

15. sinarfe sunnu.pdf

by

Submission date: 17-Oct-2018 01:30PM (UTC+0700)

Submission ID: 1021522897

File name: 15. sinarfe sunnu.pdf

Word count: 1474

Character count: 12278

PERHITUNGAN *CRITICAL CLEARING TIME* UNTUK KESTABILAN TRANSIEN MENGUNAKAN METODE REDUKSI KRON

¹Sunnu Wahyu Setiawan, ²Irrine Budi Sulistiawati

Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang

Raya Karanglo Km 2 Malang

¹Sunnuwahyusetiawan@gmail.com ²Irrine@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Analisis kestabilan transien berperan penting untuk keamanan dan keandalan pada operasi sistem tenaga listrik. Kestabilan transien erat kaitannya dengan critical clearing time karena pada waktu pemutusan kritis (critical clearing time) dapat dilihat bagaimana sistem kembali pada keadaan stabil atau tidak stabil setelah mengalami gangguan. Tahapan dalam melakukan analisis kestabilan transien dibutuhkan proses reduksi matrik. Untuk tahapan tersebut agar memudahkan analisis kestabilan transien digunakan metode reduksi kron dalam mereduksi matrik pada sistem yang akan dianalisis. Simulasi dilakukan pada sistem multi-machine Fouad Anderson 3 generator 9 bus dengan gangguan yang terjadi pada bus 5 dan yang memutuskan gangguannya yaitu pada saluran 5-7. Dari hasil simulasi menunjukkan metode reduksi kron dapat mereduksi matrik admitansi pada sistem dan menunjukkan nilai susceptansi agar mudah dalam melakukan perhitungan critical clearing time. Didapatkan nilai critical clearing time pada bus 5 adalah 0.569 sec.

Kata Kunci— Kestabilan transien, Critical Clearing Time, Reduksi Kron

Abstract— The analysis of transient stability plays an important role for the safety and reliability of electric power system operation. The transient stability is closely related to critical clearing time because at the time of critical clearing time it can be seen how the system returns to a stable or unstable state after an interruption. Stages in performing transient stability analysis requires matrix reduction process. For these stages to facilitate the analysis of transient stability then used kron reduction method in reducing the matrix of the system to be analyzed. The simulation was carried out on a multi-machine Fouad Anderson 3 generator 9 bus system with interference that occurs in bus 5 and the one that clears the interruption was on bus 5-7. From the simulation results showed that the kron reduction method can reduce the admittance matrix in the system showed the susceptance value to make it easier to perform critical clearing time calculation. The critical clearing time of bus 5 is 0.569 sec.

Keywords- Transien Stability, Critical Clearing Time, Kron Reduction

I. Pendahuluan

Analisa stabilitas sistem tenaga listrik telah diakukan sebagai hal yang penting dalam mengatasi masalah pengoperasian system yang aman [1]. Banyak pemadaman listrik yang disebabkan oleh ketidakstabilan sistem tenaga yang mengilustrasikan pentingnya kestabilan sistem. Secara historis, ketidakstabilan transien telah menjadi masalah stabilitas yang dominan pada kebanyakan sistem, dan telah menjadi perhatian sebagian besar industry tentang stabilitas sistem [2].

Sistem tenaga listrik pada umumnya terhubungkan dengan sistem lain yang lain. Hal ini mengakibatkan sistem tidak bisa bebas dari gangguan.

Usaha untuk mengamankan sistem dari gangguan adalah dengan pemasangan rele pemangaman pada sistem. Ketika timbul gangguan, rele akan mendeteksi gangguan dan mengoperasikan pemutus tenaga (circuit breaker) untuk terbuka. Akan tetapi rele pemangaman ini tidak menjamin sistem aman dari gangguan yang sudah terjadi dan sistem dapat kembali ke kondisi stabilnya [3]. Tahap dalam melakukan analisis kestabilan transien dibutuhkan reduksi matrik jaringan untuk mempermudah perhitungan dalam menentukan parameter-parameter yang dapat digunakan dalam perhitungan critical clearing time.

Analisa kestabilan transien pada sistem tenaga listrik erat kaitannya dengan waktu pemutusan kritis atau yang dikenal dengan critical clearing time (waktu pemutusan kritis). Nilai critical clearing time digunakan untuk acuan di dalam menentukan setting

relepengaman pada sebuah sistem. Ketika gangguan terjadi, apabila *circuit breaker* berhasil memutuskan gangguan sebelum *critical clearing time* bekerja, maka sistem akan kembali stabil. Sebaliknya, ketika *circuit breaker* tidak berhasil melepaskan gangguan hingga *critical clearing time* bekerja, maka sistem akan berada pada kondisi tidak stabil.

Reduksi kron banyak digunakan sebagai metode penyederhanaan untuk sistem tenaga linear dan non linear [4][5]. Metode ini berfokus pada beberapa bus yang dipilih, sehingga perlu dilakukan untuk melakukan penomoran bus sistem dengan selektif agar dapat diketahui bus yang ingin dipertahankan dan bus yang ingin dieliminasi [6].

II. Metode Penelitian

1. Kestabilan Transien

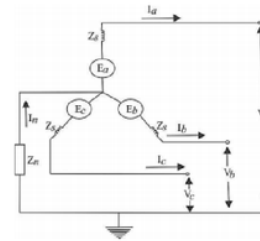
Kestabilan transien adalah suatu kemampuan sistem tenaga listrik untuk mempertahankan kondisi sinkron ketika sistem mengalami gangguan transien.

Gangguan transien merupakan gangguan besar yang bersifat tiba-tiba sebelum periode satu ayunan pertama.

Ketabilan transien terjadi saat pegatur tegangan otomatis (AVR) dan pengatur frekuensi (governor) belum bekerja. Sistem dikatakan stabil ketika adanya kesimbangan antara daya mekanik pada *prime mover* dengan daya elektrik yang disalurkan ke beban. Apabila kondisi sistem yang tidak stabil tidak dipulihkan dengan segera, maka percepatan dan perlambatan putaran motor akan mengakibatkan hilangnya sinkronisasi dalam sistem. Apabila sistem mengalami kelebihan daya elektrik maka akan terjadi perlambatan pada rotor generator, hal ini disebabkan semakinterbebaninya generator. [7]

2. Gangguan 3 Fasa Simetris

Tipe gangguan ini didefinisikan sebagai gangguan hubung singkat tiga fasa, dimana gangguan itu jarang terjadi, tetapi merupakan tipe gangguan yang paling parah karena pada setiap saluran arus gangguan sama besarnya. [8]



Gambar 1. Sumber dan impedansi 3 fasa seimbang
 Mesin sinkron membangkitkan tegangan internal tiga fasa dan direpresentasikan sebagai kelompok fasor urutan positif berikut :

$$E_{abc} = \begin{bmatrix} 1 \\ a^2 \\ a \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$a = 1 \angle 120^\circ = e^{j 120^\circ} \quad a^2 = 1 \angle 240^\circ = e^{j 240^\circ}$$

Mesin menyuplai beban seimbang tiga fasa. Penerapan hukum *Kirchoff* untuk tegangan pada setiap fasa menghasilkan :

$$\begin{aligned} V_a &= E_a - Z_s I_a - Z_n I_n \\ V_b &= E_b - Z_s I_b - Z_n I_n \\ V_c &= E_c - Z_s I_c - Z_n I_n \end{aligned} \quad (2)$$

Substitusi untuk $I_n = I_a + I_b + I_c$ dan penulisan persamaan (2) dalam bentuk matriks adalah :

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_a \\ E_b \\ E_c \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_s + Z_n & Z_n & Z_n \\ Z_n & Z_s + Z_n & Z_n \\ Z_n & Z_n & Z_s + Z_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} V_{a0} &= 0 - Z_0 I_{a0} \\ V_{a1} &= E_a - Z_1 I_{a1} \\ V_{a2} &= 0 - Z_2 I_{a2} \end{aligned} \quad (4)$$

Maka arus saluran :

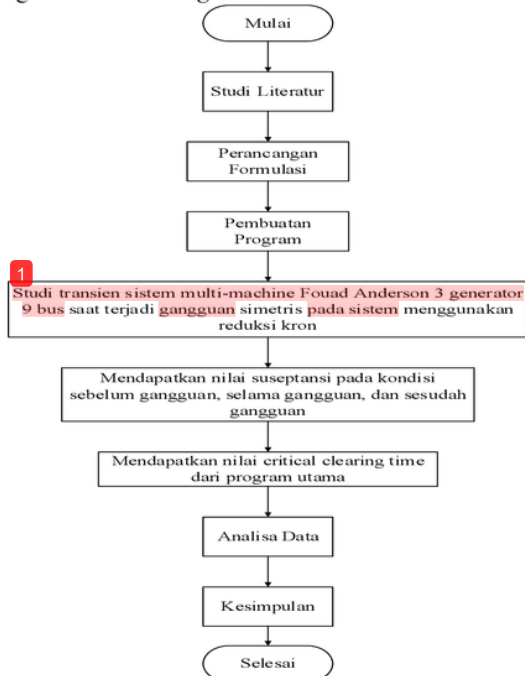
$$I_a = \frac{E_a}{Z_n} \quad (5)$$

3. Critical Clearing Time

Critical clearing time atau waktu pemutusan kritis merupakan waktu yang menentukan apakah sistem dapat kembali stabil atau tidak setelah mengalami gangguan.

Jika suatu sistem tenaga listrik mengalami gangguan bersama

upengangguankecilmaka area yang terjadigangguanharusdilakukanpengisolasiandengancara pemutusan gangguanmelalui *circuit breaker* (cb) saluranmaupunpelepasan generator dari *circuit breaker* generator. Pemutusan yang dilakukanharuskurangdariwaktupemutusan kritis untuk me mastikansistem berada pada kondisistabil setelah mengalami gangguan. [9] Studi transien yang dilakukan pada *multi-machine* Fouad Anderson 3 generator 9 bus dilakukandenganmemberigangguan pada sistem, simulasi gangguan 3 fasamenggunakanmetodereduksikron untuk menampilkan nilai susceptansi pada kondisisebelum, selama, dan setelah gangguan untuk memudahkan dalam melakukan perhitungan *critical clearing time*.



Gambar 2. Diagram alir perhitungan *critical clearing time* 4. Reduksi Kron [6]

Eliminasi variabel identik dengan reduksi jaringan karena mengarah pada urutan rangkaian orde pengurangan yang setara dengan eliminasi node pada setiap langkah. Dengan penomoran selektif pada bus sistem, kita dapat menerapkan eliminasi gaussian sehingga dapat mengurangi bus (bus admittansi). Matriks koefisien dalam rangkaian persamaan *reduced-*

order kemudian mewakili bus untuk jaringan ekuivalen yang hanya berisi bus yang harus dipertahankan. Semua bus lainnya dihilangkan dalam pengertian matematis bahwa tegangan pada bus dan suntikan arus nyata tidak tampak secara eksplisit. Pengurangan ukuran perangkat persamaannya tersebut membantu untuk lebih fokus secara langsung pada persikeseuruhan jaringan yang menjadikannya penting utama [4]. Berikut adalah contoh dari eliminasi bus (matriks admittansi) :

$$\begin{matrix} \textcircled{1} & \textcircled{2} & \textcircled{3} & \textcircled{4} \\ \textcircled{1} & Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} & Y_{14} \\ \textcircled{2} & Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} & Y_{24} \\ \textcircled{3} & Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} & Y_{34} \\ \textcircled{4} & Y_{41} & Y_{42} & Y_{43} & Y_{44} \end{matrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \end{bmatrix}$$

Gambar 3. matriks admittansi sistem [4]

Dari matriks di atas akan dieliminasi node 1, sehingga matriks admittansi menjadi 3x3.

$$\begin{matrix} \textcircled{2} & \textcircled{3} & \textcircled{4} \\ \textcircled{2} & Y_{22}^{(1)} & Y_{23}^{(1)} & Y_{24}^{(1)} \\ \textcircled{3} & Y_{32}^{(1)} & Y_{33}^{(1)} & Y_{34}^{(1)} \\ \textcircled{4} & Y_{42}^{(1)} & Y_{43}^{(1)} & Y_{44}^{(1)} \end{matrix} \begin{bmatrix} V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_2 \\ I_3 \\ I_4 \end{bmatrix}$$

Gambar 4. matriks admittansi setelah direduksi [4]

Untuk menghitung elemen-elemen bus yang baru di reduksi dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

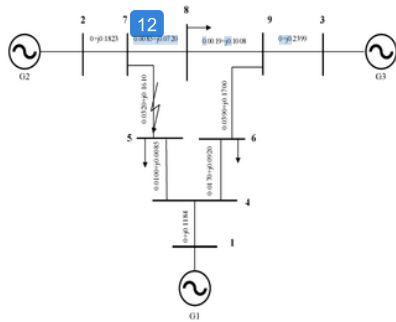
$$Y_{jk}^{(new)} = Y_{jk} - \frac{Y_{jp} Y_{pk}}{Y_{pp}} \quad (6)$$

j merupakan kolom, p merupakan jumlah bus, sedangkan pada k merupakan jumlah bus. Dalam menentukan reduksi matriks menggunakan kron reduksi tentusaja harus menentukan bus admittansi sistem awal terlebih dahulu.

11

III. Hasil dan Pembahasan

Data yang digunakan pada penelitian yang dilakukan adalah sistem *multi-machine* Fouad Anderson 3 generator 9 bus yang ditunjukkan pada gambar 5. Dengan gangguan terjadi pada bus 5 dan saluran yang terbuka untuk memutuskan gangguan terdapat pada bus 5 dan bus 7.



Gambar 5. Single Line diagram IEEE 3 generator 9 bus dan gangguan berada pada bus 5



X1 =

17.3611	0	0	17.3611	0	0	0	0	0	0
0	16.0000	0	0	0	0	16.0000	0	0	0
0	0	17.0648	0	0	0	0	0	17.0648	0
17.3611	0	0	39.4478	11.6841	10.6886	0	0	0	0
0	0	0	11.6841	17.5252	0	6.0920	0	0	0
0	0	0	10.6886	0	16.1657	0	0	0	5.7334
0	16.0000	0	0	6.0920	0	35.5564	13.7931	0	0
0	0	0	0	0	0	13.7931	23.4676	9.8522	0
0	0	17.0648	0	0	5.7334	0	9.8522	32.2461	0

Gambar 7. Nilai Suseptansijaringan pada kondisisebelumgangguan

X2 =

17.3611	0	0	17.3611	0	0	0	0	0	0
0	16.0000	0	0	0	16.0000	0	0	0	0
0	0	17.0648	0	0	0	0	0	17.0648	0
17.3611	0	0	31.6580	10.6886	4.0616	0	0	0	0
0	0	0	10.6886	16.1657	0	0	0	5.7334	0
0	16.0000	0	4.0616	0	33.4701	13.7931	0	0	0
0	0	0	0	0	13.7931	23.4676	9.8522	0	0
0	0	17.0648	0	5.7334	0	9.8522	32.2461	0	0

Gambar 8. Nilai Suseptansijaringan pada kondisiselamgangguan

Gambar 6. Saluran pada bus 5 dan 7
 Dari Simulasi yang dilakukandidapatkanhasilberikut

1. Hasil perhitungannilaisuseptansiberdasarkanmatrikadmitansi pada sistem pada kondisisebelumgangguan, selamgangguan, dan sesudahgangguan

Simulasi yang dilakukanadalahmenentukannilaisuseptansiberdasarkan matrikadmitansi pada sistemsaatkondisisebelumgangguan, selamgangguan, dan sesudahgangguan. Berikut pada gambar 7, gambar 8, dan gambar 9 menunjukannilaisuseptansi pada masing-masingkondisi.

X3 =

17.3611	0	0	17.3611	0	0	0	0
0	16.0000	0	0	0	16.0000	0	0
0	0	17.0648	0	0	0	0	17.0648
17.3611	0	0	32.2380	10.6886	0	0	0
0	0	0	10.6886	16.1657	0	0	5.7334
0	16.0000	0	0	0	36.9733	13.7931	0
0	0	0	0	0	13.7931	23.4676	9.8522
0	0	17.0648	0	5.7334	0	9.8522	32.2461

Gambar 9. Nilai Suseptansijaringan pada kondisisetelahgangguan

Pada kondisiawalsistemsebelumgangguanterdiridari 9 bus sistem. Untukmelakukansimulasigangguan 3 fasamenggunakanreduksikrondenganmenghapus salah satu bus bebandenganmenggunakanpersamaan (6)

sehingga bus yang terganggudieliminsi yang tadinya bus system ada 9 karenadieliminasi menjadi 8 bus dan membentukmatrikadmitansi baru.

2. Nilai *critical clearing time* pada bus 5 (mengalamigangguan).

Untukmentukannilaicritical clearing timetentutidaknyamembutuhkannilaisuseptansi pada berbagaimacam kondisi, namunmembutuhkannilai pada tegangan pada bus sistem, generator output, momeninersia yang sudahdidapatkan pada simuliasilirandaya. Setelah semua data yang di butuhkantalahdidapatkanmakanilaitersebut di masukan pada program utama yang telahdirancangmenggunakan software MATLAB. Berikutadalahhasil simulasi perhitungannilaicritical clearing time.

```
>> CCT
Generator output power in p.u. Pm = 1.6300
Generator e.m.f. in p.u. E = 1.0624
bus-bar voltage in p.u. V = 0.9937
Reactance before Fault in p.u. X1 = 17.5252
Reactance during Fault in p.u. X2 = 33.4701
Reactance after Fault in p.u. X3 = 36.9733
Momen Inertia = 6.4
Critical clearing time = 0.569 sec.
```

Gambar 10. Nilai cct pada program utama yang dibuat pada software MATLAB.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perhitungan *critical clearing time* dengan menggunakan metode reduksi kron mampu menunjukkan waktu pemutusan kritis = 0.569 sec pada bus 5 yang mengalami gangguan dan saluran yang memutuskan gangguan tersebut terdapat pada bus 5 dan bus 7.

v. Daftar Pustaka

- [1] Kamdar R., Kumar M., Agnihotri G., "Transient Stability Analysis and Enhancement of IEEE 9 Bus System", Department of Electrical Engineering, ANIT, Bhopal, India, 2014.
- [2] Kundur, Prabha. 1994. Power System Stability and Control. New York : McGraw-Hill.
- [3] Istiawati, IB., Priyadi, A., Hafidz I., Ashari MI., "Analisa Critical Clearing Time Pada Kestabilan Transien Sistem Tenaga Listrik Akibat Kondisi Gangguan Tidak Seimbang " Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri, Malang, 2017.
- [4] Geneff RC., Moises R., Gutierrez., Vakilian M., "Nonlinear, Lumped Parameter Transformer Model Reduction Technique", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.10. No. 2, April 1995.
- [5] Ashraf SM., Rathore B., Chakrabarti S., "Performance Analysis of Static Network Reduction Methods " Department of Electrical Engineering, Indian Institute of Technology Kampur, India.
- [6] Grainger, J. j. And W.D. Stevenson, Jr. 1994. Power System Analysis. USA: McGraw-Hill Inc.
- [7] IEEE, "Guide for Abnormal Frequency Protection for Power Generating Plants", 1987. IEEE Std C37.106-1987.

-
- [8] Saadat hadi, "Power SytemAlaysis", MilwaukeeSchol of engineering, New York san Fransisco, Second edition 511.
- [9] Eviningsih R.P., Priyadi A., Soedibjo, "Perhitungan CCT (*Critical Clearing Time*) Berbasis *Trajectory* Kritis Menggunakan Persamaan Simultan Pada Sistem Yang Terhubung dengan Smart Grid", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2015.

15. sinarfe sunnu.pdf

ORIGINALITY REPORT

17%

SIMILARITY INDEX

12%

INTERNET SOURCES

9%

PUBLICATIONS

%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	www.scribd.com Internet Source	5%
2	docplayer.info Internet Source	3%
3	Sucita, T. "Effects of using passive filter for reduce electrical load harmonics", IOP Conference Series Materials Science and Engineering, 2016. Publication	2%
4	telice.univ-lille1.fr Internet Source	1%
5	"Computational Intelligence in Data Mining", Springer Nature, 2019 Publication	1%
6	Tomsic, T.. "Revision of the underfrequency load-shedding scheme of the Slovenian power system", Electric Power Systems Research, 200704 Publication	1%

7	<p>Irrine Budi Sulistiawati, Khaikal Mudatsir Rosidin, Abraham Lomi. "Dynamic stability modified IEEE 3 generator 9 bus with 50 MW power injection of generator XY", 2017 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA), 2017</p> <p>Publication</p>	1%
8	<p>webfiles.portal.chalmers.se</p> <p>Internet Source</p>	1%
9	<p>repository.its.ac.id</p> <p>Internet Source</p>	1%
10	<p>www.iitk.ac.in</p> <p>Internet Source</p>	1%
11	<p>www.gaw-kototabang.com</p> <p>Internet Source</p>	1%
12	<p>Hongyu Su, Hai Bao. "Bi-directional tracing method based on the separation of power supply paths", 2016 China International Conference on Electricity Distribution (CICED), 2016</p> <p>Publication</p>	1%
13	<p>Kolluri, Sharma, Mei Li, Adrian Lazo, Peng Yu, Michael Vaiman, and Marianna Vaiman. "Automated Critical Clearing Time calculation for analyzing faults at Entergy", 2016 IEEE/PES Transmission and Distribution</p>	1%

Conference and Exposition (T&D), 2016.

Publication

14

s1.downloadmienphi.net

Internet Source

1%

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off