# DETERMINASI *RANDOM WALKS* PEMBANGKIT NUKLIR PADA *SMART GRID POWER SYSTEM*

**Arif Nur Afandi**

**Abstrak:** Energi listrik dewasa ini menjadi salah satu kebutuhan sangat penting untuk menunjang aktifitas masyarakat dan industri. Sehingga pengiriman daya listrik harus dilakukan dengan layanan yang baik, aman dan andal. Untuk menentukan determinasi *random walks* pembangkit nuklir, *smart grid power system* didekati dengan menggunakan model standard IEEE-30 bus. Determinasi *random walks* pembangkit nuklir ditentukan dengan menggunakan MATLAB *original* R2010bSP1 dan menerapkan Lebah Musim Panen. Hasil determinasi *random walks* untuk pembangkit nuklir pada *smart grid power system model*, bahwa sistem menyerap rugi daya yang besar, *unit commitment* pembangkit dilayani dengan daya yang berbeda-beda, karakteris-tik *random walks* pembangkit mencerminkan prilaku yang beda dalam mendukung interkoneksi. Pembangkit 1 dan pembangkit 4 memiliki karakteristik *random walks* yang dinamis, dibandingkan dengan pembangkit lainnya.

**Kata-kata kunci:** *random walks*, *smart grid*, lebah musim panen

Energi listrik dewasa ini menjadi salah satu kebutuhan sangat penting untuk menunjang aktifitas masyarakat dan industri. Sehingga pengiriman daya listrik harus dilakukan dengan layanan yang baik, aman dan andal. Baik artinya harus menjamin kemampuan pelanggan untuk mengadakannya, aman artinya bagi pelanggan dan lingkungan tidak berbahaya, sedangkan andal artinya dapat melayani secara kontinyu dan berkualitas. Hal ini dapat terwujud dengan baik apabila didukung infrastruktur interkoneksi yang terpadu dan dikendalikan secara *real time* setiap waktu. Infrastruktur sistem tenaga lisrik dibagi dalam beberapa seksi, yaitu pembangkit, transmisi, distribusi dan utilisasi (El-Hawary:2008).

Untuk mendukung hal tersebut, dewasa ini sistem tenaga listrik modern menggabungkan teknologi sistem informasi cerdas ke dalam pengelolaan operasi, untuk mengelola data-data operasional yang terjadi pada sistem interkoneksi. Secara prinsip dijelaskan bahwa sistem informasi cerdas memantau kecukupan pasokan daya dan ketersediaan energi selama beroperasinya pembangkit melalui komunikasi informasi, melakukan evaluasi pengiriman daya di jaringan berdasarkan data-data kekinian operasional, memantau pemanfaatan energi di pelanggan dan mengelola historik data untuk peramalan, serta mengevaluasi kondisi dinamis beroperasinya sistem sebagai data *real time*. Kedua aspek sistem tenaga listrik modern tersebut saling bersinergi untuk membangun *smart grid power system*.

Secara teknis dipaparkan bahwa pengiriman daya listrik ke pusat beban dilayani dengan berbagai level tegangan yang berbeda, sesuai dengan sistem yang digunakannya. Tegangan dari pembangkit dinaikkan pada saluran transmisi dan diturunkan kembali pada jaringan distribusi untuk disalurkan ke pusat beban. Pilihan tegangan pada saluran transmisi memegang peranan pada proses pengiriman daya antar area, sedangkan sistem yang lain dengan tegangan untuk pendistribusian.

Selanjutnya untuk mendukung kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat, maka pemenuhan kebutuhan daya listrik di setiap *load density* harus dilayani dengan tepat, harus mampu mengatasi semua gangguan selama beroperasi dengan

Arif Nur Afandi adalah Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Malang

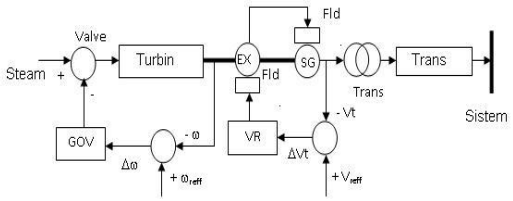
dinamis. Menurut Sadaat, kedinamisan sistem tenaga listrik dikarakteristikan oleh prilaku pengiriman daya yang secara keseluruhan memiliki batas maksimum sampai tercapai kondisi lepas sinkron, selain itu juga dicerminkan oleh osilasi komponen mekanis dan elektris pembangkit. Kondisi dinamis beban ini menyebabkan pasokan daya listrik harus benar-benar terjaga dan cukup untuk melayani semua beban yang tersebar di setiap titik beban.

Dengan sebaran beban yang terletak di berbagai lokasi menyebabkan daya listrik harus dikirim melalui saluran transmisi yang cukup jauh dan menimbulkan dampak rugi daya, kondisi tegangan, status stabilitas and sekuritas sistem. Dengan demikian, pengoperasian sistem tenaga listrik secara cerdas sangatlah penting untuk diperhatikan agar terjaga kontinyuitas dan dan kwalitas pelayanan. Pengelolaan sistem tenaga listrik secara cerdas bukan sekedar mencakup pengiriman daya ke beban dan penanggulangan gangguan yang terjadi, namun mencakup pula pengelolaan data-data sistem informasi secara real time yang digunakan sebagai landasan untuk operasi dan tindakan manuver pada kondisi normal, siaga atau darurat, agar semua performasinya tidak *blackout* dan mampu memperbaiki *loss of load probability*.

Kondisi *blackout, out of power* atau *hostload*, menjadi persoalan yang rumit disisi pembangkit, mengingat sistem *smart grid power system* saat ini bukan sekedar dibangun oleh PLTA, PLTU, PLTGU, PLTD tetapi didukung oleh *Renewable Energy Power Station*, *Nuclear Power Station* dan *Plugin Plugout Mobil Power Station*. Terutama pembangkit nuklir harus terawasi dengan cermat terhadap semua kedinamisan operasional, agar terpantau semua berbagai efek resiko yang akan ditimbulkannya. Rasionalitas pergerakan daya pembangkit selama beroperasi harus tersedia secara ekonomis dan unit komitmen pada setiap operasi harus menjamin masih berada pada *ramp limits* yang diijinkan, *promised thermal fuel consumption* yang ditetapkan, *emission discharge* yang dipersyaratkan, dan pada *spinning reserve* yang diinginkan.

## Interkoneksi, Sekuritas Sistem dan *Smart Grid*

Menurut Nagrath dkk, proses pengiriman daya ke beban berlangsung secara dinamis dan memiliki batas maksimum *transmission power trasfer capability*. Selanjutnya untuk memahami prilaku dinamis pada sistem tenaga listrik, dijelaskan oleh Yao Nan bahwa sangat perlu dimengerti komponen dasar sistem tenaga listrik, khususnya yang memiliki pengaruh signifikan dengan prilaku dinamik sistem tenaga listrik.



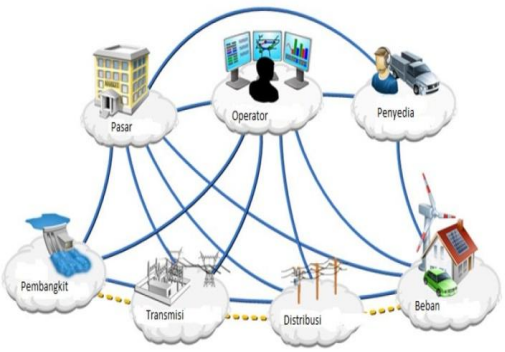

**Gambar 1. Komponen Sistem Tenaga Listrik**

Pada Gambar 1 ditunjukan bahwa komponen dasar sistem tenaga listrik dibangun oleh turbin dan governor, generator, eksitasi beserta regulator tegangan, tranformator dan jaringan transmisi. Pada sistem interkoneksi perhitungan aliran daya dan tegangan sangat penting untuk diketahui. Dalam Duncan dkk untuk mencapai jaringan direpresentasikan dalam rangkaian satu fasa. Sebagaimana dalam Stevenson, setiap *bus* dikategorikan dalam empat kondisi yaitu tegangan (V), daya aktif (P), daya reaktif (Q) dan sudut fasa (δ). Dalam perhitungan aliran daya dikenal nama *bus* referensi (*swing bus*), *bus* beban (*load bus*) dan *bus* pembangkit (*generator bus*). Salah satu metode aliran daya yang banyak digunakan adalah metode *Newton Raphson*.

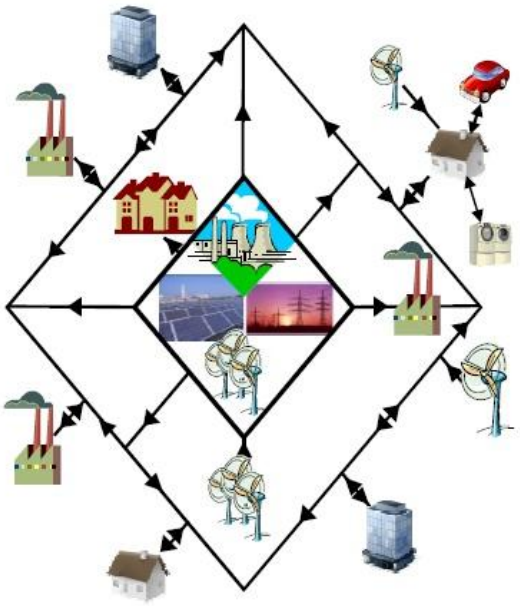
Selanjutnya untuk menjaga performasi sangat penting dilakukan evaluasi secara *real time*, evaluasi tersebut digunakan untuk melihat perubahan tegangan, aliran daya, perkembangan beban dan kondisi pembangkit. Untuk mencapai hal tersebut, umumnya dikaji dalam dua kategori utama yaitu *single contingency* dan *multiple contingencies*. Didefinisikan dalam Padyra, bahwa kontingensi tunggal terjadi bila saluran transmisi atau transformator dilepaskan dari saluran, sedangkan kontingensi jamak merupakan dua atau lebih saluran keluar dari sistem karena gangguan.

Pada operasi sistem tenaga listrik, sekuritas sistem dapat terlihat dengan adanya gangguan melalui kontingensi yang mencerminkan berbagai kondisi operasional. Seperti dalam Subramanian dkk, dijelaskan bahwa keadaan dinamis operasi sistem contohnya dapat dinyatakan dengan rentang ukuran frekuensi (50 ± 0,2 Hz), tegangan (nominal +5 % dan -10%). Batas tersebut harus menjamin operasi sistem pada keadaan sekuritas yang tinggi, agar tidak terjadi *collapse*.

Terutama pada *smart grid system*, semua harus terkendali secara terpadu dan saling terkait untuk menjaga interkoneksi berlangsung sesuai dengan syarat dan batas operasional yang diijinkan, agar tidak *collapse*. Dijelaskan bahwa *smart grid power system* memiliki komunikasi data dan penyaluran daya dalam dua arah yang melibatkan teknologi informasi, seperti pada Gambar 2 dan Gambar 3.




**Gambar 2. Sistem Elektrik dan Sistem Informasi**



**Gambar 3. Hirarki *Smart Grid Power System***

Sebagaimana pada Gambar 2 diilustrasikan, bahwa sisi pertama merupakan ko-munikasi data informasi dan sisi kedua merupakan proses pengiriman energi listrik. Dari Gambar 3 secara prinsip utama dapat dijelaskan bahwa *smart grid* ditujukan untuk *monitoring*, analisis, pengendalian dan komunikasi, agar mampu memperbaiki pelayanan energi melibatkan partisipasi *load*, penyebaran pembangkit dan cadangan energi. Pada sistem tersebut dibangun oleh kolaborasi multi arah penyaluran energi, berbasis *realtime operation* dengan pembangkit terpusat dan terdistribusi, pembangkit energy terbarukan, *load generation station*, *plugin plugout mobil generation* dan *smart house*.

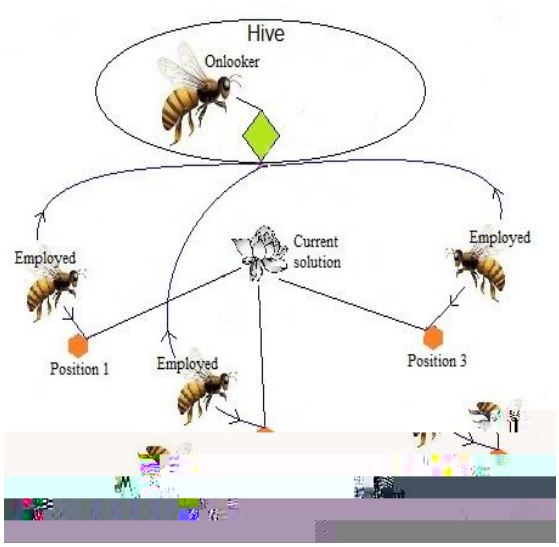
## Rasionalitas Ekonomis, Teori Lebah dan *Random Walks*

Rasionalitas ekonomis operasi sistem tenaga listrik dapat dipandang dari segi biaya operasi yang umumnya ditentukan oleh semua komponen pembangkit yang terpadu dan dinyatakan sebagai ukuran ekonomisitas operasi sistem interkoneksi melalui biaya pembangkitan. Untuk menentukan hal tersebut dapat dilakukan de-

ngan menggunakan optimisasi biaya yang menerapkan pemrograman matematis atau teknik optimisasi, seperti yang dijelaskan dalam Subramanian. Operasi ekonomis sistem interkoneksi dibatasi oleh kemampuan teknis operasi, seperti maksimum dan minimum daya nyata, maksimum dan minimum daya reaktif, batas tegangan yang diijinkan, aliran daya, batas *ramps*, batas cadangan energi dan interkoneksi pembangkit energi terbarukan. Menurut Sadaat, secara prinsip operasi ekonomis dikaitkan dengan sistem non linear. Selain itu saat ini operasi interkoneksi juga mempertimbangan emisi polusi ke udara, sehingga mempertimbangkan pula *penalty factor*.

Untuk mencapai titik ekonomis salah satunya dapat diselesaikan dengan *evolutionary method*, yang salah satu teori terbarunya adalah menggunakan algoritma koloni lebah. Algoritma ini pertama kali diperkenalkan oleh Dervis Karaboga di tahun 2005 dengan mengacu pada prilaku lebah di alam yang terdiri atas tiga komponen utama lebah, yaitu *employed bees*, *onlooker bees* dan *scout bees*. Ketiga komponen lebah tersebut memiliki tugas yang berbeda, *employed bees* konsentrasi untuk mencari sumber makanan, *onlooker bees* memiliki tugas untuk menonton tarian lebah dan mendapatkan sumber informasi makanan, *scout bees* memiliki tugas untuk membantu koloni secara acak menciptakan solusi baru sumber makanan.

Sejak pertama kali diperkenalkan di tahun 2005, teori ini telah mengalami pembaharuan dan aplikasi, diantaranya diperkenalkan disini adalah Lebah Musim Panen yang merupakan varian teori terbaru pengembangan *searching food mechanism* dan *greedy selection*. Varian baru ini berlandaskan pada perpindahan *random walks* dan *micro movement* seperti pada Gambar 4 dan Gambar 5.




**Gambar 4. Mekanisme Mencari Makanan**

**Gambar 5. Penempatan Sumber Makanan**

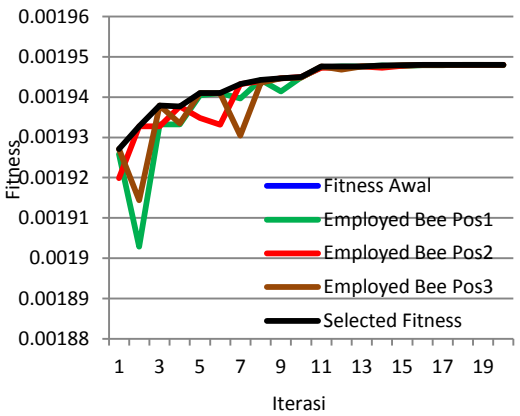
Secara prinsip *random walks* pada Gambar 4 dapat dijelaskan sebagai berikut ini. Mekanisme pencarian sumber makanan dimulai dengan mengetahui secara acak arah sumber makanan dan mengeksploitasi sumber makanan tersebut dengan mengacu pada posisi saat ini, setelah membuat satu set sumber makanan sebagai populasi awal. Langkah pertama adalah membuat generasi awal dari populasi secara acak untuk beberapa posisi saat ini sesuai dengan jumlah *nectars*. Dari posisi saat ini yang dipilih, lebah terbang ke sarang untuk berbagi informasi *nectars* dari sumber makanan yang terletak di beberapa tempat. Setelah berbagi informasi, langkah kedua adalah pergi ke daerah pilihan sumber makanan dan menjaga tiap posisi sebagai siklus awal dalam memori. Langkah ketiga memilih sumber makanan dengan jumlah *nektar* tertinggi melalui *comparing fitness values*.

untuk ditransmisikan ke beban dengan serapan rugi daya sebesar 6,7459 GW oleh sistem transmisi. Dengan menggunakan *compromised factor* 0,5 menghasilkan *random walks* untuk konvergensi *fitness* seperti pada Gambar 7.

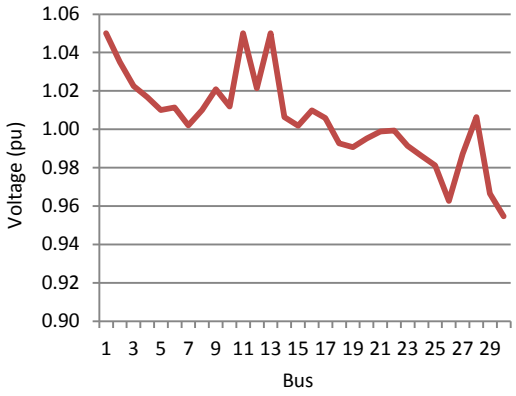
**Tabel 4. Daya Pembangkit**

| Subject | Kapasitas (GW) |
|---|---|
| G 1 | 133,4213 |
| G 2 | 50,3169 |
| G 3 | 26,5772 |
| G 4 | 31,4064 |
| G 5 | 24,1389 |
| G 6 | 24,2852 |
| Total G | 290,1459 |
| Total Loss | 6,7459 |

Pada Gambar 7 menunjukan proses *greedy selection* melalui *comparing fitness* untuk setiap *random walks* yang dilukiskan dalam 20 iterasi awal. Determinasi solusi untuk setiap pembangkit pada proses tersebut secara singkat dapat dijelaskan sebagai berikut ini. Setiap *fitness* mewakili posibilitas solusi disetiap titik posisinya. Garis warna hitam merupakan garis pilihan solusi rasionalitas ekonomis atas pembangkit yang didasarkan pada proses *comparing fitness* melalui *greedy selection*. *Fitness* tertinggi mencer-minkan posibilitas yang harus dipilih pada setiap iterasi untuk menentukan *unit commitment*.

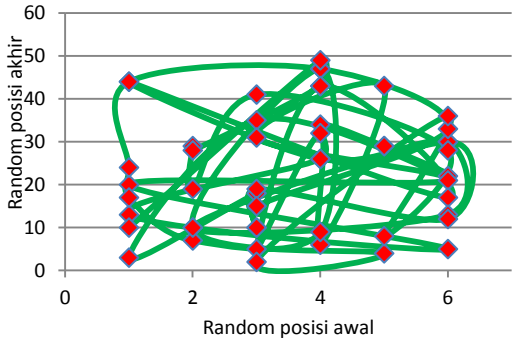



**Gambar 7. *Random Walks* Mekanisme Fitness**

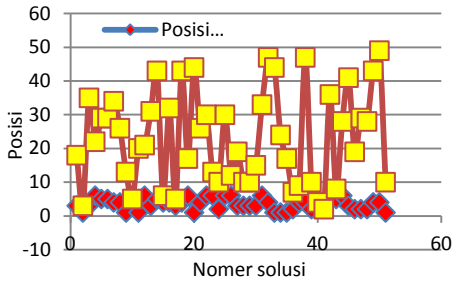



**Gambar 8. *Random Walks* Tegangan Bus**

Merujuk pada dasar tegangan 500 kV, maka setelah 200 siklus *random walks* tegangan untuk 30 bus ditunjukan seperti pada Gambar 8. Pada Gambar 8 diketahui bahwa tegangan dinyatakan dalam pu dengan *security voltage* sebesar 5% untuk setiap siklus. Selanjutnya dengan kemungkinan populasi solusi sebesar 50 untuk setiap siklus, maka perpindahan posisi awal ke posisi akhir ditunjukan pada Gambar 9 dan Gambar 10. Pada Gambar 9 merepresentasikan tempat posisi solusi berada secara acak dan pada Gambar 10 merepresentasikan pilihan atas solusi pada tempat tersebut. Kedua karakteristik tersebut sangat menetukan sekali didalam determinasi *random walks* pembangkit yang dikaji berdasarkan model standar.



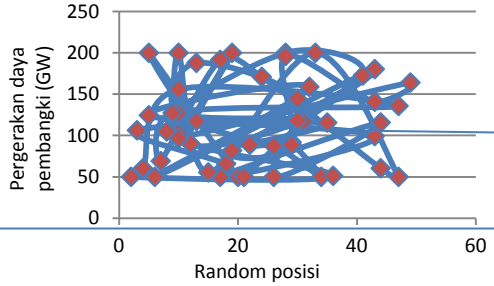

**Gambar 9. *Random Walks* Perpindahan Posisi**



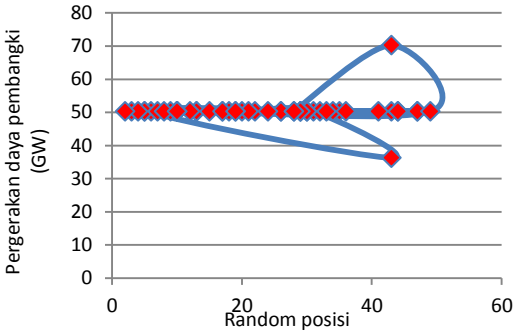

**Gambar 10. *Random Walks* Posisi Solusi**

## PEMBAHASAN

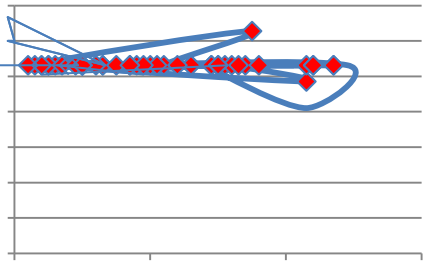
Selanjutnya determinasi *random walks* untuk setiap pembangkit ditunjukan secara terpisah pada Gambar 11 sampai dengan Gambar 16. Semua gambar tersebut mewakili seluruh pembangkit yang ada, yaitu G1 sampai dengan G6 di setiap titik penyambungannya ke interkoneksi *smart grid*. Masing-masing pembangkit memberikan karakteristik *random walks* yang berbeda pada siklus 200. Hal ini menunjukan bahwa perilaku pembangkit tersebut juga berbeda dalam merespon setiap perubahan beban pada dukungan untuk *unit commitment*. *Random walks* pembangkit 1 bergerak dari titik 65,8829 GW menuju titik akhir 96,6442 GW dengan nilai minimum pada 50 GW selama 50 proses pergerakan di titik populasi solusi. Pembangkit 2 memiliki nilai minimum 50,3164 GW pada gerakan *random walks* mulai dari posisi awal senilai 50,3168 GW menunju posisi akhir dengan nilai 50,317 GW. Relatif konstan untuk *random walks* pembangkit 3, yaitu posisinya meki bergerak acak namun nilai awal dan akhir sama, yaitu 26,5771 GW dengan nilai minimum 20,5244 GW.




**Gambar 11. *Random Walks* Pembangkit 1**



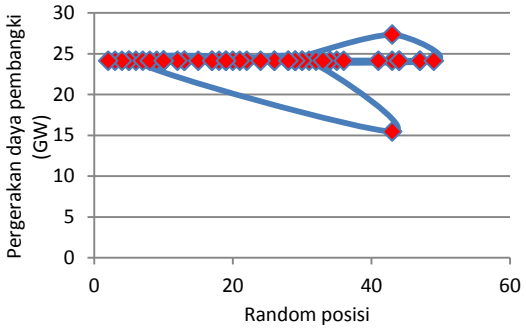

**Gambar 12. *Random Walks* Pembangkit 2**



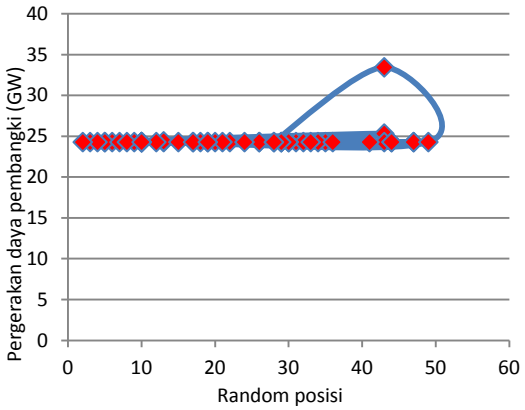
**Gambar 13. *Random Walks* Pembangkit 3**

Serupa dengan pembangkit 3, hal yang sama diikuti oleh pembangkit lainnya, yaitu pembangkit 4, 5, dan 6. Meskipun pergerakannya berbeda, namun pembangkit-pembangkit tersebut bertahan pada posisi awalnya dengan nilai minimum *random walks* yang berbeda-beda. Pembangkit 4 tetap berada pada 31,4064 GW dengan minimum 12,8187 GW. Pembangkit 5 bertahan pada 24,1389 GW seperti nilai awalnya dengan minimum pada 15,4613 GW. Sedangkan pembangkit 6 kembali pada nilai titik awal yaitu 24,2852 dengan nilai minimum 24,2850 GW.

**Gambar 14. *Random Walks* Pembangkit 4**




**Gambar 15. *Random Walks* Pembangkit 5**




**Gambar 16. *Random Walks* Pembangkit 6**

## KESIMPULAN

Mengacu pada hasil determinasi *random walks* untuk pembangkit nuklir pada *smart grid power system model*, bahwa sistem menyerap rugi daya yang besar, *unit commitment* pembangkit dilayani dengan daya yang berbeda-beda, karakteristik *random walks* pembangkit mencerminkan prilaku yang beda dalam mendukung interkoneksi. Pembangkit 1 dan pembangkit 4 memiliki karakteristik *random walks* yang dinamis, dibandingkan dengan pembangkit lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

A.N. Afandi. 1999. *Operasi sistem tenaga listrik*. Gava Media. Yogyakarta.

A.N. Afandi. 2010. *Dampak terputusnya kabel laut pada stabilitas pembangkit listrik*. EECCIS, Unibraw. Malang.

A.N. Afandi. 2011. *Evaluai rugi daya saluran transmisi 150 kV pada penyulang Kebonagung-Sengkaling*. SENTI UGM. Jogjakarta.

A.N. Afandi. 2011. *Simulation of stability under blackout system*. LLPPPI UGM, BSN. Jogjakarta.

A.N. Afandi. 2012. *Presentation of Smart grid power system*. TE, UM. Malang.

Dervis Karaboga. 2005. *An idea based on honey bee swarm for numerical optimization*. Technical Report-TR06. Erciyes University.

Duncan, JG., Malukutla SS. 2002. *Power system analysis and design*. Brook/Cole. USA.

Hadi Sadaat. 1999. *Power system analysis*. McGraw Hill. Singapore.

Mohamed E. El-Hawary. 2008. *Introduction to Electrical Power Systems*. A John Wiley & Sons. New Jersey.

Nagrath, I.J., Kothari, D.P. 1989. *Modern power system analysis*. Tata Mc Graw Hill. New Delhi.

Padyar, K.R. 1996. *Power system dynamics-stability and control*. John Wiley & Sons. Singapore.

S. Subramanian, and S. Ganesa. 2010. *A simplified approach for ED with piecewise quadratic cost functions*. Journal of Computer and Electrical Engineering.

William Stevenson. 1996. *Power System Analysis*. McGraw Hill. Singapore.

Yu, Yao Nan. 1983. *Electric power system dynamics*. Academic Press. New York.