

EFEKTIVITAS PENGGUNAAN MULTI CHAMBER ARRESTER (MCA) PADA PENYULANG SALEWANGAN ULP MAROS

Ainun Jaria Nur Rahmat¹, Purwito², Ruslan L³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang
Jalan Perintis Kemerdekaan KM.10 Tamalanrea, Makassar 90245

Informasi Artikel

Diterima, 2 Juli 2023
Direvisi, 17 Agustus 2023
Disetujui, 20 September 2023
Dipublikasi, 9 Oktober 2023

Abstract

In the care of PT PLN (Persero) ULP Maros, one of the repositories that often trips due to lightning is the Salewangan Feeder. It was recorded that in 2021 and 2022, lightning-induced disturbances occurred 12 times and 8 times, respectively, with 65% of the disturbances occurring in the Recloser Pemuda Section. Even though they already have lightning protection such as lightning arresters that channel fault currents to the ground, in reality, component damage due to lightning disturbances in the distribution system still often occurs, so PT PLN (Persero) ULP Maros installs more protection equipment in the section, namely the Multi Chamber Arrester (MCA) which uses new innovations by throwing fault currents into the air. The effectiveness of using MCA is simulated in Matlab Simulink 2016 using a metal oxide type arrester with consideration of the same characteristics in both types of protection equipment. The results of the simulation show that the effectiveness of the MCA in protecting the distribution system is influenced by 2 things, which are: the distance between the fault point and the location of the installed MCA and the impulse size of the lightning strike that strikes the network. The MCA on the Salewangan Feeder is only effective in protecting the same section as the location of the installed MCA with a percentage of the fault current discharged into the air of 88% of the MCA capability which is around 4090 A - 4439 A with a maximum lightning strike impulse of 40 kV.

Key words: 20 kV Distribution Line, Lightning Disturbance, Matlab Simulink 2016, MCA.

Abstrak

Dalam asuhan PT. PLN (Persero) ULP Maros, salah satu penyulang yang sering mengalami trip akibat tersambar petir adalah penyulang Salewangan. Tercatat bahwa pada tahun 2021 dan 2022, gangguan akibat petir masing - masing terjadi sebanyak 12 kali dan 8 kali, dengan 65% gangguan terjadi di *section recloser* Pemuda. Meskipun sudah memiliki proteksi petir seperti *lightning arrester* yang menyalurkan arus gangguan ke tanah, namun pada kenyataannya kerusakan komponen akibat gangguan petir pada sistem distribusi masih kerap terjadi, sehingga pihak PT. PLN (Persero) ULP Maros memasang peralatan proteksi lebih pada *section* tersebut yaitu *Multi Chamber Arrester (MCA)* yang menggunakan inovasi baru dengan cara membuang arus gangguan ke udara. Efektivitas penggunaan MCA disimulasikan pada Matlab Simulink 2016 menggunakan *arrester* jenis *metal oxide* dengan pertimbangan karakteristik yang sama pada kedua jenis peralatan proteksi tersebut. Adapun hasil dari simulasi yang dilakukan menunjukkan bahwa efektivitas MCA dalam melindungi sistem distribusi dipengaruhi oleh 2 hal yakni jarak antara titik gangguan dan lokasi MCA terpasang serta besar impuls sambaran petir yang menyambar jaringan. MCA pada penyulang Salewangan hanya efektif untuk melindungi *section* yang sama dengan lokasi MCA terpasang dengan persentase arus gangguan yang di buang ke udara sebesar 88 % dari kemampuan MCA yakni sekitar 4090 A - 4439 A dengan impuls sambaran petir maksimum sebesar 40 kV.

Kata kunci: Gangguan Petir, Matlab Simulink 2016, MCA, Saluran Distribusi 20 kV.

1. PENDAHULUAN

Perencanaan sistem distribusi dilakukan untuk mendapatkan suatu penyaluran yang mempunyai mutu dan keandalan yang tinggi serta aman terhadap segala macam bentuk gangguan, baik gangguan internal maupun gangguan eksternal. Salah satu gangguan eksternal yang kerap terjadi pada sistem distribusi adalah gangguan petir. Meskipun sudah memiliki proteksi petir seperti *lightning arrester* yang memiliki prinsip kerja sebagai isolator dalam kondisi normal dan menjadi konduktor ketika terjadi surja petir sehingga arus gangguan akibat petir tersebut disalurkan ke tanah, namun pada kenyataannya kerusakan komponen akibat gangguan petir pada sistem distribusi masih kerap terjadi sehingga menghambat proses penyaluran energi listrik ke pelanggan.

Dalam asuhan PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Maros, salah satu penyulang yang sering mengalami trip akibat tersambar petir adalah penyulang Salewangan, sehingga pada penyulang tersebut dipasang peralatan proteksi lebih untuk melindungi sistem distribusi dari gangguan petir yaitu *Multi Chamber Arrester (MCA)* yang menggunakan inovasi baru yakni dengan cara membuang arus lebih tersebut ke udara. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan pengujian terkait efektivitas MCA dalam

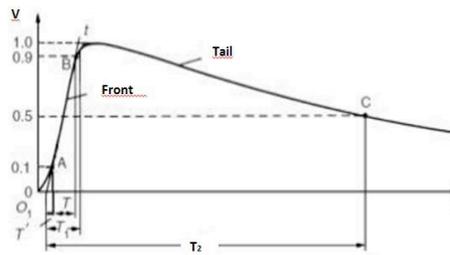
*penulis korespondensi
e-mail :

melindungi saluran distribusi 20 kV pada penyulang Salewangan dari gangguan surja petir dengan bantuan *software* Matlab Simulink 2016.

1.1 Surja Petir

Petir adalah percikan listrik bertegangan tinggi yang terjadi di atmosfer bumi, yang sebenarnya merupakan pembebasan muatan listrik. Salah satu sifat dari muatan listrik adalah saling tarik - menarik antara muatan positif dan muatan negatif. Sifat ini digunakan untuk memahami proses terjadinya petir serta upaya untuk meminimalisir resiko sambaran petir dengan menggunakan penangkal petir yang sesuai. [1]

Jika petir menyambar penghantar SUTM secara langsung, maka kemungkinan besar akan langsung merusak penghantar tersebut. Hal ini disebabkan karena gelombang petir yang memiliki tegangan impuls melebihi BIL (*Basic Insulation Level*) dari penghantar. Namun, jika petir yang menyambar SUTM bukan sambaran langsung tetapi terinduksi dari petir, maka gerak dari gelombang petir tersebut akan menjalar ke segala arah dan akan terjadi gelombang berjalan di sepanjang jaringan menuju ke titik lain yang dapat menetralkan arus petir tersebut.



Gambar 1. Gelombang Impuls Penuh [2]

1.2 Arrester

a. Tegangan Pengenal Arrester

Tegangan pengenal *arrester* adalah tegangan di mana *arrester* dapat beroperasi sesuai dengan karakteristiknya. *Arrester* tidak boleh beroperasi pada tegangan maksimum sistem, tetapi mampu memutuskan arus susulan dari sistem secara efektif. Umumnya, *arrester* tidak boleh bekerja ketika mengalami gangguan fasa ke tanah, karena tegangan pengenalnya lebih tinggi dari tegangan gangguan fasa ke tanah.

Tabel 1. Karakteristik Kerja *Arrester* untuk Kelas Arus 10 kA dan 5 kA [3]

Tegangan Pengenal <i>Arrester</i> (kV)	Kecuraman FOW (kV/ μ det)	Kelas Arus 10 kA & 5 kA	
		STD	FOW
(kV)			
3	25	13	15
4,5	37	17,5	20
6	50	22,6	26
7,5	62	28	31
9	76	32,5	38
12	100	43	50
15	125	54	62
18	150	65	75
21	175	76	88
24	200	87	100
27	225	97	112
30	250	108	125
33	275	119	137
36	300	130	150

Keterangan :

STD = Tegangan percikan impuls maksimum

FOW = Tegangan percikan impuls muka gelombang

b. Tegangan Kerja *Arrester*

Tegangan kerja *arrester* merupakan tegangan pelepasan atau tegangan sisa yang merupakan tegangan yang timbul pada terminal *arrester* pada saat arus petir mengalir ke tanah.

Tabel 2. Tegangan Kerja *Arrester* [3]

Rating <i>Arrester</i>	10 kA	5 kA	2,5 kA	1,5 kA
(kV)				
0,175	-	-	2,2	2,2
0,280	-	-	2,5	2,5
0,500	-	-	3,0	3,0
0,660	-	-	5,0	5,0
3	13	13	13	-
4,5	17,5	17,5	17,5	-
6	22,6	22,6	22,6	-
7,5	27	27	27	-
9	32,5	32,5	32,5	-
10	38	38	38	-
12	43	43	43	-
15	54	54	54	-
18	65	65	65	-
21	76	76	76	-
24	87	87	87	-
27	97	97	97	-
30	108	108	108	-
33	119	119	119	-
36	130	130	130	-
39	141	141	-	-

1.3 Multi Chamber *Arrester* (MCA) *i20z*

Multi Chamber Arrester (MCA) jenis *i20z* adalah salah satu solusi untuk gangguan petir pada Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) dengan teknologi Sistem *Easy Quench* (EQ) yang telah dipatenkan oleh Streamer. Sistem *Easy Quench* adalah sebuah teknologi unik dan efisien untuk perlindungan masalah sambaran petir pada jaringan listrik. Sistem *Easy Quench* pada MCA tersusun dari sekumpulan *small discharger/arcing chamber* yang dibentuk dari beberapa elektroda di dalam lapisan karet silikon. Elektroda tersebut terpisahkan oleh celah udara kecil yang nantinya berfungsi sebagai ruang pelepasan energi ketika MCA beroperasi sehingga dapat mencegah rusaknya konduktor dan sistem dari *outage* ketika petir menyambar jaringan.

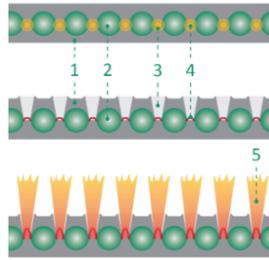


Gambar 2. Bagian-Bagian MCA *i20z* [4]

a. Prinsip Operasi MCA

Koordinasi antara perangkat MCA dengan insulasi jaringan listrik adalah perihal yang penting. Hal ini bertujuan agar MCA dapat beroperasi sebagaimana fungsinya. Kunci utama beroperasinya MCA adalah dengan mengatur BIL agar menjadi lebih rendah dari peralatan yang dilindungi. Secara umum, jaringan kelistrikan berhubungan dengan beberapa transformator yang ada di gardu induk. Ketika terjadi *flashover* pada MCA di suatu lokasi, sistem akan mendeteksi bahwa terjadi gangguan dan arus hubung singkat, sehingga akan segera mengalir menuju titik tersebut. Berkat sistem *Easy Quench*, MCA dapat menghilangkan arus hubung singkat tersebut dalam durasi setengah periodenya. Ketika terjadi tegangan lebih di jaringan, *conductor clamp* akan mengirimkan tegangan lebih tersebut ke terminal elektroda, hal ini bisa terjadi karena jarak antara *conductor clamp* dan terminal elektroda telah diatur. Ketika petir menyambar jaringan maka akan

terjadi tegangan lebih sehingga arus dapat mengalir ke MCA melalui terminal elektroda. Selanjutnya tegangan berlebih tersebut akan dilepas ke atmosfer sekitarnya melalui EQ System. Proses ini akan berlangsung cepat, sehingga relay proteksi di sisi gardu induk tidak akan mendeteksi proses ini sebagai sebuah gangguan. [5]



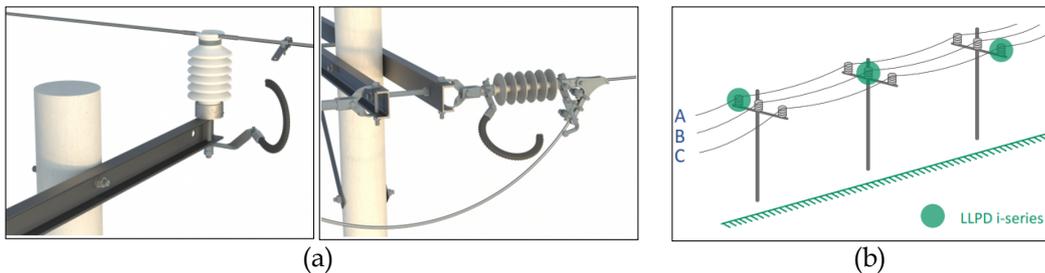
Gambar 3. Proses *Discharge* MCA [5]

Keterangan :

1. *Silicone rubber body*, merupakan tubuh isolasi pada MCA terbuat dari karey silikon.
2. *Intermediate electrodes*, merupakan bagian tengah elektroda yang berfungsi membuat busur listrik dalam elektroda tersebut.
3. *Arc quenching chamber*, berfungsi sebagai pendingin busur api yang berada pada ruang-ruang tempat *discharge*.
4. *Discharge channel*, sebagai tempat *blow out* percikan busur api.
5. Busur api

b. Konstruksi MCA

Pada umumnya, konstruksi MCA tidak memerlukan material tambahan seperti grounding sehingga hemat dalam material *ground rod* atau tongkat arde. Jarak aman EQ sistem MCA terhadap konduktor dan *grounding* adalah 500 mm dan seharusnya tidak ada sistem MCA lain yang berjarak 1000 mm. Hal itu dikarenakan ketika sistem MCA beroperasi, plasma jet keluar dari nozzle permukaan sistem MCA. Ketika plasma jet mengenai konduktor atau bagian yang di *grounding*, hal itu akan membuat arus ikut mengalir sehingga terjadi gangguan fasa ke tanah atau fasa ke fasa.



Gambar 4. (a) Konstruksi MCA; (b) Titik Pemasangan MCA [5]

c. Karakteristik MCA

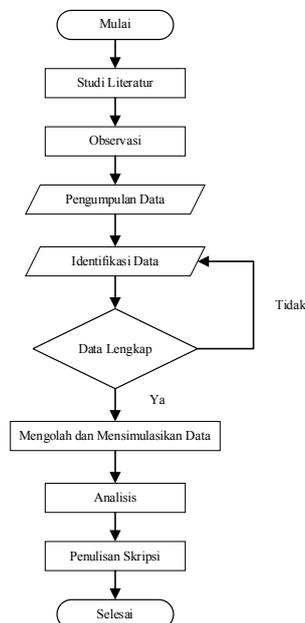
Karakteristik dari MCA untuk saluran distribusi 20 kV yang dipatenkan oleh Streamer Elektrik ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik MCA [5]

PARAMETER JARINGAN LISTRIK	
Tegangan tertinggi peralatan (kV)	24
Arus gangguan (kA)	1,5-10
Celah udara eksternal (mm)	60-80
Tegangan flashover 50% (kV)	140
Tegangan menahan frekuensi daya *basah/kering* (kV)	30/40
PARAMETER PETIR	
Kemampuan pelepasan petir 200 μ s (C)	2,4
Impuls arus maksimal 4/10 μ s (kA)	65
Arus petir pendinginan maksimum (kA)	3 (1/50 μ s)
Minimum menahan jumlah operasi	10
PARAMETER SECARA UMUM	
Rugi daya pada saluran (%)	0
Jangka waktu hidup rata-rata (tahun)	30

Suhu operasi luar ruangan (°C)	-60 s/d +50
Massa (kg)	0,43
Pemeliharaan verifikasi visual (tahun)	1

2. METODE PENELITIAN



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data aset yang diperoleh terkait penelitian ini terlampir pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Spesifikasi MCA

Merek	Type	Kelas Arus (kA)	Rating Tegangan (kV)	Lokasi Pemasangan
Streamer	i20z	5	24	Section Recloser Pemuda

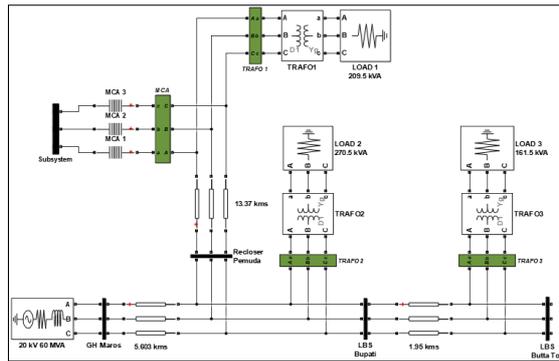
Tabel 5. Data Aset Penyulang Salewangan

Section	Panjang Saluran (kms)	Gardu Distribusi		Beban (A)
		Buah	kVA	
Recloser Pemuda	13.37	20	2095	17.68
GH Maros	5.603	18	2705	50.76
LBS Bupati	1.95	8	1615	27

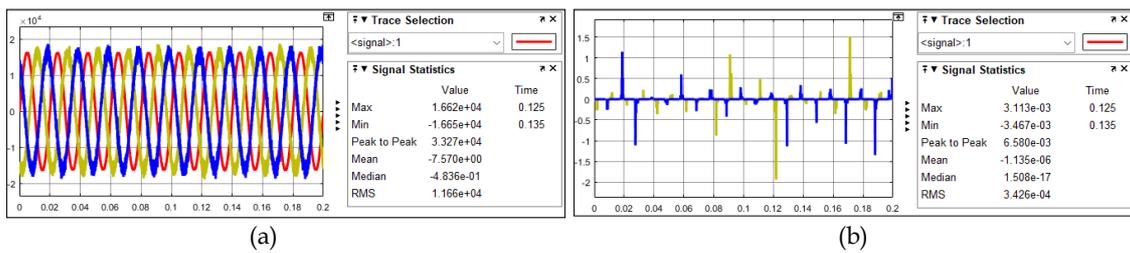
a. Simulasi MCA

Simulasi gangguan surja petir pada penyulang Salewangan dilakukan menggunakan Matlab Simulink 2016 dengan menginjeksikan tegangan surja sebesar 40 kV dan 50 kV pada setiap simulasi. Tegangan transien petir yang digunakan berdasarkan standar IEEE 1159.1 dengan gelombang muka petir 1,2/50 μ s. Pada simulasi ini, penggunaan MCA akan di asumsikan menggunakan *arrester* jenis *metal oxide* dengan pertimbangan karakteristik kerja yang sama pada kedua jenis peralatan proteksi tersebut berdasarkan SPLN 7C, tahun 1978.

Setiap simulasi dilakukan dengan 3 kali percobaan di mana petir menyambar setiap fasa secara bergantian pada setiap *section* penyulang Salewangan, yakni *section recloser* Pemuda, GH Maros, dan LBS Bupati. Adapun pemodelan penyulang Salewangan ditunjukkan pada Gambar 6 dan gelombang tegangan L-N dan gelombang arus pada terminal MCA dalam keadaan normal ditunjukkan pada Gambar 7.



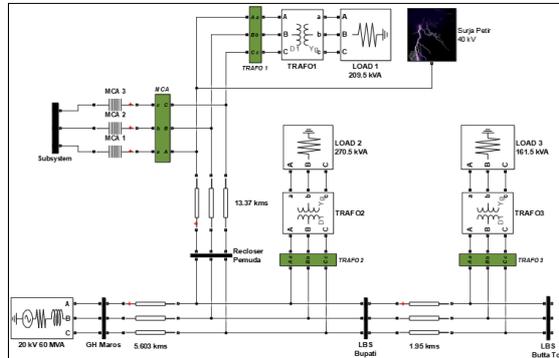
Gambar 6. Pemodelan Jaringan Tegangan Menengah Penyulang Salewangan dalam Keadaan Normal



Gambar 7. Gelombang Pada Terminal MCA dalam Keadaan Normal, (a) Tegangan L - N, (b) Arus.

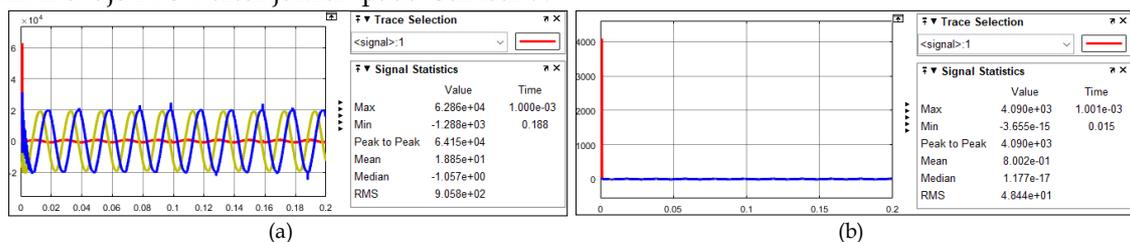
Pada keadaan normal, nilai tegangan L - N pada MCA relatif konstan pada setiap fasa yakni sebesar 11,6 kV serta nilai arus yang relatif kecil yakni di bawah 1 A. Hal ini membuktikan bahwa dalam keadaan normal, tidak ada arus gangguan akibat petir yang mengalir menuju terminal MCA.

Pada percobaan pertama, dilakukan simulasi gangguan petir yang menyambar kawat fasa R, S, dan T secara bergantian dengan impuls tegangan surja petir sebesar 40 kV. Gambar 8 menunjukkan rangkaian simulasi dengan kondisi petir menyambar fasa R pada *section recloser* Pemuda.



Gambar 8. Simulasi Sambaran Petir 40 kV Pada Fasa R *Section Recloser* Pemuda

Ketika petir menyambar fasa R pada *section Recloser* Pemuda, maka akan menyebabkan terjadinya fenomena transien di sepanjang fasa tersebut. MCA yang juga terletak di *section* yang sama dengan lokasi gangguan akan merespon adanya perubahan nilai arus yang mendadak akibat tersambar petir, sehingga MCA akan langsung membuang arus gangguan tersebut ke udara. Gelombang transien tegangan dan arus yang mengalir menuju MCA ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 1. Gelombang Transien yang Menuju MCA dengan Impuls Sambaran Petir Sebesar 40 kV Pada Fasa R *Section Recloser* Pemuda, (a) Tegangan, (b) Arus.

Gambar 9 menjelaskan bahwa tegangan percikan impuls maksimum yang mengalir menuju MCA mencapai 62,8 kV pada fasa R. Berdasarkan Tabel 2, untuk MCA dengan kelas arus 5000 A memiliki tegangan kerja 87 kV pada rating MCA 24 kV. Artinya MCA yang terletak di *section* tersebut masih dapat menanggung impuls tegangan yang timbul pada terminal MCA pada saat MCA membuang arus petir ke udara. Sementara itu, diketahui bahwa arus gangguan akibat petir yang dibuang ke udara oleh MCA mencapai 4090 A pada fasa R. Artinya MCA tersebut dapat membuang arus lebih tersebut secara optimal. Adapun untuk simulasi MCA ketika petir menyambar pada fasa S dan fasa T, diperoleh hasil yang serupa, ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Simulasi Sambaran Petir 40 kV Pada Fasa S dan Fasa T *Section Recloser Pemuda*

RN	Vmaks (kV)			R	Imaks (A)	
	SN	TN	T		S	T
Fasa S						
26,1	46,8	27		30,1	4257	54,9
Fasa T						
22,6	26,5	65,2		13,6	21,7	4439

Selanjutnya untuk hasil simulasi MCA ketika petir menyambar di *section* GH Maros dan *section* LBS Bupati ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Simulasi Sambaran Petir 40 kV Pada *Section* GH Maros dan LBS Bupati

RN	Vmaks (kV)			R	Imaks (A)	
	SN	TN	T		S	T
Section GH Maros						
Fasa R						
35,3	18,2	29,9		119,6	34,7	52
Fasa S						
26,3	36,3	32		33,9	127,2	53,9
Fasa T						
25,4	18,5	33,9		34,4	74,9	130,5
Section LBS Bupati						
Fasa R						
30,9	18,6	20,8		100,6	90,4	60,9
Fasa S						
20,1	21	20,4		36,3	95,3	54,1
Fasa T						
20,2	18,2	21,1		41,9	37,8	106,3

Pada simulasi sambaran petir di *section* GH Maros dan LBS Bupati, diperoleh hasil yang tidak optimal terhadap efektivitas MCA dalam membuang arus gangguan. Hal ini dikarenakan titik gangguan yang berada di *section* yang berbeda dengan lokasi MCA terpasang, sehingga persentase arus gangguan terbesar yang dibuang oleh MCA hanya sebesar 2,6 %. Di sisi lain, MCA yang terletak pada *section* tersebut masih dapat menanggung impuls tegangan yang timbul pada masing - masing terminal MCA yakni di bawah 87 kV.

Selanjutnya pada simulasi sambaran petir 50 kV, dilakukan tahapan yang sama seperti simulasi sambaran petir 40 kV. Tabel 8 berikut menunjukkan hasil simulasi pada setiap *section*.

Tabel 8. Hasil Simulasi Sambaran Petir 50 kV

RN	Vmaks (kV)			R	Imaks (A)	
	SN	TN	T		S	T
Section Recloser Pemuda						
Fasa R						
90,2	19,6	41		6431	6,2	52,2
Fasa S						
23,6	47,4	28,8		33,4	6599	66,9
Fasa T						
21,4	22,9	61,8		24,6	19,3	6792
Section GH Maros						
Fasa R						
38,1	18,5	32,6		167,8	33,8	68,2
Fasa S						
28,7	41,1	32,7		46,3	166,9	74,6

		Fasa T			
29	18,6	39,1	52,7	94,8	176,1
Section LBS Bupati					
		Fasa R			
21	18,4	20,5	139,6	64,3	76,6
		Fasa S			
20,3	21,1	21,9	50,2	131,9	68,1
		Fasa T			
21,3	18,3	22,1	56,7	42,2	146,7

Berdasarkan hasil simulasi Tabel 8, dapat diketahui bahwa tegangan percikan impuls maksimum dan arus petir terbesar yang dibuang ke udara oleh MCA berada di *section recloser* Pemuda yakni masing - masing mencapai 90,2 kV pada fasa R dan 6792 A pada fasa T. Hal ini disebabkan karena lokasi MCA juga berada di *section recloser* Pemuda. MCA yang digunakan pada penelitian ini termasuk golongan *arrester* dengan kelas arus 5000 A pada rating tegangan 24 kV. Berdasarkan Tabel 2.3, MCA dengan karakteristik tersebut memiliki tegangan kerja sebesar 87 kV. Mengacu pada karakteristik tersebut, dapat diketahui bahwa MCA ini tidak dapat beroperasi secara optimal pada sambaran petir dengan impuls tegangan sebesar 50 kV karena MCA menerima tegangan lebih besar dari tegangan kerjanya. Selain itu, arus gangguan yang dibuang ke udara oleh MCA juga lebih banyak dari kelas arus MCA tersebut. Sehingga apabila kedua hal tersebut berlangsung secara terus menerus, tentunya akan mempengaruhi *lifetime* MCA itu sendiri dan berdampak pada kontinuitas penyaluran sistem distribusi.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis mengenai penggunaan *Multi Chamber Arrester* (MCA), maka dapat disimpulkan bahwa efektivitas MCA dalam melindungi komponen distribusi dari gangguan akibat petir dipengaruhi oleh 2 hal yakni jarak antara titik gangguan dan lokasi MCA terpasang serta besar impuls tegangan petir yang menyambar jaringan. MCA dengan rating tegangan 24 kV dan kelas arus 5 kA pada penyulang Salewangan *section recloser* Pemuda efektif untuk melindungi *section* itu sendiri karena dapat membuang arus gangguan sebesar 88 % dari kemampuan MCA yakni sekitar 4090 A - 4439 A. Sedangkan ketika petir menyambar diluar *section* MCA, arus gangguan yang dibuang oleh MCA hanya sebesar 2,6 % yakni sekitar 95,3 A - 130,5 A. Adapun impuls sambaran petir yang mampu diterima oleh MCA maksimum sebesar 40 kV. Hal ini disebabkan karena nilai tegangan terminal MCA ketika sambaran petir 40 kV belum melebihi karakteristiknya yakni sebesar 87 kV.

Adapun saran yang dapat penulis berikan adalah perlu adanya penambahan MCA pada setiap *section* penyulang Salewangan sebagaimana diketahui bahwa kita tidak dapat memprediksi *section* mana yang akan tersambar petir, namun tentunya hal ini perlu dipertimbangkan lagi dari sisi ekonomi. Solusi lain adalah dilakukan pemeliharaan rutin pada *Lightning Arrester* (LA) agar dapat mencegah kegagalan operasi LA ketika terjadi gangguan petir sehingga tidak diperlukan lagi peralatan lebih dalam melindungi komponen sistem distribusi, utamanya perlindungan terhadap transformator.

5. DAFTAR REFERENSI

- [1] S. Amri and K. Wahyuddin, "Analisis *Arrester* Pada Jaringan Distribusi 20 Kv Di PT. PLN Rayon Soppeng," 2018.
- [2] K. A. Yodha Bhaskara, G. D. Arjana, and M. Suartika, "Analisa Kegagalan *Lightning Arrester* Pada Penyulang Sulahan Bangli" vol. 6, no. 3, 94 - 100, 2019.
- [3] SPLN 7C. (1978). *Lightning Arrester Part 1 Non Linear Resistor Type Arrester For AC System*. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [4] KlikStock.com, "*Multi Chamber Arrester MCA-20 87-220 USD*," 2020. <https://www.klikstock.com/stock-74.html>. (diakses Jan. 17, 2023).
- [5] Streamer Inc, "*Lightning Protection*," 2010. <https://streamer-electric.id/products/lightning-protection/products-/llpdi20z/> (diakses Jan. 18, 2023).
- [6] PT. PLN (Persero) ULP Maros, "Data Aset Sistem Distribusi Penyulang Salewangan".
- [7] PT. PLN (Persero) ULTG Maros, "Laporan Gangguan Pada Penyulang Salewangan".