

Makalah Seminar Tugas Akhir  
**PENENTUAN KAPASITAS GENSET CONTAINER CRANE  
STUDI KASUS TERMINAL PETI KEMAS SEMARANG**

Bayu Anggoro- L2F 003 489<sup>1</sup>, Dr. Ir. Hermawan, DEA<sup>2</sup>, Ir. Agung Warsito, DHET<sup>2</sup>.  
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

**Abstrak** - Sistem tenaga listrik *Container Crane Terminal Peti Kemas Semarang (TPKS) Tanjung Emas* mengambil sumber dari PLN dengan tegangan 20 kV yang diturunkan menjadi 3,3 kV, selain itu menggunakan generator diesel 3,3 kV yang digunakan untuk men-supply motor DC 460 V. Beban motor DC *container crane* ini merupakan beban dengan faktor daya yang rendah sehingga perlu dipelajari tentang *performance chart* generator diesel supaya dapat menentukan kapasitas dan tegangan yang tepat.

Untuk mengetahui kapasitas dan tegangan maka dilakukan pengumpulan data-data peralatan *Container Crane*. Program ETAP Power Station 4.0 dan *performance chart* dari generator digunakan untuk menentukan kapasitas dan tegangan generator. Sebagai pertimbangan lain maka tegangan generator diesel diubah menjadi 380 V, 480 V dan 6,6 kV dengan tegangan peralatan yang menyesuaikan.

Pada *Container Crane* seluruh motor DC tidak dapat bekerja secara bersamaan. Saat simulasi dijalankan, diperoleh beban terbesar saat motor *hoist* dan *trolley* bekerja secara bersamaan dengan beban 1257 kVA (generator diesel 3,3kV). Pertimbangan pemilihan generator 1500 kVA/ 3,3 kV karena beban terbesar yaitu 1257 kVA membutuhkan generator dengan kapasitas 1500 kVA supaya dapat bekerja stabil. Tegangan 3,3 kV dipilih karena mempunyai rugi yang kecil sehingga generator dengan kapasitas 1500 kVA masih stabil dan tegangan saluran yang tersedia adalah 3,3 kV.

Kata kunci : *container crane*, generator diesel, motor DC, daya, *performance chart*.

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Setiap pelabuhan yang menangani bongkar muat kontainer, memiliki *container crane*. *Container crane* adalah alat yang berfungsi untuk mengangkat dan menurunkan kontainer dari satu tempat ke tempat lainnya. Tanjung Emas merupakan salah satu pelabuhan yang menangani pelayanan bongkar muat kontainer. Bongkar muat kontainer dikelola oleh TPKS Tanjung Emas.

Di Tanjung Emas kebutuhan energi listriknya di-supply dari PLN dengan tegangan sebesar 20 kV. Tegangan 20 kV ini diturunkan menjadi 3,3 kV. Supaya *container crane* dapat bekerja saat sumber dari PLN mengalami gangguan maka dipasang generator diesel dengan tegangan 3,3 kV yang letaknya di *power house* TPKS.

Dari sistem yang digunakan, untuk men-supply beban motor DC yang tegangannya 460 volt

dipasang sebuah generator diesel dengan tegangan 3,3 kV. Untuk men-supply beban motor DC 460 volt bisa menggunakan generator diesel dengan tegangan 460 volt.

Beban motor DC *container crane* ini merupakan beban dengan faktor daya yang rendah sehingga perlu dipelajari tentang *performance chart* generator diesel supaya dapat menentukan kapasitas dan tegangan yang tepat. *Performance chart* generator digunakan untuk menentukan kestabilan generator. Untuk menentukan kapasitas generator diesel yang digunakan maka dilakukan penelitian yang berlokasi di TPKS Tanjung Emas dan mensimulasikannya dengan bantuan program ETAP Power Station 4.0.

### 1.2. Tujuan

Tujuan pembuatan tugas akhir ini adalah menentukan kapasitas dan tegangan generator diesel untuk beban dengan faktor daya yang rendah dengan cara mensimulasikannya dengan bantuan program ETAP Power Station 4.0.

### 1.3. Pembatasan Masalah

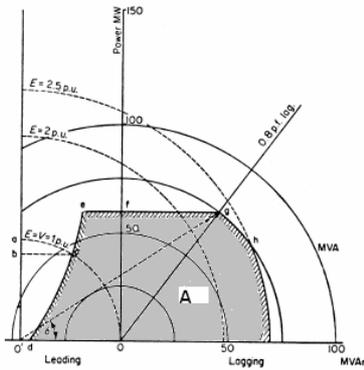
Pembahasan dalam tugas akhir ini dibatasi oleh :

- a. Jaringan listrik untuk *container crane*.
- b. Tegangan transformator dan kabel diubah sesuai dengan tegangan generator diesel.
- c. Generator diesel diwakilkan dengan sebuah sumber generator.
- d. Generator bekerja pada saat *steady state*.
- e. Beban motor dalam kondisi stabil, tidak dalam kondisi transien.
- f. Pertimbangan pemilihan dilihat dari kapasitas beban dan rugi-rugi.
- g. Tidak membahas tentang harmonisa pada sistem.
- h. Data diperoleh dari TPKS Tanjung Emas dan internet.

## II. DASAR TEORI

### 2. 1 Generator Diesel<sup>[1],[16]</sup>

Mesin diesel adalah motor bakar yang berfungsi untuk menghasilkan tenaga mekanis yang dipergunakan untuk memutar rotor generator sehingga putaran rotor tersebut akan memotong medan magnet yang ada di generator dan menghasilkan GGL (Gaya Gerak Listrik) tegangan.



Gambar 1 Performance chart generator

Pada gambar 1 terlihat daerah kerja generator yang menunjukkan daerah dimana generator dapat bekerja secara stabil atau tidak stabil. Saat generator berkerja pada daerah A maka generator dalam keadaan stabil, jika generator berkerja berkerja diluar daerah A (kerja generator melebihi batas kerja) maka generator menjadi tidak stabil.

## 2.2 Transformator<sup>[3],[4],[13]</sup>

Transformator tenaga adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya (mentransformasikan tegangan).

## 2.3 AC/DC Drive (Penyearah)<sup>[2],[10]</sup>

AC/DC Drive adalah Alat yang digunakan untuk mengubah tegangan atau arus bolak-balik menjadi tegangan atau arus searah begitu juga sebaliknya, AC/DC Drive ini juga berfungsi untuk mengatur motor listrik. Pada container crane ada 2 macam AC/DC Drive yang digunakan yaitu : inverter dan konverter AC/DC. Inverter ini digunakan bersama dengan konverter AC/DC pada container crane yang penggerakya menggunakan motor AC. Sedangkan konverter AC/DC digunakan untuk container crane yang penggerakya menggunakan motor DC. Pada container crane di TPKS Tanjung Emas hanya menggunakan satu AC/DC Drive yaitu konverter AC/DC (penyearah).

## 2.4 Motor Listrik<sup>[3],[8],[12]</sup>

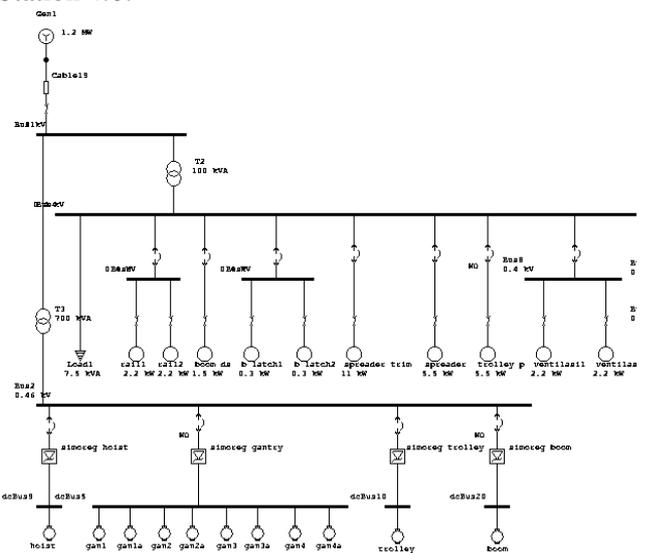
Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya, memutar fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll. Motor listrik digunakan juga di rumah (mixer, bor listrik, kipas angin) dan di industri. Motor listrik kadangkala disebut “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.

Pada container crane, motor listrik dijadikan penggerak utamanya. Motor listrik yang digunakan sesuai dengan sistem yang akan digunakan, jika

akan menggunakan motor listrik AC maka motor yang digunakan motor induksi. Jika penggeraknya motor DC maka yang digunakan adalah motor DC.

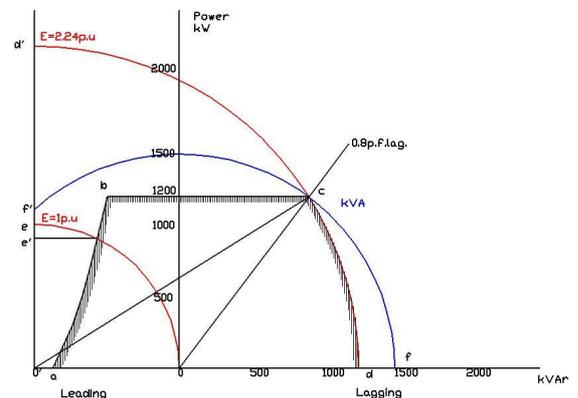
## III. PEMODELAN DAN SIMULASI PENENTUAN KAPASITAS GENERATOR

Generator diesel container crane digunakan untuk menggerakkan 4 motor utama yaitu hoist, boom, gantry dan trolley. Untuk menentukan kapasitas dan tegangan generator diesel yang dipakai maka dilakukan penelitian dengan mengambil data-data peralatan container crane. Data-data peralatan digunakan untuk mensimulasi sistem dengan bantuan program ETAP Power Station 4.0.



Gambar 1 Single Line Diagram Container Crane

Metode aliran daya Newton-Raphson digunakan untuk memperoleh daya, rugi daya dan faktor daya dari sistem. Untuk mengetahui kestabilan dari generator maka dibuat performance chart dari generator. Hasil dari aliran daya digunakan untuk mengetahui titik kerja generator di dalam kurva performance chart. Besar nilai hasil aliran daya dan kurva performance chart digunakan untuk menentukan kapasitas dan tegangan generator diesel.



Gambar 3 Performance Chart Generator

#### IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Generator diesel mempunyai kapasitas yang sama sebesar 1500 kVA dengan tegangan masing-masing 380 V, 480 V, 3,3 kV dan 6,6 kV. Beban terbesar yang harus dipenuhi dari ketiga generator diesel, terjadi saat motor DC *hoist* dan motor DC *trolley* bekerja pada saat bersamaan. Jika seluruh generator diesel dibandingkan maka akan diperoleh hasil seperti pada tabel 1.

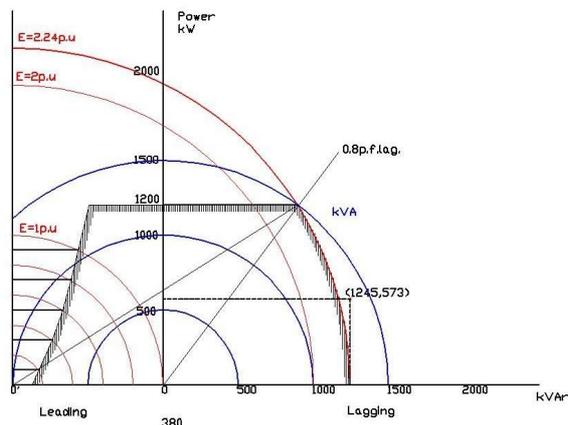
Tabel 1 Perbandingan Generator Diesel

Generator diesel (1500 kVA)	Daya			
	P(kW)	Q(kVAr)	S(kVA)	%PF
380 V	573	1245	1371	41,8
480 V	554	1209	1330	41,7
3,3 kV	512	1148	1257	40,7
6,6 kV	512	1144	1253	40,8

Hasil tabel 1 menunjukkan bahwa generator diesel dengan tegangan 6,6 kV memiliki rugi-rugi terkecil, sedangkan generator diesel dengan tegangan 380 V memiliki rugi-rugi terbesar.

Dari hasil perbandingan generator diesel tabel 1 maka yang dipilih adalah generator diesel dengan kapasitas 1500 kVA/ 6,6 kV, karena dengan daya 1500 kVA, generator masih dalam keadaan stabil dan sudah mampu menanggung beban terbesar dimana beban terbesarnya 1253 kVA. Sedangkan tegangan 6,6 kV mempunyai rugi-rugi terkecil dibandingkan dengan generator lainnya.

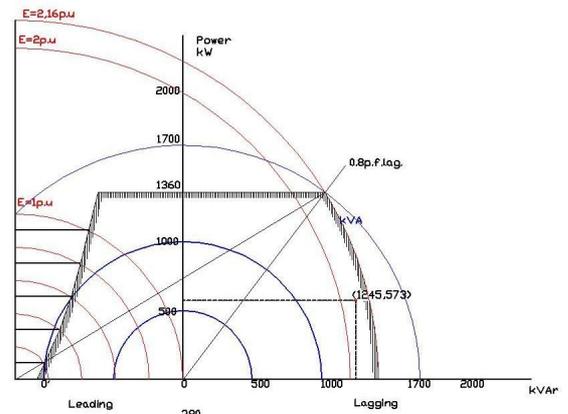
Sistem dari *container crane* ini memiliki faktor daya yang rendah sehingga beban membutuhkan daya reaktif yang besar, karena itu perlu diketahui titik beban dalam kurva *performance chart*. Titik beban dalam kurva *performance chart* digunakan untuk mengetahui kerja generator stabil atau tidak saat men-*supply* beban. Untuk mengetahui kemampuan generator men-*supply* beban terbesar yaitu saat *hoist* dan *trolley* yang berkerja secara bersamaan, maka harus dibuat kurva *performance chart* generator seperti pada gambar 4 Kurva *performance chart* diperoleh dari spesifikasi generator.



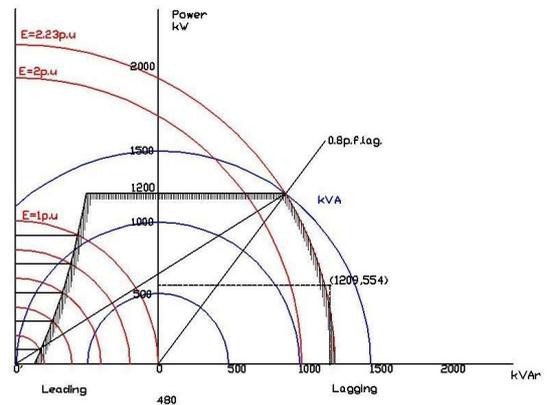
Gambar 4 Performance Chart Generator 380 V

Dari gambar 4 terlihat titik kerja generator berada diluar batas kerja generator sehingga generator 1500 kVA menjadi tidak stabil saat men-

*supply* beban. Supaya generator stabil maka dapat dilakukan dengan meningkatkan kapasitas generator menjadi 1700 kVA sehingga titik kerja generator berada didalam batas kerja generator seperti pada gambar 5.

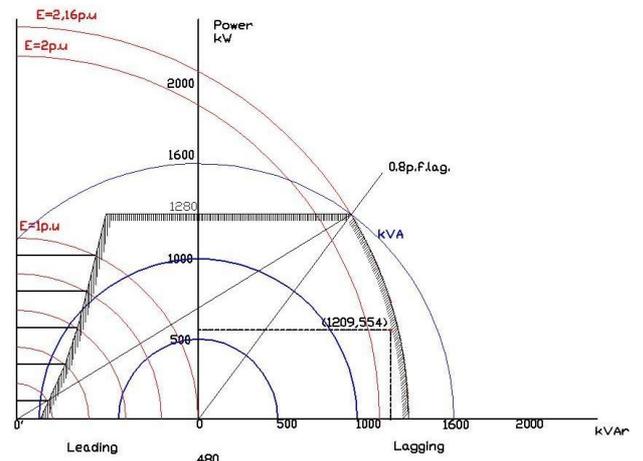


Gambar 5 Performance Chart Generator 380 V Kapasitas 1700 kVA



Gambar 6 Performance Chart Generator 480 V

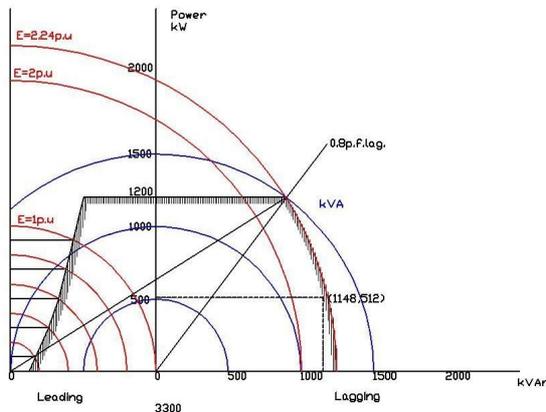
Gambar 6 menunjukkan titik kerja generator 1500 kVA dengan tegangan 480 V. Dari gambar 6 terlihat titik kerja berada di luar batas kerja sehingga kerja generator menjadi tidak stabil.



Gambar 7 Performance Chart Generator 480 V Kapasitas 1600 kVA

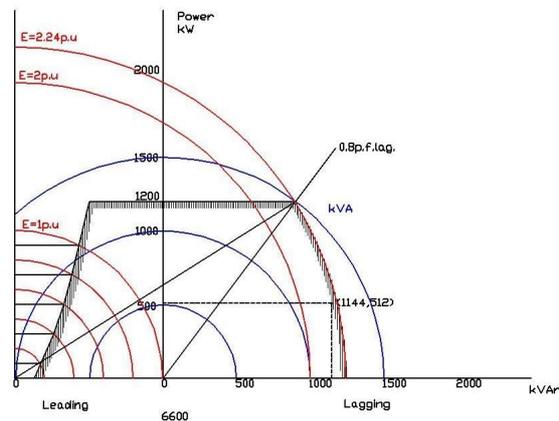
Gambar 7 menunjukkan generator 480 V memiliki titik kerja didalam batas kerja, hal ini

dikarenakan kapasitas generator dinaikan menjadi 1600 kVA.



Gambar 8 Performance Chart Generator 3300 V

Gambar 8 menunjukkan titik kerja generator 1500 kVA dengan tegangan 3300 V. Dari gambar 8 terlihat titik kerja berada di dalam batas kerja sehingga dengan kapasitas 1500 kVA, generator masih stabil saat men-supply beban.



Gambar 9 Performance Chart Generator 6600 V

Gambar 9 menunjukkan titik kerja generator 1500 kVA dengan tegangan 6600 V. Dari gambar 9 terlihat titik kerja berada di dalam batas kerja sehingga dengan kapasitas 1500 kVA, generator masih stabil saat men-supply beban.

Dari kurva performance chart generator dapat diperoleh nilai kapasitas generator dari masing-masing generator diesel sehingga kestabilan generator tetap terjaga. Kapasitas dari masing-masing generator terlihat pada tabel 4.6.

Tabel 2 Kapasitas Stabil Generator Diesel

Generator diesel	Kapasitas (kVA)
380 V	1700
480 V	1600
3,3 kV	1500
6,6 kV	1500

Hasil tabel 2 menunjukkan generator dengan tegangan 380 V menggunakan kapasitas terbesar yaitu 1700 kVA sedangkan generator dengan tegangan 3,3 kV dan 6,6 kV menggunakan kapasitas terkecil yaitu 1500 kVA. Dari tabel 2 terlihat bahwa

semakin kecil tegangan generator diesel yang dipakai maka membutuhkan kapasitas yang semakin besar. Peningkatan kapasitas generator digunakan untuk menjaga kestabilan generator.

Generator diesel yang dipakai oleh TPKS Tanjung Emas Semarang memiliki kapasitas 1500 kVA/ 3,3 kV. Pemilihan kapasitas generator diesel karena untuk men-supply beban terbesarnya yaitu 1257 kVA maka kapasitas generator minimal 1500 kVA. Kapasitas generator minimal 1500 kVA supaya beban masih dalam daerah kerja generator dan generator tetap stabil seperti yang ditunjukkan pada gambar 8. Pemilihan tegangan 3,3 kV karena mempunyai rugi-rugi yang kecil sehingga dengan kapasitas 1500 kVA masih stabil dan saluran yang tersedia sebesar 3,3 kV.

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan tugas akhir dengan judul Penentuan Kapasitas Genset Container Crane Studi Kasus Terminal Peti Kemas Semarang maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Beban generator diesel *container crane* terbesar saat motor DC *hoist* dan motor DC *trolley* bekerja secara bersamaan dimana kedua motor tersebut membutuhkan daya 1257 kVA.
2. Generator diesel dengan tegangan yang semakin kecil membutuhkan kapasitas yang lebih besar supaya kestabilan generator terjaga.
3. Generator diesel 3,3 kV mempunyai beban terbesar 1257 kVA dengan faktor daya 0,407, maka kapasitas yang dipilih 1500 kVA. Besar tegangan 3,3 kV karena rugi-rugi yang terjadi kecil sehingga dengan kapasitas 1500 kVA masih stabil dan saluran yang tersedia di jaringan adalah 3,3 kV. Sehingga generator yang dipilih generator diesel 1500 kVA/3,3 kV.

### 5.2 Saran

1. Penelitian ini bisa dikembangkan lebih lanjut dengan beban yang fluktuatif dan beban *real* kontainer.
2. Jika akan menjalankan 2 *container crane* secara bersamaan sebaiknya diatur kerjanya secara bergantian atau kapasitas generator diesel ditingkatkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mahon L.L.J, *Diesel Generator Handbook*, Butterworth-Heinemann Ltd., Wellington, 1992.
- [2] Mohan N., Tore M. U. and William P. R., *Power Electronics: Converter , Applications, and Design*, 2<sup>nd</sup> ed., John Wiley & Sons INC, Newyork,1996.
- [3] Charles S. Siskind, *Electrical Machines: Direct & Alternating Current*, 2<sup>nd</sup> ed., McGRAW HILL, Kogakusha, 1983.
- [4] Sulasno, *Dasar Teknik Konversi Energi Listrik Dan Sistem Pengaturan*, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang, 2003.
- [5] Sulasno, *Teknik Dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik*, Badan Penerbit universitas Diponegoro, Semarang, 2001.
- [6] Idris K., *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, 4<sup>th</sup> ed., Penerbit Erlangga, Jakarta, 1994.
- [7] Elgerd O. I., *Electric Energy Systems Theory*, 2<sup>nd</sup> ed., Tata McGraw-Hill, New Delhi, 1999.
- [8] Gunawan H., *Mesin dan Rangkaian Listrik*, edisi Keenam, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1988.
- [9] Hastuti Y.B., *Analisis Proteksi Terhadap Arus Hubung Singkat di Lapangan Tunu Total E&P Indonesie*, Skripsi-S1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2006.
- [10] ---, *AC versus DC in crane modernisation projects*, [www.tmge.com/PT30-42\\_3-Final\\_1150740460.pdf](http://www.tmge.com/PT30-42_3-Final_1150740460.pdf), September 2007.
- [11] ---, *Container Crane Modernization & Retrofits*, [www.tmge.com/Container\\_Crane\\_Mod\\_lores\\_118728553\\_8.pdf](http://www.tmge.com/Container_Crane_Mod_lores_118728553_8.pdf), September 2007.
- [12] ---, *Motor Listrik*, [www.myelectrical.com/book/Machines/DC%20Machine%20Construction%20\(Field%20Winding\).aspx?%09%09%09ID=P040507102940](http://www.myelectrical.com/book/Machines/DC%20Machine%20Construction%20(Field%20Winding).aspx?%09%09%09ID=P040507102940), September 2007.
- [13] Hama, *Transformator Daya dan Cara Pengujiannya*, [www.elektroindonesia.com/ener36.html](http://www.elektroindonesia.com/ener36.html), September 2007.
- [14] ---, *Container crane*, [http://en.wikipedia.org/wiki/Container\\_crane](http://en.wikipedia.org/wiki/Container_crane), November 2007.
- [15] ---, *SIMOREG DC MASTER 6RA70 Digital Chassis Converters*, [http://www.ad.siemens.de/ld/dc-stromrichter/html\\_00/dc-master/kataloge.html](http://www.ad.siemens.de/ld/dc-stromrichter/html_00/dc-master/kataloge.html), November 2007.
- [16] ---, *The Operation of a Generator on Infinite Busbars*, [www.kefax.com/assets/opcht.pdf](http://www.kefax.com/assets/opcht.pdf), Februari 2008.



Bayu Anggoro (L2F 003 489)  
Lahir di Klaten, 04 September  
1985. Saat ini sedang  
menyelesaikan pendidikan S1 di  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas  
Teknik Universitas Diponegoro  
Semarang dengan konsentrasi  
Ketenagaan.

Pembimbing I

Dr. Ir. Hermawan, DEA.  
NIP. 131 598 857

Pembimbing II

Ir. Agung Warsito, DHET.  
NIP. 131 668 485