

DAMPAK PEMBERIAN IMPULS TEGANGAN BERULANG TERHADAP TINGKAT PERLINDUNGAN ARRESTER TEGANGAN RENDAH

Diah Suwarti

Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta

Jln. Babarsari No 1, Sleman, Yogyakarta

diah.w73@gmail.com

Intisari

Indonesia terletak di daerah katulistiwa yang panas dan lembab, oleh karena itu Indonesia mempunyai hari guruh lebih tinggi dibanding negara lainnya yaitu antara 100 -200 hari guruh per tahun. Surja petir dapat menimbulkan tegangan lebih dan dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan tegangan rendah dan peralatan elektrik tegangan rendah. Kerusakan peralatan elektrik yang diakibatkan tegangan lebih berdasarkan angka statistik mencapai 31,68%. Prosentase ini merupakan terbesar dibanding prosentase karena sebab-sebab lain. Arester adalah peralatan yang digunakan untuk memproteksi peralatan dan sistem elektrik terhadap tegangan lebih yang salah satu penyebabnya adalah surja petir. Karena banyak arester tegangan rendah yang dijual di pasaran dan dapat dimanfaatkan untuk melindungi peralatan listrik rumah tangga maka diperlukan penelitian untuk mengetahui tingkat perlindungan (margin) salah satu arester tegangan rendah setelah diterpa beberapa buah cacah impuls tegangan. Hasil penelitian memberikan informasi bahwa tingkat perlindungan arester terhadap peralatan yang dilindunginya dengan diberikan (6 dan 10) buah cacah impuls dengan puncak tegangan impuls 16 kV, 20 kV, 25 kV dan 30 kV, berturut-turut sebesar 15,7%, 11,20% untuk klas VW1 dan 57,8 %, 55,025 % untuk klas VW2; 83,14%, 82,06% untuk klas VW3. Untuk puncak tegangan impuls 20 kV berturut-turut -38,44%, -42,94% untuk klas VW1; 18,48%, -22,94%, untuk klas VW2 dan 19,0741,55% , 37,058% untuk klas VW3. Puncak tegangan impuls 25 kV berturut-turut -60,92%, -60,92% untuk klas VW1 ; -40,92%, -40,92%, untuk klas VW2 dan 19,07% , 19,07% untuk klas VW3. Puncak tegangan impuls 30 kV berturut-turut -78,91%, -74,41% untuk klas VW1 ; -58,91%, -54,41%, untuk klas VW2 dan 1,08% , 5,58% untuk klas VW3

Kata kunci: Surja petir, arester tegangan rendah, *margin*.

1. Pendahuluan

Surja petir dapat menimbulkan tegangan lebih dan dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan tegangan rendah dan peralatan listrik tegangan rendah dengan beberapa mekanisme. Mekanisme pertama melalui sambaran petir langsung pada jaringan tegangan rendah. Mekanisme kedua adalah sambaran petir yang tidak langsung mengenai jaringan tegangan rendah tapi petir menyambar pohon ataupun tanah di sekitar jaringan tegangan rendah. Sambaran tidak langsung ini menyebabkan kopling elektromagnetik antara jaringan dan sambaran petir sehingga mengakibatkan tegangan induksi pada jaringan. [5]

Mengingat semakin besar jumlah kerusakan yang ditimbulkan oleh surja petir karena semakin banyaknya pemakaian komponen elektronik oleh masyarakat luas dan industri maka diperlukan sistem proteksi petir yang mampu melindungi peralatan tegangan rendah. *Arrester* adalah peralatan yang digunakan untuk memproteksi peralatan dan sistem elektrik terhadap tegangan lebih yang salah satu penyebabnya adalah surja petir. *Arrester* tegangan rendah pada umumnya terbuat dari bahan ZnO. [5]

Ketahanan suatu peralatan memikul tegangan surja petir, jika dipasang pada suatu sistem bertegangan tertentu disebut BIL (*Basic Impuls Level*). Untuk setiap peralatan yang akan dipasang pada sistem tersebut selisih BIL peralatan yang dilindungi dengan tingkat proteksi *arrester* yang melindunginya disebut *margin*. *Margin* biasanya ditetapkan (20 – 30%) dari BIL peralatan yang dilindungi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat perlindungan *arrester* terhadap peralatan yang dilindungi apabila *arrester* tersebut diterpa oleh beberapa buah cacah impuls.

2. Dasar Teori

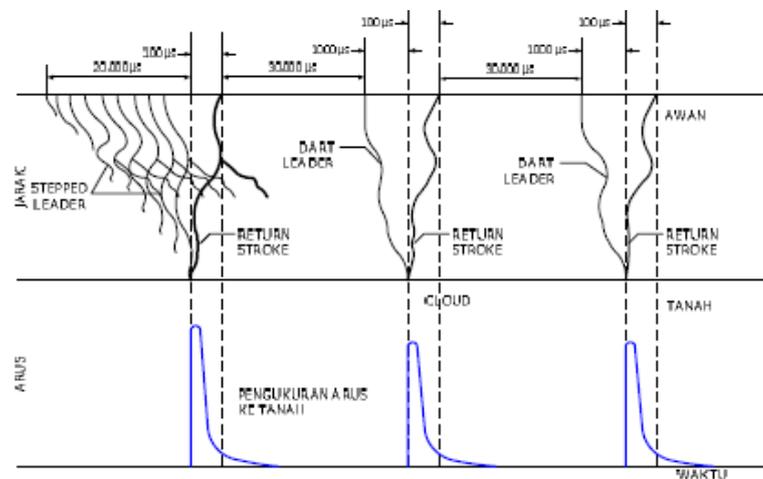
2.1. Petir

Petir merupakan proses alam yang terjadi di atmosfer yang mungkin terjadi sebelum dan pada saat terjadi hujan (*thunder strom*). Muatan akan terkonsentrasi di dalam awan atau bagian dari awan dan muatan yang berlawanan akan timbul pada permukaan tanah di bawahnya. Apabila muatan bertambah, beda potensial antara awan dan tanah akan naik sehingga kuat medan di udarapun akan naik. Jika kuat medan ini melebihi kuat medan diantara awan-awan tersebut maka akan terjadi

pelepasan muatan. Kuat medan yang diperlukan untuk memulai aliran (*streamer*) adalah $E_B = 10 - 40$ kV/m, pada awan yang mempunyai ketinggian 1 – 2 km diatas tanah dapat menghasilkan tegangan 100 MV. [2]

2.2. Proses terjadinya petir

Sambaran diawali oleh kanal muatan negatif, menuju daerah yang terinduksi positif dan sambaran yang terjadi umumnya adalah sambaran muatan negatif dari awan ke tanah. Tahapan sambaran petir diperlihatkan pada Gambar (1).



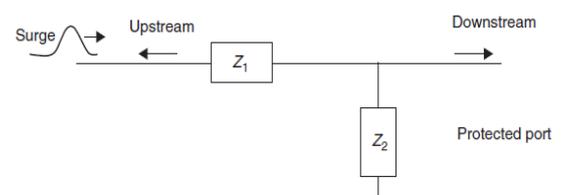
Gambar 1. Tahapan sambaran petir ke tanah dan arus impuls yang terjadi (Sirait, 1987, Proteksi sistem tenaga)

2.3. Arester

Arester merupakan peralatan yang didesain untuk melindungi peralatan lain dari tegangan surja (baik surja hubung maupun surja petir) dan pengaruh *follow current*. Sebuah arester harus mampu bertindak sebagai isolator, mengalirkan beberapa miliamper arus bocor ke tanah pada tegangan sistem dan berubah menjadi konduktor yang sangat baik, mengalirkan ribuan amper arus surja ke tanah, memiliki tegangan yang lebih rendah daripada tegangan *withstand* dari peralatan ketika terjadi tegangan lebih, dan menghilangkan arus susulan mengalir dari sistem melalui arester (*power follow current*) setelah surja petir atau surja hubung berhasil didisipasikan (Petunjuk Operasi & Pemeliharaan Lighing Arrester, PLN, 2010).

2.4. Prinsip Kerja Arrester

Prinsip kerja rangkaian proteksi surja / arester secara umum ditunjukkan dalam Gambar 2. Sebuah rangkaian proteksi surja tidak boleh mempengaruhi operasi normal dari sistem yang diproteksi. Artinya, impedan seri harus sangat kecil ($Z_1 \ll Z_2$) dan impedan paralel harus sangat besar ($Z_2 \gg Z_L$) untuk tegangan dan frekuensi sinyal normal. Misalkan Z_L adalah impedan beban.



Gambar 2 Rangkaian proteksi surja secara umum (Vernon Cooray, 2010)

Pengalihan surja ke konduktor referensi atau bumi memiliki kelemahan. Ketika arus gelombang surja yang besar menyebar melalui jaringan referensi dengan cara yang tidak terkendali, ini akan menyebabkan gangguan dalam sistem yang sehat lainnya. Oleh karena itu, perlindungan seri tampaknya lebih diinginkan. Namun, sampai saat ini tidak ada perangkat non linier serial yang kuat, cepat dan handal yang dapat menggantikan perlindungan paralel. Dari persyaratan tersebut di atas, piranti proteksi (proteksi surja) harus *non-linear*. komponen-komponennon-linear dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok:

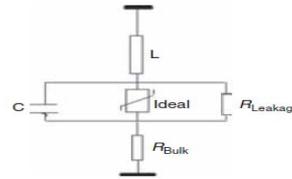
1. Perangkat yang memiliki tegangan *konstan* selama konduksi surja (pemotongan)

2. Perangkat yang mengubah keadaan dari insulator menjadi konduktor yang baik selama konduksi surja.
3. Perangkat yang memiliki impedan seri yang besar untuk tegangan CM (isolator disisipkan dalam seri, misalnya CM filter, trafo isolasi, opto-isolator. Proteksi surja seri yang lain atau piranti pembatas termasuk sekering, pemutus rangkaian, induktor dan *temperature-dependent resistors*).

Spark gap terdapat dalam tabung keramik diisi dengan gas inert (gas tabung *discharge*) dan *varistor* oksida logam adalah piranti yang sangat populer dalam proteksi instalasi tegangan rendah (Vernon Cooray, 2010).

2.5. Arestor tegangan Rendah MOV (Metal Oxide Varistor)

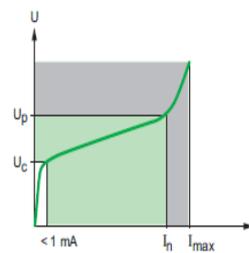
Arestor surja jenis MOV didesain tanpa menggunakan celah (*gapless*). Arestor jenis MOV merupakan arester yang banyak diterapkan pada sistem tegangan rendah, karena memiliki kemampuan pemotongan tegangan rendah jenis MOV memiliki rating arus pelepasan sebesar 1 kA hingga 15 kA. Biasanya, *varistor* dibuat dalam bentuk piringan dan karenanya memiliki nilai kapasitansi yang besarnya pada kisaran 0,2-10 nF. Termasuk induktan kaki *varistor* akan melengkapi rangkaian setara dari *varistor*, yang ditunjukkan pada Gambar (3). *Varistor* adalah perangkat yang bertindak cepat dengan tanggapan waktu kurang dari 0,5 μ s. Kinerja *varistor* dipengaruhi oleh suhu. Kebocoran arus yang berlebihan dapat menaikkan suhu *varistor* tersebut. Karena *varistor* memiliki koefisien suhu negatif, arus akan meningkat jika *varistor* bertambah panas, yang akan meningkatkan arus lebih jauh, sehingga akhirnya timbul panas yang berlebihan. *Varistor* biasanya digunakan untuk melindungi sistem elektronik dari tegangan lebih transien yang merambat pada listrik. Ada berbagai jenis model *varistor* yang telah dikembangkan pada masa lalu yang sedang digunakan untuk berbagai aplikasi dan tergantung pada jenis *varistor* yang digunakan. Energi yang diserap dalam keramik pada sebuah *varistor* didistribusikan di seluruh keramik pada butiran-butiran dibandingkan pada sebuah persimpangan tunggal seperti pada bahan semikonduktor. *Varistor* dapat menahan transien pulsa tunggal sampai dengan 150 persen dari arus pengenalnya, tetapi *varistor* mungkin rusak pada *transien multipulse* pada 75 persen dari arus pengenalnya dari puncak arus. Ketika *varistor* dioperasikan pada tegangan operasi sistem, *varistor* hanya bisa menahan 40 persen dari arus pengenal dalam lingkungan *multipulse*.



Gambar 3 Model rangkaian ekuivalen dari varistor (Vernon Cooray, 2010)

2.6. Karakteristik Arus-Tegangan Surge Protection Device (SPD)

Standar internasional IEC61643-1 Edition 2.0 (03/2005) mendefinisikan karakteristik dan tes untuk Surge Protection Device pada sistem distribusi tegangan rendah seperti diperlihatkan pada Gambar (4).



Gambar 4 Karakteristik arus/waktu dari sebuah SPD dengan varistor. (Overvoltage protection, Chapter J, Schneider Electric - Electrical installation guide 2010)

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode perbandingan, yaitu membandingkan arus bocor masing-masing arester sebelum maupun setelah diterpa impuls dengan nilai yang ada pada Standar Internasional IEC61643-1 Edition 2.0 (03/2005). Hasil perbandingan tersebut diharapkan dapat menginformasikan tentang tingkat perlindungan arester setelah diterpa beberapa impuls tegangan.

3.1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah tiga arester tegangan rendah yaitu arester merek Merin Gerin/Schneider type PF40 1P. Data spesifikasi arester terlihat pada tabel (1).

Tabel 1. Data Teknis arester

No	Data teknis	Merin Gerin PF40 1P
1	Maximum Current Discharge, I_{max} (kA)	40
2	Nominal Discharge Current, I_n (kA)	15
3	Voltage Protection Level, U_p (kV)	$\leq 1,5$
4	Rated Voltage Network, U_n (V)	230
5	Maximum Continuous Operating Voltage, U_c (V)	260
6	Operating Frequensi	50/60 Hz
7	Operating Voltage	230/260 V

AC

No	Data teknis	Merin Gerin PF40 1P
8	Permanent operating Current, I _c	<1mA
9	Response time	<25 ns
10	Operating Temperature	-25°C s/d +60°C
11	Standard	IEC 61643-1 T2 EN 61643-11 Type 2

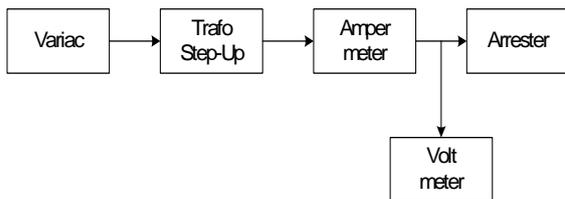
3.2. Alat penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah satu unit generator impuls OGAWA SEIKI buatan jepang, resistor tegangan tinggi, kapasitor dan osiloscope LeCroy 9354 AL 500MHz.

3.3. Jalannya penelitian

a. Pengujian besar arus bocor arrester sebelum diterpa impuls tegangan (keadaan baru) dan setelah diterpa impuls tegangan

Dasar dari penelitian ini adalah dengan memberikan tegangan kerja AC mulai dari 20 s.d. 400 volt pada arrester, sebelum dan sesudah dikenai impuls. Tegangan kerja yang diberikan pada masing-masing arrester diberikan pada nilai dibawah sampai melebihi nilai tegangan operasi maksimum (U_c) masing-masing arrester. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik arus bocor terhadap tegangan kerjapada arrester sebelum dan sesudah arrester tersebut diterpa impuls. Hasil pengujian ini akan menunjukkan karakteristik (V-I) arrester sebelum dan sesudah diterpa impuls sehingga akan terlihat pula ketahanan arrester setelah diterpa impuls. Gambar 5 menunjukkan blok diagram pengujian arus bocor arrester.



Gambar 5. Blok diagram pengujian arus bocor arrester

b. Membandingkan antara arus bocor arrester hasil pengujian dengan Standar internasional IEC61643-1Edition2.0(03/2005)

Standar internasional IEC61643-1Edition2.0(03/2005) mendefinisikan karakteristik dan tes untuk SPD pada sistem distribusi tegangan rendah seperti diperlihatkan pada Gambar4.

4. Hasil Pembahasan

4.1. Data hasil pengukuran Arus bocor arrester dan tegangan pematangan arrester sebelum dan setelah diterpa 6 dan 10 buah cacah impuls

dengan puncak tegangan impuls 16 kV; 20 kV; 25 kV dan 30 kV.

Data hasil pengujian arrester sebelum (keadaan baru) dan setelah diterpa 6 dan 10 buah cacah impuls pada puncak tegangan impuls 16 kV; 20 kV; 25 kV dan 30 kV diperlihatkan pada Tabel (2) ,tabel (3) dan tabel(4).

Tabel.2. Data pengujian arus bocor AC sebelum diterpa impuls

No	Tegangan Kerja (V)	Arus Bocor Arrester (µA)
1	20	20,5
2	40	42,1
3	60	65,7
4	80	86,8
5	100	108,8
6	120	130,2
7	140	150,1
8	160	172,6
9	180	210
10	200	250
11	220	330
12	240	450
13	260	640
14	280	880
15	300	1230
16	320	1670
17	340	2320
18	360	2950
19	380	3620
20	400	4250

Tabel.3. Data pengujian arus bocor AC pasca impuls

No	Tegangan Kerja (V)	Arus bocor AC pasca impuls (µA) pada Tegangan Impuls (KV)							
		16				25			
		6		10		6		10	
1	20	24,7	25	207	199,8	221,6	225,5	230	230
2	40	47,8	50	470	318,2	450	360	370	360
3	60	71,00	70	730	580	710	580	580	560
4	80	96,2	80	970	760	960	750	740	760
5	100	117,9	100	1130	1000	1200	980	960	980
6	120	140,5	130	1230	1200	1460	1190	1190	1180
7	140	166,3	150	1390	1370	1690	1370	1390	1350
8	160	190,3	180	1580	1590	1960	1580	1560	1560
9	180	220	220	1780	1800	2180	1780	1780	1770
10	200	280	280	1980	1980	2460	1980	1970	1990
11	220	360	370	2200	2190	2720	2180	2180	2170
12	240	540	520	2380	2610	2940	2390	2400	2370
13	260	750	760	2590	2790	3200	2570	2560	2570
14	280	1090	1100	2790	3000	3480	2780	2780	2820
15	300	1530	1500	3000	3190	3720	2990	3000	2980
16	320	2120	2070	3180	3390	3990	3180	3160	3170
17	340	2830	2750	3410	3390	4280	3580	3390	3390
18	360	3630	3540	3590	3600	4540	3770	3580	3600
19	380	4520	4360	3780	3770	4900	3940	3760	3780
20	400	5480	5160	3950	3980	5370	5390	3950	3940

Tanggal Pengujian	20/8/2	21/8/2	21/8/2	21/8/2	21/8/2	21/8/2	21/8/2	21/8/2
Temperature	014	014	014	014	014	014	014	014
Tekanan udara	28	29	27	29	28	28	28	28
Kelembaban	72	72	72	72	72	62	62	62
Waktu pengujian	08.00	09.30	10.00	11.00	10.09	10.09	13.00	14.00

Tabel.4. Data pengujian tegangan residu arrester MG jenis PF40 1P

No	Pengaturan osiloskop		Tegangan impuls Vimp (kVolt)		Tegangan residu Vres (Volt)			
	µs	mV	Osiloskop (mV)	Impuls	6 cacah			
					µs	mV	Osiloskop (mV)	RniI (mV)
1	10	200	569	16	29	814900	32	899200
					27	758700	32	899200
					30	843000	32	899200
					27	758700	32	899200

No	Pengaturan osiloskop		Tegangan impuls Vimp (kVolt)		Tegangan residu Vres (Volt)			
	µs	mV	Osilo skop (mV)	Riil (kV)	6 cacah		10 cacah	
					Osilosk op (mV)	Riil (mV)	Osilo skop (mV)	Riil (mV)
					22	618200	32	899200
					24	674400	29	814900
							30	843000
							32	899200
							29	814900
							32	899200
Tgl Pengujian					30 Maret 2011		30 Maret 2011	
Temperatur (°C)					27		28	
tekanan (mm Hg)					985		984	
Kelembaban (%)					70		67	
Waktu Pengujian					08.00		10.30	
No	Pengaturan osiloskop		Tegangan impuls Vimp (kVolt)		Tegangan residu Vres (Volt)			
	µs	mV	Osilo skop (mV)	Riil (kV)	6 cacah		10 cacah	
					Osilosk op (mV)	Riil (mV)	Osilo skop (mV)	Riil (mV)
2			712	20	104	2922400	112	3147100
					104	2922400	96	2697600
					104	2922400	104	2922400
					104	2922400	104	2922400
					96	2697600	104	2922400
					96	2697600	104	2922400
							104	2922400
							112	3147100
		104	2922400					
		104	2922400					
Tgl Pengujian					20 Agustus 2014		20 Agustus 2014	
Temperatur (°C)					27		28	
tekanan (%)					1013		1011	
Kelembaban (mm Hg)					73		62	
Waktu Pengujian					08.00		10.30	
No	Pengaturan osiloskop		Tegangan impuls Vimp (kVolt)		Tegangan residu Vres (Volt)			
	µs	mV	Osilo skop (mV)	Riil (kV)	6 cacah		10 cacah	
					Osilosk op (mV)	Riil (mV)	Osilo skop (mV)	Riil (mV)
3	10	200	888	25	144	4046400	144	4046400
					144	4046400	128	3596800
					144	4046400	136	3821600
					136	3821600	136	3821600
					136	3821600	136	3821600
					144	4046400	136	3821600
							136	3821600
							136	3821600
							136	3821600
							136	3821600
Tgl Pengujian					20 Agustus 2014		20 Agustus 2014	
Temperatur (°C)					28		28	
tekanan (%)					1009		1009	
Kelembaban (mm Hg)					62		62	
Waktu Pengujian					12.30		13.30	
No	Pengaturan osiloskop		Tegangan impuls Vimp (kVolt)		Tegangan residu Vres (Volt)			
	µs	mV	Osilo skop (mV)	Riil (kV)	6 cacah		10 cacah	
					Osilosk op (mV)	Riil (mV)	Osilo skop (mV)	Riil (mV)
4	10	200	1067	30	160	4496000	168	4720800
					160	4496000	160	4496000
					176	4945600	160	4496000
					176	4945600	160	4496000
					160	4496000	168	4720800
					168	4720800	160	4496000
							160	4496000
							160	4496000
Tgl Pengujian					20 Agustus 2014		20 Agustus 2014	
Temperatur (°C)					28		28	
tekanan (%)					1009		1009	
Kelembaban (mm Hg)					72		72	
Waktu Pengujian					14.30		15.30	

Nilai Arus bocor arester Merin Gerin, pada tegangan operasi kerja maksimum (U_c) sebelum diterpa impuls/dalam kondisi baru, lebih kecil dari pada arus bocor baku (≤ 1 mA), (ABB Application

Guidelines, 2010). Artinya bahwa kondisi arester yang diuji dalam kondisi laik-kerja.

Nilai Arus bocor arester, pada tegangan operasi kerja maksimum (U_c) setelah diterpa beberapa cacah impuls masih dibawah 1mA sampai dengan

puncak impuls tegangan 16 kV, lebih dari 16 kV, arus bocor arrester sudah diatas 1mA, hal ini menunjukkan bahwa arrester sudah mengalami degradasi/ penurunan kualitas kerja .

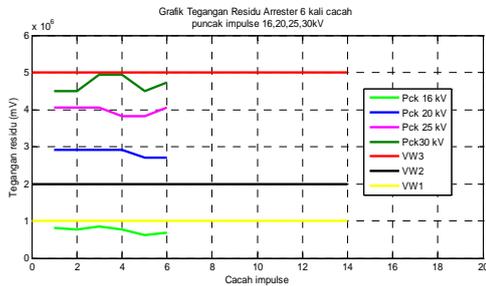
Berdasarkan data tegangan residu arrester setelah diterpa beberapa cacah impuls dan dengan dinaikannya puncak tegangan impuls maka dapat dikatakan bahwa arester MG pada puncak tegangan impuls 16 kV dengan 6 dan 10 buah cacah impuls tegangan mempunyai nilai tegangan residu tertinggi masing-masing yaitu (814,900 volt dan 899,200 Volt). Nilai tegangan residu arester MG tersebut belum melebihi batas ketahanan tegangan klas VW1 dan VW2 pada standar SNI 04-7021.21-2004. Artinya tegangan residu arester masih di bawah standar klas VW1 maupun VW2 dan tegangan residu arester dalam batas aman untuk peralatan listrik yang beroperasi di bawah 250 volt.

Untuk tegangan puncak 20 kV arester MG dengan 6 dan 10 buah cacah impuls tegangan mempunyai nilai tegangan residu tertinggi sebesar 2,922,400 volt . Nilai tegangan residu arester MG tersebut sudah melebihi batas ketahanan tegangan klas VW1 dan VW2, tetapi belum melebihi batas ketahanan tegangan VW3 pada standar SNI 04-7021.21-2004. Artinya tegangan residu arester sudah di atas standar klas VW1 maupun VW2 tetapi masih di bawah standar klas VW3, dan dikatakan tegangan residu arester sudah tidak aman untuk peralatan listrik yang beroperasi pada tegangan 60 DC, tetapi masih aman untuk peralatan yang beroperasi pada tegangan 250 volt.

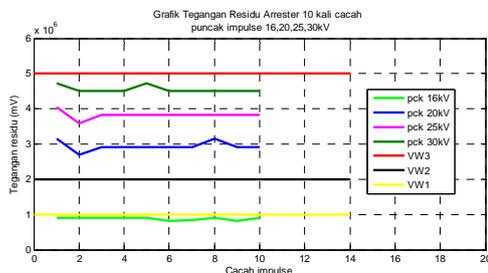
Untuk tegangan 25 kV arester MG dengan 6 dan 10 buah cacah impuls tegangan mempunyai nilai tegangan residu tertinggi sebesar 4,046,400 volt . Nilai tegangan residu arester MG tersebut sudah melebihi batas ketahanan tegangan klas VW1 dan VW2, tetapi belum melebihi batas ketahanan tegangan VW3 pada standar SNI 04-7021.21-2004. Artinya tegangan residu arester sudah di atas standar klas VW1 maupun VW2 tetapi masih di bawah standar klas VW3, dan dikatakan tegangan residu arester sudah tidak aman untuk peralatan listrik yang beroperasi pada tegangan 60 DC, tetapi masih aman

Pada puncak tegangan impuls 30 kV arester MG dengan 6 dan 10 buah cacah impuls tegangan mempunyai nilai tegangan residu tertinggi sebesar 4,945,600 volt. Nilai tegangan residu arester MG tersebut sudah melebihi batas ketahanan tegangan klas VW1 dan VW2, tetapi belum melebihi batas ketahanan tegangan VW3 pada standar SNI 04-7021.21-2004. Artinya tegangan residu arester sudah di atas standar klas VW1 maupun VW2 tetapi masih di bawah standar klas VW3, dan dikatakan tegangan residu arester sudah tidak aman untuk peralatan listrik yang beroperasi pada tegangan 60 DC, tetapi masih aman untuk peralatan yang beroperasi pada tegangan 250 volt.

Perbandingan antara tegangan residu untuk masing-masing puncak tegangan impuls 16kV, 20kV, 25kV dan 30kV dengan 6 dan 10 kali cacah impuls tegangan diperlihatkan pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 6 Grafik tegangan residu arrester pada puncak tegangan impuls 16kV, 20kV, 25kV dan 30kV dengan 6 kali cacah impuls



Gambar 7 Grafik tegangan residu arrester pada puncak tegangan impuls 16kV, 20kV, 25kV dan 30kV dengan 10 kali cacah impuls

4.2 Hasil perhitungan margin perlindungan tegangan residu Arrester

Selisih BIL peralatan yang dilindungi dengan tingkat proteksi arrester yang melindungi (*Margin*) biasanya ditetapkan (20 -30)% dari BIL peralatan yang dilindungi. *Margin* perlindungan tegangan residu arrester dapat dicari.

Perhitungan *Margin* perlindungan tegangan residu arrester MG adalah sebagai berikut:

Batas ketahanan tegangan klas VW1 (1000 volt) dengan 6 kali cacah impuls pada puncak tegangan impuls 16 kV:

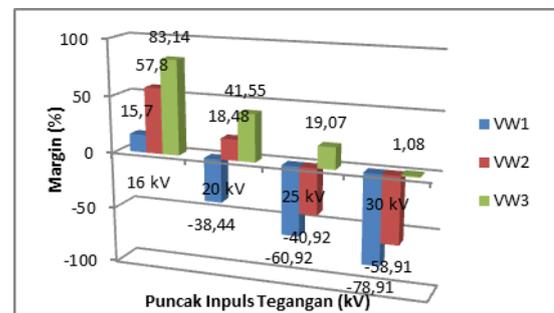
Selisih BIL peralatan yang dilindungi dengan tingkat proteksi arrester yang melindungi adalah : 1000 volt – 843,000 volt =157,00 volt. Dapat dikatakan bahwa 157,00 volt adalah 15,7% dari BIL peralatan yang dilindungi, hal ini berarti margin arrester MG untuk peralatan yang beroperasi pada tegangan DC di bawah 60 volt dapat dikatakan kecil, $V_{pematangan} < BIL$ peralatan.

Untuk puncak tegangan impuls 20 kV, 25 kV dan 30 kV, masing-masing 6 kali dan 10 kali cacah impuls dengan batas ketahanan tegangan pada klas VW1, VW2 dan VW3, dapat dihitung dengan cara yang sama dan hasil perhitungan diperlihatkan pada tabel(5).

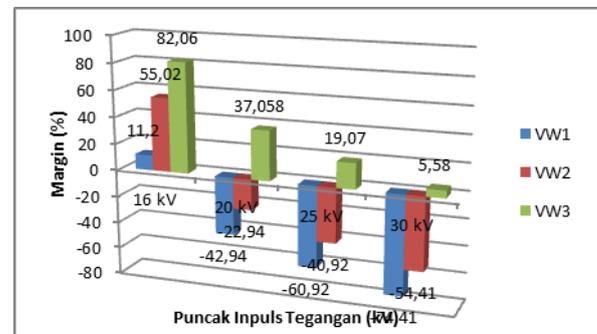
Tabel 5 Hasil perhitungan margin perlindungan tegangan residu Arrester

Klas ketahanan Tegangan	Margin perlindungan tegangan residu Arrester (%), 6kali dan 10 kali cacah impuls, Pada puncak tegangan impuls (kV)							
	16 kV		20 kV		25 kV		30 kV	
	6 kali	10 kali	6 kali	10 kali	6 kali	10 kali	6 kali	10 kali
VW1	15,7	11,20	-38,44	-42,94	-60,92	-60,92	-78,91	-74,41
VW2	57,8	55,02	18,48	-22,94	-40,92	-40,92	-58,91	-54,41
VW3	83,14	82,06	41,55	37,058	19,07	19,07	1,08	5,58

Grafik margin perlindungan tegangan residu arrester dengan puncak impuls tegangan 16, 20, 25 dan 30 kV untuk 6 kali dan 10 kali cacah impuls diperlihatkan pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8 Grafik Hubungan Margin perlindungan tegangan residu arrester dengan 6 kali cacah impuls terhadap BIL Peralatan



Gambar 9 Grafik Hubungan Margin perlindungan tegangan residu arrester dengan 10 kali cacah impuls terhadap BIL Peralatan

Artinya, margin atau tingkat perlindungan alat yang diuji pada penelitian ini dipengaruhi oleh banyaknya cacah impuls dan tingkat puncak impuls tegangan yang diberikan. Semakin banyak cacah impuls dan semakin tinggi puncak impuls tegangan maka tingkat perlindungan (*Margin*) dari arrester semakin rendah. alat yang diuji pada penelitian ini cocok digunakan untuk peralatan listrik dengan batas ketahanan tegangan klas VW2 (2000 volt) hanya pada puncak impuls tegangan 16 kV baik dengan 6 ataupun 10 kali cacah impuls dan untuk peralatan listrik dengan batas ketahanan tegangan klas VW3 (5000 volt) untuk puncak impuls tegangan

16 kV dan 20 kV baik pada 6 kali maupun 10 kali cacah impuls, karena mempunyai margin yang besar dan diatas yang distandarkan yaitu > 20%, serta tegangan residu masih dibawah 2000 volt dan 5000 Volt. Untuk peralatan listrik dengan batas ketahanan tegangan klas VW1 (1000 volt) perlu pertimbangan untuk memakai alat yang diuji walaupun tegangan residu masih dibawah 1000 volt untuk puncak tegangan impuls 16 kV. Hal ini dikarenakan margin yang didapatkan kecil (< 20%) dari BIL peralatan yang dilindungi.

Berdasarkan tabel 4 dapat dinyatakan bahwa dengan puncak impuls tegangan yang lebih dari 25 kV arrester sudah tidak mampu melindungi peralatan listrik baik pada klas ketahanan tegangan VW1, VW2 maupun VW3. Hal ini dapat dikatakan bahwa semakin besar puncak tegangan impuls dan semakin banyak cacah impuls yang diberikan akan mengakibatkan besarnya arus bocor pada arrester atau bisa dikatakan arrester mengalami *degradasi*/penurunan kualitas materialnya, sehingga arrester akan mengalami kerusakan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Arus bocor semakin besar dengan meningkatnya puncak impuls tegangan dan banyak cacah impuls yang diterpakan pada arrester.
2. Besar tegangan puncak dan banyaknya cacah impuls yang diterpakan pada arrester mempengaruhi besar tegangan residu arrester dan tingkat perlindungan (margin) arrester dalam melindungi peralatan listrik.
3. Alat yang diuji pada penelitian ini cocok digunakan untuk peralatan listrik dengan batas ketahanan tegangan klas VW2 (2000 volt) hanya pada puncak impuls tegangan 16 kV baik dengan 6 ataupun 10 kali cacah impuls dan untuk peralatan listrik dengan batas ketahanan tegangan klas VW3 (5000 volt) untuk puncak impuls tegangan 16 kV dan 20 kV baik pada 6 kali maupun 10 kali cacah impuls, karena mempunyai margin yang besar dan diatas yang distandarkan yaitu > 20%, serta tegangan residu masih dibawah 2000 volt dan 5000 Volt. Untuk peralatan listrik dengan batas ketahanan tegangan klas VW1 (1000 volt) perlu pertimbangan untuk memakai alat yang diuji walaupun tegangan residu masih dibawah 1000 volt untuk puncak tegangan impuls 16 kV. Hal ini dikarenakan margin yang didapatkan kecil (< 20%) dari BIL peralatan yang dilindungi.

Daftar Pustaka

[1] Cooray V., 2010, "Lightning Protection", Institution of Engineering and Technology, London, United Kingdom

- [2] Sirait & Zorro., 1987, "Proteksi Terhadap Tegangan Lebih", Jurusan Teknik Elektro FTI ITB.
- [3] Tobing L.B., 2003, "Peralatan Tegangan Tinggi", PT Gramedia Pustaka Utama.
- [4], 2010, "Overvoltage protection, Chapter J, Schneider Electric - Electrical installation guide 2010
- [5], Zoro R., 2009, "Induksi dan Konduksi Gelombang Elektromagnetik akibat sambaran petir pada Jaringan Tegangan Rendah", Makara Teknologi Vol. 13 No. 1, April 2009 : 25-32.
- [6], 2010, "Petunjuk Operasi & Pemeliharaan Lightning Arrester" Operation Manual, PLN.
- [7], 2004, "Peralatan dan Sistem Telekomunikasi" Standart Nasional Indonesia (SNI)
- [8] Suwarti D., 2011, "Pengaruh Kenaikan Tegangan Impuls Terhadap Tingkat Perlindungan Peralatan Listrik Pada Arrester Tegangan Rendah" Prosiding SENOPUTRO
- [9] Widyanto A., 2009, "Unjuk Kerja Arrester Tegangan Rendah", UGM