



**RANCANG BANGUN MESIN SENTRIFUGAL GULA
HIGH GRADE MENGGUNAKAN *BRUSHLESS
DIRECT CURRENT (BLDC) MOTOR***

SKRIPSI

Oleh

**Gardha Birawa Wara Nugraha
NIM 081910201028**

**PROGRAM STUDI STRATA I TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2013**



**RANCANG BANGUN MESIN SENTRIFUGAL GULA
HIGH GRADE MENGGUNAKAN *BRUSHLESS
DIRECT CURRENT (BLDC) MOTOR***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat-syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Gardha Birawa Wara Nugraha
NIM 081910201028**

**PROGRAM STUDI STRATA I TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2013**

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahrabbi'lAlamin, segala puji bagi Allah SWT, yang telah memberikan limpahan, nikmat dan hidayatnya yang luar biasa kepada penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini, dan tidak lupa pula sholawat kepada Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita menuju segala hal menjadi lebih baik dan lancar. Dengan kerendahan hati, penulis mempersembahkan tugas akhir ini untuk:

1. Papa dan Mama tercinta, **Rizal Nugroho, S.H., M.H dan Tri Rahayu Winarni**, yang telah memberikan segenap perhatian, rasa cinta, kasih sayang, doa dan restu. Beliau sangat berarti dan takkan melupakan semuanya apa yang telah beliau berikan sejak lahir hingga saat ini.
2. Adik dan Kakak yang selalu menjadi motifasi dalam segala hal yang penulis lakukan hingga saat ini.
3. Pacarku **Lakshita Anggraeni** terima kasih atas semua apa yang telah kamu berikan, baik doa, motifasi, kesabaranmu, dan kasih sayang mu yang tak pernah habis buatku
4. **Bapak Ir. WidyonoHadi, M.T** sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember dan sebagai Dosen Pembimbing Akademik.
5. **Bapak Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M** selaku DPU beserta keluarga yang sangat baik, terima kasih telah menjadi pendamping yang membimbing dengan segenap hati tanpa kenal lelah siang dan malam dalam mengerjakan skripsi ini sampai selesai, dan juga terima kasih untuk rumah beliau yang sudah dijadikan House Laboratorium untuk kami semua.
6. **Bapak Andi Setiawan, S.T., M.T** sebagai DPA yang telah meluangkan waktu memberi motifasi, pikiran dan perhatian guna memberi bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya skripsi ini.

7. Teman-teman teknik khususnya teknik elektro angkatan 2008 mulai dari NIM 081910201001-081910201061 terima kasih kalian adalah teman seperjuangan dalam kuliah dan selalu kompak dalam kebersamaan, suka duka dibangku perkuliahan.
8. Teman-teman se-atapku dalam mengerjakan skripsi di House Laboratorium sahabatku Bagas, Bayu, Mas Deni, Nopek, Zypo, Yunus terima kasih teman atas semuanya.
9. Almamaterku tercinta Universitas Jember.

MOTTO

“Segalahal yang sulit akan dapat terselesaikan dengan usaha keras, pantang menyerah, berdo’a pada Allah SWT dan selalu bersemangat dalam menjalani segala hal yang ada di depan kita dengan begitu semua bisa terwujud sesuai apa yang kita harapkan.”

(Gardha Birawa Wara Nugraha)

“Semangat dalam menjalani segala hal yang ada di depan mu dengan tawakal dan do’a.”

(Lakshita Anggraeni)

”Jangan tunda sampai besok apa yang bisa engkau kerjakan hari ini.”

(Bambang Sujanarko)

”Kegagalan hanya terjadi bila kita menyerah.”

(Lessing)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gardha Birawa Wara Nugraha

NIM : 081910201028

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul : “Rancang Bangun Mesin Sentrifugal Gula “*High Grade*” Menggunakan *Brushless Direct Current (BLDC) Motor*” adalah benar-benar hasilkarya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 24 September 2013

Yang menyatakan,

Gardha Birawa Wara Nugraha
NIM: 081910201028

SKRIPSI

RANCANG BANGUN MESIN SENTRIFUGAL GULA *HIGH GRADE* MENGGUNAKAN *BRUSHLESS DIRECT CURRENT (BLDC) MOTOR*

Oleh

Gardha Birawa Wara Nugraha

NIM 081910201028

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M

Dosen Pembimbing Anggota : Andi Setiawan, ST., MT

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul ”Rancang Bangun Mesin Sentrifugal Gula “*High Grade*”
Menggunakan *Brushless Direct Current (BLDC) Motor*” telah diuji dan
disahkan pada:

Hari, Tanggal : Selasa, 24 September 2013

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Menyetujui :

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Dr. Ir. Bambang Sujanarko, MM
NIP. 196312011994021002

Andi Setiawan ST., MT
NIP. 196910101997021001

Penguji I

Penguji II

Dr. Azmi Saleh, ST., MT
NIP. 197106141997021001

Suprihadi Prasetyono, ST., MT
NIP. 197004041996011001

Mengesahkan
Dekan,

Ir. Widyono Hadi, MT.
NIP. 19610414 198902 1 001

PRAKATA

Syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT, atas rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulisan laporan skripsi dengan judul “Rancang Bangun Mesin Sentrifugal Gula “*High Grade*” Menggunakan *Brushless Direct Current (BLDC) Motor*” dapat diselesaikan. Karya tulis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata 1 pada Jurusan Teknik Elektro, Program-program Studi Teknik, Universitas Jember.

Penyusunan laporan ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan kali ini disampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Widyono Hadi, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember, Ketua Program-program Studi Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Sumardi ST., MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Universitas Jember.
3. Bapak Dr. Ir. Bambang Sujanarko M.M selaku DPU juga membantu memberikan bimbingan.
4. Bapak Andi Setiawan S.T., M.T selaku DPA yang membimbing dan mengarahkan pada saat penyusunan skripsi.
5. Papa dan Mama tercinta, Rizal Nugroho, S.H., M.H dan Tri Rahayu Winarni, yang telah memberikan segenap perhatian, rasa cinta, kasih sayang, doa dan restu. Beliau sangat berarti dan takkan melupakan semuanya apa yang telah beliau berikan sejak saya dilahirkan hingga saat ini.
6. Pacarku Lakshita Anggraeni yang telah member semangat dan motifasi selama ini.
7. Teman-teman angkatan 2008 Teknik Elektro mulai NIM 081910201001-081910201061 yang mendukung dan memberi motivasi.
8. Teman-teman House Laboratorium sahabatku Bagas, Bayu, Mas Deni, Nopek, Yunus, Zypo yang membantu dalam memberikan bimbingan dan tenaganya.
9. Para Dosen beserta seluruh karyawan Program-program Teknik Universitas Jember, terima kasih atas segala dukungannya selama ini.

Demi kesempurnaan penulisan laporan proyek akhir ini, selalu diharapkan segala kritik dan saran dari semua pihak. Akhirnya, semoga tulisan ini dapat bermanfaat.

Jember, September 2013

Penulis

Rancang Bangun Mesin Sentrifugal Gula *High Grade* Menggunakan *Brushless Direct Current (BLDC) Motor*

Gardha Birawa Wara Nugraha

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Untuk memisahkan gula dengan tetes pada industri gula diperlukan mesin sentrifugal. Mesin tersebut membutuhkan RPM dan torsi yang cukup. Dalam penelitian ini di rancang mesin sentrifugal gula dengan penggerak motor BLDC. Dengan motor BLDC diharapkan dihasilkan putaran yang tepat dan efisiensi yang tinggi. Sistem kontrol dirancang menggunakan sistem control PCI, yang kemudian didalamnya ditanamkan program yang dapat menghasilkan nilai PWM (*Pulse Width Modulation*). Hasil pengujian sistem tanpa ada substrat menunjukkan bahwa pola kecepatan pada proses pemisahan gula dapat dicapai. Kecepatan pada putaran pertama mesin sentrifugal saat awal sebesar 100 rpm, kecepatan kedua saat *charging* sebesar 200 rpm, kecepatan ketiga saat *spinning* sebesar 1000 rpm dan kecepatan *deceleration* saat *discharging* sebesar 100 rpm. Untuk pengujian dengan substrat, ketiga fase yaitu *charging*, *spinning* dan *discharging* juga telah sesuai dengan nilai *setting*-nya. RPM saat *charging* mulai 100 RPM menuju ke 200 RPM dan saat *spinning* dengan 200 RPM menuju 1000 RPM serta saat *discharging* kecepatan menurun dari 1000 RPM menuju 100 RPM dengan waktu total 3 menit. *Error* rata-rata kecepatan pada semua fase tersebut adalah kurang dari 1%. Pengujian dengan substrat juga menunjukkan bahwa gula yang dihasilkan mencapai tingkat kekeringan yang cukup baik.

Kata kunci: sentrifugal *high grade* gula, motor BLDC.

Design–build of Sugar Centrifugal Machine High Grade Using Brushless Direct Current (BLDC) Motor

Gardha Birawa Wara Nugraha

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember

ABSTRACT

Sugar Centrifugal Machine is a centrifugal machine, so that the processing requires a value style, rpm and large enough torque. This research has the design–build of sugar centrifugal machine which can work automatically that increases the rotary RPM BLDC motor level and they can be stopped RPMs waves inputted on the control data. The first speed on centrifugal shaft player at the beginning is 100 rpm, the second speed on charging is 200 rpm, the third speed on spinning is 1000 rpm and the deceleration speed on discharging is 100 rpm. So, it needs to use a PCI control system, and then it is implanted the program inside that can generate PWM (Pulse Width Modulation) value. With 3 parameters while charging, spinning and discharging the input current from the charging start heading to 100 rpm when spinning at 200 rpm and 200 rpm to wards 1000 rpm and then decreased when discharging speed of 1000 rpm to 100 rpm leading to the charging phase of spinning and spinning to discharging takes 3 minutes. High Grade generate wave response corresponding to a centrifugal machine. PWM value is determined when the input data on the program and can be changed according to the inputted data. So, the motor speed can be kept constant for which inputted data on the program. In order to process a kilo of sugar until dry, it takes 3 minutes for sugar.

Keyword: *sugar centrifugal, BLCD motor*

RINGKASAN

Rancang Bangun Mesin Sentrifugal Gula *High Grade* Menggunakan *Brushless Direct Current (BLDC) Motor*

Gardha Birawa Wara Nugraha

**Rancang Bangun Mesin Sentrifugal Gula *High Grade* Menggunakan
Brushless Direct Current (BLDC) Motor, Gardha Birawa Wara Nugraha,
081910201028, 2013, 56 halaman**

Berkembangnya kemajuan teknologi pada saat ini, motor listrik BLDC menjadi bagian yang tidak dapat terpisahkan dalam dunia industri khususnya di pabrik-pabrik, dan juga motor BLDC merupakan salah satu jenis motor yang dapat dikontrol dengan mudah dan presisi tinggi. Adapun suatu kebutuhan bahwa motor-motor tersebut dapat dikontrol dan memiliki performansi kecepatan yang baik dan mampu mengikuti set point kecepatan yang diberikan. Untuk mewujudkan tersebut maka dibutuhkan suatu kontroler. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dibuat sebuah Rancang bangun mesin sentrifugal gula “high grade” menggunakan brushless motor direct current (BLDC), dimana menggunakan beberapa rangkaian antara lain: rangkaian driver motor brushless, satu set interface seperangkat PC dan PCI, mesin sentrifugal, aki 48 V, dan motor brushless 500W.

Sebelum alat kontrol dicoba, dilakukan beberapa pengujian antara lain: Pengujian perangkat keras, kontrol dan pengujian pemodelan mekanik mesin sentrifugal. Dari pengujian yang dilakukan, pengujian perangkat keras berjalan baik dimana mesin berputar sesuai dengan keinginan melalui sebuah program yang terinput menggunakan PCI, dimana output yang dihasilkan dengan penyesuaian rpm yang dipilih dan kemampuan putar sehingga menghasilkan gula yang kering dan sesuai seperti apa yang diinginkan. Dengan data input yang pada PCI antara range awal saat awal charging dengan 100 rpm sampai 200 rpm kemudian saat spinning dengan 1000 rpm sampai saat discharging dengan 100

rpm. Dapat dihasilkan putaran high grade yang sesuai dengan yang kita inginkan.

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain. Pada pengujian tanpa beban kecepatan putar lebih maksimal dengan rpm yang diinginkan sehingga pada tabung sentrifugal berputar stabil terhadap perubahan nilai inputan referensi step lebih mendekati output kecepatan referensi yang diharapkan pada saat mesin sentrifugal diberi beban yaitu gula kecepatan putar maksimal dengan rpm yang diinginkan sehingga pada tabung sentrifugal berputar stabil dan menghasilkan gula yang kering dan sesuai kebutuhan yang diinginkan. Pada implementasinya dengan memberikan beban dapat menghasilkan gula yang kering yang sesuai dengan apa yang diinginkanhanya. Dari proses tersebut proses yang dibutuhkan adalah 3menit dengan 100 rpm hingga 200 rpm dan 200 rpm hingga 1000 rpm saat charging, spinning dan discharging. Pada penelitian ini didapatkan sebuah kesimpulan bahwa semakin cepat kecepatan mesin sentrifugal maka gaya sentrifugal yang dihasilkan akan semakin besar. Pada perbandingan torsinya yaitu dengan kecepatan yang besar mencapai 1005.1 rpm dihasilkan torsi yang kecil yaitu mencapai 29.8 N.m dan saat kecepatan rendah sebesar 99.1 rpm didapat torsi yang besar mencapai 302.8 N.m dengan begitu dapat disimpulkan bahwa semakin rendah kecepatan mesin sentrifugal maka torsi yang dihasilkan semakin besar. Begitu juga sebaliknya semakin cepat kecepatan mesin sentrifugal maka torsi yang dihasilkan semakin rendah.

S1 Teknik Elektro, Program-Program Studi Teknik, Universitas Jember

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vii
PRAKATA	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
RINGKASAN	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR GRAFIK	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
1.6 Sistematika Pembahasan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Studi Penelitian Terdahulu	4
2.2 Proses Alur Pengolahan Gula	5
2.2.1 Proses Penggilingan Tebu (Stasiun Gilingan)	6
2.2.2 Proses Pemurnian Nira (Stasiun Pemurnian)	6
2.2.3 Proses Penguapan Nira (Stasiun Penguapan)	7
2.2.4 Kristalisasi (Stasiun Masakan)	7
2.2.5 Pemisahan (Stasiun Puteran Sentrifugal)	7
2.2.6 Penyelesaian (Pengeringan dan Pengemasan)	7
2.3 Sistem Brushless Motor Direct Curent	8
2.3.1 Brushless Motor Direct Curent	8
2.3.2 Pulse Width Modulation Pada Kontrol Brushless Motor DC	10
2.4 Sistem Mesin Sentrifugal Gula	12
2.4.1 Mesin Sentrifugal Gula	12
2.4.2 Gaya Sentrifugal	13
2.4.3 Keunggulan Brushless Motor DC Pada Mesin Sentrifugal	15
2.5 Pengendalian Brushless Motor DC	16
2.5.1 Metode Six-Step	16
2.5.2 Driver Tiga Phasa	18

2.6	Sistem Pengsaklaran Pada BLDC Untuk Mesin Sentrifugal	19
2.6.1	Wilayah Cut-Off (MOSFET OFF).....	20
2.6.2	Wilayah Saturasi (MOSFET ON).....	21
2.7	Matlab	22
2.8	Koneksi PCI Card Dengan Perangkat Luar.....	22
2.8.1	Instal PCI Card Pada PC	22
2.8.2	Koneksi PCI Card 1710HG	25
BAB 3.	Metode Penelitian	26
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	26
3.1.1	Tempat Penelitian.....	26
3.1.2	Waktu Penelitian	26
3.2	Alat dan Bahan.....	26
3.2.1	Hardware	26
3.2.2	Software.....	27
3.3	Tahapan Penelitian	27
3.4	Metode Penelitian.....	27
3.5	Instrumen Penelitian.....	27
3.6	Analisis Data.....	27
3.7	Mesin Sentrifugal	29
3.7.1	Gambar Mesin Sentrifugal.....	29
3.7.2	Alur Mesin Sentrifugal Sederhana.....	29
3.8	Konfigurasi dan Prinsip Kerja Sistem.....	30
3.8.1	Blok Diagram Sistem	30
3.8.2	Driver Motor Brushless.....	31
3.8.3	Gambar Rangkaian Pada Simulink Matlab	32
3.8.4	Perancangan Perangkat Keras.....	33
3.9	Flowchart Alur Penelitian.....	34
BAB 4.	PENGUJIAN SISTEM DAN PEMBAHASAN	35
4.1	Implementasi Kecepatan.....	35
4.2	Pengujian Pemodelan Sistem	38
4.3	Rancang Bangun Mesin Sentrifugal	44
4.4	Analisa Data	46
4.4.1	Analisa Data Kecepatan	46
4.4.2	Analisa Mesin Sentrifugal	48
4.4.3	Analisa Torsi Pada Mesin Sentrifugal.....	51
BAB 5.	KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran	56
	DAFTAR PUSTAKA.....	xvi
	LAMPIRAN – LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Strategi Pengendalian Driver	19
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian.....	26
Tabel 4.1 Frekuensi Profile Kecepatan Mesin Sentrifugal	36
Tabel 4.2 Frekuensi Kecepatan Mesin Sentrifugal Dengan Waktu 3 Menit.....	36
Tabel 4.3 Data RPM Mesin Sentrifugal Menggunakan Aki 48v	46
Tabel 4.4 Data Gaya Sentrifugal Pada Mesin Sentrifugal	49
Tabel 4.5 Data Torsi Mesin Sentrifugal.....	52

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Bagan Alur Pengolahan Pabrik Gula.....	5
Gambar 2.2 Brushless Motor DC	9
Gambar 2.3 PWM = 50%.....	11
Gambar 2.4 PWM = 30%.....	11
Gambar 2.5 PWM = 60%.....	11
Gambar 2.6 Mesin Sentrifugal Gula	13
Gambar 2.7 Gaya Sentrifugal	14
Gambar 2.8 Algoritma PWM Six-Step	17
Gambar 2.9 Algoritma PWM Six-Step 3 Fasa	17
Gambar 2.10 Implementasi Algoritma Six-Step	18
Gambar 2.11 Skema Umum Driver Tiga Fasa	18
Gambar 2.12 Tegangan Stator BLDC.....	19
Gambar 2.13 Kurva Karakteristik MOSFET	20
Gambar 2.14 Gambar Rangkaian Mosfet Sebagai Saklar Pada Kondisi Cut-off	20
Gambar 2.15 Gambar Rangkaian Mosfet Sebagai Saklar Pada Kondisi Saturasi.....	21
Gambar 2.16 PCI 1710HG dan PCLD 8710	23
Gambar 2.17 Layar Setup Pada Advantech Automation Software	24
Gambar 2.18 Different Optional For Driver Setup.....	24
Gambar 2.19 Blok Sistem Melalui PC.....	25
Gambar 3.1 Desain Mesin Sentrifugal Gula	29
Gambar 3.2 Alur Rangkaian Mesin Sentrifugal	29
Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem.....	30
Gambar 3.4 Rangkaian Driver Motor Brushless	31
Gambar 3.5 Rangkaian Pada Simulink Matlab	32
Gambar 3.6 Komponen Sistem Perangkat Keras	33
Gambar 4.1 Profile Kecepatan Sebuah Mesin Sentrifugal	37
Gambar 4.2 Kontrol Mesin Sentrifugal Pada Program Simulink Matlab.....	39
Gambar 4.3 Rangkaian Simulink Pembangkit Gelombang Trapesium.....	40
Gambar 4.4 Inputan Pada Repeting Sequence Pada Simulink Matlab	41
Gambar 4.5 Blok Parameter Gain.....	41
Gambar 4.6 Sistem Six-Step Pada Rangkaian Digital	42
Gambar 4.7 Frekuensi Kecepatan Mesin Sentrifugal	43
Gambar 4.8 Silinder Lontar Nira	44

Gambar 4.9 Silinder Lontar Nira Dan Dudukan Mesin Sentrifugal.....	44
Gambar 4.10 Silinder Pengering Nira.....	45
Gambar 4.11 Motor Brushless DC	45
Gambar 4.12 Mesin Sentrifugal	45
Gambar 4.13 Proses Hasil Gula Saat Siklus Menggunakan Aki 48v	51

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 4.1 Profil Kecepatan Input Mesin Sentrifugal.....	38
Grafik 4.2 Grafik Data Kecepatan	47
Grafik 4.3 Grafik Gaya Sentrifugal Pada Mesin Sentrifugal	50
Grafik 4.4 Grafik Torsi Pada Mesin Sentrifugal	53