

ANALISIS DISAIN SISTEM PROTEKSI PETIR PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN

Fri Murdiya

Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru
fri_murdiya@yahoo.co.id

Abtrak

Pembangkit listrik tenaga angin (PLT angin) memiliki struktur yang tinggi dan objek yang terekspos oleh awan petir. Dari makalah-makalah telah banyak ditemukan baling-baling yang rusak akibat sambaran petir. Hal ini menjadi masalah dalam pengembangan PLT angin di Indonesia karena Indonesia merupakan negara yang memiliki kerapatan petir yang tinggi. Studi yang dilakukan adalah evaluasi distribusi medan listrik pada pergerakan baling-baling akibat ekspos awan petir dan memberikan usulan sistem proteksi eksternal dengan analisa metode elemen hingga melalui pdeTool yang tersedia pada program MATLAB 7. Hasil studi menunjukkan distribusi medan listrik tertinggi pada baling-baling saat posisinya 0° (pada jam 12) dan dengan penambahan sistem proteksi petir (SPP) eksternal dengan pemasangan lightning mast Franklin pada struktur PLT angin akan membuat ujung lightning mast Franklin memiliki medan listrik tertinggi sehingga potensi sambaran petir tertinggi terjadi pada lightning mast Franklin.

Kata kunci : kerapatan sambaran petir Indonesia, distribusi medan listrik, SPP eksternal.

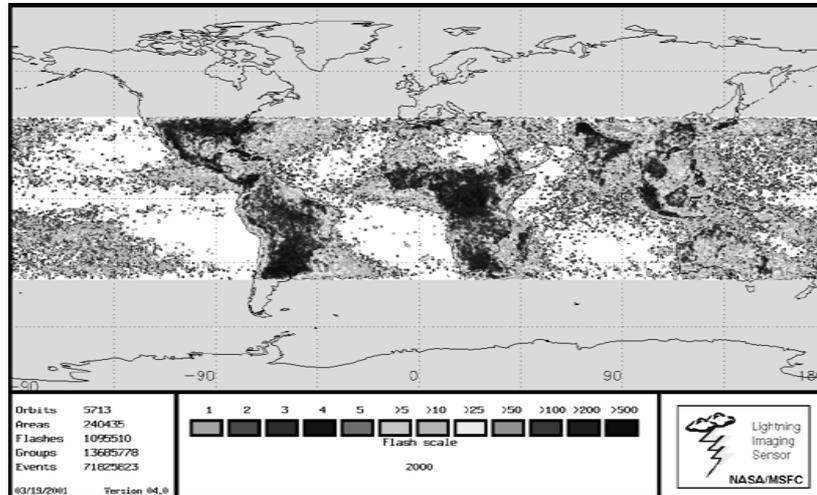
1. Pendahuluan

Kazuo H dkk. [1] melaporkan hasil pengukuran sambaran petir di *Nikaho Wind Park* selama periode 2005 dan 2006 musim dingin telah terjadi sambaran petir ke baling-baling PLT angin sebanyak 128 kali dan banyak baling-baling yang rusak akibat sambaran petir ini. Koichi Nakamura, Hitoshi Sakurano [2] melaporkan jumlah sambaran petir di *Uchinada Wind Farm* sebanyak 161 kali selama periode 2003 sampai 2007. Tinggi menara-menara PLT anginnya bervariasi 100 m dan 105 meter. Sambaran petir di lokasi ini telah menyebabkan operasi terhenti karena kerusakan peralatan.

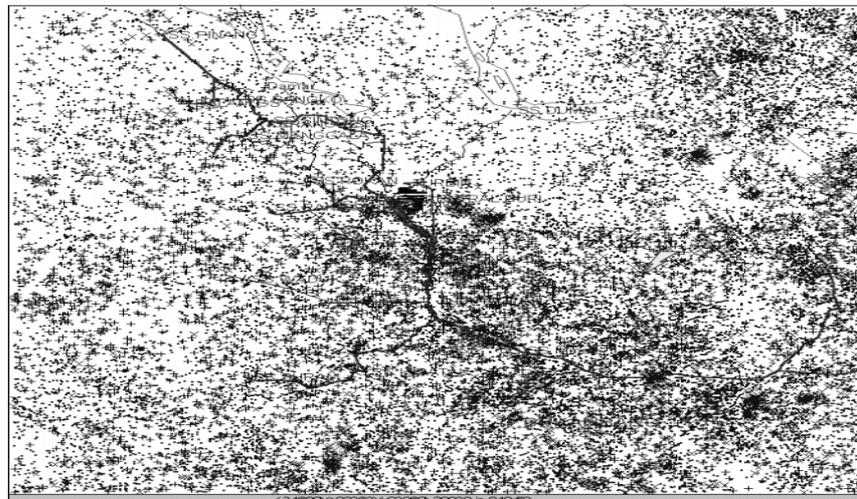
NASA [3] melaporkan peta kerapatan sambaran petir dunia untuk tanggal 19 Maret 2001, Indonesia telah terjadi sambaran petir dengan kerapatan yang tinggi berkisar 25 sampai 500 kali sambaran. Gambar 1 berikut mepresentasikan kerapatan sambaran petir dunia.

Dari hasil pengukuran dengan sistem deteksi petir di Sumatera menggunakan sensor LPATS (*Lightning Position and Tracking System*) yang dipasang di Dumai, Padang, Pangkal Pinang, Bengkulu dan Pulau Pabelokan. LPATS ini mengumpulkan data petir lokal selama penelitian yang dilakukan oleh Zoro, dkk. Data-data LPATS ini terdiri

dari kerapatan sambaran petir yang terlihat pada gambar 2, arus puncak petir dan kecuraman arus petir [4]. Karakteristik petir daerah tropis di kitaran garis khatulistiwa di wilayah Riau (2001-2002) dapat disimpulkan seperti pada tabel 1.



Gambar 1. Kerapatan sambaran petir dunia.

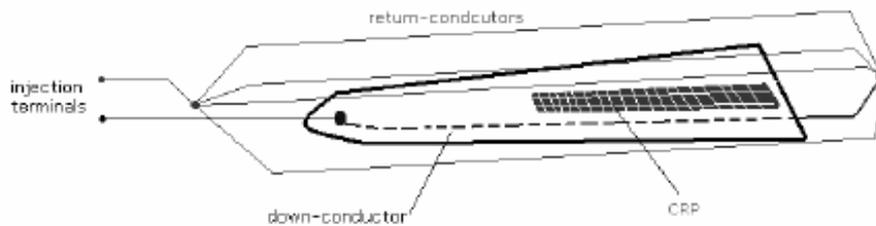


Gambar 2. Kerapatan sambaran petir di wilayah Riau.

Tabel. 1 Karakteristik Petir Riau [5]

Karakteristik Petir		Polaritas Negatif	Polaritas Positif
	Maksimum	304.8 kA	253 kA
Arus Puncak(i)	Probability 50 %	60 kA	63 kA
	Probability 2 %	180 kA	199 kA
	Rata-rata	68.06 kA	59.97 kA
Kecuraman (di/dt)	Maksimum	575 kA/μs	255 kA/μs
	Probability 50 %	30 kA/μs	
Kerapatan Sambaran Total (sambaran/km ² /tahun)		10 – 20	

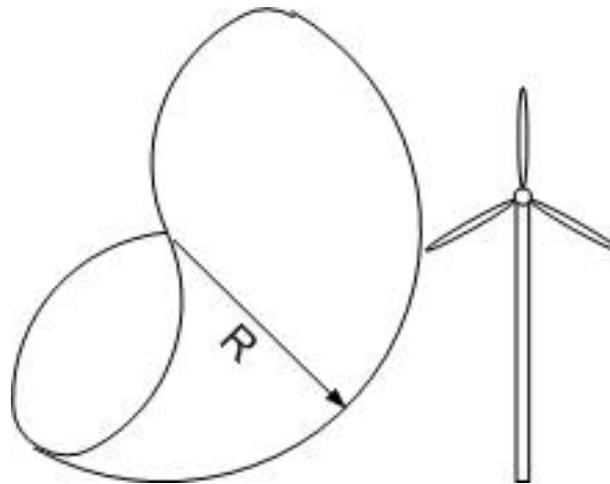
Joan Montanya dkk.[6] mengusulkan sistem proteksi petir dengan penggunaan *carbon reinforced plastic* (CRP), penambahan penangkap petir diujung baling-baling dan penghantar turun (*down conductor*) menuju sistem pentanahan. Gambar 3 berikut merepresentasikan usulan rancangannya.



Gambar 3. Model sistem proteksi petir Joan Montanya dkk.

2. Tinjauan Pustaka

Sistem proteksi petir (SPP) eksternal menurut standar IEC 62305 tahun 2006 adalah pemodelan radius lindung dengan model elektroteometri seperti pada gambar 4 [9].



Gambar 4. Model elektroteometri

Tabel 2. Radius bola berdasarkan arus puncak untuk masing-masing level proteksi

Kriteria			Level Proteksi			
	Simbol	Satuan	I	II	III	IV
Arus Puncak Minimum	I	kA	3	5	10	16
Radius Bola	R	M	20	30	45	60

Objek yang akan diproteksi seperti baling-baling yang menyinggung garis singgung lingkaran perlu dipasang SPP eksternal. Untuk menentukan nilai radius bola (R) berdasarkan pada arus puncak petir yang dapat dinyatakan pada tabel 2. Level proteksi menunjukkan jumlah *lightning mast Franklin* yang akan dipasang berdasarkan radius lindung bola. Dari tabel diatas memberikan semakin kecil level proteksi yang diterapkan semakin banyak *lightning mast Franklin* yang akan dipasang karena radius bola semakin kecil dan daerah lindungnya menjadi kecil.

Pemodelan SPP eksternal untuk PLT angin yang dilakukan adalah dengan melihat distribusi medan listrik tertinggi dari objek yang terekspos oleh awan petir. Medan listrik tertinggi dari objek jika lebih besar dari medan listrik yang dapat menyebabkan korona akan mempercepat pembentukan *upward leader* yang akan menuju *downward leader* yang berasal dari awan, sehingga sambaran petir akan terjadi ke objek tersebut. Untuk mensimulasikan distribusi medan listrik pada baling-baling PLT angin dilakukan dengan metode elemen hingga *pdetool* pada *Matlab 7* [7,10]. Dalam penentuan distribusi tersebut persamaan diferensial parsial yang digunakan adalah persamaan Poisson, yaitu:

$$-\nabla \cdot (\epsilon \nabla V) = \rho \quad (1)$$

dimana:

$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$ = koefisien dielektrisitas.

$\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$, ϵ_r = konstanta relatif

ρ = rapat muatan ruang (Coulomb)

V = potensial elektrostatik (Volt)

Dalam *PDETool Matlab 7*, penulis menggunakan *Electrostatics mode*. Dalam elektrostatik, potensial skalar V berhubungan dengan medan listrik E,

$$E = -\nabla V \quad (2)$$

Syarat batas untuk masalah elektrostatik berupa tipe Dirichlet dan Neumann. Untuk syarat Dirichlet, potensial elektrostatik V ditentukan pada batas. Sedangkan syarat Neumann, muatan permukaan $n \cdot (\epsilon \nabla V)$ ditentukan pada batas. Dalam penentuan syarat batas tersebut, kita pilih kondisi Dirichlet $V=1.500 \text{ MV}$ untuk bagian awan bertegangan dan $V=0$ untuk bagian tower dan *ground*. Selanjutnya kita tentukan kondisi Neumann untuk batasan udara,

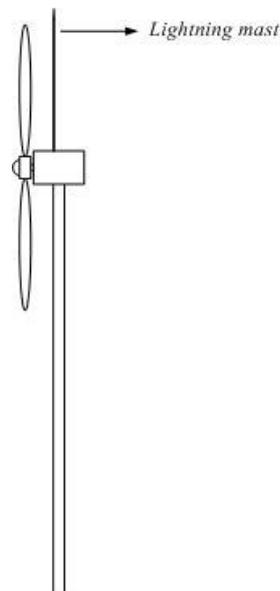
diasumsikan tidak ada muatan permukaan, maka $q=0$ dan *step leader* diasumsikan dengan $q=5$ Coulomb [8].

3. Metode Penelitian

Untuk penelitian ini, metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur dan metode simulasi sistem proteksi eksternal untuk pembangkit listrik tenaga angin (PLT angin).

4. Hasil dan Pembahasan

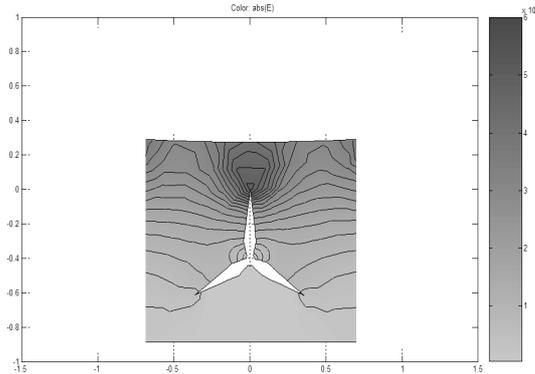
Model SPP eksternal yang diusulkan adalah seperti pada gambar 5 berikut ini;



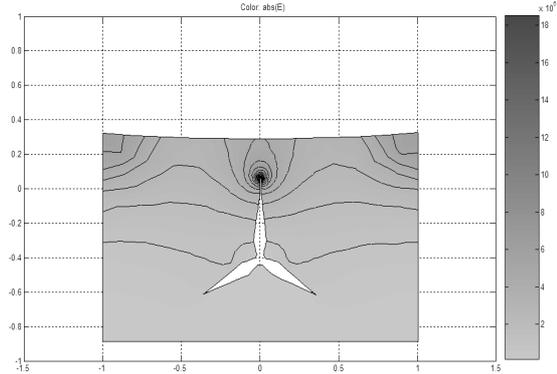
Gambar 5. Sistem proteksi petir eksternal PLT angin

Hasil simulasi diberikan pada gambar 6 yang mempresentasikan distribusi medan listrik untuk berbagai keadaan dari tanpa *lightning mast* dan dengan *lightning mast* untuk berbagai posisi baling-baling. PLT angin tanpa *lightning mast* dengan posisi baling-baling 0° , menunjukkan medan listrik tertinggi sehingga potensi tersambar petir menjadi tinggi. Dengan memasang *lightning mast* untuk posisi baling-baling $0^{\circ}, 30^{\circ}, 180^{\circ}$, medan listrik tertinggi pada ujung *lightning mast* tersebut. Akan tetapi, dengan memasang *lightning mast* untuk posisi baling-baling 15° menunjukkan medan tertinggi pada *lightning mast* dan baling-baling, sehingga potensi baling-baling tersambar petir tinggi. Dengan memasang *lightning mast* 1,5 x lebih panjang dari semula untuk posisi baling-baling 15° , menunjukkan medan tertinggi pada *lightning mast*.

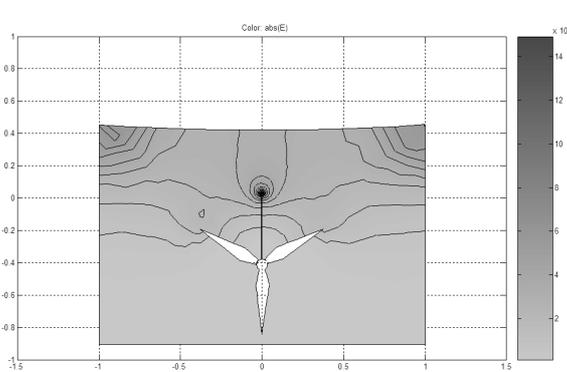
1. PLT angin tanpa *lightning mast* posisi baling-baling 0^0



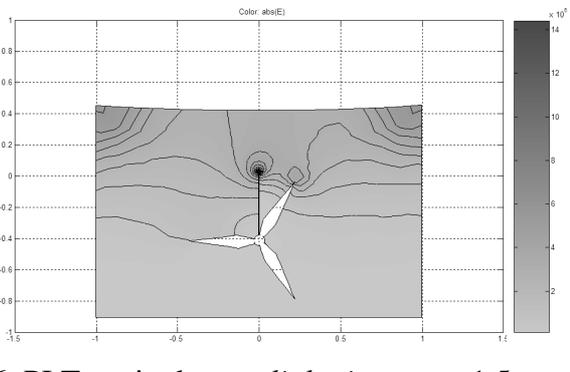
2. PLT angin dengan *lightning mast* posisi baling-baling 0^0



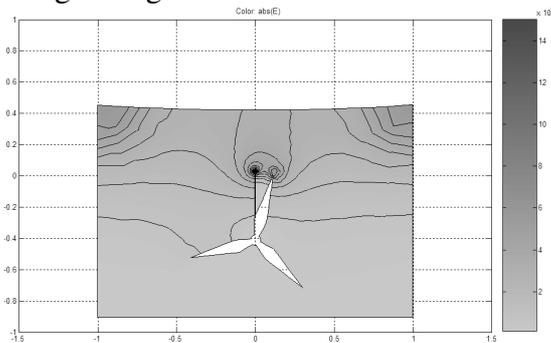
3. PLT angin dengan *lightning mast* posisi baling-baling 180^0



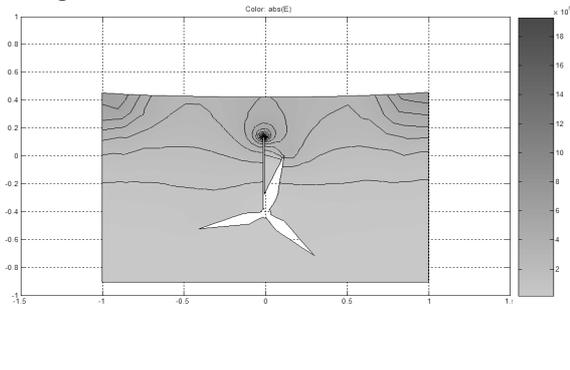
4. PLT angin dengan *lightning mast* posisi baling-baling 30^0



5. PLT angin dengan *lightning mast* posisi baling-baling 15^0



6. PLT angin dengan *lightning mast* 1,5 x lebih panjang dari semula posisi baling-baling 15^0



Gambar 6. Distribusi medan listrik pada baling-baling PLT angin untuk berbagai kondisi

5. Kesimpulan

1. Simulasi distribusi medan listrik pada PLT angin dengan *pdetool* Matlab 7 dapat digunakan dalam mendisain SPP eksternal.
2. PLT angin tanpa *lightning mast* dengan posisi baling-baling 0^0 , menunjukkan medan listrik tertinggi sehingga potensi tersambar petir menjadi tinggi.

3. Panjang *lightning mast* pada PLT angin minimum 5 : 4 untuk panjang baling-baling memberikan proteksi yang lebih baik untuk berbagai posisi baling-baling.

6. Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih kepada Panitia Seminar nasional Fakultas Teknik 2010 Universitas Riau yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mempresentasikan makalah ini.

7. Daftar Pustaka

Pustaka yang berupa majalah/jurnal ilmiah/prosiding,

- [1] Kazuo Hachiya, dkk. (2008) ” *Lightning Strike Aspect For Wind Turbin in Winter Season-Observation Results at Nikaho Wind Park in Japan*”, 29th International Conference on Lightning Protection, 23rd – 26th June 2008-Uppsala, Sweden.
- [2] Koichi Nakamura, Hitoshi Sakurano (2008). ” *Observation of Winter Lightning Striking a Wind Power Generation Tower / a Lightning Tower and its Statistical Analysis*”, 29th International Conference on Lightning Protection, 23rd – 26th June 2008-Uppsala, Sweden.
- [3] Berger, Gerard (2008) ” *Modern Knowledge About Lightning Phenomenology*”, International Workshop Lightning Protection System, 1-4 April 2008-Indonesian Lightning Society , Bali Indonesia.
- [4] Zoro, R., Pakpahan, P., Hidayat, S., dkk (2002), *Studi Sistem Pengaman Terhadap Sambaran Petir di PT Caltex Pacific Indonesia*, LAPI ITB, Bandung.
- [5] Zoro R, Ryan M (2004), *Evaluation and Improvement of Lightning Protection on Transmission and Distribution Lines Using Lightning Detection Network*, Pro. 27th ICLP, Avignon.
- [6] Joan Montanya dkk (2008). ” *Protection of Larges Wind Turbine Blades Against Lightning* ”, 29th International Conference on Lightning Protection, 23rd – 26th June 2008-Uppsala, Sweden
- [7] Waluyo, Parouli M. Pakpahan, Suwarno (2005), “*Metoda Analisis Numerik Untuk Simulasi Distribusi Medan Dan Potensial Listrik Pada Isolator Tegangan Tinggi Pasangan Luar*”, SANATRIK, Teknik Elektro UNDIP, Semarang
- [8] Berger, Gerard (2008), “*Lightning Phenomena and Lightning Research*” Kuliah umum S2 Teknik Elektro ITB, 19 Februari 2008, Bandung Indonesia.

Pustaka yang berupa buku,

- [9] NN, IEC 62305 Ed. 1.0 (2006) *Protection Against Lightning, it is consist of : Part 1 - General principles, Part 2 - Risk management, Part 3 - Physical damage to structures and life hazard, Part 4 - Electrical and electronic systems within structures (which are international standards) and Part 5 – Services Telecommunication Lines*. IEC std, France.
- [10] Computer Solution Europe AB (1996), “*Partial Differential Equation Toolbox, For Use with Matlab, User’ s Guide*”, The Mathworks, Inc., MA.