

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENEMPATAN JARAK IDEAL ARRESTER DAN
TRANSFORMATOR TERHADAP SAMBARAN PETIR MENGGUNAKAN
SIMULASI *SOFTWARE* ATP (*ANALYSIS TRASIENT PROGRAMME*) DI
GARDU INDUK 150 KV KENTUNGAN**

Disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)

Program S-1 pada Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun oleh

Adi Nur Ihwanto

20140120186

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

2018

Naskah Publikasi Tugas Akhir

*Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah
Yogyakarta*

**ANALISIS PENEMPATAN JARAK IDEAL ARRESTER DAN
TRANSFORMATOR TERHADAP SAMBARAN PETIR MENGGUNAKAN
SIMULASI *SOFTWARE* ATP (*ANALYSIS TRANSIENT PROGRAMME*) DI
GARDU INDUK 150 KV KENTUNGAN**

Adi Nur Ihwanto¹, Ramadoni Syahputra², M. Yusvin Mustar³

¹Mahasiswa (201401020186), ²Dosen Pembimbing I, ³Dosen Pembimbing II

Proteksi sistem tenaga listrik pada gardu induk merupakan proteksi yang digunakan untuk melindungi peralatan sistem tenaga listrik yang berada pada gardu induk dari gangguan tegangan lebih yang diakibatkan sambaran petir dan hubung singkat. Arrester merupakan peralatan yang difungsikan untuk melindungi peralatan pada gardu induk dari sambaran petir maupun hubung singkat. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh penempatan jarak ideal arrester dan transformator terhadap gangguan sambaran petir menggunakan simulasi *software* ATP (*Analysis Transient Programme*) pada Gardu Induk 150 kV Kentungan. Metode yang digunakan yaitu menentukan penempatan arrester terhadap transformator dengan menggunakan simulasi *software* ATP dan melakukan perbandingan hasil analisis perhitungan berdasarkan standar IEC 1958 dan SPLN 1978. Hasil dari analisis perbandingan nilai tegangan lebih pada titik jepitan transformator saat sambaran petir sebesar 10 kA adalah 3,79 MV, sambaran petir 20 kA adalah 7,38 MV dan saat sambaran 40 kA adalah 13,93 MV untuk sistem tanpa terpasang arrester. 164,68 kV untuk sistem terpasang arrester dengan jarak 5 meter dan 312,93 kV untuk jarak arrester 28,5 m saat arus sambaran 10 kA, 244,17 kV untuk sistem terpasang arrester dengan jarak 5 meter dan 357,39 kV untuk jarak arrester 28,5 meter saat arus sambaran 20 kA dan 365,07 untuk sistem terpasang arrester dengan jarak 5 meter dan 414,22 kV untuk jarak arrester 28,5 meter saat arus sambaran 10 kA. Nilai tegangan sambaran petir saat durasi sambaran (τ) $5E-5$ dan durasi waktu gelombang (T-f) $1.2E-6$ lebih besar dibandingkan saat nilai τ $11E-5$ dan T-f $2,4E-6$. Hal ini disebabkan karena semakin kecil nilai durasi waktu sambaran dan gelombang sambaran petir, maka waktu yang dibutuhkan untuk mencapai puncak gelombang

Kata kunci: Arrester, Transformator, Jarak, Waktu Sambaran (τ), Waktu Gelombang (T-f) dan ATP Draw

1. PENDAHULUAN

Saat ini energi listrik merupakan kebutuhan primer yang menjadi salah satu kebutuhan umat manusia. Sehingga peran dari energi listrik tidak dapat dipisahkan dari perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Perkembangan yang pesat ini juga harus didukung dengan sistem ketenagalistrikan yang handal dengan peralatan dan sumber daya manusia yang memadai. Dengan sistem ketenagalistrikan yang dimulai dari pembangkitan, transmisi, gardu induk, transmisi dan gardu distribusi harus tetap dijaga keandalannya agar dapat bekerja dengan optimal. Salah satu penyebab rendahnya keandalan dalam penyaluran energi listrik yaitu adanya gangguan (*fault*) yang disebabkan oleh sambaran petir. Sambaran petir sendiri dibagi menjadi dua berdasarkan cara penyambarannya yaitu sambaran petir langsung (*direct stroke*) yaitu sambaran yang arah alirannya mengenai langsung pada konstruksi bangunan di atas tanah tanpa melalui perantara dan sambaran tidak langsung (*indirect stroke*) yaitu terjadi apabila sambaran petir tidak mengenai langsung kawat fase dan telah dilindungi oleh kawat petir.

Gardu induk merupakan salah satu bagian dari sistem pendistribusian tenaga listrik ke konsumen (beban), Gardu Induk 150 kV Kentungan merupakan gardu

induk yang memiliki sistem yang interkoneksi dengan gardu induk lain di Jawa Bali. Maka dari itu Gardu Induk 150 kV Kentungan haruslah memiliki keandalan yang tinggi. Dalam gardu induk terdapat beberapa komponen penting dalam pendistribusian tegangan listrik diantaranya adalah transformator. Transformator merupakan sebuah komponen yang penting pada Gardu Induk 150 kV Kentungan yang berfungsi untuk menurunkan tegangan 150 kV menjadi 20 kV yang akan disalurkan ke beban melalui jalur transmisi saluran udara tegangan tinggi, karena penempatan saluran udara berada di tempat terbuka dan konstruksinya semakin besar tegangan yang di salurkan maka semakin tinggi menara penopang jalur transmisi dan akan memperbesar resiko terjadinya tegangan lebih karena sambaran surja baik secara langsung maupun tidak langsung. Sambaran petir atau surja ini akan mengakibatkan tegangan lebih yang melebihi kapasitas isolasi transformator tenaga yang akan mengakibatkan kerusakan pada unit transformator dan akan mengakibatkan adanya gelombang berjalan.

Oleh sebab itu penentuan jarak arrester terhadap transformator dibutuhkan analisis dan perhitungan yang tepat sehingga transformator dapat terlindungi dengan maksimal dan tegangan lebih yang terjadi serta gelombang berjalan yang terjadi akan di kebumikan (disalurkan ke tanah) terlebih dahulu sebelum sampai pada transformator.

Berdasarkan sistem proteksi pada Gardu Induk 150 kV Kentungan, maka terdapat metode dalam menentukan jarak ideal penempatan arrester yang berfungsi sebagai alat proteksi tegangan lebih untuk transformator di Gardu Induk Kentungan yaitu dengan menggunakan perhitungan manual berdasarkan standari dari IEC (1958) dan SPLN (1978:4) dan simulasi program *ATP Draw*. Kedua metode ini memiliki parameter sendiri dalam menentukan jarak ideal arrester sebagai perlindungan transformator dari bahaya tegangan lebih yang diakibatkan sambaran petir, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan penelitian tentang analisis penempatan jarak ideal arrester dan transformator terhadap gangguan sambaran petir agar di dapat hasil yang benar dan tepat. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengevaluasi tegangan lebih yang terjadi pada jepitan transformator tenaga bagian primer dan tegangan lebih pada arrester saat terjadi

sambaran petir pada saluran transmisi SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi), serta membandingkan dengan analisis perhitungan manual penempatan jarak ideal arrester dan transformator berdasarkan standari dari IEC (1958) dan SPLN (1978:4). Dengan menggunakan simulasi perangkat lunak yang berfungsi untuk menganalisis tegangan lebih yaitu *ATP (Analysis Transient Programme)* sehingga dengan demikian akan diketahui tingkat keandalan dari sistem operasi arrester sebagai proteksi transformator di Gardu Induk 150 kV Kentungan.

2. TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah:

1. Melakukan simulasi dengan analisis penempatan jarak ideal arrester dan transformator terhadap sambaran petir menggunakan simulasi program *ATP (Alternative Transients Program)* di Gardu Induk 150 kV Kentungan.
2. Melakukan perhitungan jarak maksimum penempatan arrester dan transformator sebagai proteksi transformator di Gardu Induk 150 kV Kentungan.
3. Menganalisis pengaruh perubahan durasi waktu sambaran dan durasi waktu gelombang sambaran petir di Gardu Induk 150 kV Kentungan.

4. Melakukan analisis perbandingan hasil perhitungan dengan standari IEC (1958) dan PLN (1978:4) dari analisis penempatan jarak ideal arrester dan transformator terhadap sambaran petir menggunakan simulasi program ATP (*Alternative Transients Program*) di Gardu Induk 150 kV Kentungan.

3. METODE PENELITIAN

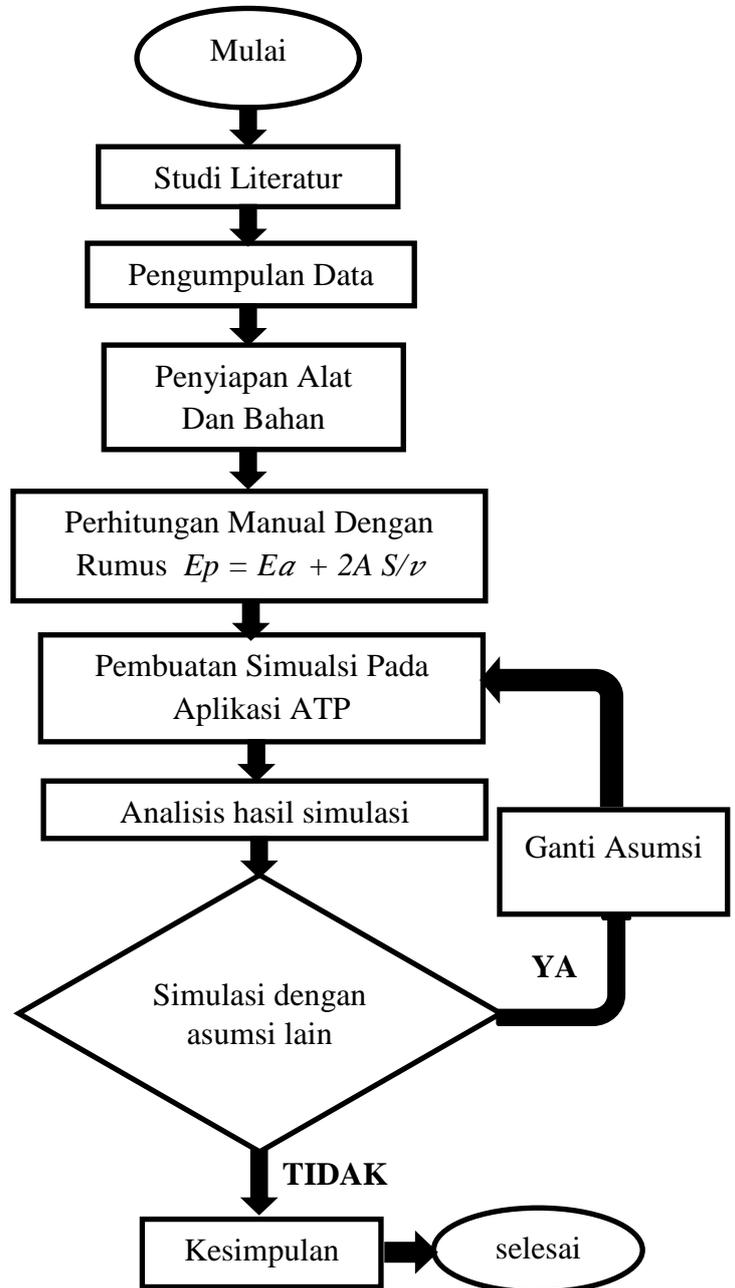
metode yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah metode Observasi yang dilakukan dengan cara mendatangi lokasi penelitian yang berada pada Gardu Induk 150 kV Kentungan.

Adapun data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini diantaranya: *Diagram Single Line*, data *sheet* arrester, jarak arrester dan transformator dilapangan, data *sheet* transformator dan data-data tentang saluran transmisi.

Analisis dilakukan dengan melakukan perhitungan manual jarak arrester dan transformator yang dimana hasil perhitungan tersebut akan dijadikan sebagai referensi jarak yang akan dimasukkan dalam simulasi *software* ATP (*Alternative Transients Program*) dimana dalam simulasi tersebut akan terdapat dua buah asumsi yaitu tanpa terpasangnya arrester pada rangkaian dan terpasangnya arrester pada rangkaian.

Metode penelitian dimulai dengan studi literatur sebagai acuan dalam

penelitian baik dari buku-buku maupun penelitian penelitian sebelumnya. Diagram alir dapat di lihat pada gambar 2.1.



4. HASIL DAN ANALISI

4.1. Perhitungan Tegangan Dasar

Arrester

Tegangan dasar arrester dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$E_r = \alpha \cdot \beta \cdot U_m$$

Sehingga :

$$E_r = 0.8 \times 1.2 \times 150 \text{ kV}$$

$$E_r = 144 \text{ kV}$$

Maka dengan persamaan diatas didapat bahwa tegangan dasar arrester di Gardu Induk 150 kV Kentungan sebesar 144 kV.

4.2. Jarak Arrester dan

Transformator Menurut IEC (1950) dan SPLN (1978)

Perhitungan jarak arrester dan transformator menurut standari yang telah ditetapkan oleh IEC (1958) dan SPLN (1978) dapat dicari menggunakan persamaan (2.20) sebagai berikut:

$$E_p = E_a + 2 A S / v$$

Sehingga:

$$650 = 450 + (2 \times 1000) S / 300$$

$$S = \frac{(650 - 450) 300}{2 \times 1000}$$

$$S = 28,5 \text{ Meter}$$

4.3. Jarak Ideal Arrester dan Transformator di Gardu Induk 150 kV Kentungan

Dengan menerapkan persamaan yang sama dengan yang telah di tetapkan oleh IEC (1958) dan SPLN (1978), maka jarak ideal arrester dan transformator di Gardu Induk 150 kV Kentungan dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$E_p = E_a + 2 A S / v$$

$$165,750 = 132 + (2 \times 1000) S / 300$$

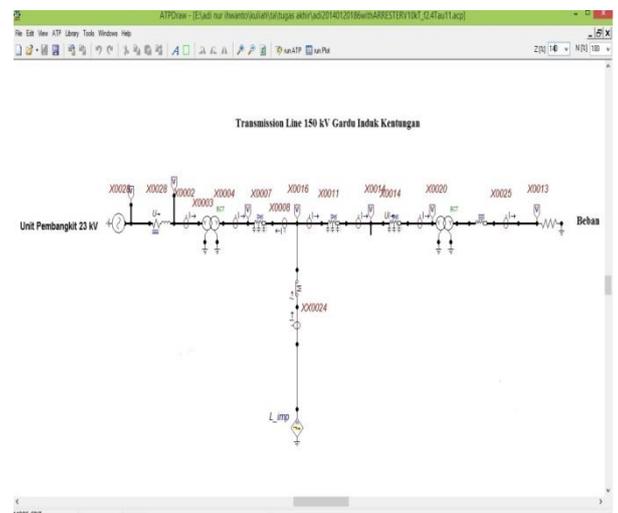
$$S = \frac{(165,750 - 132) \times 300}{2 \times 1000}$$

$$S = 5,0625 \text{ meter}$$

4.4. Simulasi ATP (*Alternative Transients Program*)

Simulasi ini menggunakan dua buah kondisi dimana kondisi pertama tanpa terpasangnya arrester dan kondisi ke dua terpasangnya arrester

4.4.1. Tanpa Arrester

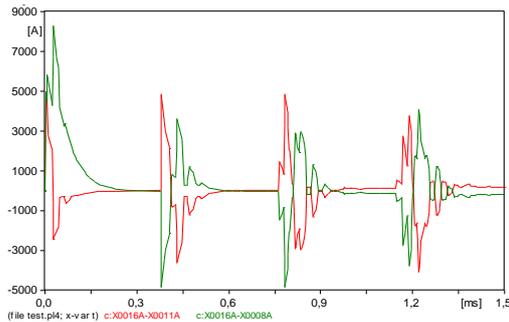


Gambar 4.1. Simulasi tanpa arrester

1. Kondisi Dititik Sambaran Petir

a. Arus Terhadap Waktu

Arus sambaran akan mengari ke dua arah baik ke arah pembangkit maupun ke arah gardu induk. Di bawah ini merupakan gambar gelombang dua arah tersebut:



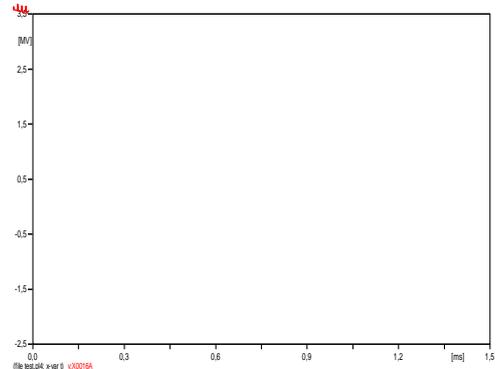
Gambar 4. 2. Gelombang arus terhadap waktu dititik sambaran petir

Dari gambar 4.2 diatas terlihat bahwa arus yang mengalir ke arah Gardu Induk 150 kV Kentungan pada saat arus puncak di titik sambaran petir sebesar 9458,1 A pada saat waktu muka 2,00 μ s, sedangkan untuk nilai arus puncak yang mengalir ke arah pembangkit pada saat arus puncak dititik sambaran sebesar 8296,4 A pada saat waktu muka 2,8,00 μ s.

b. Tegangan Terhadap Waktu

Pada titik sambaran petir tegangan yang terjadi saat sambaran petir dititik sambaran dengan arus sambaran sebesar 10 kA. Maka diperoleh waktu puncak sambaran berada pada

0,412 ms dengan nilai tegangan sebesar 3,45 MV. Ada pun grafik tegangan terhadap waktu dititik sambaran:



Gambar 4. 3. Gelombang tegangan terhadap waktu dititik sambaran petir

2. Kondisi Pada Jepitan Transformator

a. Tegangan Pada Japitan Transformator

Pada saat arus ambaran 10 kA tegangan yang terjadi sebesar 3,79 MV, Sedangkan untuk arus sambaran petir 20 kA diperoleh tegangan puncak dengan nilai tegangan sebesar 7,38 MV. Dan yang terakhir menggunakan sambaran petir 40 kA didapat tegangan puncak tertinggi dengan nilai tegangan puncak sebesar 13,93 MV. Adapun tabel perbandingan tegangan puncak masing masing arus sambaran:

Tabel 4.1. Perbandingan tegangan puncak masing-masing arus sambaran

No	Arus Sambaran (kV)	Tegangan (MV)
1	10	3,79
2	20	7,38
3	40	13,93

3. Kondisi Pada Beban

a. Arus Terhadap Waktu

Gelombang arus terhadap waktu pada beban akibat sambaran tertinggi adalah 76,68 A pada saat waktu muka 0,475 ms.

b. Tegangan terhadap waktu

Puncak gelombang tegangan yang diakibatkan oleh sambaran petir terjadi saat waktu muka 0.476 ms dengan nilai tegangan sebesar 30,68 kV

4.4.2. Simulasi ATP Menggunakan Arrester

Pada simulasi kali ini titik yang diteliti hanya pada titik jepitan transformator dan terdapat beberapa Variasi data percobaan agar di dapat hasil

yang maksimal, diantaranya yaitu:

1. Besaran arus sambaran yaitu 10 kA, 20 kA dan 40 kA.
2. Durasi sambaran (Tau) yaitu 5E-5 dan 11E-5.
3. Durasi waktu gelombang (T-f) yaitu 1,2E-6 dan 2,4E-6.
4. Jarak antara arrester dengan transformator diantaranya 5 m sebagai jarak perhitungan di lapangan, 28, 5 m sebagai jarak perhitungan menurut IEC (1950) dan SPLN (1978), serta

beberapa jarak diantara jarak dipalangan dan jarak SPLN dan IEC yaitu 3.15 m, 5 m, 10 m, 13 m, 17,5 m, 23 m dan 28,5 m.

1. Sambaran Petir 10 kV

Tabel 4. 2. Tegangan transformator saat arus sambaran 10 kA

No	Jarak	Tegangan Transformator dititik (X0020) (kV)							
		Arus Petir 10 kA							
		T-f	Tau	T-f	Tau	T-f	Tau	T-f	Tau
		1,2E-6	5E-5	1,2E-6	11E-5	2,4E-6	5E-5	2,4E-6	11E-5
1	3.15	343,24		300,15		279,16		275,00	
2	5	187,86		164,68		271,53		270,9	
3	10	314,74		310,42		311,56		307,07	
4	13	307,94		306,01		304,41		302,46	
5	17.5	343,82		342,41		344,61		342,44	
6	23	375,85		372,28		369,01		370,66	
7	28.5	366,95		320,32		312,93		319,29	

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa tegangan transformator di titik pada saat durasi waktu gelombang (T-f) 1,2E-6 dan durasi sambaran (Tau) 5E-5 didapat tegangan terendah yaitu 187,86 kV pada jarak 5 meter antara arrester dengan transformator dan tegangan tertinggi berada pada tegangan 375, 85 kV pada jarak 23 meter antara arrester dengan transformator.

Sedangkan pada nilai saat (T-f) 1,2E-6 dan (Tau) 11E-5 nilai tegangan terendah yaitu

164,68 kV pada jarak 5 meter dan nilai tertinggi pada jarak 23 meter dengan nilai tegangan sebesar 372,28 kV. Lalu pada saat (T-f) 2.4 E-6 dan (Tau) 5E-5 didapat nilai terendah yaitu 271,53 kV pada jarak 5 meter dan nilai tertinggi berada pada nilai 369,01 kV dengan jarak 23 meter.

Maka dari keseluruhan simulasi dengan besar sambaran petir 10 kA di dapat nilai tegangan terendah yaitu 164,68 kV dengan durasi waktu gelombang (T-f) 1,2E-6 dan durasi sambaran (Tau) 5E-5

pada jarak 5 meter, dan nilai tegangan tertinggi yaitu 372,28 kV pada durasi waktu sambaran durasi waktu gelombang yang sama.

2. Sambaran Petir 20 kV

Tabel 4. 3. Tegangan transformator saat arus sambaran 20 kA

No	Jarak	Tegangan Transformator dititik (X0020) (kV)							
		Arus Petir 20 kA							
		T-f	Tau	T-f	Tau	T-f	Tau	T-f	Tau
		1,2E-6	5E-5	1,2E-6	11E-5	2,4E-6	5E-5	2,4E-6	11E-5
1	3.15	468,13		472,64		302,78		301,51	
2	5	244,17		245,45		336,57		335,3	
3	10	353,38		339,43		349,38		337,12	
4	13	342,41		339,08		339,03		335,43	
5	17.5	410,41		407,39		411,76		406,05	
6	23	456,65		445,19		458,25		443,79	
7	28.5	379,5		358		370,98		357,39	

Dari data diatas didapatkan bahwa nilai tegangan terendah pada saat durasi waktu gelombang (T-f) 1,2E-6 dan durasi sambaran (Tau) 5E-5 yaitu 244,27 kV pada jarak 5 meter antara arrester dan transformator dan nilai tegangan tertinggi yaitu pada jarak 3.15 m yaitu 468,13 kV. Lalu pada saat (T-f) 1,2E-6 dan (Tau)11E-5 maka tegangan terendah berada pada jarak 5 meter dengan nilai

tegangan 245,45 kV, sedangkan nilai tertinggi berada pada jarak 3.15 meter.

Namun berbeda pada saat durasi (T-f) 2.4E-6 dan (Tau) 5E-5 nilai tegangan terendah berada pada jarak 3,15 meter dengan nilai tegangan sebesar 302,78 kV dan nilai tertinggi berada pada jarak 23 meter yaitu dengan nilai tegangan sebesar 458,25 kV. Dan pada saat (T-f) 2.4E-6 dan (Tau) 11E-5 nilai

tegangan terendah berada pada jarak 3,15 meter dengan nilai tegangan 301,51 kV dan nilai tegangan tertinggi berada pada jarak 23 meter dengan nilai tegangan 443,97 kV.

Maka dari hasil data simulasi diatas di dapat nilai tegangan terkecil berada pada jarak 5 meter dengan nilai tegangan 244,17 kV dengan nilai durasi waktu gelombang

tegangan terendah yaitu 365.07 kV pada jarak 5 meter dan nilai tegangan tertinggi adalah 710.00 kV pada jarak 3.15 meter. Saat nilai (Tau) diubah menjadu 11E-5 dan (T-f) tetap 1.2E6 maka didapat nilai tegangan terendah 367,32 kV dengan jarak 5 meter, dan nilai tegangan teringgi

3. Sambaran Petir 40 kV

Tabel 4. 4. Tegangan transformator saat arus sambaran 10 kA

No	Jarak	Tegangan Transformator dititik (X0020) (kV)							
		Arus Petir 40 kA							
		T-f	Tau	T-f	Tau	T-f	Tau	T-f	Tau
		1,2E-6	5E-5	1,2E-6	11E-5	2,4E-6	5E-5	2,4E-6	11E-5
1	3.15	710,00		718,78		535,77		532,58	
2	5	365,07		367,32		456,04		453,14	
3	10	406,41		405,75		405,16		399,47	
4	13	403,25		410,06		397,98		393,26	
5	17.5	529,25		515,56		525,01		510,19	
6	23	527,56		528,90		528,01		528,44	
7	28.5	414,61		415,71		414,22		414,26	

Dari data diatas didapatkan bahwa pada saat durasi waktu gelombang (T-f) 1.2E6 dan durasi sambaran (Tau) 5E-5 didapat nilai

(T-f) 1,2E-6, sedangkan pada saat durasi waktu gelombang (Tau) 2,4E-6 yaitu berada pada jarak 3.15 meter dengan nilai 301.51kV sedangkan nilai

tegangan tertinggi berada pada jarak 23 meter dengan nilai tegangan dengan nilai saat durasi waktu gelombang (T-f) $2.4E-6$ dan durasi sambaran (Tau) $5E-5$ terdapat pada jarak 3.15 meter dengan nilai tegangan 718,68 kV.

Sedangkan pada nilai (T-f) $2.4E-6$ dan (Tau) $5E-5$ nilai tegangan terendah menjadi berada pada jarak 13 meter dengan nilai tegangan 397,98 kV, dan nilai tegangan tertinggi masih pada jarak 3.15 meter yaitu 535,77 kV, dan saat nilai (Tau) $11E-5$ dan T-f sama maka didapat nilai tegangan terendah berada pada jarak 13 meter dengan nilai tegangan 393,26 kV, dan nilai tegangan tertinggi berada pada jarak 3.15 meter dengan nilai tegangan 532,58 kV.

Maka dari data diatas jarak arrester dengan transformator dengan *impluse* sambaran petir sebesar 40 kA didapatkan tegangan terendah dengan tegangan 365,07 kV pada jarak 5 meter dengan nilai durasi sambaran petir sebesar $5E-5$ dan durasi waktu gelombang $1.2E-6$ dan nilai tegangan tertinggi

berada pada jarak 3,15 meter dengan nilai durasi sambaran petir sebesar $11E-5$ dan durasi waktu gelombang $1.2E-6$ dengan nilai tegangan sebesar 718,68 kV.

4.5. Perbandingan Tegangan Saat Menggunakan Arrester Pada Jarak Ideal Dengan Tanps Menggunakan Arrester

Dibawah ini merupakan tabel perbandingan tegangan saat menggunakan arrester sebagai perlindungan transformator dan tanpa menggunakan arrester sebagai perlindungan:

Tabel 4. 5. Perbandingan tegangan puncak saat menggunakan aresrer dan tanpa menggunakan arrester

No	Arus Sambaran (kV)	Tegangan Dititik Jepitan Transformator	
		Menggunakan Arrester (5 meter)	Tanpa Arrester
1	10	164,68 kV	3,79 MV
2	20	244,17 kV	7,38 MV
3	40	268,70 kV	13,93 MV

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa tegangan yang nelalui jepitan transformtor bagian primer terlihat perbedaan yang sangat mencolok saat dipasang arrester dan tanpa arrester. Pada saat arus sambaran 20 kA maka tegangan yang lewat pada jepitan transformator tanpa adanya arrester sebesar 7,38 MV sedangkan saat dipasang arrester dengan jarak 5 metet maka tegangan yang melalu jepitan transformator hanya sebesar 224,17 kV. terlihat bahwa perbedaan yang sangat mencolok antara di pasangny arrester dengan tanpa terpasangny arrester.

Maka pentingnya pemasangan arrester pada Gardu Induk agar supaya peralatan peralatan yang berada pada Gardu Induk dapat berumur panjang dan dapat tetap berfungsi dengan normal saat terjadinya sambaran petir.

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan simulasi dan analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Sangat pentingnya setiap gardu induk menggunakan arrester sebagai pelindung atau proteksi terhadap gangguan tegangan lebih

dikarenakan arrester dapat mempoteksi tegangan lebih yang masuk ke transformator menjad lebih rendah sehingga tidak merusak peralatan di gardu induk

2. Nilai tegangan yang melewati jepitan transformator saat tidak dipasang arrester sangatlah besar yaitu pada arus sambaran 10 kA maka tegangan puncak yang melewati jepitan transformator sebesar 3,79 MV, sedangkan saat dipasang arrester hanya sebesar 164,68 kV, serta pada sambaran 20 kA tegangan puncak berada pada angka 7,38 MV sedangkan saat di pasang arester tegangan yang melewati jepitan transformator hanya sebesar 244,17 kV. Dan pada arus sambaran 40 kA maka tegangan puncak saat tidak terpasang arrester sebesar 13,93 MV, namun saat dipasang arrester menjadi 268,70 kV.
3. Jarak ideal antara arrester dan transformator di Gardu Induk 150 kV Kentungan berdasarkan hasil analisis simulasi *software* ATP adalah sebesar 5 meter dimana jarak ini sama dengan jarak yang berada pada lapangan, sedangkan jarak maksimum penempatan arrester berada pada jarak 28,5

meter (data analisis perhitungan SPLN 1978:4 dan IEC 1958. Oleh karena itu, jarak antara arrester dan transformator pada Gardu Induk 150 kV Kentungan sudah berada pada jarak aman dan dapat dikatakan bahwa dengan jarak tersebut sudah berada pada jarak aman dari pengaruh sambaran petir.

4. Perubahan waktu durasi sambaran (τ) dan perubahan durasi waktu gelombang ($T-f$) sangat berpengaruh terhadap tegangan puncak, dimana semakin kecil durasi sambaran maka semakin besar tegangan puncak yang terjadi, semua ini dikarenakan semakin kecil durasi sambaran (τ) maka waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik puncak gelombang semakin kecil, dan semakin kecil waktu durasi gelombang maka akan dipastikan semakin cepat pula tegangan sampai pada puncak gelombang.

5.2. Saran

Adapun saran pada penelitian analisis penempatan jarak ideal arrester dan transformator terhadap gangguan sambaran petir menggunakan simulasi software ATP (*Alternative Transients*

Program) pada Gardu Induk 150 kV Kentungan adalah sebagai berikut:

1. Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat dikembangkan menjadi sistem koordinasi proteksi yang lebih kompleks dimulai dari sistem pembangkit, saluran transmisi dan distribusi, serta sampai pada beban /load.
2. Melakukan analisis pemilihan tipe arrester yang tepat untuk memproteksi peralatan pada Gardu Induk 150 Kv Kentungan dengan menggunakan software ATP dan bervariasi rangkaian arrester dengan tipe yang berbeda serta sambaran dengan variasi T_{star} , τ , $T-f$ dan arus sambaran yang lebih beragam guna mendapatkan hasil yang lebih maksimal.
3. Diharapkan dalam pemasangan arrester haruslah terlebih dahulu dilakukan perhitungan dan analisis sehingga didapat jarak ideal yang dapat melindungi komponen komponen pada Gardu Induk 150 kV Kentungan.

DAFTAR PUSTAKA

- A A Gd Dharma Putra, Made Yulisya Negara, dkk. 2016. Vol. 5, No. 2. *Analisis Persebaran Medan Listrik Pada Lightning Arrester 20 kV Menggunakan Finite Element Method*, Jurnal Teknik ITS
- Aanonimus. 2014. *Buku Pedoman Pemeliharaan Lightning Arrester (LA)*. Jakarta: Perusahaan Listrik Negara.
- Hutauruk, TS. 1989. *Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja*. Jakarta: Erlangga.
- Hutauruk, T.S, 1985, *Transmisi daya Listrik*, Jakarta: Erlangga.
- Ibrahim Muhammad, Edy Evrianto, dkk. 2015. Vol. 2, No. 2. *Pengaruh Sambaran Terhadap Sistem Proteksi pada Peralatan Telekomunikasi PT. Telkom Pekanbaru*. Jurnal Jom F.Teknik.
- Jamal, A., Syahputra, R. (2016). *Heat Exchanger Control Based on Artificial Intelligence Approach*. *International Journal of Applied Engineering Research (IJAER)*, 11(16), pp. 9063-9069.
- Marodongan, Fri Muryadi. 2017. Vol.4, No. 1. *Desain Dan Analisis Sistem Proteksi Petir Pada Rumah sakit Riau*. Jurnal Jom F.Teknik.
- Nugroho, Andoko Susanto, dkk. 2014. Vol. 16, No. 4. *Optimasi Penempatan Arrester Tegangan Lebih Trasien Pada Transformator Daya Dengan Metode Alogaritma Genetika*. Jurnal Transmisi.
- Rahayu, Ansori., 2014. Vol 1, No. 3 *Analisis Proteksi Petir Pada Gardu Distribusi 20 kV PT PLN (Perserp) Rayon Indralaya*. Jurnal Mikrotiga
- R.D. Puriyanto, Haryanto T, dkk. 2016. Vol.2, No.2. *Perbandingan tegangan Residu Arrester SiC dan ZnO Terhadap Variasi Front Time*. Jurnal ILMU Teknik Komputer dan Informatika.
- Rizaldi, Muhammad.2017. *Studi Analisis Sistem Proteksi tegangan Lebih (Over voltage) Menggunakan Software ATP (Alternative Transient Program)*. Yogyakarta
- Sano Aliando Havel, Fri Murdiya. 2018. Vol.5, No.1. *Analisis Sistem Proteksi Petir Pada SUTT 150 kV Menggunakan Software ATP*. Jurnal Jom F.teknik

- Sinaga Meta, Pane Zulkarnaen 2014 Vol.7, No.3. *Analisis Usia Arrester Pada Jaringan Distribusi Terhadap Sambaran Kilat Dengan Menggunakan ATP-Emp* Studi Kasus PLN Ranting Medan Johor. Jurnal Singuda Ensikom.
- Sintianingrum Ayu, Yuli Martin, dkk. 2016. *Simulasi Tegangan Lebih Akibat Sambaran Petir Terhadap Penentuan jarak Maksimum Untuk Perlindungan Peralatan Pada Gardu Induk*. Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro.
- SNI. 2000. *Persyaratan Umum Instalasi listrik 2000 (PUIL 2000)*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI. 2000. *Sistem Proteksi Petir Pada Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
- Stevanny Cecillia, Fri Muryadi. 2017. Vol.4, No1. *Analisis Sambaran Petir Terhadap Kinerja Arrester Pada Transformator Daya 150 kV Menggunakan Program ATP*. Jurnal Jom .Teknik.
- Syaifulloh Wahyudi Rahhmad, Eddy Hamdani. 2017. Vol.4, No2. *Analisis sambaran Petir Pada Jaringan Distribusi 1,5 kV DI BOB Pt. BPS Pertamina Hulu Bandari Padada Menggunakan Software ATP-EMTP*. Jurnal Jom F.Teknik
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2015). *Reconfiguration of Distribution Network with DER Integration Using PSO Algorithm*. TELKOMNIKA, 13(3). pp. 759-766.
- Syahputra, R., (2012), “*Distributed Generation: State of the Arts dalam Penyediaan Energi Listrik*”, LP3M UMY, Yogyakarta, 2012.
- Syahputra, R. (2010). *Fault Distance Estimation of Two-Terminal Transmission Lines*. Proceedings of International Seminar on Applied Technology, Science, and Arts (2nd APTECS), Surabaya, 21-22 Dec. 2010, pp. 419-423.
- Syahputra, R. 2010. *Transmisi Dan Distribusi Tenaga listrik*. Yogyakarta: LP3M UMY.
- Syahputra, R. 2012. *Distribution Generator: State Of Atr Dalam Penyediaan Energi Listrik*. LP3M UMY.
- Tobing, L Bogas. 2012. *Peralatan Tegangan Tinggi Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.