

Pengaruh Fluxtuasi Angin terhadap Frekuensi pada Sistem Pembangkit Tenaga Angin menggunakan *Dobly-fed Induction Generator* (DFIG)

Zulfikar¹, Yassir², Syahrul Azmi³, Munawar⁴

^{1,3} Jurusan teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

¹zul_elka@pnl.ac.id

^{3*}yassir@pnl.ac.id (penulis korespondensi)

Abstrak— Berkurangnya cadangan minyak bumi dan gas yang digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik. Energi terbarukan mulai dikembangkan seiring dengan terbatasnya cadangan energi fosil dan juga adanya dampak negatif pada lingkungan yang terjadi akibat penggunaan energi fosil tersebut. Salah satu sumber energi alternatif yang dapat dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Angin. efek lain akibat penggunaan turbin angin adalah terjadinya durasi angin yang tidak stabil bahkan rendah yang dapat berpengaruh terhadap frekuensi dari generator. Untuk mengatasi fluxtuasi angin yang bervariasi dikembangkan teknologi pembangkit listrik tenaga angin dengan Doble Fed Induction Generator (DFIG). Pada pembangkit ini pengaruh putaran terhadap frekuensi terjadi pada putaran rendah yaitu dibawah kecepatan 1000 Rpm sehingga teknologi ini dapat memperbaiki 30% dari frekuensi idealnya..

Kata kunci— pembangkit, turbin, frekuensi, pengaturan, angin

Abstract— The reduced reserves of oil and gas which are used as fuel for power plants. Renewable energy has begun to be developed in line with the limited reserves of fossil energy and also the negative impact on the environment that occurs due to the use of fossil energy. One of the alternative energy sources that can be developed is wind power generation. Another effect due to the use of wind turbines is the occurrence of unstable and even low wind duration which can affect the frequency of the generator. In order to overcome the varying wind fluxtuation, wind power generation technology was developed using the Doble Fed Induction Generator (DFIG). In this generator the effect of rotation on frequency occurs at low rotation, which is below the speed of 1000 Rpm so that this technology development can improve 30% of the ideal frequency

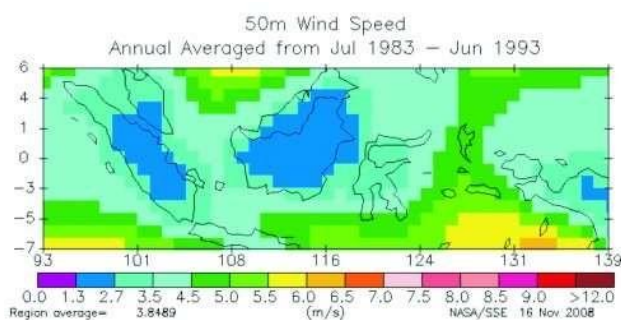
Keywords— Generator, Turbine, Frequency, Rregulation, Wind

I. PENDAHULUAN

Angin adalah salah satu bentuk energi yang tersedia di alam, Pembangkit Listrik Tenaga Angin mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Cara kerjanya cukup sederhana, energi angin yang memutar turbin angin, diteruskan untuk memutar rotor pada generator dibagian belakang turbin angin, sehingga akan menghasilkan energi listrik. Energi Listrik ini biasanya akan disimpan kedalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan.

A. Kondisi Indonesia

Daerah pantai merupakan salah satu tempat yang dapat dimanfaatkan secara maksimal sebagai daerah pengembangan energi terbarukan, dalam hal ini Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Berdasarkan data NASA, didapatkan kecepatan angin di Indonesia sebagai berikut :



Gambar 1. Data Kecepatan Angin di Indonesia

Berdasarkan Gambar 1. bisa dilihat bahwa daerah Nusa Tenggara memiliki kecepatan angin rata-rata terbesar yaitu 5,5-6,5 m/s., Sedangkan pulau-pulau besar di Indonesia, seperti Sumatera, Kalimantan, Jawa, Sulawesi dan Papua

hanya memiliki kecepatan angin rata-rata antara 2,7 – 4,5 m/s.[10]

Berdasarkan data dari kementerian ESDM Republik Indonesia, kapasitas terpasang PLTB di Indonesia mengalami kenaikan yang kurang signifikan setiap tahunnya, dengan kapasitas terpasang pada tahun 2010 sebesar 1.70.000 MW

Keberadaan wilayah di Indonesia yang begitu beragamnya sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan, merupakan tantangan untuk melakukan penelitian atau kajian agar memperoleh sumber energi alternatif yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan listrik, banyak muncul permasalahan yang disebabkan karena semakin berkurangnya cadangan minyak bumi dan gas yang digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik. Energi terbarukan mulai dikembangkan seiring dengan terbatasnya cadangan energi fosil dan juga adanya dampak negatif pada lingkungan yang terjadi akibat penggunaan energi fosil tersebut. Salah satu sumber energi alternatif yang dapat dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Namun efek lain akibat penggunaan turbin angin adalah terjadinya derau frekuensi yang tidak mentu bahkan rendah. Putaran dari sudu-sudu turbin angin dengan frekuensi konstan lebih mengganggu dari pada suara angin pada ranting pohon. Selain derau dari sudu-sudu turbin, penggunaan gearbox serta generator dapat menyebabkan derau suara mekanis dan juga derau suara listrik. Derau mekanik yang terjadi disebabkan oleh operasi mekanis elemen-elemen yang berada dalam nacelle atau rumah pembangkit listrik tenaga angin. Dalam keadaan tertentu turbin angin dapat juga menyebabkan frekuensi pada jaringan tidak tetap sehingga pengaturan frekuensi pada pembangkit tenaga angin berbeda halnya yang dilakukan pada pembangkit tenaga air (PLTA) pembangkit Tenaga Uap (PLTU) dan pembangkit –pembangkit lain

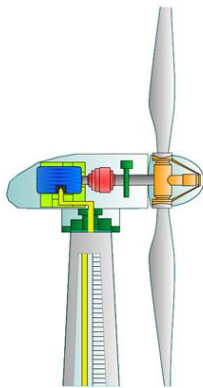
B. Tinjauan Pustaka

1. Karakteristik dan Macam Penggerak

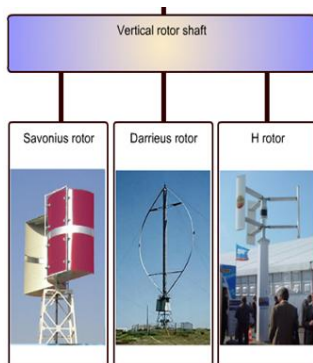
Pembangkit listrik tenaga angin (PLTB) memanfaatkan angin sebagai tenaga penggerak untuk memutar turbin. Turbin angin merupakan mesin dengan sudu berputar yang mengonversikan energi kinetik angin menjadi energi mekanik. Jika energi mekanik digunakan langsung secara permesinan seperti pompa atau grinding stones, maka mesin (turbin) disebut windmill. Jika energi mekanik dikonversikan menjadi energi listrik, maka mesin disebut turbin angin atau wind energy converter (WEC).[1][2]

Banyak jenis mesin turbin yang telah dikembangkan, tetapi secara garis besar dapat dibedakan menjadi dua tipe, yaitu:

- a. HAWT (Horizontal Axis Wind Turbine)
- b. VAWT (Vertical Axis Wind Turbine)



Gambar 2 turbin Ngin Sumbu Horizontal [3]



Gambar 3 turbin Ngin Sumbu vertikal

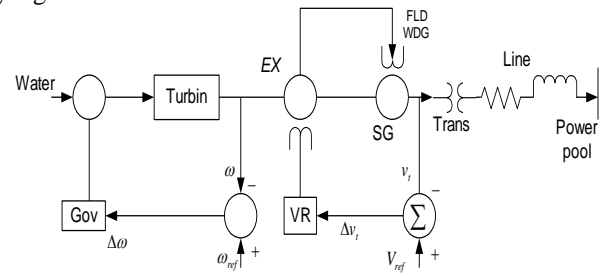
2. Komponen dasar sistem tenaga listrik

Untuk memahami perilaku sistem tenaga listrik dan desain pengontrolan dalam hal kinerja, perlu dipahami komponen dasar dari pembangkit tenaga listrik. [8]

Komponen dasar dari pembangkit tenaga listrik diperlihatkan pada gambar 4. secara terinci. Pada gambar ditunjukkan turbin dan governor dengan umpan balik, generator SG, eksitasi regulator tegangan VR dengan umpan balik tegangan, transformator dan jaringan transmisi.

Fungsi governor adalah untuk mempertahankan kecepatan konstan, yaitu kecepatan sinkron turbin-generator set. Bila kecepatan turun, dapat dinaikkan keluaran daya listrik maka akan mengirim sinyal ke governor untuk memberi masukan daya mekanik ke turbin dan bila kecepatan naik maka daya masukan mekanik diturunkan guna mempertahankan kecepatan

stabil. Pada pembangkit listrik yang besar governor memberikan fungsi kendali daya dan frekuensi, dari area yang berada didalam interkoneksi besar.

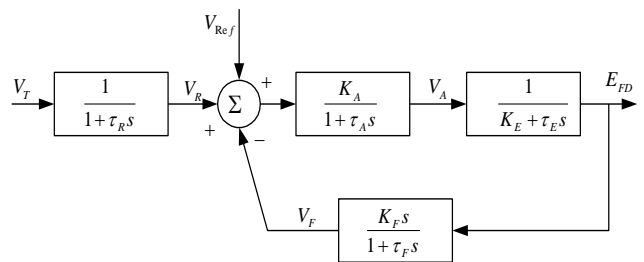


Gambaaer 4. Komponen dasar pembangkit tenaga listrik

3. Sistem eksitasi

Sistem kontrol eksitasi umumnya terdiri dari beberapa komponen yaitu penyearah (rectifier), pengatur tegangan (voltage regulator) dan komparator, (penguat amplifire) dan exciter.[9]

Sistem eksitasi yang ditinjau untuk generator dari sistem tenaga listrik di Sumatera Utara adalah sebagai berikut



Gambar 5. Diagram blok sistem eksitasi

$$\dot{V}_R = \frac{1}{\tau_R} V_T - \frac{1}{\tau_R} V_R$$

$$\dot{E}_{fd} = \frac{1}{\tau_E} V_A - \frac{K_E}{\tau_E} E_{fd}$$

4. Generator asinkron dengan Dobby Fed

Operasi variabel kecepatan dari pembangkit listrik tenaga angin yang menggunakan generator asinkron dengan doubly Fed dapat dijelaskan :

Daya listrik dari mesin dimasukkan ke sumber jala-jala, dan kembali dari tegangan eksitasi ke rotor. Ini memungkinkan mesin beroperasi dalam mode super-sinkron dan sub-sinkron (generator / motor).

Frekuensi yang kontrol oleh konverter ditumpangkan pada frekuensi medan rotor. Sehingga menyebabkan Frekuensi stator tetap konstan, walaupun kecepatan rotoryang bervariasi. Rentang kecepatan ditentukan oleh frekuensi yang disuplai ke rotor. Konsep ini menimbulkan persyaratan kontrol yang sangat rumit.[5]

Namun, keuntungan khusus dari konsep ini adalah kemampuan untuk mengontrol daya aktif dan reaktif secara terpisah. Selain itu, hanya 1/3 dari daya pengenal generator yang ditransmisikan melalui sirkuit rotor dan

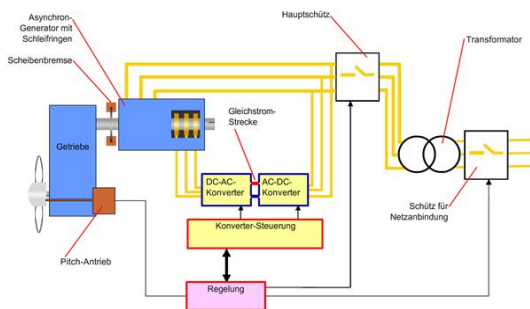
konverter frekuensi. Sistem kecepatan variabel telah mantap dalam turbin angin modern.

Baik di bawah beban parsial maupun beban penuh, sudut bilah rotor dapat disetel dengan menggunakan mekanisme khusus sesuai dengan kecepatan angin dan daya generator, dan dengan demikian idealnya disejajarkan dengan angin. Mekanisme semacam ini disebut sebagai pitch kontrol.

Generator yang membentuk bagian dari turbin angin tersebut digabungkan ke jaringan listrik tidak secara langsung, tetapi melalui komponen tambahan:

5. Pengontrolan kecepatan

Dalam generator Doble fed, kecepatan rotor dapat divariasikan hingga 30% dari kecepatan ideal. Ini dapat mempertahankan kan frekuensi generator walaupun dalam kondisi angin yang berubah. Ini juga meminimalkan fluktuasi yang tidak diinginkan dalam jaringan listrik Untuk mencapai hal ini, belitan rotor diarahkan keluar melalui cincin selip dan dihubungkan ke jaringan melalui inverter khusus. dengan demikian generator terhubung ke stator serta rotor, oleh karena itu disebut dably fed. Ini memungkinkan pengontrol untuk secara langsung mempengaruhi kondisi magnet di dalam rotor. Inverter dapat memperbaiki arus bolak-balik di kedua arah, dan mengubah arus searah menjadi arus bolak-balik dari frekuensi yang diperlukan. Pada kecepatan angin rendah, putaran generator lebih lambat dibandingkan dengan pengoperasian grid.[6][7] Dalam keadaan demikian, medan putar dimasukkan ke dalam rotor dan dimasukan pada frekuensi rotasinya. Dengan cara ini, mesin secara magnetis mencapai slip ideal meskipun operasi mekanis rotor lebih lambat dibandingkan dengan operasi grid. Dalam proses ini, energi diambil dari grid untuk menghasilkan medan rotor. Namun, jumlah energi ini jauh lebih rendah daripada energi keluaran stator. Ketika kecepatan angin meningkat, frekuensi medan putar ini diturunkan, sehingga slip magnet tetap konstan. Untuk mengimbangi hembusan angin dan kecepatan angin yang tinggi, arah rotasi bidang rotor dibalik. Hal ini dapat menaikkan kecepatan mekanik pada slip magnet yang konstan. Untuk mencapai ini, konverter memberi imputan bagian dari arus rotor ke jaringan, menghasilkan aliran energi ke arah ini. Dengan demikian, sekitar 10% daya pembangkit listrik dibangkitkan di rotor dan diumpankan melalui konverter ke jaringan listrik.



Gambar 6. Siatem pengontrolan

Karena eksitasi mesin terjadi melalui konverter, daya reaktif dari jaringan tidak diperlukan. Sebaliknya, sistem kontrol dapat memberikan daya reaktif kapasitif

dan induktif sesuai dengan spesifikasi operator jaringan.

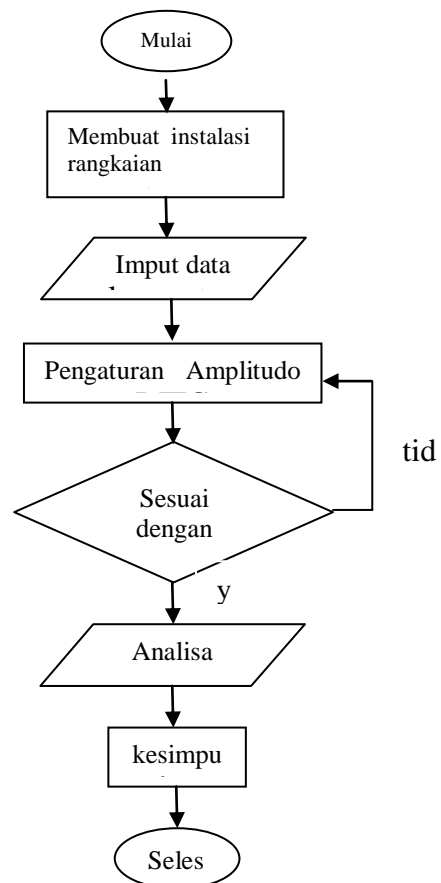
C. Tujuan penelitian

Secara umum perubahan frekuensi generator akan berubah – rubah setiap perubahan beban, namun frekuensi ini dapat dijaga konstan dengan pengaturan putaran generator secara otomatis dilakukan oleh governor dengan mengontrol penyaluran BBM (PLTD), mengontrol debit air (PLTA) Namun pada pembangkit tenaga angin khususnya pada Doble- fed Induction Generator pengaturan frekuensi dapat dilakukan dengan panturan frekuensi pada rotornya melaiui tegangan eksitasi.[4]. Adapun tujuan penelitian ini adalah

- Untuk mengetahui Pengaruh Fluktuasi angin pada Pembangkit Tengan Angin pada generator induksi Duble-fed
- Untuk mengetahui bagaimana sistem menjaga frekuensi agar stabil dengan variasi angin yang berbeda.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Menggunakan Metode experimental dengan menggunakan pendekakan simulasi melalui prototabe pembangkit tenaga angin berbasis DFIG untuk mendapatkan data-data data penelitian yang bertujuan mendapatkan data yang sistematis dan akurat khususnya pada bidang pengaturan frekuensi. Diagram alur proses perancangan penelitian ini ditunjukkan pada gambar



Gmbar 7. Flow chart pelaksanaan penelitian

III HASIL DAN PEMBAHASAN

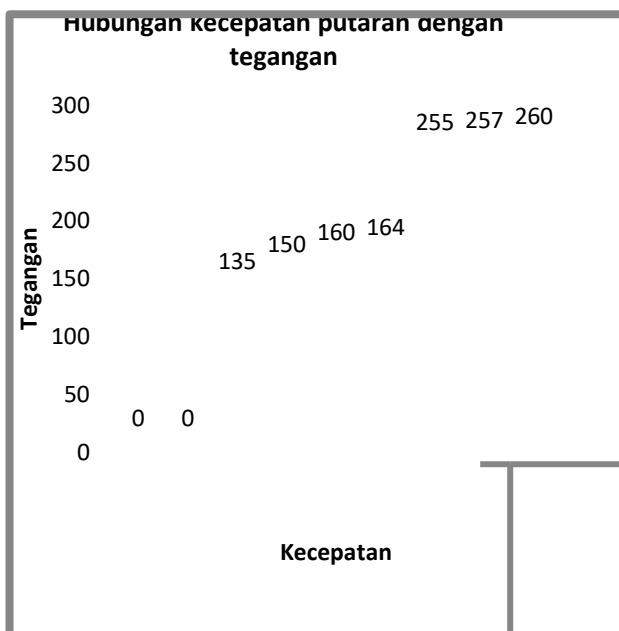
Keuntungan lain teknologi doubly fed induction generator adalah kemampuannya bersama konverter elektronika daya untuk menghasilkan Turbine Data Menu dan Turbine Power Characteristics menyerap daya reaktif, sehingga dengan demikian tidak diperlukan pemasangan bank kapasitor sebagaimana jika digunakan generator induksi sangkar tupai. Tegangan terminal akan dikendalikan pada nilai yang dikehendaki sesuai dengan tegangan acuan. Namun, keuntungan khusus dari konsep ini adalah kemampuan untuk mengontrol daya aktif dan reaktif secara terpisah. Selanjutnya, hanya 1/3 dari daya pengenal generator yang ditransmisikan melalui sirkuit rotor dan konverter frekuensi.

A. Hubungan Kecepatan putaran dengan tegangan pada doubly fed induction generator

Pengujian pada Dobly Fid induction Generator (DFIG) dengan variasi putaran sebanyak sembilan kali percobaan di mulai dari kecepatan 500 sampai 1500 Rpm dan Generator tidak diberikan beban. Hasil Pengujian ditunjukkan pada tabel 1.

TABEL 1. HUBUNGAN KECEPATAN PUTARAN DENGAN TEGANGAN

No	Kecepatan (N) (Rpm)	Tegangan stator (Volt)
1	500	0
2	750	0
3	1000	135
4	1100	150
5	1200	160
6	1300	164
9	1400	255
8	1450	257
9	1500	260

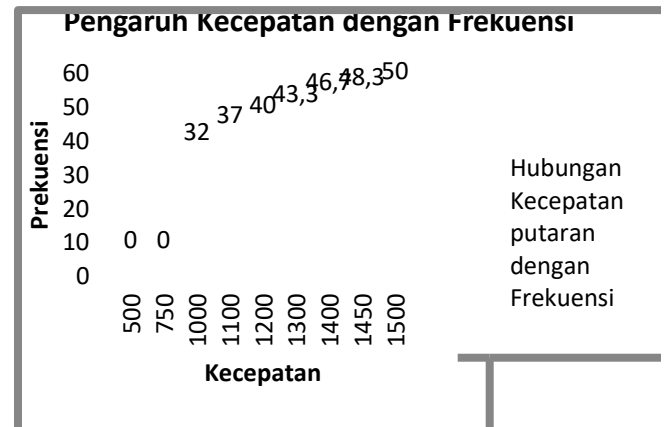


Gambar 8. Grafik hubungan putaran dengan tegangan generator

dari hasil pengujian dari Sembilan kali variasi yang di tunjukan pada gambar 8, pada pembangkit listrik tenaga angin dengan DFIG pada kecepatan 500 sampai 750 tidak ada tegangan yang dihasilkan ini dikarenakan sistem tersebut tidak memberikan asupa tegangan eksitasi ke rotor.

TABEL 2. PENGARUH KECEPATAN PUTARAN TERHADAP FREKUENSI

No	Putaran (Rpm)	Frekuensi (Hz)
1	500	0
2	750	0
3	1000	32
4	1100	37
5	1200	40
6	1300	43,3
7	1400	46,7
8	1450	48,3
9	1500	50

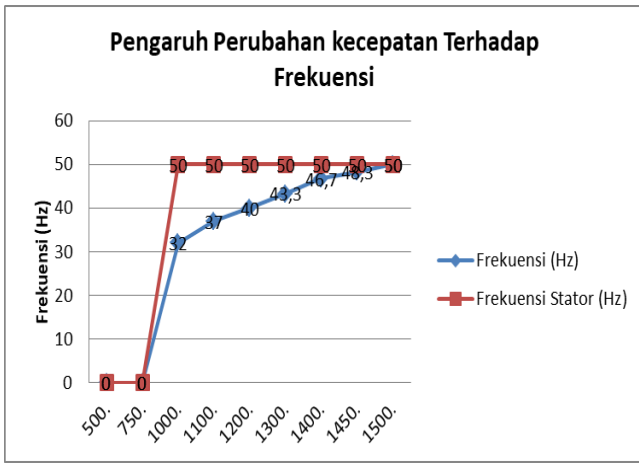


Gambar 9. Grafik Pengaruh kecepatan terhadap Frekuensi

Pengaruh kecepatan terhadap frekuensi seperti yang ditunjukkan ada gambar 9. Dengan tidak menggunakan DFIG frekuensi yang dihasilkan generator berubah seiring fluktuasi kecepatan yaitu frekuensi terendah pada kecepatan 1000 Rpm dan generator mencapai frekuensi idelanya pada kecepatan 1500 Rpm.

TABEL 2. PENGARUH FLUKTUASI KECEPATAN ANGIN TERHADAP FREKUENSI

No	Kecepatan (Rpm)	Frekuensi (Hz)	Frekuensi stator
1	500	0	0
2	750	0	0
3	1000	32	50
4	1100	37	50
5	1200	40	50
6	1300	43,3	50
7	1400	46,7	50
8	1450	48,3	50
9	1500	50	50



Gambar 9. Grafik frekuensi stator

Pada Pembangkit tenaga listrik berbasis DFIG, kecepatan rotor dapat divariasikan hingga 30% dari kecepatan idealnya seperti yang di junjukan pada table1. DFIG menghasilkan tegangan pada kecepatan 1000 Rpm hal ini disebabkan eksitasi secara otomatis tidak bisa di injeksikan sebelum kecepatan mencapai 70 % dari kecepatan ideal. Dalam khusus ini mesin menggunakan gear sebagai bantuan untuk Meningkatkan kepean mencapai kecepatan yang diizinkan. ini dapat menaikkan tingkat daya dalam kondisi angin yang berubah. Dan juga meminimalkan fluktuasi yang tidak diinginkan di jaringan listrik dan tekanan yang diberikan pada komponen penting.

Setelah kecepatan mencapai 70% dari kecepatan ideal, sistem pengeontrolan mulai berfungsi tegangan mulai muncul karna asupan arus ektitasi sudah bekerja seperti dilihat dari ggambar 4.

Perubahan kecepatan dan juga frekuensi akan berangsur-angsur meningkat seiring perubahan petaran yang disebabkan oleh angin yang yang tidak konstan seperti yang di tunjukan pada Gambar 5. Fluxtuasi angin yang tidak tetap, dapat menyebabkan putaran generator mengalami perubahan namun DFIG dapat menjaga agar frekuensi staor tetap stabil, seperti ditunjukan pada gambar 5. Ini menunjukan generator menggunakan DFIG dapat menjadi solusi dalam penanganan

tejadinya fluxtuasi angina pada pembangkit Listrik tenaga angin.

III. KESIMPULAN

1. Pada Pembangkit tenaga angin berbasis Doble fed induction generator (DFIG), Variasi angin untuk memutarakan rotor pada generator 4 kutup adalah 30% dari kecepatan sesungguhnya yaitu mulai dari 1000 Rpm. ini disebabkan eksitasi secara otomatis tidak bisa di injeksikan sebelum kecepatan mencapai 70 % dari kecepatan ideal.
2. Perubahan Fluxtuasi angina pada pembangkit teanaga listrik menggunakan Doble-fed induction Generator Pada kecepatan diatas 1000Rpm tidak berpengaruh pada frekuensi stator.

REFERENSI

- [1] Nur arsyk Hidayatullah dkk. 2016 "Optimalisasi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Angin Turbin Sumbu Horizontal dengan Menggunakan Metode Maximum Power Point Tracker" (JEECAE) JEECAE Vol.1, No.1, Oktober 2016
- [2] Dion Satya Prayoga 2016 "Rancang bangun sistem pembangkit listrik tenaga angin dengan vertical-axis wind turbine" e-Proceeding of Engineering : Vol.3, No.1 April 2016 | Page 12
- [3] Hilmansyah dkk 2017 "Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Kendali Pi" JURNAL SAINS TERAPAN NO.1 VOL. 3 ISSN 2406 – 8810
- [4] Antonov Bachtiar dkk 2018 " Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras" JURNAL TEKNIK ELEKTRO ITP, Vol. 7, No. 1, JANUARI 2018
- [5] [Andreas Petersson,"Analysis, Modelling and Control of Doubly-Fed Induction Generator for Wind turbines", Chalmers University of Technology, Göteborg, 2005.
- [6] Burgmen.M.Dr.Prof, Chistian Feltes, Ralf Linnertz (2009). Interactive Lab Assistant, "Energy Generation by Meands of wind Power Plants" Course number: SO2800-3A Version 1.0 Lucas-Nülle GmbH • Siemensstraße 2 • D-50170 Kerpen (Sindorf) • Tel.: +49 2273 567-0, www.lucas-nuelle.com.11, 1997
- [7] Rahmad Syaputra Lubis 2003 " Perbaikan Dinamik Sistem Tenaga dengan Static Syncranous Series Compensator (SSSC) " tesis Program Pasca Sarjana Program studi Teknik Elektro UGM Yogyakarta.
- [8] Yu Yao-nan ,1993 Electrical Power System Dynamic, Academic Press New York London
- [9] Akbar Rachman, 2012 "Potensi Angin SebagaiPembangkit Listrik Energi Terbarukan" jurnal Fakultas Teknik, Universitas Jember, 68121 Indonesia
- [10] www.kincirangin.infoTingkat kecepatan angina mill/3201--potensi-angin-melimpah-di-kawasanpesisir-indonesia Potensi Angin.