger that has the potential to cause damage to equipment and people. The electrical installation used is a lightning protection system with reference to the NFPA 780-2017 standard concerning the Standard for the Installation of Lightning Protection Systems. The rolling sphere method is used to calculate the need for a lightning protection system. To calculate the need for a grounding electrode, a rod electrode grounding system is used. Construction MGS Balongan (Hazardous Construction) has a value of direct lightning strike frequency (Nd) of 0.03 lightning strikes per year with an equivalent area of building lightning strikes (Ae) of 1082.95 m². The value (Ng) of the intensity of lightning strikes to the ground is 27.6 lightning strikes per km² per year, the protection level is level II with a radius of 30 meters and the earth resistance value is 0.344 Ω . The design value of this calculation is in accordance with PUIL 2011 standards, namely it must be below 5 Ω for the overall value of earth resistance.

Keywords : Electrical Installation, NFPA 780-2017, Lightning Protection System, Earthing Electrode

Abstrak

Main Gathering Station (MGS) Balongan Pertamina EP Asset 3 OGT merupakan suatu industri yang bergerak di sektor migas dengan selalu memperhatikan aspek QHSE (Quality, Health, Safety, and Environment). Industri ini termasuk objek vital nasional dengan kategori sebagai area berbahaya zona 1 dan zona 2. Terdapat sumber bahaya yang berpotensi menimbulkan kerusakan terhadap peralatan dan manusia. Instalasi listrik digunakan adalah sistem proteksi petir dengan mengacu kepada standar NFPA 780-2017 tentang Standard for the Installation of Lightning Protection Systems. Metode bola bergulir (rolling sphere) digunakan untuk menghitung kebutuhan sistem proteksi petir. Untuk menghitung kebutuhan elektrode pembedaan digunakan sistem pentanahan elektroda batang. Construction MGS Balongan (Hazardous Construction) memiliki nilai frekuensi sambaran petir langsung (Nd) sebesar 0,03 sambaran petir per tahun dengan luas area ekivalen sambaran petir bangunan (Ae) 1082,95 m². Nilai (Ng) intensitas sambaran petir ke tanah 27,6 sambaran petir per km² per tahun, tingkat proteksi level II dengan radius 30 meter dan nilai tahanan pembedaan 0,344 Ω . Nilai desain perhitungan ini sudah sesuai standar PUIL 2011 yaitu harus dibawah 5 Ω untuk keseluruhan nilai tahanan pembedaan.

Kata kunci : Instalasi Listrik, NFPA 780-2017, Sistem Proteksi Petir, Electrode Pembedaan

I. PENDAHULUAN

Main Gathering Station (MGS) Balongan Oil and Gas Transportation (OGT) Region 2 Zona 7 Pertamina EP

merupakan suatu industri yang bergerak di sektor migas, saat ini sedang membenahi wilayah operasi produksinya dengan selalu memperhatikan aspek QHSE (Quality, Health, Safety,

and Environment). Industri migas ini mempunyai plant atau lapangan migas yang memproduksi minyak mentah dan gas methan. Lapangan migas ini termasuk objek vital nasional dengan kategori sebagai area berbahaya zona 1 dan zona 2. Dalam proses pembenahan lapangan migas ini, terdapat banyak sumber yang berpotensi menimbulkan bahaya, sehingga perlu dilakukan suatu upaya pengendalian terhadap sumber bahaya tersebut, salah satunya adalah pengendalian terhadap peralatan listrik. Apabila tidak dilakukan pengendalian yang tepat terhadap peralatan listrik dapat menimbulkan resiko bahaya. Peralatan-peralatan atau instalasi listrik yang dimaksud adalah instalasi proteksi petir. Peralatan atau instalasi listrik yang digunakan harus dapat memenuhi standar yang berlaku untuk mencegah pembakaran terhadap gas atau uap yang mudah terbakar karena sambaran petir pada area berbahaya. Kejadian terbakarnya kilang minyak milik PT. Pertamina berada di tiga lokasi, yaitu sebagai berikut :

1.1 Kilang Pertamina di Balikpapan

Pada 26 Maret 2021, Kilang Pertamina Refinery Unit V Balikpapan Kalimantan Timur (Kaltim) mengalami musibah kebakaran di cooler box atau bagian bak pendingin air yang menyebabkan pekerja di kawasan kilang dievakuasi keluar kilang.

"Kejadian percikan api tersebut terjadi di lokasi yang tidak terkait langsung dengan proses produksi kilang sehingga operasional tidak ada yang terhenti," ujar Area Manager Communication Relation dan CSR PT Pertamina RU V Balikpapan Ely Chandra Perangin-Angin, Jumat (26/3/2021).



Gambar 1. Kebakaran Kilang Minyak Pertamina di Balikpapan

1.2 Kilang Pertamina di Cilacap

Kebakaran pertama di Kilang Pertamina Cilacap terjadi pada 11 Juni 2021. Saat itu Kilang Pertamina RU VI Cilacap, tepatnya kilang Residual Fluid Catalytic Cracking (RFCC) sebagai tempat produksi Bahan Bakar Minyak (BBM) jenis Pertamax mengalami musibah kebakaran. Kemudian

kebakaran yang kedua terjadi pada 13 November lalu. Kilang terbakar pada pukul 19.20--19.30 WIB dan tidak ada korban jiwa dalam peristiwa kebakaran tersebut.

Chief Executive Officer (CEO) Refining & Petrochemical Subholding Pertamina, Joko Priyono menyatakan kebakaran tangki 36 T-102 di Kilang Pertamina RU IV Cilacap baru berhasil dipadamkan pada Minggu (14/11/2021) pada pukul 7.45 WIB. Dikutip dari laman resmi Pertamina, kilang Cilacap bernilai strategis karena memasok 34 persen kebutuhan BBM nasional atau sekitar 60 persen kebutuhan BBM di Pulau Jawa.

Kilang Cilacap atau Refinery Unit IV Cilacap merupakan satu dari 6 unit pengolahan minyak di Tanah Air. Setiap hari kilang ini mampu memproduksi 270 ribu barrel minyak dan memiliki 228 tangki untuk menampung crude yang akan diolah, gas serta BBM hasil pengolahan minyak mentah. Selain itu, kilang Cilacap merupakan satu-satunya kilang di Indonesia yang memproduksi aspal dan base oil untuk kebutuhan pembangunan infrastruktur di Tanah Air.



Gambar 2. Kebakaran Kilang Minyak Pertamina di Cilacap

1.3 Kilang Pertamina di Indramayu

Kebakaran kembali terjadi di Kilang PT Pertamina Refinery Unit VI Balongan, Indramayu, Jawa Barat. Kilang minyak tersebut dilaporkan terbakar pada Senin (29/3/2021) dini hari. Asap sempat membumbung tinggi selama lima jam di kilang tersebut. Sebanyak lima orang dilaporkan mengalami luka berat dan 15 orang lainnya mengalami luka ringan usai terjadi ledakan di kilang minyak Balongan Indramayu. Para korban yang mengalami luka-luka tersebut karena rumahnya dekat dengan lokasi kejadian. Selain itu, ada juga yang sedang melintasi jalan ketika terjadi kebakaran.

Bukti adanya sambaran petir juga diperkuat dari rekaman tujuh CCTV yang dipasang di lokasi kejadian. Menurut saksi ada dua rekaman CCTV yang memperlihatkan adanya sambaran petir yang mengenai tangki area tersebut. Kilatan cahaya petir yang terekam CCTV diketahui setelah selang beberapa lama timbul kebakaran. Oleh karena itu

penyidik menduga kebakaran disebabkan dari induksi sambaran petir. Kilatan petir lalu mengenai antena pada bangunan kilang,

PT Pertamina (Persero) Refinery Unit (RU) VI Balongan merupakan kilang keenam dari tujuh kilang Direktorat Pengolahan PT Pertamina (Persero) dengan kegiatan bisnis utamanya adalah mengolah minyak mentah (crude oil) menjadi produk-produk BBM (Bahan Bakar Minyak), Non-BBM dan Petrokimia. Kilang ini beroperasi sejak tahun 1994 di Indramayu (Jawa Barat) sekitar ± 200 km arah timur Jakarta, dengan wilayah operasi di Balongan, Mundu dan Salam Darma. Bahan baku yang diolah di Kilang RU VI Balongan adalah minyak mentah Duri dan Minas yang berasal dari Propinsi Riau. Keberadaan RU VI Balongan sangat strategis bagi bisnis Pertamina maupun bagi kepentingan nasional. Sebagai kilang yang relatif baru dan telah menerapkan teknologi terkini, Pertamina RU VI mempunyai nilai ekonomis yang tinggi.



Gambar 3. Kebakaran Kilang Minyak Pertamina di Balongan Indramayu

Dari ketiga kejadian kilang minyak diatas maka penulis tertarik untuk menganalisis penyebab terjadinya kebakaran dan pengaruhnya terhadap sistem kelistrikan sehingga penulis mengambil judul “Analisis Sambaran Petir pada Sistem Kelistrikan Area Kilang Minyak di PT. Pertamina EP Balongan Indramayu

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan cara atau teknik yang dilakukan dalam rangka mencapai suatu tujuan dalam penelitian. Adapun langkah-langkah metode penelitian ini, yaitu:

1. Pengumpulan data

Pengambilan dan pengumpulan data yang didapat dari PT. Pertamina EP Balongan Indramayu.

2. Pengolahan dan analisis data

Mengolah data yang di dapat dengan menggunakan Analisis data Perhitungan, dengan cara:

- Penggambaran *single line diagram*
- Memasukan data dari intensitas sambaran petir
- Menganalisis data aliran daya listrik dari sistem proteksi petir ke sistem kelistrikan di PT. Pertamina EP Balongan Indramayu.

2.1 Sistem Kelistrikan di PT. Pertamina EP Balongan

PT. Pertamina (Persero) EP Balongan merupakan salah satu unit pengolahan kilang minyak yang dimiliki oleh PT. Pertamina yang berada di daerah Balongan, Jawa Barat. Untuk dapat menunjang kegiatan operasionalnya, PT. Pertamina EP Balongan menggunakan 5 unit *steam turbin generator* dengan kapasitas masing-masing 22 MW. Sedangkan total *substation* yang berada pada PT. Pertamina (Persero) EP Balongan berjumlah 15 *substation*. Untuk *single line diagram* sistem kelistrikan PT. Pertamina EP Balongan.

2.2 Rating Tegangan

PT. Pertamina (Persero) EP Balongan menggunakan empat rating tegangan pada sistem kelistrikannya, yaitu :

- Tegangan 20 kV
- Tegangan 10 kV
- Tegangan 3.15 kV
- Tegangan 0.42 kV

2.3 Kapasitas Pembangkitan

PT. Pertamina EP menggunakan 5 generator terpasang dengan kapasitas masing-masing 22 MW dan 1 *emergency diesel generator* dengan kapasitas 3.6 MW untuk menyuplai beban yang besar. Untuk data kapasitas generator dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data kapasitas pembangkit di PT. Pertamina EP Balongan

No	ID	MW	MV A	kV	PF (%)
1	51-G-101A	22	27.5	10	80
2	51-G-101B	22	27.5	10	80
3	51-G-101C	22	27.5	10	80
4	51-G-101D	22	27.5	10	80
5	51-G-101E	22	27.5	10	80

Dari 5 unit generator dengan kapasitas 22 MW, 1 unit dioperasikan sebagai *swing generator* yaitu generator 51-G-101A dan sisanya dioperasikan sebagai *voltage control*.

Tabel 2. Rating *Steam Turbin Generator*

STG	51-G-101A/B/C/D/E
Daya (MW)	22
Tegangan (kV)	10
Frekuensi (Hz)	50
PF (%)	80
RPM	1500
FLA	1588

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Paragraf harus teratur. Semua paragraf harus rata, yaitu sama-sama rata kiri dan dan rata kanan.

1. Data-Data Pembebanan Sistem Tenaga Listrik

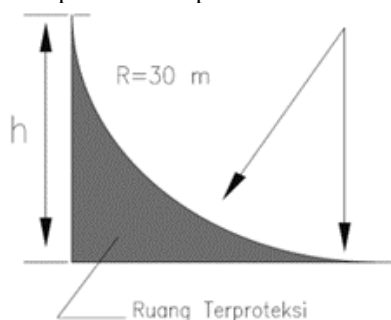
Total beban di PT. Pertamina EP Balongan terbagi menjadi dua yaitu beban motor sebesar 72.352 MW dan beban stasis sebesar 11.586 MW. Beban-beban ini terbagi ke dalam substation yang ada di PT. Pertamina EP Balongan. Untuk besarnya pembebanan pada masing-masing substation dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data pembebanan masing-masing substation

No	Substation	Feeder	Pembebanan (MW)
1	01A	01-PTR1-01A-P	2378
2		01-PTR1-01B-P	2305
3	01B	01-PTR1-02A-P	2877
4		01-PTR1-02B-P	2063
5	11	11-PTR2-01A-P	2815
6		11-PTR2-01B-P	1453
7	12	12-PTR1-01A-P	2426
8		12-PTR1-01B-P	1603
9	13	13-PTR1-01A-P	2575
10		13-PTR1-01B-P	2395
11	14B	14B-PTR1-01A-P	4776
12		14B-PTR1-01B-P	4453
13	14A	14A-PTR1-01A-P	3902
14		14A-PTR1-01B-P	2617
15	15	15-PTR1-01A-P	3009
16		15-PTR1-01B-P	638
17	16	16-PTR1-01A-P	861

2. Perhitungan Sambaran Petir

Perancangan sistem penangkal petir yaitu dengan memasang sistem terminasi udara berdasarkan tingkat proteksi konstruksi yang sebelumnya telah dihitung. Dari hasil perhitungan didapatkan tingkat proteksi konstruksi adalah tingkat proteksi level II[4]. Perancangan sistem terminasi udara untuk tingkat proteksi level II berdasarkan tabel radius bola bergulir adalah radius 30 meter seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Metode Proteksi dengan Radius 30 meter

Gambar 4. merupakan terminasi udara pada *hazardous construction* menggunakan metode bola bergulir atau *rolling sphere* dengan cakupan area bola bergulir radius 30 meter[5]. Nilai (h) menunjukkan ketinggian terminasi udara yang akan mempengaruhi area perlindungan proteksi petir pada *hazardous construction*[6]. Sedangkan area yang diarsir adalah area proteksi dari bola bergulir pada *hazardous construction* yang terlindungi dari sambaran petir.

Tabel 4. Data tingkat proteksi petir terhadap radius jangkauannya

Protection level Tingkat proteksi	h (m) R (m)	20	30	45	60	Mesh width (m) Lebar mata jala (m)
I	20	25	*	*	*	5
II	30	35	25	*	*	10
III	45	45	35	25	*	10
IV	60	55	45	35	25	20

* Rolling sphere and mesh only apply in these cases.
* Hanya menggunakan bola bergulir dan jala dalam kasus ini.

3. Data Hari Guruh menurut BMKG

Hari guruh adalah banyaknya terdengar guntur paling sedikit satu kali dalam jarak kira-kira 15 m dari stasiun meteorologi hari guruh per tahun yang dicatat di stasiun-stasiun meteorologi milik BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) di berbagai wilayah Indonesia

Tabel 5. Hari Guruh per Tahun di pulau Jawa

No	Lokasi	Hari guruh Rata-Rata Per tahun	IKL	Tingkat Kerawanan petir
1	Indramayu	187	51,23	Tinggi
2	Bogor	201	55,15	Tinggi
3	Jakarta	193	52,88	Tinggi
4	Serang	112	30,61	Sedang
5	Semarang	148	40,63	Sedang
6	Cilacap	85	23,29	Rendah
7	Surabaya	159	43,56	Sedang
8	Banyuwangi	101	27,56	Sedang
9	Tegal	198	54,34	Tinggi
10	Lembang	132	36,05	Sedang
11	Bawean	141	38,68	Sedang
12	Citeko	227	62,30	Tinggi
13	Curug	220	60,22	Tinggi
14	Jatiwangi	189	51,78	Tinggi
15	Kalianget	166	45,45	Sedang

Dari hasil perancangan perhitungan untuk sistem proteksi petir, konstruksi *hazard* mempunyai nilai frekuensi sambaran petir langsung (N_d) sebesar 0,03 sambaran petir per tahun dengan luas area ekuivalen sambaran petir bangunan (A_e) 1082,95 m²[12]. Nilai intensitas sambaran petir ke tanah (N_g) 27,6 sambaran petir per km² per tahun. Sehingga didapatkan nilai tahanan sistem pembumian pada konstruksi *hazard* adalah 0,344 Ω dengan jumlah elektroda 9 buah. Nilai ini sudah memenuhi nilai tahanan standar PUIL 2022 yaitu tahanan keseluruhan di bawah 5 Ω , Seperti ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Perhitungan Sistem Proteksi Petir Sebelum dan Sesudah

No	Perhitungan Sistem Proteksi Petir	Sebelum	Sesudah
1	Tegangan Sentuh ($E_{touch70}$)	1035 V	1035 V
2	Tegangan Langkah Maksimum (E_{step70})	326,25 V	326,25 V
3	Tahanan Pembumian (R_g)	2,1 Ohm	0,344 Ω
4	Arus Grid Maksimum (I_G)	18180 A	18180 A
5	Kenaikan Potensial Bumi (GPR)	9964,23 V	6253,92 V
6	Tegangan Mesh (E_{mesh})	280,99 V	271,13 V
7	Tegangan Langkah (E_s)	51,9 V	32,185 V
8	Panjang Elektrode Batang (L_t)	2 m	6 m
9	Jumlah Elektrode Batang (n_r)	1	9

Perhitungan perancangan sistem proteksi petir berdasarkan acuan diagram alir prosedur pemilihan sistem proteksi petir SNI-03-7015-2004 tentang sistem proteksi petir pada bangunan gedung dan NFPA 780 – 2017 tentang *Standar for The Installation of Lightning Protection Systems*. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa tingkat proteksi petir pada *hazardous construction* adalah level II dengan radius bola bergulir 30 meter. Hal ini juga sesuai dengan aturan pada NFPA 780-2017 yang mengatakan bahwa radius proteksi penangkal petir untuk *hazardous construction* adalah 30 meter. Ketinggian terminasi udara 1,5 meter sudah dapat melindungi bangunan *hazard* dari bahaya sambaran petir.

Perancangan sistem proteksi pada *hazardous construction* mempunyai terminasi udara berjumlah 11 buah dan elektroda batang berjumlah 9 buah dengan konduktor turun menggunakan konduktor tembaga 70mm². Semua konduktor turun dihubungkan ke elektroda

pembumian pada *grounding pit*. Pada *hazardous construction* yang merupakan konstruksi dengan struktur baja, semua struktur bangunan dan benda-benda logam dibumikan, karena benda tersebut merupakan penghantar dan dapat berfungsi sebagai terminal udara dan mengalirkan listrik.

Perhitungan dan pengukuran sistem pembumian pada *hazardous construction* eksisting yang dihitung dan diukur pada bab sebelumnya dengan satu buah elektroda pembumian didapat nilai tahanan pembumian 1,7 Ω , dan 2,1 Ω ketika dilakukan pengukuran langsung menggunakan *earth tester*, dimana nilai tahanan ini jika mengacu ke standar PUIL tidak memenuhi karena nilai tahanan keseluruhan harus dibawah 5 Ω .

IV. KESIMPULAN

Dari perhitungan dan analisis pada Bab IV maka dapat disimpulkan bahwa:

1. *Construction* MGS Balongan (*Hazardous Construction*) memiliki nilai frekuensi sambaran petir langsung (N_d) sebesar 0,03 sambaran petir per tahun dengan luas area ekuivalen sambaran petir bangunan (A_e) 1082,95 m². Nilai (N_g) intensitas sambaran petir ke tanah 27,6 sambaran petir per km² per tahun, tingkat proteksi level II dengan radius 30 meter.
2. Nilai tahanan pembumian eksisting dengan satu buah elektroda batang adalah 2,1 Ω menggunakan *earth tester*, dari perancangan sistem pembumian di desain dengan elektroda *Grid-Rod* didapat nilai resistansi pembumian sebesar 0,344 Ω dengan sembilan elektroda diketanahkan. Nilai desain perhitungan ini sudah sesuai standar PUIL 2011 yaitu harus dibawah 5 Ω untuk keseluruhan nilai tahanan pembumian.
3. Rusaknya instalasi pembumian jika berulang-ulang terkena sambaran petir dan lepasnya/kendurnya konektor sambungan kabel-kabel grounding (sehingga menyebabkan terjadinya percikan api yang menyebabkan ledakan)
4. *Errornya* data LEC (*Lightning Event Counter*) jika terkena sambaran petir terlalu intens
5. Bentuk visual Air Terminal yang terkena sambaran petir mengalami kusam/ gosong dan tidak bisa terlihat.
6. *Me-record* dengan cara *upgrading* sistem proteksi petir agar dapat mengetahui intensitas petir di area kilang minyak.

REFERENSI

- [1] BS 7430-2011, *Code of Practice for Protective earthing of electrical installations*. BSI, 2011.
- [2] Bottrill, G. Bottrill and Associates, London, United Kingdom. *Practical Electrical equipment and Installations in Hazardous Areas*, 2005.
- [3] IEC 62305-1:2010, *Protection Against Lightning-Part1: General Principles*.
- [4] IEC 60079-1, *Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres – Flameproof Enclosure 'd'*.
- [5] IEC 60079-10, *Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres – Classification of Hazardous Areas*.

- [6] IEC 60079-14, *Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres – Electrical Installations in Hazardous Areas*.
- [7] IEEE Std 80-2000, *IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*.
- [8] NFPA 780-2017, *Standard for The Installations of Lightning Protection Systems*.
- [9] Panitia Revisi PUIL 2000. *Peraturan Umum Instalasi Listrik 2000*.
- [10] SNI 03-7015-2004, *Sistem Proteksi Petir Pada Bangunan Gedung*. Chumaidy, Adib. 2015. *Sistem*
- [11] *Pembumian. Materi perkuliahan* ISTN. Jakarta.
- [12] Masrifah, ST. 2017. *Studi Perencanaan Sistem Instalasi Listrik pada Area Gas Berbahaya*. ISTN. Jakarta.