

ANALISIS DISTRIBUSI TEGANGAN LEBIH AKIBAT SAMBARAN PETIR UNTUK PERTIMBANGAN PROTEKSI PERALATAN PADA JARINGAN TEGANGAN MENENGAH 20 kV di YOGYAKARTA

Mursid Sabdullah, T. Haryono, Sasongko Pramono Hadi
Jurusan Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
Telepon (0274) 510983, 902200, 902201, 902202
E-mail : mursidsabdullah@yahoo.com

Abstrak- Tegangan lebih transien merupakan salah satu penyebab terjadinya gagal isolasi pada suatu sistem tenaga listrik jika magnitudo tegangannya melebihi BIL (*Basic Insulation Level*) peralatan isolasi serta komponen sistem tenaga listrik yang dipakai. Surja petir merupakan faktor yang lebih dominan dalam menimbulkan tegangan lebih transien pada saluran tenaga listrik dengan tingkat tegangan di bawah 230 kV, dibandingkan dengan surja hubung. Surja petir terjadi akibat adanya sambaran petir yang mengenai sebuah sistem tenaga listrik baik secara langsung maupun secara induksi.

Penelitian ini mempelajari distribusi tegangan lebih transien pada suatu saluran daya 20 kV 3 fasa 4 kawat akibat terjadi sambaran petir di saluran tersebut. Untuk mempermudah dalam proses analisis, digunakan program EMTP (*Electromagnetic Transients Program*) sebagai alat bantu untuk mensimulasikan proses terjadinya sambaran petir pada saluran tersebut. Sebagai bahan kajian pada penelitian ini diambil data dari saluran distribusi 20 kV penyulang-1 Gardu Induk Kentungan sampai Kalasan Yogyakarta.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan lebih transien terjadi di sepanjang saluran distribusi dengan tegangan semakin besar jika panjang saluran semakin besar. Besarnya tegangan lebih transien yang terjadi pada saluran tersebut dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam menentukan proteksi peralatan.

Kata Kunci : Sambaran Petir, tegangan lebih transien, EMTP

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah katulistiwa yang panas dan lembab, sehingga memiliki hari guruh per tahun yang sangat tinggi dibandingkan dengan negara-negara lain di dunia yaitu sekitar 180-260 hari per tahun (dari <http://www.petir.com/>). Kerapatan sambaran petir di Indonesia juga sangat besar yaitu 12/km²/tahun, yang berarti pada setiap luas area 1 km² berpotensi menerima sambaran petir sebanyak 12 kali setiap tahunnya (dari <http://www.petir.com/>). Sehingga dengan kondisi tersebut jaringan tenaga listrik yang diakibatkan oleh sambaran petir.

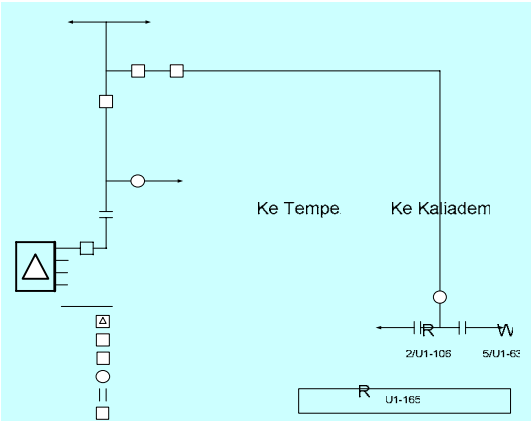
Surja petir merupakan faktor yang lebih dominan dalam menimbulkan tegangan lebih transien pada saluran tenaga listrik dengan tingkat tegangan di bawah 230 kV, dibandingkan dengan surja hubung. Sedangkan pada level tegangan 230 kV ke atas surja hubung merupakan faktor yang

lebih dominan dalam menimbulkan tegangan lebih transien dibandingkan faktor surja petir (Stevenson, 1996). Tegangan lebih transien yaitu tegangan yang mempunyai amplitudo sangat besar, dan berlangsung sangat singkat. Surja petir adalah gejala tegangan lebih transien yang disebabkan oleh sambaran petir. Tegangan lebih tersebut dapat merusak peralatan isolasi serta komponen-komponen dalam sistem tenaga listrik, jika magnitudo tegangannya melebihi BIL (*Basic Insulation Level*) peralatan isolasi serta komponen sistem tenaga listrik yang dipakai (Yuniarto, 2002).

Penelitian ini akan melakukan pengamatan dan analisis mengenai distribusi tegangan lebih transien yang terjadi pada saluran tenaga listrik 20 kV pada saat terjadi sambaran petir di dalam saluran itu. Serta seberapa besar tegangan lebih transien yang timbul pada saluran **fasanya tersambar petir, dengan menggunakan bantuan EMTP (*Electromagnetic Transients Program*)**.

saluran fasa yang lain apabila salah satu penghantar fasanya tersambar petir, dengan menggunakan bantuan EMTP (*Electromagnetic Transients Program*). EMTP adalah suatu program komputer terintegrasi yang didesain khusus untuk menyelesaikan permasalahan peralihan (*transient*) pada sistem tenaga listrik dengan parameter R, L, dan C terkonsentrasi (*lumped*), dan parameter R, L, dan C terdistribusi, atau kombinasi dari kedua rangkaian tersebut. EMTP dapat digunakan untuk menganalisis rangkaian yang menggunakan parameter R, L dan C jaringan tenaga listrik dengan parameter terdistribusi, saluran yang ditransposisi atau saluran yang tidak ditransposisi. EMTP sangat baik digunakan untuk analisis tegangan lebih transien yang diakibatkan oleh surja hubung dan surja petir karena program ini menyediakan fasilitas pemodelan untuk generator, pemutus tenaga, arrester, sumber surja petir dan pemodelan saluran tenaga listrik. (Dommel dan Herman, 1996).

Sebagai bahan kajian pada penelitian ini, akan diambil data-data teknis dan parameter jaringan tegangan menengah 20 kV penyulang-1 GI Kentungan sampai Kalasan, Daerah Istimewa Yogyakarta. Dengan panjang saluran kurang lebih 60 km.



Gambar 1. Single Line Diagram Penyulang Kentungan 1

2. Metodologi dan Prosedur Simulasi Ke Ngemplak

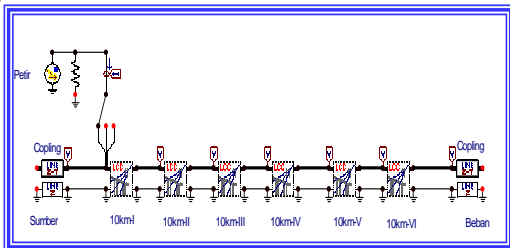
Pengamatan distribusi tegangan lebih transien dilakukan dengan mensimulasikan kondisi jaringan pada saat terjadi sambaran petir di salah satu saluran fasanya. Sumber surja menggunakan sumber tegangan 35 kV dengan bentuk gelombang 1.2/50 μ s (IEEE -

Trans. Power Delivery, vol. 12, No. 3, July 1997, pp. 0855-8977.)

Dalam melakukan simulasi pertama – tama membuat rangkaian model dengan menggunakan EMTP. Rangkaian model yang dibuat dibatasi oleh asumsi-asumsi sebagai berikut :

1. Parameter penghantar tersebut merata di sepanjang saluran distribusi
2. Variabel R dan G diabaikan
3. Sambaran petir terjadi pada salah satu penghantar fasa
4. Simulasi dengan memvariasikan posisi sambaran petir pada setiap 10 km
5. Dilakukan pengukuran tegangan sepanjang saluran tersebut.

Gambar rangkaian model EMTP untuk simulasi adalah sebagai berikut :

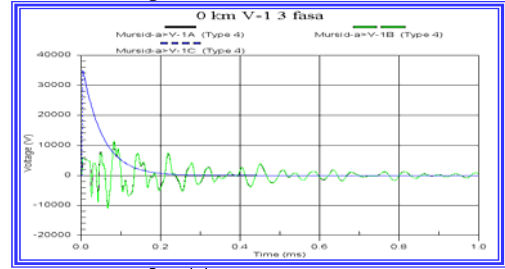


Gambar 2. Model Rangkaian Untuk Simulasi

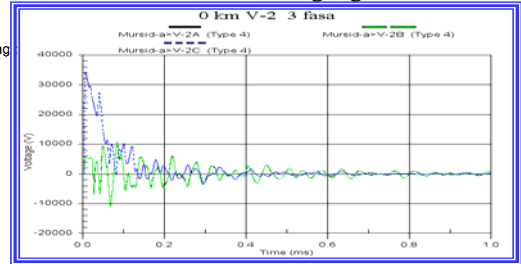
3. Hasil Simulasi dan Pembahasan

Dengan melakukan simulasi sambaran petir pada 0 km, 10 km, 20 km, 30 km, 40 km, 50 km dan 60 km serta dilakukan pengukuran pada semua lokasi tersebut, maka diperoleh hasil sebagai berikut :

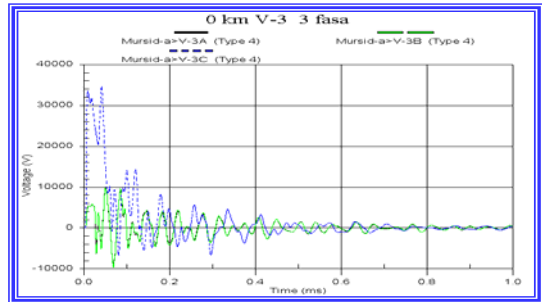
a. Untuk sambaran pada 0 km



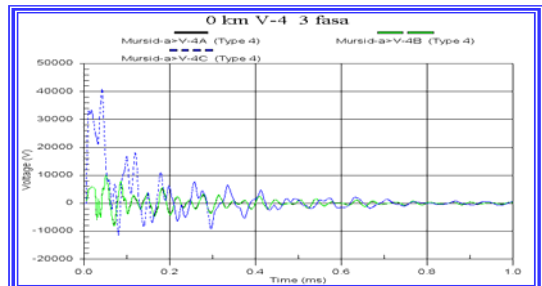
Gambar 3. Profil Tegangan V-1



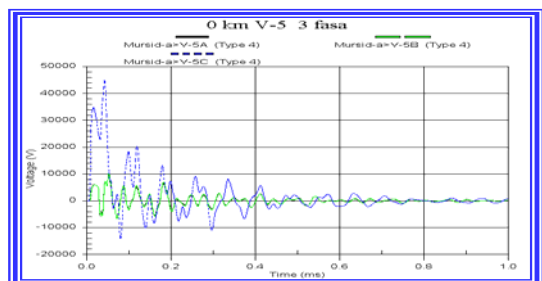
Gambar 4. Profil Tegangan V-2



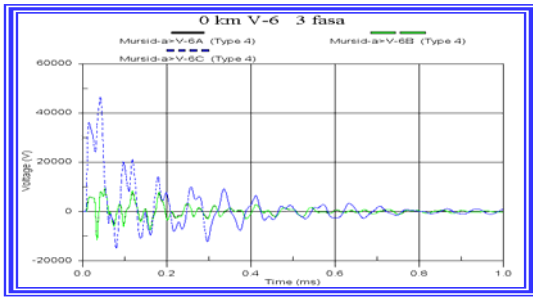
Gambar 5. Profil Tegangan V-3
 PT. PLN (PERSERO) RAPJ TOGARAN YA
 JANUARI 2005



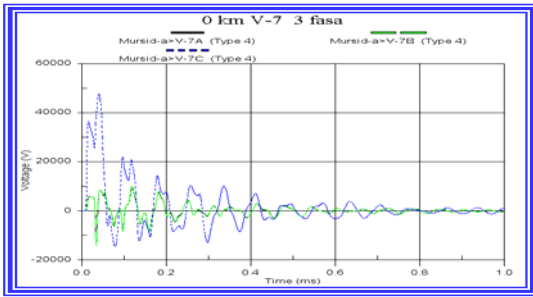
Gambar 6. Profil Tegangan V-4



Gambar 7. Profil Tegangan V-5



Gambar 8. Profil Tegangan V-6



Gambar 9. Profil Tegangan V-7

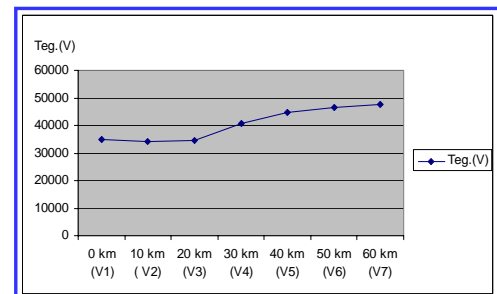
Tabel 1. Besar Tegangan Untuk Semua Volt Meter pada Sambaran di 0 km

Lokasi Volt-meter	Tegangan (volt)			
	Min	Max	Avg	RMS
V-1A	-	-	-	-
V-1B	10538.6	11020.8	1783.99	2697.17
V-1C	-	-	-	-
V-2A	10936.9	11611.3	1821.37	2775.07
V-2B	0	35000	1810.09	5704.63
V-2C	-	-	-	-
V-3A	10610.3	10098	1556.34	2410.04
V-3B	-11102	10713.6	1601.42	2487.26
V-3C	-	-	-	-
V-4A	3393.87	34253	2220	5985.18
V-4B	-	-	-	-
V-4C	9106.66	9851.28	1324.74	2127
V-5A	-9613.8	9729.51	1375.19	2205.47
V-5B	-	-	-	-
V-5C	6803.02	34612.4	2802.72	6554.33
V-6A	-	-	-	-
V-6B	7747.93	10192.7	1164.26	1946.61
V-6C	-	-	-	-
V-7A	8228.91	10231.9	1222.89	2030.22
V-7B	-	-	-	-
V-7C	11399.8	40801.8	3395.31	7225.94
V-8A	-	-	-	-
V-8B	6172.99	10397.4	1159.18	1960.75
V-8C	-	-	-	-
V-9A	6631.09	10545.3	1228.78	2052.67
V-9B	-	-	-	-
V-9C	14096.8	44890.9	3945	7893.34
V-10A	-	-	-	-
V-10B	11118.4	9209.62	1301.59	2193.41
V-10C	-	-	-	-

V-6B	-	9582.42	1364.7	2287.3
V-6C	-	46520.9	4493.91	8523.04
V-7A	-	9671.62	1515.27	2484.87
V-7B	-	10127.2	1577.15	2571.07
V-7C	-	47630	5025.73	9103.78
I-1C	-	167.92	24.9083	39.0329

Tabel 2. Besar Tegangan Puncak Fasa Yang Tersambar Untuk Sambaran di 0 km

No.	Lokasi Pengukuran	Tegangan Puncak (volt)
1		35000
2	10 km-I (V-2)	34253
3	10 km-II (V-3)	34612.4
4	10 km-III (V-4)	40801.8
5	10 km-IV (V-5)	44890.9
6	10 km-V (V-6)	46520.9
7	10 km-VI (V-7)	47630

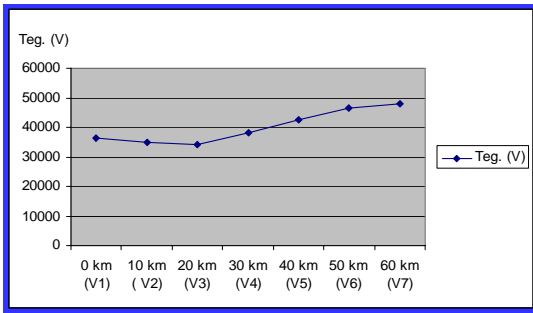


Gambar 10. Grafik Hubungan antara Besar Tegangan puncak dengan Jarak Pengukuran

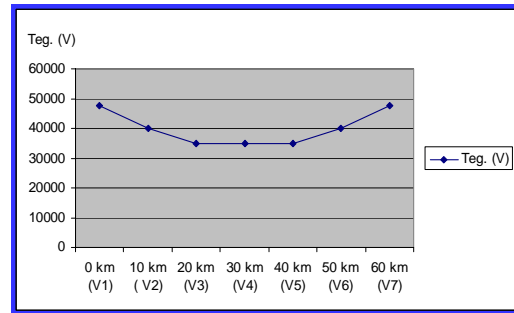
b. Untuk sambaran pada 10 km-I

Tabel 3. Besar Tegangan Puncak Fasa Yang Tersambar Untuk Sambarandi 10 km-I

No.	Lokasi Pengukuran	Tegangan Puncak (V)
1	0 km (V-1)	36329
2	10 km-I (V-2)	35000
3	10 km-II (V-3)	34251.3
4	10 km-III (V-4)	38206.4
5	10 km-IV (V-5)	42576
6	10 km-V (V-6)	46529.1
7	10 km-VI (V-7)	48121.3



Gambar 11. Grafik Hubungan antara Besar Tegangan puncak dengan Jarak Pengukuran

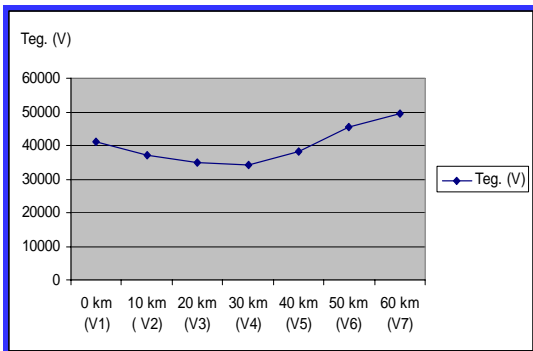


Gambar 13. Grafik Hubungan antara Besar Tegangan puncak dengan Jarak Pengukuran

c. Untuk sambaran pada 10 km-II

Tabel 4. Besar Tegangan Puncak Fasa Yang Tersambar Untuk Sambaran di 10 km-I

No.	Lokasi Pengukuran	Tegangan Puncak (V)
1	0 km (V-1)	41003.1
2	10 km-I (V-2)	37228.9
3	10 km-II (V-3)	35000
4	10 km-III (V-4)	34254.6
5	10 km-IV (V-5)	38214.6
6	10 km-V (V-6)	45430.5
7	10 km-VI (V-7)	49620.2



Gambar 12. Grafik Hubungan antara Besar Tegangan puncak dengan Jarak Pengukuran

d. Untuk sambaran pada 10 km-III

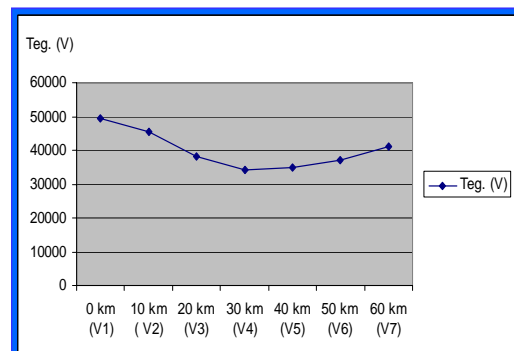
Tabel 5. Besar Tegangan Puncak Fasa Yang Tersambar Untuk Sambaran di 10 km-III

No.	Lokasi Pengukuran	Tegangan Puncak (V)
1	0 km (V-1)	47759.4
2	10 km-I (V-2)	39843.6
3	10 km-II (V-3)	35065.8
4	10 km-III (V-4)	35000
5	10 km-IV (V-5)	35065.8
6	10 km-V (V-6)	39843.6
7	10 km-VI (V-7)	47759.4

e. Untuk sambaran pada 10 km-IV

Tabel 5. Besar Tegangan Puncak Fasa Yang Tersambar Untuk Sambaran di 10 km-IV

No.	Lokasi Pengukuran	Tegangan Puncak (V)
1	0 km (V-1)	49620.2
2	10 km-I (V-2)	45430.5
3	10 km-II (V-3)	38214.6
4	10 km-III (V-4)	34254.6
5	10 km-IV (V-5)	35000
6	10 km-V (V-6)	37228.9
7	10 km-VI (V-7)	41003.1

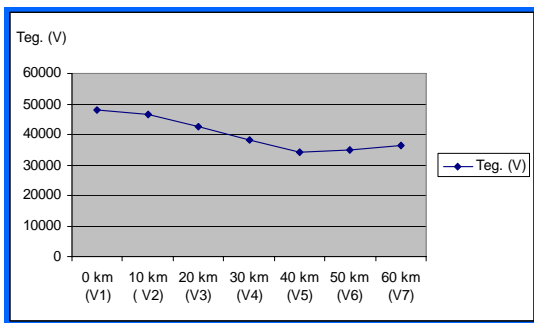


Gambar 14. Grafik Hubungan antara Besar Tegangan puncak dengan Jarak Pengukuran

f. Untuk sambaran pada 10 km-V

Tabel 6. Besar Tegangan Puncak Fasa Yang Tersambar Untuk Sambaran di 10 km-V

No.	Lokasi Pengukuran	Tegangan Puncak (V)
1	0 km (V-1)	48121.3
2	10 km-I (V-2)	46529.1
3	10 km-II (V-3)	42576
4	10 km-III (V-4)	38206.4
5	10 km-IV (V-5)	34251.3
6	10 km-V (V-6)	35000
7	10 km-VI (V-7)	36329

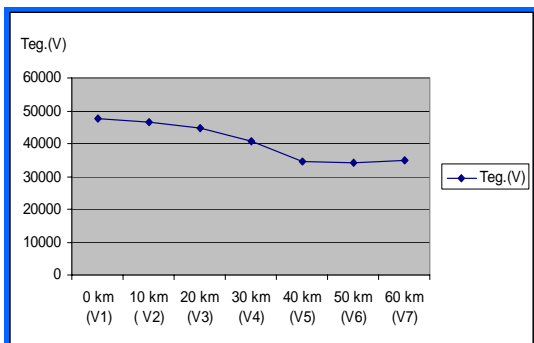


Gambar 14. Grafik Hubungan antara Besar Tegangan puncak dengan Jarak Pengukuran

g. Untuk sambaran pada 10 km-VI

Tabel 6. Besar Tegangan Puncak Fasa Yang Tersambar Untuk Sambaran di 10 km-VI

No.	Lokasi Pengukuran	Tegangan Puncak (V)
1	0 km (V-1)	47630
2	10 km-I (V-2)	46520.9
3	10 km-II (V-3)	44890.9
4	10 km-III (V-4)	40801.8
5	10 km-IV (V-5)	34612.4
6	10 km-V (V-6)	34253
7	10 km-VI (V-7)	35000



Gambar 14. Grafik Hubungan antara Besar Tegangan puncak dengan Jarak Pengukuran

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian, Tegangan lebih transien yang timbul akibat sambaran petir pada saluran distribusi 20 kV penyulang-I dari GI Kentungan sampai Kalasan dengan panjang 60,240 km, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Besarnya tegangan lebih transien pada saluran berbanding lurus dengan jarak saluran, jika saluran semakin panjang maka tegangan lebih transien akan semakin besar.
- Tegangan Transien terkecil terdapat di V-3 untuk lokasi sambaran di 0 km dan V-5 untuk lokasi sambaran di 10 km-VI.
- Tegangan Transien terbesar terdapat di V-7 untuk lokasi sambaran di 10 km-II dan V-1 untuk lokasi sambaran di 10 km-IV.

d. Besar tegangan lebih transien yang timbul pada saluran fasa yang lain akibat induksi oleh penghantar fasa yang tersambar petir adalah dalam batas aman karena nilainya lebih rendah dibanding dengan tegangan sistem.

Daftar Pustaka

- [1] Arismunandar, A., 1994, "Teknik Tegangan Tinggi", pp.28-47, Pradnya Paramita, Jakarta.
- [2] Dommel, and Herman, W., 1996, "Electromagnetic Transient Program", Vancouver, Canada.
- [3] Galvan, A., and Cooroy, V., 1997, "Analysis of Lightning-Induced Voltage in a Network of Conductors using the ATP-EMTP Program", Conference Publication no. 445, IEEE, pp. 153-158.
- [4] Hutauruk, TS., 1989, "Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja", pp. 15-28, Erlangga, Jakarta.
- [5] <http://www.petir.com/>
- [6] Stevenson, W.D., Jr., 1996, "Power System Analysis", pp.97-142, International Edition Singapore.
- [7] Yuniarto, 2002, "Analisis Tegangan Lebih Transien Karena Proses Pemberian Tenaga Pada Saluran Transmisi 500 kV Dengan Menggunakan EMTP"