

**STUDI PENGARUH GEOMETRI UMBRELLA TERHADAP DAYA KELUARAN
PADA GENERATOR 12S8P UNTUK TURBIN ANGIN MENGGUNAKAN
SOFTWARE MAGNET
*STUDY OF THE EFFECT OF UMBRELLA GEOMETRY ON OUTPUT
POWER IN 12S8P GENERATORS FOR WIND TURBINE USING MAGNET
SOFTWARE***

M. Wawan Kurniawan¹, Reza Fauzi Iskandar, S.Pd., M.T. ², Ahmad Qurthobi, S.T., M.T. ³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹muhwawankurn@gmail.com, ²rezafauzii@gmail.com, ³qurthobi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Dalam proses konversi energi angin menjadi listrik diperlukanlah generator, yaitu alat untuk mengkonversi energi angin menjadi listrik. Perkembangan teknologi generator dari tahun ke tahun mengalami peningkatan mulai dari bentuk, desain, ukuran, material yang digunakan, hingga teknologi dalam pembuatannya. Penelitian ini menyimulasikan variasi umbrella untuk mengurangi fluks bocor pada bagian stator atau dengan kata lain meningkatkan kemampuan dari stator untuk menangkap fluks magnet, dimana umbrella merupakan sebuah modifikasi geometri dari *teeth stator*. Objek Penelitian ini adalah pengujian secara simulasi variasi umbrella dengan variasi kecepatan putar untuk melihat nilai arus dan tegangan sehingga didapatkan nilai daya keluarannya. Pengujian dilakukan dengan variasi kecepatan putar dari 100 hingga 2000 rpm. Berdasarkan hasil uji simulasi ini, Umbrella Tipe Triangle Memiliki daya paling besar daripada variasi umbrella yang lain dengan nilai 6.895 watt pada kecepatan 2000 rpm.

Kata kunci : Magnet Infolytica, Turbin angin, Generator Sinkron Magnet Permanen.

Abstract

In the process of converting wind energy into electricity, a generator is needed to convert wind energy into electricity. The development of generator technology from year to year has increased from the shape, design, size, material used, and manufacture technology. This study simulates umbrella variations to reduce leakage flux on the stator or in other words increase the ability of the stator to capture magnetic flux, where the umbrella is a geometry modification of the stator teeth. The object of this study is the simulation simulation of umbrella variations with variations in rotational speed to see the current and voltage values so that the output power values are obtained. Tests are carried out with variations in rotational speed from 100 to 2000 rpm. Based on the results of this simulation test, the Umbrella Type Triangle has the greatest power than any other umbrella variation with a value of 6,895 watts at a speed of 2000 rpm.

Keywords: Magnet Infolytica, wind turbine, permanent magnet synchronus generator.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara maritim dengan luas perairan 3.257.483 km² (Kementerian Bidang Kesejahteraan Rakyat, 2009). Indonesia juga merupakan negara dengan panjang garis pantai terpanjang keempat di dunia yaitu sebesar 95.181 km² setelah Amerika Serikat (AS), Kanada dan Rusia. Kondisi Indonesia yang didominasi oleh perairan memiliki potensi energi alternatif yang tinggi. Salah satu potensi alternatif tersebut adalah energi angin.

Dalam proses konversi energi angin menjadi energi listrik diperlukan sebuah generator[3]. Generator adalah perangkat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik yang bekerja menggunakan prinsip induksi elektromagnetik[4]. Pada dasarnya generator tersusun oleh tiga bagian yaitu rotor, stator, dan airgap[5]. Rotor merupakan bagian yang bergerak, stator merupakan bagian yang diam, dan airgap merupakan celah antara rotor dan stator[6]. Pada umumnya rotor terdapat komponen berupa permanen magnet, sedangkan stator terdapat komponen berupa lilitan, dan airgap berupa udara.

Perkembangan teknologi generator dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan mulai dari bentuk, desain, ukuran, material yang digunakan serta mengalami peningkatan efisiensi daya output dari generator tersebut. Perkembangan teknologi generator ini tidak lepas dengan adanya software untuk mendesain mesin-mesin listrik. Salah satu software untuk menyimulasikannya adalah Software MagNet Infolytica. Software MagNet Infolytica merupakan software yang berbasis *Finite Element Method* (FEM). FEM merupakan metode yang digunakan untuk memecahkan masalah tentang medan elektromagnetik yang kompleks, sehingga mampu diselesaikan dengan model analisis terutama pada bagian yang terkait dengan sifat nonlinier bahan[7].

Sebelum generator dibuat, perlu dilakukan analisa dengan software terlebih dahulu. Hal ini bertujuan untuk menyimulasikan variasi model generator, jumlah lilitan, geometri bentuk umbrella, ketebalan, jenis bahan, kecepatan putar, hingga daya keluaran yang diinginkan[8]. Harapannya setelah dilakukan analisa dan simulasi menggunakan software pada parameter-parameter diatas, dapat mengurangi tingkat kesalahan pada proses pembuatan nantinya.

Pada penelitian sebelumnya, dalam proses pembuatan generator menggunakan metode *Trial and Error* didapatkan daya sebesar 177.56 watt dari daya yang ditargetkan sebesar 200 watt [9]. Hal ini dikarenakan tidak dilakukan simulasi menggunakan software terlebih dahulu terhadap generator generator yang ingin dibuat. Sedangkan dalam simulasi perancangan dengan software berhasil didapatkan daya sesuai targer sebesar 100 watt menggunakan tipe radial fluks dengan model 12 slot 8 pole, diameter 13 cm, ketebalan 5 cm serta menggunakan 12 lilitan dan disimulasikan pada kecepatan putar 1000rpm [10]. Berdasarkan kesimpulan penelitian tersebut terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi daya keluaran antara lain diameter, jumlah lilitan, material, dan ketebalan. Pada penelitian tersebut tidak dijelaskan bagaimana pengaruh dari geometri *umbrella*, dan pemilihan bagian *umbrella*-nya. *Umbrella* atau yang lebih dikenal dengan *pole shoe* adalah bagian yang stator yang berfungsi untuk mengurangi reluktansi pada sebuah generator[11]

Pada penelitian ini, akan dilakukan studi pengaruh geometri umbrella terhadap daya keluaran generator *Radial Flux Permanent Magnet* (RFPM) 12 slot 8 pole. Dimana RFPM merupakan generator yang berputar secara radial dan menggunakan permanen magnet sebagai sumber magnetnya. Sedangkan 12 slot 8 pole adalah model generator dengan 12 slot lilitan dan 8 buah magnet.

Pada penelitian ini, luas area yang dilewati oleh induksi magnetik diwakili oleh luas bidang umbrella yang berhadapan dengan arah induksi magnetik, oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan studi pengaruh geometri umbrella terhadap daya keluaran generator 12 slot 8 pole dengan menyimulasikan luas dan model umbrella menggunakan Software MagNet Infolytica. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan gambaran untuk pemilihan penggunaan jenis umbrella pada perancangan pembuatan generator.

2. Dasar Perancangan

Dasar perancangan merupakan tahapan awal dalam melakukan perancangan generator, karena dasar perancangan merupakan sebagai dalam proses perancangan adapun beberapa hal yang perlu dilakukan dalam dasar perancangan..

2.1.1 Pengumpulan Data

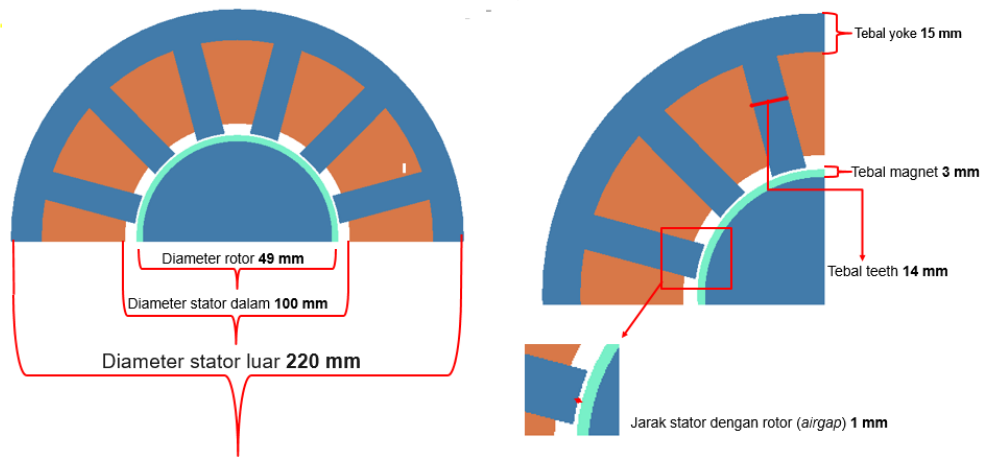
Pengumpulan data merupakan tahapan dalam dasar perancangan generator, bertujuan untuk mencari informasi atau pengumpulan referensi yang tepat. Sehingga nantinya dalam perancangan generator tidak asal membuat, akan tetapi sumber rujukannya ada dan dapat dipertanggungjawabkan seperti material yang digunakan, serta mengumpulkan data dari hasil penelitian sebelumnya.

2.1.2 Penentuan Dimensi

Tahapan ketiga dalam dasar perancangan, yaitu menentukan dimensi. Karena dalam perancangan ini sangat mempengaruhi keluaran generator adalah dimensi dari stator, dan rotor.

2.2 Gambar Desain.

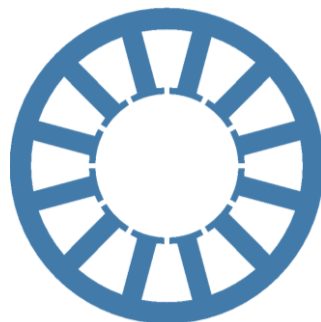
Gambar desain merupakan tahapan untuk menggambar bentuk geometri dari stator, rotor, slot, lebar airgap, serta menentukan tata letak magnet yang sesuai sehingga nantinya akan menghasilkan sinyal sinusoidal yang baik. Gambar desain dapat dilakukan langsung menggunakan software magnet Infolytica maupun software CAD seperti solidwork, inventor maupun autocad.



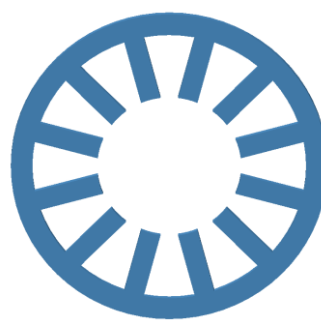
Gambar 1. Dimensi generator 12S8P

2.3 Inisialisasi dan desain geometri

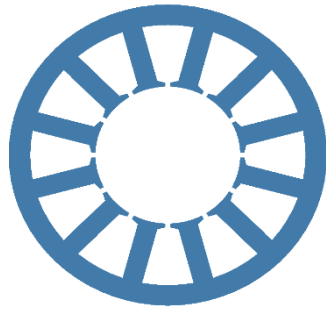
Inisialisasi dan desain geometri merupakan salah satu langkah untuk memberikan penamaan dan penentuan material yang digunakan terhadap komponen-komponen yang ada pada generator serta memberikan ukuran ketebalan pada setiap komponen tersebut. Inisialisasi dan desain geometri meliputi seluruh bagian komponen generator hingga tidak ada yang tidak terinisialisasi. Jika ada yang belum terinisialisasi, maka model tidak akan dapat disimulasikan. Dalam simulasi ini besaran geometri memiliki nilai yang sama, hanya memiliki perbedaan



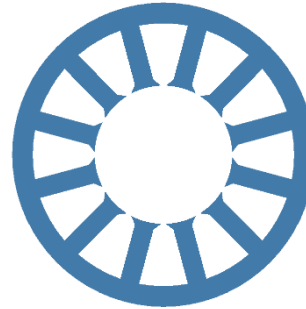
Gambar 2. Model Stator dengan Umbrella Tipe Arc



Gambar 2. Model Stator dengan Umbrella Tipe Trapezoid



Gambar 3. Model Stator dengan Umbrella Tipe Triangle



Gambar 4. Model Stator dengan Umbrella Tipe Tanpa Umbrella

2.4 Penentuan Mesh

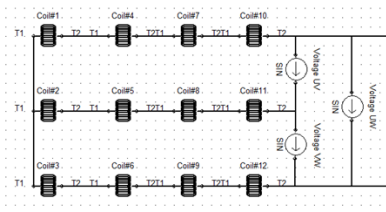
Software magnet Infolytica merupakan software yang berbasis Fenite Element Method (FEM). Metode mesh ini membagi-bagi setiap bagian penampang melintang menjadi area-area kecil. Dalam simulasi ini diberikan nilai mesh sebesar 1mm agar didapatkan nilai yg mendekati sesungguhnya.

2.5 Simulasi Full Model

Setelah model selesai dalam tahap geometri dan meshing selanjutnya model diberikan lilitan sebanyak 100 lilitan. Maka selanjutnya model tiap variasi model disimulasikan dengan variasi kecepatan putar dari 100 rpm hingga 2000 rpm. Setiap model disimulasikan pada skematik rangkaian terbuka, rangkaian hubung singkat, rangkaian penyearahan dan pembebanan sebesar: 10 ohm, 20 ohm, 40 ohm, 60ohm, 80 ohm, dan 100 ohm

3. Hasil dan Pembahasan

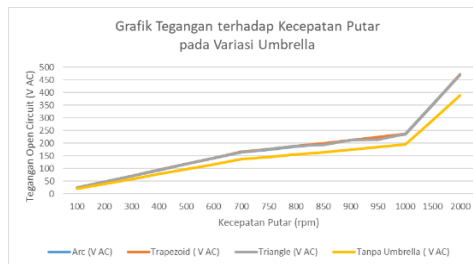
3.1 Rangkaian Terbuka



Gambar 5. Skematik Rangkaian Terbuka

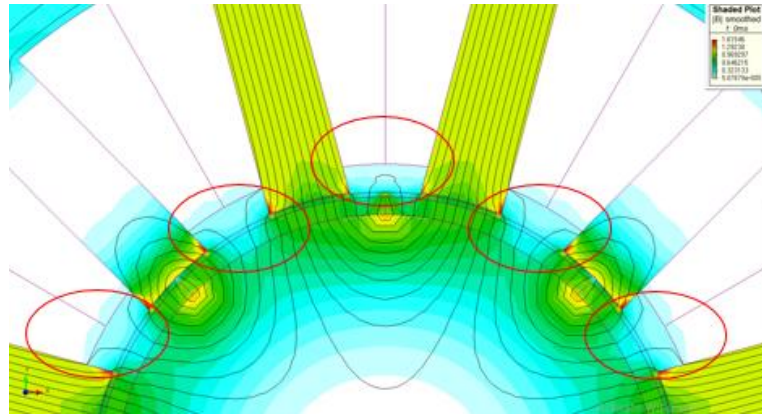
Simulasi pada rangkaian ini dilakukan untuk mendapatkan hasil perbandingan tegangan *open circuit* atau rangkaian terbuka pada variasi model umbrella dengan hambatan udara yang memiliki resistansi tak terhingga. Karena rangkaian memiliki kondisi terbuka dan resistansi memiliki hambatan yang tak terhingga maka nilai arus pada skema rangkaian ini bernilai 0 (nol).

Kecepatan Putar (rpm)	Tegangan pada Rangkaian Terbuka			
	Arc (V AC)	Trapezoid (V AC)	Triangle (V AC)	Tanpa Umbrella (V AC)
100	23.442	23.592	23.578	19.415
200	46.938	47.239	47.198	38.853
300	70.303	70.756	70.702	58.210
400	93.868	94.471	94.397	77.701
500	117.335	118.086	117.972	97.131
600	140.753	141.697	141.261	116.532
700	164.277	165.333	164.808	135.976
750	175.188	176.285	175.476	144.997
800	187.519	188.605	188.605	155.304
850	197.846	199.086	199.405	164.851
900	211.192	212.549	211.839	174.811
950	222.751	224.181	214.330	184.468
1000	234.405	235.913	235.772	194.131
1500	351.955	354.234	353.028	291.252
2000	469.279	472.341	470.786	388.208



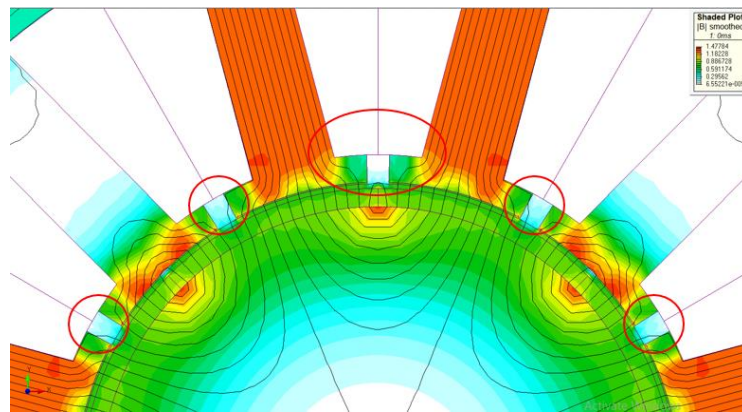
Tabel 1. Hasil Pengujian pada Rangkaian Terbuka

Dari tabel bisa ditarik kesimpulan bahwa nilai tegangan pada rangkaian terbuka paling besar pada umbrella tipe Trapezoid, Triangle, Arc, dan Tanpa Umbrella. Tegangan pada tipe Tanpa Umbrella memiliki perbedaan nilai yang jauh daripada variasi umbrella yang lain. Hal ini disebabkan karena terjadi kebocoran fluks pada tipe tanpa umbrella cukup banyak dibandingkan dengan variasi yang lain



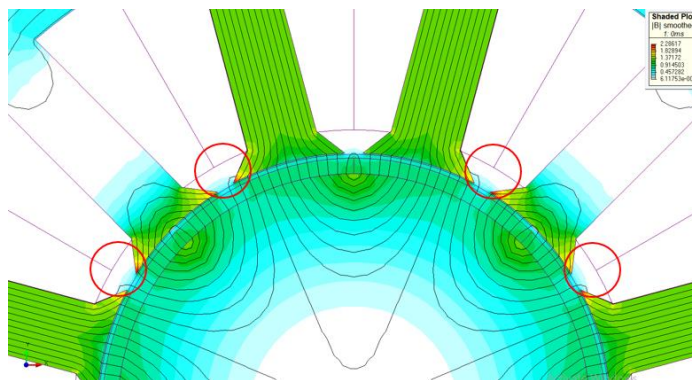
Gambar 6. Penampkan fluks bocor pada tipe tanpa umbrella
 Dari gambar

Pada gambar. 6 fluks bocor ada pada setiap airgap, dimana hal ini harus dihindari dalam perancangan generator agar fluks benar-benar masuk pada *teeth stator*.



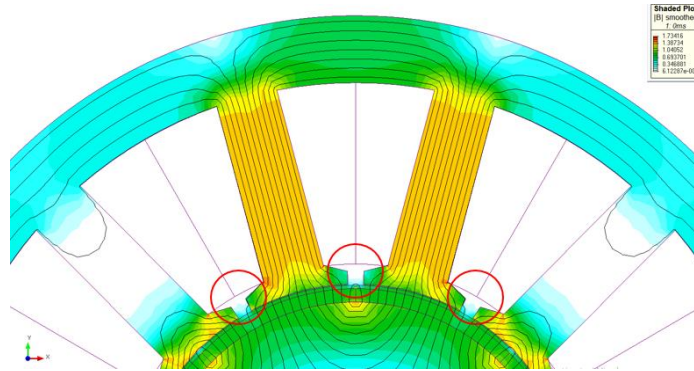
Gambar 7. Penampkan fluks bocor pada tipe arc
 Dari gambar

Pada gambar 7. Setelah digunakan umbrella tipe arc, nampak fluks bocor berkurang hal ini disebabkan karena ada modifikasi pada ujung teeth stator untuk memaksimalkan fluks magnet dari permanen magnet.



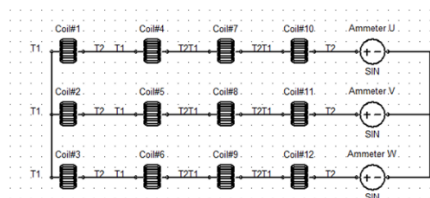
Gambar 8. Penampkan fluks bocor pada tipe triangle
 Dari gambar

Pada gambar 8. Setelah digunakan umbrella model triangle nampak fluks bocor semakin kecil, kemungkinan besar fluks magnet telah benar-benar masuk pada teeth stator.



Pada gambar 9. Setelah digunakan umbrella model trapezoid, jika dilihat dari gambar seperti halnya hampir sama dengan model triangle yaitu fluks bocor yang semakin berkurang

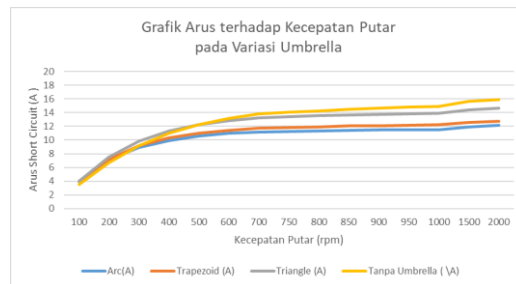
3.2 Rangkaian Hubung Singkat



Gambar 10. Rangkaian Hubung Singkat

Simulasi pada rangkaian ini dilakukan untuk mendapatkan hasil perbandingan arus rangkaian hubung singkat pada variasi model umbrella. Pada konsep hubung singkat generator diuji pada beban yang sangat kecil mendekati 0 (nol) sehingga resistansi sangat kecil.

Kecepatan Putar (rpm)	Arus pada Rangkaian Hubung Singkat			
	Tipe Umbrella			
	Arc (A AC)	Trapezoid (A AC)	Triangle (A AC)	Tanpa Umbrella (A AC)
100	3.933	3.972	4.015	3.498
200	7.061	7.209	7.486	6.660
300	8.901	9.184	9.859	9.143
400	9.932	10.318	11.324	10.971
500	10.545	11.001	12.238	12.263
600	13.178	11.445	12.848	13.178
700	11.188	11.739	13.263	13.823
750	11.278	11.855	13.410	14.085
800	11.367	11.911	13.552	14.270
850	11.438	12.040	13.691	14.483
900	11.474	12.100	13.787	14.644
950	11.495	12.159	13.871	14.791
1000	11.525	12.213	13.951	14.918
1500	11.899	12.548	14.408	15.623
2000	12.136	12.756	14.648	15.941



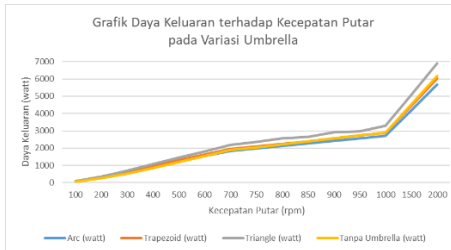
Tabel 2. Hasil Pengujian pada Rangkaian Hubung Singkat

Dari Tabel diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa Tipe Tanpa umbrella memiliki nilai arus yang paling besar dibandingkan ketiga variasi umbrella yang lain. Dalam pembuatan generator nilai arus yang terlalu besar harus dihindari, karena akan menimpulkan rugi-rugi akibat nilai arus.

3.3 Daya Keluaran

Pada generator daya keluaran merupakan nilai perkalian tegangan dan arus, dimana nilai tegangan dan arus seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2. Sehingga didapatkan nilai daya keluaran seperti pada Tabel 3.

Kecepatan Putar (rpm)	Daya Keluaran (watt)			
	Tipe Umbrella			
	Arc (watt)	Trapezoid (watt)	Triangle (watt)	Tanpa Umbrella (watt)
100	92.198	93.701	94.655	67.921
200	331.424	340.526	353.310	258.746
300	625.784	649.797	697.047	532.198
400	932.284	974.741	1068.999	852.468
500	1237.243	1299.041	1443.788	1191.096
600	1549.686	1621.276	1814.947	1535.661
700	1838.005	1940.830	2185.807	1879.625
750	1975.692	2089.774	2353.055	2042.321
800	2131.569	2246.487	2555.936	2216.200
850	2262.874	2396.966	2647.918	2387.598
900	2423.270	2571.782	2920.541	2559.988
950	2560.554	2725.855	2972.898	2728.411
1000	2701.563	2881.194	3289.195	2896.029
1500	4187.972	4444.936	5086.254	4550.367
2000	5695.347	6025.016	6895.837	6188.287



Tabel 3. Hasil daya keluaran pada variasi Umbrella

Berdasarkan tabel diatas tipe Tanpa Triangle memiliki nilai daya yang paling besar dibandingkan dengan variasi yang lain.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi variasi umbrella pada generator 12S8P dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Umbrella tipe Trapezoid memiliki nilai tegangan paling tinggi pada simulasi rangkaian terbuka
2. Umbrella tipe Tanpa umbrella memiliki nilai arus paling tinggi pada simulasi rangkaian hubung singkat.
3. Umbrella tipe Triangle memiliki nilai daya keluaran paling tinggi dibandingkan variasi umbrella yang lain.

Daftar Pustaka:

- [1] Kementerian bidang kesejahteraan rakyat . 2009. *Luas Perairan Indonesia*.
<http://indonesia.go.id/in/kementerian/kementeri-koordinator/kementerian-koordinator-bidang-kesejahteraan-rakyat/79-kementerian-negara-perencanaan-pembangunan-nasiona-sarana-dan-prasarana>
- [2] Kementerian dan Kelautan Perikanan Republik Indonesia. 2009. *Garis Pantai Indonesia Terpanjang Keempat di Dunia*. [http://www.kkp.go.id/index.php/arsip /c/1048/Garis-Pantai-Indonesia-Terpanjang-Keempat-di-Dunia/?category_id=](http://www.kkp.go.id/index.php/arsip/c/1048/Garis-Pantai-Indonesia-Terpanjang-Keempat-di-Dunia/?category_id=)
- [3] Wahyudi Budi Pramono, Warindi, dan Achmad Hidayat “ Perancangan Generator Turbin Angin 200 W Untuk Energi Angin Kecepatan Rendah,”2015
- [4] Chapman, Stephen. 2010. *Electric Machinery Fundamentals 5th*. Mc Graw Hill: Australia
- [5] Piggott, Hugh. 2011. *Wind Power Workshop: Building Your Own Wind Turbine*. Great Britain: Centre for Alternative Technology
- [6] Boldea, Ion. 2016. *Synchrhonus Generators 2th*.Romania: CRC Press
- [7] “Apa itu MagNet ?” <https://www.mentor.com/products/mechanical/magnet>
- [8] Nima Madani. “Design of a Permanent Magnet Synchronus Generator for a Vertical Axis Wind Turbine,”2011
- [9] M. Choirul Anam, Nurhadi, M.Irfan. "Perancangan Generator 100 W Menggunakan Software Elektromagnetik Infolyca" 2017.
- [10] Ghosh, Samarjit. 2007. *Electrical Machines*. India: Dorling Kindersley.