

ANGGARAN PARAMETER DINAMIK PENJANA MENGGUNAKAN TEKNIK PENGOPTIMUMAN KE CERUNAN

SAMILA MAT ZALI¹, AZAH MOHAMED², AINI HUSSAIN³ &
AZNAN EZRAIE ARIFFIN⁴

Abstrak. Kertas kerja ini membentangkan kaedah anggaran parameter dinamik bagi penjana dengan menggunakan teknik pengoptimuman kecerunan. Perancangan dan pengoperasian sistem kuasa lazimnya berpandukan keputusan simulasi sistem kuasa yang bergantung kepada kejituan parameter model bagi penjana, penguja dan juga penguasa. Oleh itu, nilai parameter yang tepat dan jitu perlu digunakan dalam kajian simulasi supaya keputusan simulasi adalah mirip sistem sebenar dan perancangan sistem kuasa yang cekap dan ekonomik dapat dilaksanakan. Walau bagaimanapun, dari masa ke semasa nilai parameter model akan berubah dari spesifikasi nilai awalnya disebabkan berlaku perubahan pada keadaan penjana tersebut. Untuk menangani masalah ketidakjituan model penjana, satu teknik anggaran parameter dinamik yang sistematik telah dibangunkan dan diuji ke atas satu sistem ujian. Keputusan nilai anggaran yang memuaskan telah diperolehi dengan purata ralat parameter anggaran kurang daripada 6%

Kata Kunci: Anggaran parameter, model penjana sinkroni, teknik pengoptimuman

Abstract. This paper presents a new method for estimating the generator dynamic parameters using the gradient optimisation technique. Power system planning and operation studies normally rely on the power system simulation results which greatly depend on the accuracy of the model parameters. Therefore, accurate and exact parameter values are required in power system simulation studies so that correct simulations of actual power system behaviour can be obtained and efficient as well as economical power system planning can be implemented. However, model parameters currently used may have changed from its initial values with time due to equipment changes and this results in inaccurate model parameters. To overcome the problem of inaccurate generator model parameters, a systematic approach for estimating the generator parameters have been developed and tested on a test system. Satisfactory results of the estimated values were obtained with an average error of the estimated parameters of less than 6%

Keywords: Parameter estimation, synchronous generator model, optimization technique

1.0 PENDAHULUAN

Proses analisis dan rekabentuk pengawal suatu sistem melibatkan kajian simulasi model dinamik sistem tersebut. Untuk mendapatkan hasil simulasi yang tepat, model

^{1&4} TNB Research Sdn. Bhd., No. 1, Kawasan Institusi Bandar Baru Bangi, Jalan Air Hitam, 43000 Kajang, Selangor Darul Ehsan, Malaysia.

^{2&3} Jabatan Kejuruteraan Elektrik, Elektronik & Sistem, 43600 UKM Bangi, Universiti Kebangsaan Malaysia, Selangor Darul Ehsan, Malaysia.

dinamik yang digunakan wajar menghasilkan sambutan keluaran yang mirip nilai sistem sebenar. Oleh itu, nilai parameter yang digunakan dalam model dinamik wajar memenuhi kriteria kajian simulasi. Lazimnya, nilai parameter dinamik suatu sistem akan berubah dari spesifikasi awal atau asalnya akibat berlaku perubahan pada ciri pengoperasian sistem, kemerosotan ekor luput jangka hayat, penalaan semula dan sebagainya. Justeru itu, satu kaedah sistematik dan cepat diperlukan bagi memastikan nilai parameter dinamik yang jitu digunakan dalam kajian simulasi untuk menghasilkan keputusan yang betul-betul mewakili keadaan/sambutan sebenar sistem yang dikaji. Kaedah itu juga perlu mempunyai keupayaan untuk menganggar dan mengemaskini nilai parameter dinamik sistem tersebut. Faktor yang diutarakan ini amat penting terutamanya dalam kajian perancangan dan pengoperasian sistem kuasa. Penyelakuan sebuah sistem kuasa sangat bergantung kepada parameter dinamik penjana. Terdapat beberapa kaedah yang biasa digunakan dalam menganggar nilai parameter dinamik untuk tujuan analisis dan perancangan sistem kuasa yang melibatkan beberapa komponen sistem penjana iaitu: penjana, penguja dan penguasa laju [1-4].

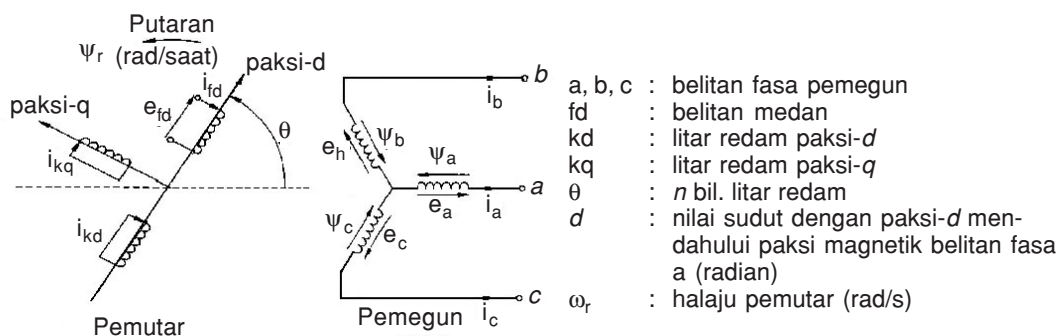
Antaranya ialah kaedah ujian piawai yang dilakukan ke atas mesin segerak atau penjana. Hasil sambutan frekuensi ujian piawai yang mewakili sambutan sebenar sistem akan dihubungkan secara fizikal dengan parameter penjana [3,5]. Kaedah ini merupakan kaedah analisis berlelar yang melibatkan pepadanan suatu set pemalar masa dengan sambutan sebenar melalui teknik pencocokan lengkung dan penyelesaian beberapa persamaan tak lurus untuk mendapatkan anggaran nilai parameter dinamik sistem tersebut. Walau bagaimanapun, terdapat kelemahan pada kaedah ini, iaitu maklumat awal diperlukan terlebih dahulu untuk melaksanakannya. Seterusnya, kaedah Prony [6] juga merupakan kaedah yang biasa digunakan untuk anggaran parameter dinamik penjana. Kaedah Prony digunakan untuk tujuan mengenalpasti model lurus fungsi pindah penjana dan hasil yang jitu hanya boleh diperolehi sekiranya sistem yang dikaji merupakan sistem yang lurus atau hampir lurus dan paras hingarnya berada pada julat yang dibenarkan. Kaedah ini agak kurang sesuai kerana terdapat banyak komponen tak lurus dalam unit penjana. Tambahan pula, prosedur pengenalanpastian rangkap pindah untuk menganggar parameter tak lurus seperti gandaan dan pemalar masa bagi sistem penguja adalah rumit dan memerlukan manipulasi simbolik model dinamik sistem tersebut.

Satu lagi kaedah yang agak popular untuk mendapatkan parameter penjana ialah kaedah yang digunakan secara meluas oleh Power Technologies Inc. (PTI) [7, 8]. Kaedah ini melibatkan suatu siri ujian berperingkat untuk menghasilkan sambutan penjana supaya model penjana yang diterbitkan adalah menghampiri sambutan sebenar penjana terhadap gangguan sistem. Oleh kerana model penjana yang diterbitkan menyerupai sistem sebenar, maklumat yang mencukupi dan tepat boleh diperolehi untuk mengenalpasti parameter penting penjana untuk tujuan kajian simulasi. Kaedah yang dipelopori oleh PTI ini menggabungkan prosedur bersiri ujian pengukuran voltan dan sisihan arus medan yang disebabkan oleh kejadian berlantikan

penjara yang sengaja dilakukan pada keadaan beban tertentu. Ujian ini selamat dan boleh dilaksanakan dengan mudah dalam keadaan operasi normal. Seterusnya sambutan voltan pengkalan dicatat, diplot dan pengiraan parameter mesin ditentukan secara manual. Prosedur ini dianggap tidak cekap dan oleh itu, untuk memperbaiki kelemahan ini serta memanfaatkan sepenuhnya keupayaan teknologi komputer masa kini, satu kaedah yang lebih sistematik telah dicadangkan dan dilaksanakan dengan objektif mengotomasikan proses penentuan parameter dinamik. Kaedah ini menggunakan anggaran berasaskan teknik pengoptimuman kecerunan. Kajian awal bagi kaedah yang dicadangkan telah dilakukan untuk menganggarkan parameter penjara paksi- d sahaja [10]. Walau bagaimanapun, kertas kerja ini membentangkan keputusan anggaran bagi kedua-dua parameter penjara paksi- d dan paksi- q dan juga kaedah anggaran diperbaiki dengan menggunakan teknik pengzonan. Penerangan terperinci kaedah yang dicadangkan dibentangkan seterusnya selepas penerangan mengenai perihai model penjara.

2.0 PERIHAI MODEL PENJARA

Sebuah model penjara mengandungi litar pemegun dan litar pemutar seperti yang dipaparkan pada Rajah 1. Litar pemegun mengandungi angker tiga fasa yang mengalirkan arus ulang-alik manakala litar pemutar mengandungi belitan medan dan belitan *amortisseur*. Analisis dan permodelan penjara boleh dilakukan dengan merujuk kepada gambarajah skematik litar penjara pada Rajah 1. Bagi tujuan analisis, arus dalam *amortisseur* dianggap mengalir dalam dua set litar tertutup, dengan satu set litar mempunyai fluks yang dianggap selari dengan medan atau sejajar dengan paksi terus (paksi- d) dan satu lagi set litar dengan fluks bersudut tepat pada paksi medan atau sejajar dengan paksi kuadran (paksi- q). Berdasarkan litar ini, model matematik parameter paksi terus dan kuadran menggunakan perwakilan Park boleh dihasilkan. Penerangan terperinci prosedur terbitan persamaan tersebut atau permodelan matematik penjara ini boleh didapati dengan merujuk kepada [9].



Rajah 1 Litar skematik penjara

3.0 KAEDAH PEROLEHAN PARAMETER PENJANA

Kaedah yang dicadangkan untuk menerbitkan parameter paksi- d dan paksi- q adalah berdasarkan kaedah PTI yang membabitkan dua prosedur ujian: (i) keadaan mantap dan (ii) fana. Bagi prosedur ujian keadaan mantap, dua siri ujian perlu dilaksanakan iaitu ujian litar terbuka dan ujian keadaan mantap. Ujian litar terbuka dilakukan untuk menghasilkan garis lengkung tepu penjana manakala ujian dinamik dilakukan untuk mendapatkan sambutan voltan pengkalan. Siri ujian dinamik ini melibatkan ujian penolakan separa beban untuk menghasilkan sambutan voltan pengkalan yang dikehendaki. Berdasarkan sambutan voltan pengkalan tersebut, parameter fana dan subfana penjana untuk regangan dan pemalar masa diterbitkan.

Parameter paksi- d pula ditentukan melalui ujian dinamik dengan menyambung mesin ke sistem pada kuasa sifar dan melaraskan sistem penguja secara manual supaya berlaku kes keadaan awal lebih uja dan kurang uja. Ini dilakukan dengan membuka pemutus litar yang menyambungkan mesin ke sistem tersebut dan merekodkan nilai voltan pengkalan dan arus medan yang terhasil. Seterusnya, nilai voltan pengkalan yang telah direkod diplot melawan masa secara manual dan diikuti dengan langkah menentukan nilai A , B dan C seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2. Kemudian, dengan andaian nilai arus sampukan yang memang diketahui ialah i_o , persamaan (1) hingga (3) digunakan untuk menentukan nilai parameter paksi- d . Manakala, pemalar masa T'_{do} dan T''_{do} di perolehi secara grafik dari plot voltan pengkalan seperti yang tertera pada Rajah 2.

$$X_d = \frac{C}{i_o} \quad (1)$$

$$X'_d = \frac{B}{i_o} \quad (2)$$

$$X''_d = \frac{A}{i_o} \quad (3)$$

Perolehan parameter paksi- q dilakukan pada keadaan beban yang melibatkan arus angker komponen paksi- q sahaja. Ujian penolakan beban ke atas penjana akan menyebabkan arus angker paksi- d menjadi sifar dan menghasilkan sambutan fana voltan pengkalan. Berdasarkan sambutan ini, nilai fluks dan arus, i_{qo} , ditentukan dengan menggunakan persamaan (4) dan (5).

$$\Psi_q(t) = \frac{V_o}{\omega} \sin(\alpha) \quad (4)$$

$$i_{q0} = \left[\text{Re} \left(\frac{P - jQ}{V_t} * [\cos(\alpha) - j \sin(\alpha)] \right) \right] \tag{5}$$

di mana,

- α : sudut kuasa
- P : kuasa aktif penjana
- Q : kuasa regangan penjana
- V_o : voltan pengkalan
- V_t : voltan pengkalan pada masa $t=0$

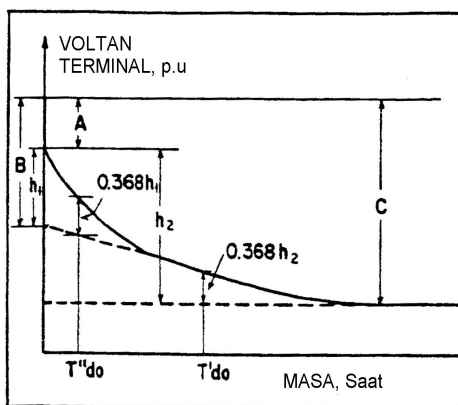
Seterusnya, parameter paksi- q iaitu X_q , X'_q dan X''_q ditentukan berdasar kepada persamaan (6) hingga (8) dan nilai A , B dan C dari sambutan fluks yang didapati dengan kaedah pengiraan grafik yang dipaparkan pada Rajah 3.

$$X_q = \frac{C * \omega}{i_{q0}} \tag{6}$$

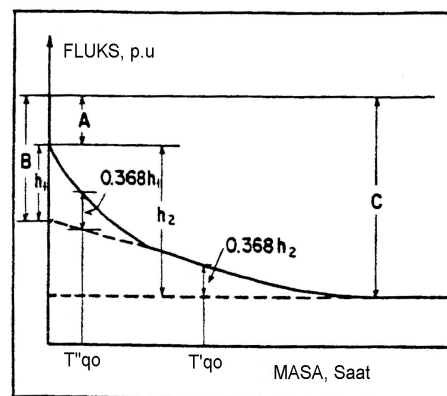
$$X'_q = \frac{B * \omega}{i_{q0}} \tag{7}$$

$$X''_q = \frac{A * \omega}{i_{q0}} \tag{8}$$

di mana ω ialah halaju sudut diberikan oleh $\omega = 2\pi f$.



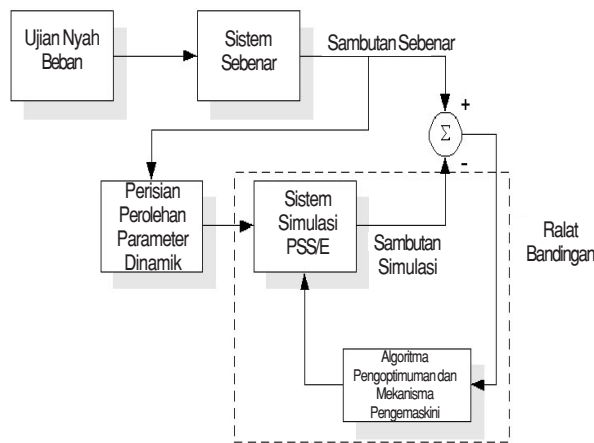
Rajah 2 Plot voltan pengkalan selepas ujian penolakan beban



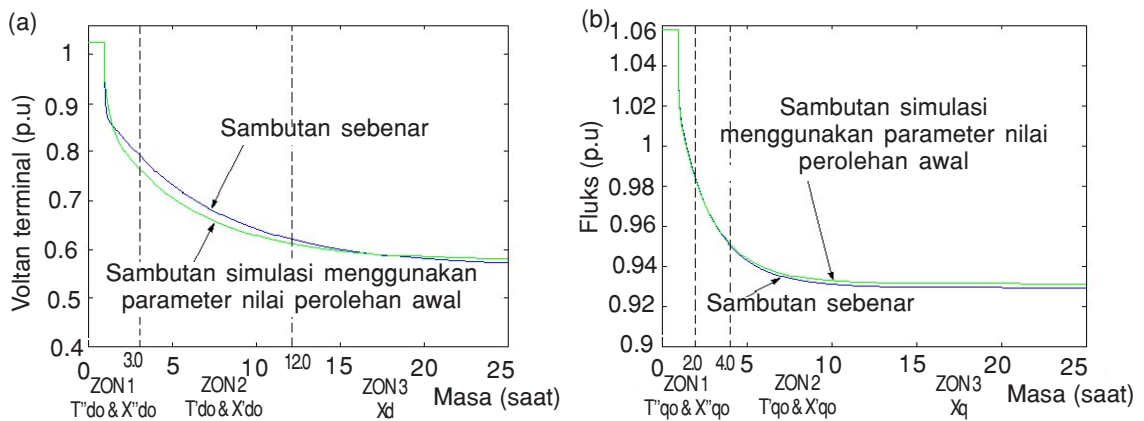
Rajah 3 Analisis fluks untuk menentukan parameter paksi- q

4.0 PROSIDUR ANGGARAN PARAMETER

Prosedur anggaran parameter dimulakan dengan ujian penolakan beban yang dilakukan ke atas penjana dan keputusannya diukur dan direkodkan. Antara beberapa nilai yang direkodkan, hanya nilai sambutan voltan pengkalan digunakan dalam analisis anggaran untuk menerbitkan parameter dinamik mesin. Pelaksanaannya melibatkan aturcara yang dibangun khas menggunakan teknik pengaturcaraan MATLAB dengan antaramuka grafik pengguna. Langkah seterusnya ialah melaksanakan simulasi dinamik dengan perisian PSS/E menggunakan parameter yang telah diterbitkan sebelum ini. Hasil sambutan voltan daripada simulasi PSS/E kemudiannya dibandingkan dengan sambutan voltan sebenar yang diperolehi dari ujian penolakan beban. Sekiranya terdapat ralat bandingan, anggaran berasaskan algoritma pengotimuman kecerunan digunakan untuk melaras nilai parameter mesin (iaitu voltan pengkalan) secara lelaran sehingga ralat bandingan diminimakan seperti yang ditunjukkan pada Rajah 4.



Rajah 4 Gambarajah blok prosedur anggaran



Rajah 5 Kaedah anggaran mengikut zon yang dicadangkan (a) paksi-d dan (b) paksi-q

Prosedur anggaran dilakukan secara sistematik dengan membahagikan sambutan voltan pengkalan paksi- d dan paksi- q kepada tiga zon. Pengzonan adalah berdasarkan pengetahuan mengenai nilai namaan pemalar masa dan juga regangan. Lazimnya, parameter T''_{do} , T''_{qo} , X''_{do} dan X''_{qo} ditentukan dalam zon 1, parameter T'_{do} , T'_{qo} , X'_{do} dan X'_{qo} dalam zon 2 dan parameter X_{do} dan X_{qo} ditentukan dalam zon 3 seperti yang di paparkan pada Rajah 5.

Oleh itu, terdapat tiga fungsi ralat yang perlu diminimumkan mengikut zon seperti yang dirumuskan oleh persamaan (9) berikutnya:

$$\text{Min}[E(\rho)_{\text{jumlah}}] = E_1(\rho) + E_2(\rho) + E_3(\rho) \tag{9}$$

di mana,

$$\rho \in \beta_1, \beta_2, \beta_3$$

$$E_1(\rho) = \sqrt{\sum_{n=1}^N (V_{t(\text{act})}(t_{\text{zon1}}) - V_{t(\text{sim})}(t_{\text{zon1}}, \beta_1))^2}$$

$$E_2(\rho) = \sqrt{\sum_{n=1}^N (V_{t(\text{act})}(t_{\text{zon2}}) - V_{t(\text{sim})}(t_{\text{zon2}}, \beta_2))^2}$$

$$E_3(\rho) = \sqrt{\sum_{n=1}^N (V_{t(\text{act})}(t_{\text{zon3}}) - V_{t(\text{sim})}(t_{\text{zon3}}, \beta_3))^2}$$

$$\beta_1 = T''_{do}, X''_d, T''_{qo}, X''_q$$

$$\beta_2 = T'_{do}, X'_d, T'_{qo}, X'_q$$

$$\beta_3 = X_d, X_q$$

- $E(\rho)_{\text{jumlah}}$: Jumlah keseluruhan fungsi ralat parameter ρ
- $V_{t(\text{act})}(t)$: Voltan pengkalan sebenar pada masa t
- $V_{t(\text{sim})}(t, \beta)$: Voltan pengkalan simulasi pada masa t dengan parameter ρ
- N : Jumlah bilangan sampel
- $\beta_1, \beta_2, \beta_3$: Zon anggaran bagi parameter berkenaan

Fungsi ralat $E_1(\rho)$, $E_2(\rho)$ dan $E_3(\rho)$ diminimumkan berdasar kepada teknik algoritma pengoptimuman kecerunan seperti yang disenaraikan pada Rajah 6.

- a. Mulakan dengan nilai awal parameter yang hendak dianggar sekitar julat lazim iaitu ρ_i^0 bagi $n=0$
- b. Tentukan kecerunan leleran ke n menggunakan penganggar perbezaan terhingga
- $$g(\rho_i^n) \equiv \frac{\partial E(\rho_i^n)}{\partial \rho_i^n} = \frac{E(\rho_i^n + \Delta \rho_i^n) - E(\rho_i^n)}{\Delta \rho_i^n} \quad \forall \rho_i^n \in \beta \quad (10)$$
- c. Tentukan nilai lerasan ρ_i^n menggunakan
- $$\Delta \rho_i^n = -\frac{E(\rho_i^n)}{g(\rho_i^n)} \quad \forall \rho_i^n \in \beta \quad (11)$$
- d. Kemaskini setiap parameter menggunakan
- $$\rho_i^{n+1} = \rho_i^n - \delta \cdot \Delta \rho_i^n \quad \forall \rho_i^n \in \beta \quad (12)$$
- dengan faktor δ dalam persamaan (12) digunakan sebagai nisbah peredam untuk menghad nilai lerasan setiap leleran kepada tidak lebih dari 10%

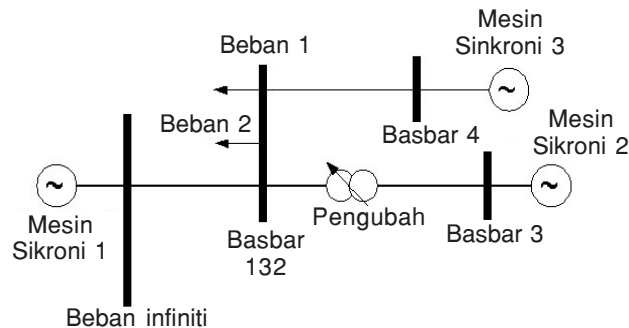
Rajah 6 Algoritma pengoptimuman kecerunan

5.0 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Keberkesanan penggunaan kaedah pengoptimuman kecerunan untuk menganggar parameter penjana diuji ke atas satu sistem ujian dan keputusan anggaran dihuraikan berikutnya.

5.1 Perihal Sistem Ujian

Sistem ujian yang digunakan dalam kajian ini berdasarkan sistem 4 basbar dengan satu bas 5. infiniti. Rajah 7 menunjukkan gambar rajah talian satu bagi sistem ujian tersebut yang mengandungi dua beban, satu pengubah dan tiga penjana. Penjana yang berlabel mesin sinkroni 3 telah digunakan dalam siri ujian penolakan beban yang dilaksanakan untuk mengesahkan keberkesanan penggunaan teknik anggaran parameter dinamik yang telah dibangunkan.



Rajah 7 Sistem Ujian

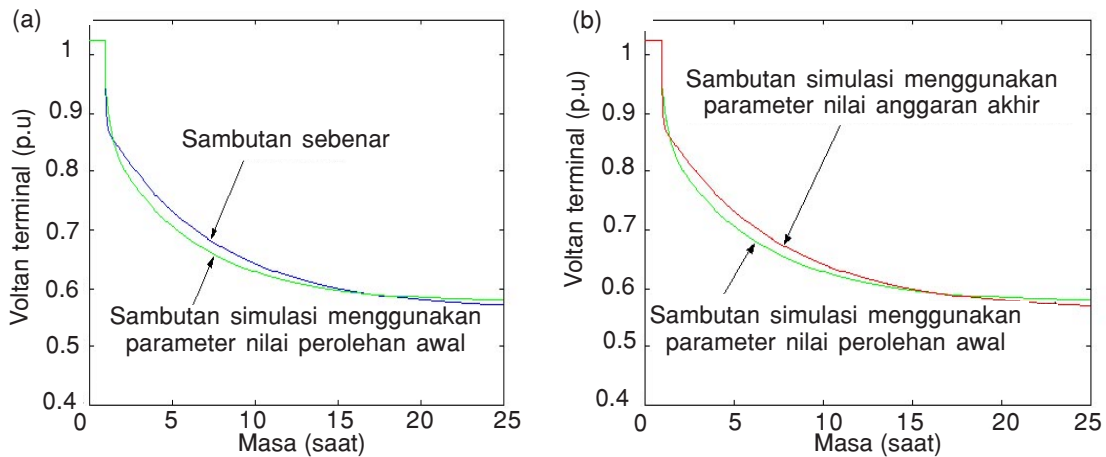
5.2 Anggaran Parameter Paksi Terus (paksi-d)

Jadual 1 memaparkan keputusan yang diperolehi untuk anggaran parameter paksi-d. Ralat perbandingan antara nilai sebenar dan nilai simulasi bagi parameter T'_{do} , T''_{do} , X_d , X'_d dan X''_d adalah sangat kecil dan ini jelas membuktikan teknik anggaran yang dibangunkan berjaya menghasilkan anggaran parameter dinamik bagi paksi-d yang amat jitu dan nilainya mirip sistem sebenar.

Jadual 1 Keputusan Anggaran Parameter Paksi-d

Parameter paksi-d					
	T'_{do}	T''_{do}	X_d	X'_d	X''_d
Nilai Sebenar	6.5	0.06	1.8	0.6	0.3
Nilai Terbitan Awal	4.9801	0.39	1.7449	0.7910	0.2961
Nilai Anggaran Akhir	6.4821	0.0487	1.7980	0.5805	0.2961
Ralat Bandingan	0.0179	0.0113	0.0020	0.0195	0.0000
Bilangan Lelaran	13	35	3	8	0

Rajah 8(a) pula menunjukkan plot sambutan voltan untuk sambutan sebenar dan sambutan simulasi menggunakan nilai parameter terbitan awal manakala Rajah 8(b) pula memaparkan plot-plot sambutan voltan simulasi yang menggunakan nilai parameter terbitan awal dan anggaran akhir. Jelas terbukti berdasarkan Rajah 8(b) bahawa sambutan sistem simulasi menyamai sambutan sistem sebenar yang ditunjukkan dalam Rajah 8(a) dan sekaligus, membuktikan parameter yang digunakan dalam



Rajah 8 Keputusan analisis paksi terus: (a) Perbandingan antara sambutan sebenar dan simulasi menggunakan nilai parameter terbitan awal (b) Perbandingan antara sambutan parameter nilai terbitan awal dan anggaran akhir.

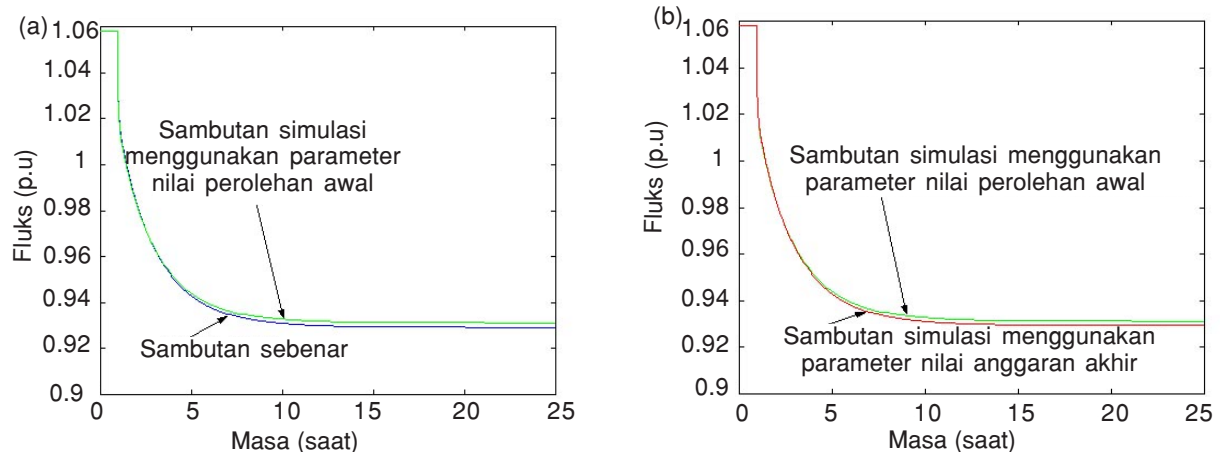
kajian simulasi iaitu, parameter nilai anggaran akhir, boleh dianggap sebagai mewakili parameter sistem sebenar.

5.3 Anggaran Parameter Paksi Kuadran

Keputusan anggaran parameter bagi paksi- q adalah seperti yang disenaraikan dalam Jadual 2. Sekali lagi, ralat bandingan antara nilai parameter sebenar dengan parameter anggaran adalah kecil dengan purata ralat bandingan kurang dari 0.003. Ini jelas menunjukkan kaedah anggaran yang dibangunkan berjaya melakukan anggaran dengan baik dan menghasilkan parameter anggaran yang jitu. Perbandingan plot sambutan voltan pada Rajah 9(a) dan 9(b) menunjukkan sambutan simulasi menggunakan parameter anggaran yang diterbitkan melalui kaedah yang telah dicadangkan berjaya menepati sambutan sebenar sistem penjana yang dikaji. Oleh itu, kaedah yang dibangunkan telah berjaya menganggarkan nilai parameter dinamik paksi- q sistem penjana dengan tepat lagi jitu.

Jadual 2 Keputusan Anggaran Parameter Paksi- q

Parameter paksi- q					
	T'_{qo}	T''_{qo}	X_q	X'_q	X''_q
Nilai sebenar	1.0	0.1	0.7	0.35	0.2
Nilai terbitan awal	1.73	0.05	0.9466	0.4375	0.1935
Nilai anggaran akhir	1.0730	0.0634	0.7013	0.3460	0.1975
Ralat Bandingan	0.0730	0.0366	0.0013	0.0040	0.0025
Bil. lelaran	11	11	11	5	1



Rajah 9 Keputusan analisis paksi kuadran: (a) Perbandingan antara sambutan sebenar dan simulasi menggunakan nilai parameter terbitan awal (b) Perbandingan antara sambutan parameter nilai terbitan awal dan anggaran akhir.

6.0 KESIMPULAN

Satu kaedah sistematik anggaran parameter dinamik telah dicadang dan dilaksanakan dalam kajian kertas kerja ini untuk menganggar parameter dinamik sebuah penjana. Kaedah anggaran berasaskan teknik pengoptimuman kecerunan yang dibangunkan telah berjaya menganggar parameter dinamik penjana iaitu parameter paksi terus dan juga paksi kuadran penjana dengan tepat dan jitu. Sehubungan itu, kaedah anggaran parameter dinamik penjana yang dibangunkan didapati sangat praktikal dan berguna untuk menentukan parameter penjana daripada sambutan sebenar fluks dan voltan yang diukur.

PENGHARGAAN

Dana untuk kajian ini telah diperolehi dari TNB Research di bawah kod projek TNB 265/99. Kesemua penulis turut menghargai kerjasama yang telah diperolehi dari Power Technologies Inc. (Asia) dalam melaksanakan projek ini.

RUJUKAN

- [1] Jaleeli N., M. S. Bourawi, and J. H. Fish. 1986. A Quasilinearization Based Algorithm For The Identification of Transient and Subtransient Parameters of Synchronous Machines. *IEEE Trans. on Power System*, PWRS-1, 46-52.
- [2] Lee L. X. and W. J. Wilson. 1988. Synchronous Machine Parameter Identification: A Time Domain Approach. *IEEE Trans. on Energy Conversion*, EC-3: 241-248.
- [3] Henschel S., H. W. Dommel. 1999. Noniterative Synchronous Machine Parameter Identification From Frequency Response Tests. *IEEE Trans. on Power System*, (2): 553-560.
- [4] Shen M., V. Venkatasubramaniam, N. Abi-Samra, D. Sobajic. 1999. A New Framework For Estimation of Generator Dynamic Parameters. IEEE PE-097-PRS (08-99).
- [5] IEEE Standard 115A-1987, IEEE Standard Procedures For Obtaining Synchronous Machine Parameters By Standstill Frequency Response Testing. IEEE Inc., August 1995.
- [6] Smith J.R., J. F. Hauer, D. T. Trudnowski. 1993. Transfer Function Identification in Power System Application. *IEEE Trans. on Power System*, (3): 1282-1288.
- [7] De Mello F. P., J. R. Ribeiro. 1977. Derivation Of Synchronous Machine Parameters From Test. *IEEE Trans. on Power Apparatus and System*, Vol. PAS-96, (4): 1211-1218.
- [8] Hannet L. N., J. W. Feltes. 1993. 'Derivation Of Generator, Excitation System And Turbine Governor Parameters From Tests,' Colloquium On Power System Dynamic Performance, Florianopolis, Brazil, September 22-23.
- [9] Kundur P. 1994. 'Power System Stability And Control', Mc Graw Hill Inc.
- [10] Mat Zali S., A. E. Ariffin, A. Mohamed, A. Hussain, 2000, Implementation of Synchronous Machine Parameters Derivation in Matlab. Proc. IEEE Tencon 2000, 24-27th Sept., Kuala Lumpur.