

# RANCANG BANGUN PROSES PENGISIAN PADA BALL MILL (Pengaturan Motor)

Sugeng Agus Prayitno<sup>1\*</sup>, Ir. Hendik Eko Hadi S.,MT<sup>2</sup>, Drs. Irianto,MT<sup>3</sup>

Mahasiswa Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia<sup>1\*</sup>  
[agus190886@yahoo.co.id](mailto:agus190886@yahoo.co.id)

Dosen Pembimbing 1, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>  
Dosen Pembimbing 2, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>

## Abstrak

Proyek Akhir ini memaksimalkan kerja peralatan di industri semen. Salah satu peralatan industri yang kami maksimalkan kerjanya adalah sensor suara dan Motor dc digunakan sebagai penggerak Ball Mill untuk mengaduk bahan-bahan semen.. Dengan tegangan 12 Vdc Baterai dihubungkan dengan Boost Converter untuk dinaikkan menjadi 24 Vdc. Boost Converter bekerja pada frekuensi switching 40 kHz dengan lebar pulsa sebesar 50%. Tegangan keluaran Boost Converter. Tegangan keluaran Boost Converter pada Proyek Akhir ini digunakan sebagai sumber untuk motor dc sebagai penggerak Ball Mill. Dengan menggunakan beban 3 kg membutuhkan arus kerja 2,5 A dan arus keluaran baterai 3-4 A, maka dengan kapasitas baterai 12 Ah dapat memutar Ball Mill selama 1-2 jam.

Kata kunci : Driver mosfet, Boost Converter.

## Abstract

Project End equipment is working to maximize the cement industry. One of the equipment industry that we maximize the sound sensor is working and the dc motor is used as a booster to beat Ball Mill materials cement .. With 12 Vdc battery voltage is connected with the Boost Converter to be raised to 24 Vdc. Boost Converter to work on the 40 kHz switching frequency with a wide balance of 50%. Boost converter output voltage. Boost converter output voltage at the End of jobs is used as the source for the dc motor as a booster Ball Mill. By using a 3 kg load currents of 2.5 A and the battery output current 3-4 A, with the capacity of 12 Ah battery can play Ball Mill for 1-2 hours.

Keyword : Driver mosfet, Boost Converter

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi maupun otomasi industri yang sangat pesat dari setiap tahun mempunyai dampak yang sangat besar bagi masyarakat di seluruh negara maju dan berkembang. Pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi itu sendiri bertujuan untuk membantu manusia dalam melakukan aktifitas maupun komunikasi, serta memenuhi seluruh kebutuhan hidup sehari-hari.

Penerapan teknologi pada finish mill menggunakan aplikasi kendali mikrokontroler AVR untuk pengatur kecepatan dari motor dc yang digunakan pada finish mill. Kemampuan adaptasi terhadap kondisi motor yang berubah-ubah diharapkan mampu bekerja pada finish mill, yang salah satunya dapat dicapai dengan penerapan metode PI controller.

## 2. Teori Penunjang

### 2.1. Konfigurasi Sistem

Secara keseluruhan sistem kerja dari Ball Mill yaitu pemanfaatan kontrol PI sebagai pensaklaran PWM untuk mendriver boost

converter dalam memberikan supply untuk menggerakkan motor dc. PWM inilah yang akan dikontrol oleh Atmega 16 dengan memanfaatkan switching dari boost converter. Metode yang diterapkan dalam Ball Mill ini adalah PI controller, yang diharapkan dapat bekerja ketika Ball Mill dalam keadaan kosong maupun penuh.

Proportional integral controller dipilih untuk mengatur pensaklaran dari PWM untuk boost converter, dikarenakan PI merupakan salah satu jenis pengendali yang dapat memperbaiki respon transien, khususnya rise time, settling time dan juga mengurangi (bukan menghilangkan) error steady state, yang kita bangun dari mikrokontroler.

Rotary encoder disini digunakan sebagai setting point untuk kontrol yang merupakan sensor yang memiliki sudut operasi yang bebas. Besar tegangan pada rotari encoder inilah yang kemudian dibaca oleh external interrupt pada mikrokontroler Atmega 16. Dari setting point akan didapatkan nilai dari error yang nantinya akan dibandingkan dengan nilai dari delta error untuk memperoleh nilai output yang baik untuk

proses pensaklaran dari PWM untuk boost converter.

**2.2. Data Laporan Real PT. Semen Gresik Persero,Tbk. – Tuban Divisi Finishing Mill**

**2.2.1. Jenis Produk**

Di PT. Semen Gresik Persero,Tbk terdapat 2 jenis produk semen Portland, yaitu *Pozzoland Portland Cement* (PPC) dan *Ordinary Portland Cement* (OPC). Dari kedua jenis semen tersebut masing-masing memiliki keunggulan tersendiri. Dan kedua jenis produk tersebut memiliki komposisi bahan yang berbeda.

Perbedaan antara semen PPC dan OPC dapat dilihat pada Tabel 2.1 seperti yang terlihat berikut ini

**Tabel 2.1 Perbandingan Semen PPC dan OPC**

	OPC	PPC
<b>Tipe</b>	Semen ini dipakai untuk konstruksi, yang tidak memerlukan persyaratan sifat-sifat khusus, seperti ketahanan sulfat, panas hidrasi dan sebagainya	semen ini merupakan suatu bahan pengikat hidrolis
<b>Kandungan</b>	C <sub>2</sub> S lebih kecil daripada kandungan C <sub>3</sub> S, dengan kandungan C <sub>3</sub> S antara 55% - 56%, sedangkan kandungan SO <sub>3</sub> antara 1,3% - 1,4%.	terak Semen Portland dan bahan yang mempunyai sifat pozzolan, biasanya digunakan trass. Semen ini tahan terhadap asam ataupun garam, cocok untuk bangunan – bangunan dekat laut. Menurut ASTM bahan pozzolan yang ditambahkan antara 15% - 40%
<b>Keunggulan</b>	Semen tipe ini mempunyai sifat antara moderat heat cement dan high early strength cement.	Tipe semen ini mempunyai kuat tekan awal rendah tetapi kuat tekan selanjutnya lebih stabil. Semen ini tahan terhadap asam ataupun garam, cocok untuk bangunan – bangunan dekat

		laut.
<b>Netto</b>	40 Kg	50 Kg

**2.2.2. Parameter Produk**

Semua pabrik PT. Semen Gresik Persero,Tbk dilengkapi dengan Roller-press sebagai pregrinder. Plant dari produksi adalah memproduksi semen OPC dan PPC, dengan beberapa Mill lebih dikhususkan untuk PPC. Penting untuk diingat, bahwa hanya kerak besi yang melalui Roller-press. Trass (+ semen PPC) dan Gypsum (syntetic) langsung masuk ke Mill. Parameter dari produk utama dapat dilihat pada Tabel 2.2 seperti yang tertera sebagai berikut :

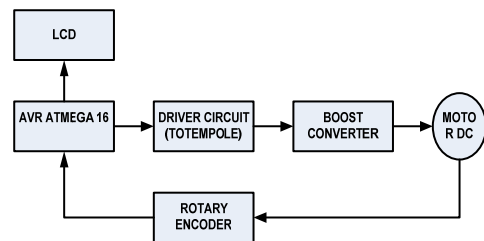
**Tabel 2.2 Parameter Produk Utama**

OPC Cement	
Composition Clinker (%)	8
Gypsum (%)	4
Limestone (%)	9
Trass (%)	-
Fly ash (%)	2
Dust (%)	-
Production (with press) (t/h)	2
Production (without press)	1
Product fineness (blaine)	3300 +/-
Product fineness (R/45µ)	1

**3. Perencanaan Dan Pembuatan Sistem**

**3.1. Skema Diagram Sistem**

Sebelum merancang perangkat lunak, yang perlu diketahui adalah susunan dari sistem itu sendiri ( blok diagram sistem ). Sebagian sistem yang dibangun pada Ball Mill sebagai gambar 3.1



**Gambar 3.1 Skema diagram sistem keseluruhan**

Terdapat komponen input dari mikrokontroller yaitu berupa rotari encoder berfungsi untuk sistem pengendali putaran motor . Dari hasil koreksi kecepatan dari

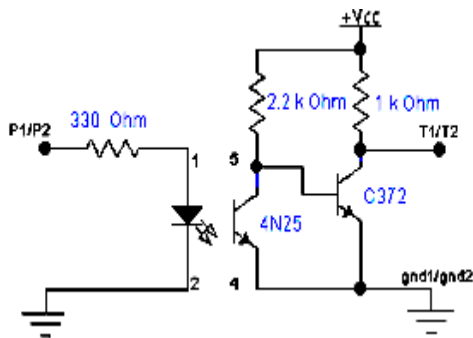
rotary encoder berupa data yang akan diproses mikrokontroler point value.

Nilai dari setting point dan point value akan dijumlah dan diperoleh data error, yang kemudian akan dibandingkan dengan delta error untuk mendapatkan nilai output yang baik sebagai pensaklaran dari PWM untuk boost converter.

### 3.2. Perencanaan Perangkat Keras

#### 3.2.1. Optocoupler

Rangkaian Optocoupler pada Gambar 3.2 berfungsi sebagai pemisah rangkaian pembangkit pulsa pada sisi masukan dengan rangkaian keluaran. Sehingga jika terjadi gangguan pada rangkaian keluaran tidak berpengaruh pada rangkaian pembangkit pulsa. Tipe IC 4N25 juga dapat digantikan dengan tipe IC 4N26 yang juga memiliki fungsi dan kaki-kaki yang sama dengan tipe IC 4N25.



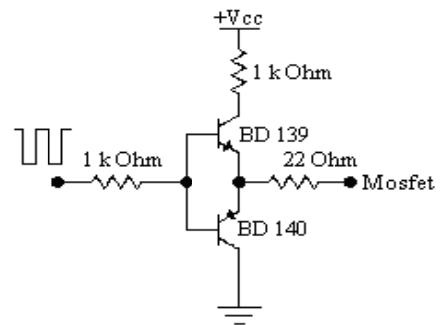
Gambar 3.2 Rangkaian Optocoupler.

Untuk rangkaian Optocoupler suplai tegangan harus beda antara masukan dan keluaran rangkaian, sehingga mempunyai suplai tegangan sendiri. Sedangkan untuk ground pada kaki nomor 2 dan ground pada kaki nomor 4 harus dipisahkan. Hal-hal tersebut dimaksudkan agar fungsi Optocoupler sebagai isolator electric dapat berfungsi. Karena pulsa yang dihasilkan oleh pembangkit pulsa hanya satu maka optocoupler yang dibutuhkan juga hanya satu.

#### 3.2.2. Totempole Drive Circuit

Sudah menjadi hal yang sangat penting untuk dapat mengurangi atau meminimalkan power losses pada switching elektronik (electronic switching) saat kita mendesain suatu rangkaian elektronika daya. Switch losses terjadi karena ada perubahan dari kondisi satu ke kondisi (low) yang lain (high) secara cepat. Drive circuit MOSFET harus dapat dengan cepat memberikan arus dan membuang arus pada saat berada pada switching

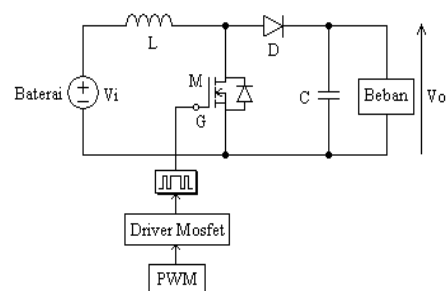
frekuensi tinggi. Rangkaian yang sangat cocok untuk digunakan sebagai drive circuit pada MOSFET adalah yang dinamakan "totem-pole", yang terdiri dari transistor NPN dan PNP. Transistor yang digunakan adalah BD 139 dan BD 140. Rangkaian totempole dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Totem-pole drive circuit.

#### 3.2.3. Boost Converter

Perencanaan dan pembuatan rangkaian boost converter secara lengkap ditunjukkan pada Gambar 3.4 sebagai berikut :



Gambar 3.4. Rangkaian Boost Converter.

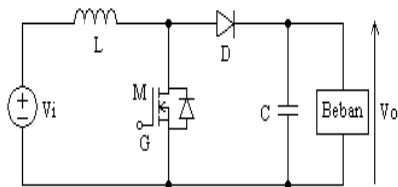
Pada Gambar 3.4. merupakan rangkaian dasar boost converter dengan PWM untuk menyulut mosfet boost converter. PWM untuk penyulutan Boost Converter dibangkitkan dari AVR ATMEGA 16 beroperasi untuk menghasilkan gelombang kotak sebagai PWM. PWM keluaran dari AVR ATMEGA16 dihubungkan dengan rangkaian optocoupler yang digunakan sebagai pemisah antara AVR ATMEGA 16 dengan mosfet Boost Converter. Dengan rangkaian optocoupler AVR ATMEGA 16 sebagai pembangkit PWM utama terhindar dari kerusakan, apabila terdapat arus balik dari rangkaian Boost Converter.

Kemudian PWM keluaran dari rangkaian optocoupler dihubungkan

dengan rangkaian totempole drive. Rangkaian totempole digunakan untuk melakukan *switching* atau perubahan kondisi dari *low* ke *high* dengan cepat pada frekuensi tinggi. PWM untuk penyulutan mosfet Boost Converter didisain dengan frekuensi 40 kHz. Boost converter memperoleh masukan dari baterai sebesar 12 Volt dan didisain untuk menghasilkan tegangan keluaran sebesar 24 Volt.

Telah dijelaskan pada Bab II bahwa Boost Converter adalah penaik tegangan DC ke DC yang menggunakan MOSFET sebagai device pensaklaran. Dan MOSFET sendiri bekerja jika ada *switching* pada gate.

Gambar rangkaian dasar Boost Converter ditunjukkan pada Gambar 3.5



**Gambar 3.5.** Rangkaian Dasar Boost Converter

Untuk mengurangi ripple arus dan tegangan maka boost konverter perlu diberi filter, oleh karena itu digunakan komponen Induktor untuk mengurangi ripple arus dan komponen kapasitor untuk mengurangi ripple tegangan.

Pada Proyek Akhir ini didisain untuk Boost Converter dengan ketentuan sebagai berikut :

Tegangan Input ( $V_i$ ) = 12 V  
 Tegangan Output ( $V_o$ ) = 24 V  
 Arus Output ( $I_o$ ) = 3 A

$f = 40 \text{ kHz}$

$\Delta I = 10\%$

$\Delta V_c = 1\%$

$$\Delta I = \frac{10}{100} \times 3 = 0,3A$$

$$\Delta V_c = \frac{1}{100} \times 24 = 0,24V$$

$$R = \frac{V_o}{I_o} = \frac{24}{3} = 8\Omega$$

$$V_o = \frac{V_i}{(1-k)}$$

$$1-k = \frac{V_i}{V_o} = \frac{12}{24} = 0,5$$

$$k = 1 - 0,5 = 0,5$$

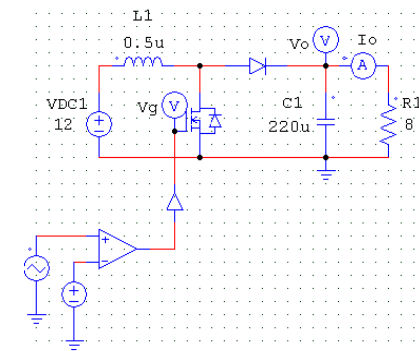
$$\Delta I = \frac{V_i \times k}{f \times L}$$

$$L = \frac{V_i \times k}{f \times \Delta I} = \frac{12 \times 0,5}{40000 \times 0,3} = 0,0005mH = 0,5uH$$

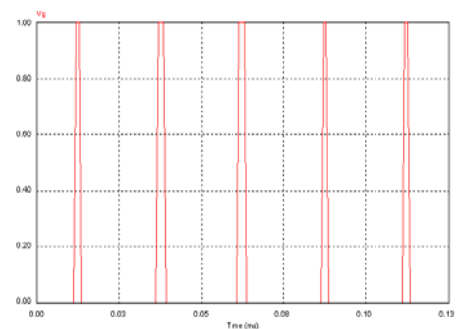
$$\Delta V_c = \frac{I_o \times k}{f \times C}$$

$$C = \frac{I_o \times k}{f \times \Delta V_c} = \frac{3 \times 0,5}{40000 \times 0,24} = 156,25uF = 220uF$$

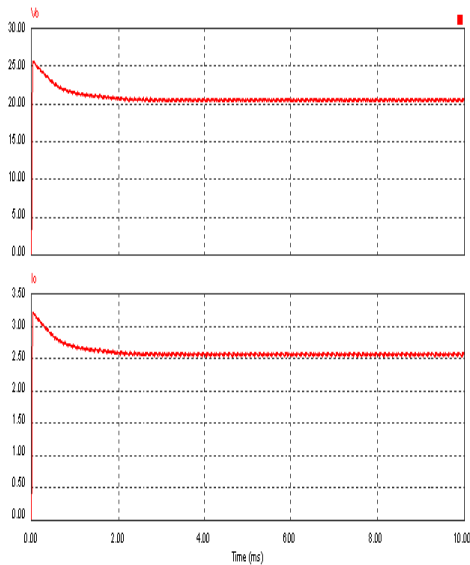
Berdasarkan hasil perhitungan disain Boost Converter yang disimulasikan menggunakan Psim diperoleh hasil simulasi pulsa penyulutan mosfet Boost Converter, tegangan keluaran dan arus keluaran yang ditunjukkan pada Gambar 3.6, Gambar 3.7 dan Gambar 3.8 sebagai berikut :



**Gambar 3.6.** Rangkaian Simulasi Boost Converter.



**Gambar 3.7.** Pulsa untuk penyulutan Mosfet Boost Converter.



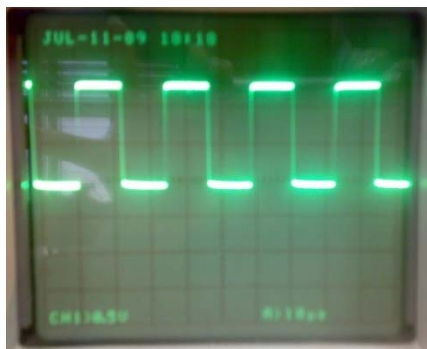
**Gambar 3.8.** Tegangan dan Arus keluaran Boost Converter.

#### 4. Pengujian Alat

##### 4.1. Pengujian Pembangkit Gelombang Kotak

Untuk melakukan pengujian rangkaian pembangkit gelombang kotak dan rangkaian osilator lainnya, memerlukan oscilloscop untuk dapat mengetahui bentuk gelombang keluaran rangkaian osilator tersebut. Pengujian pembangkit pulsa kotak dilakukan pada rangkaian osilator yang dibangun menggunakan AVR ATMEGA 16. Berdasarkan kebutuhan frekuensi switching rangkaian boost converter 40 kHz.

Hasil pengujian pembangkit pulsa gelombang kotak dari ATMEGA 16 ditunjukkan pada Gambar 4.1.

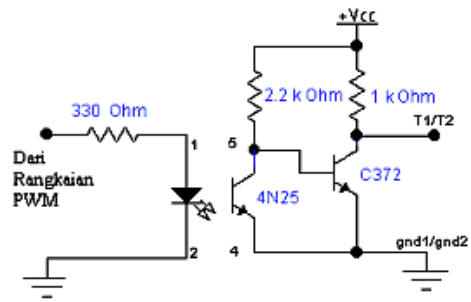


**Gambar 4.1** Gelombang kotak

##### 4.2. Pengujian Optocoupler

Rangkaian *optocoupler* pada Gambar 4.6. menggunakan IC 4N25 dan dihubungkan dengan transistor BD 139. *Ground* pada sisi masukan harus dipisahkan dengan *ground* pada sisi keluaran. Pemisahan *ground* terkait dengan sifat dasar dari *optocoupler* yang

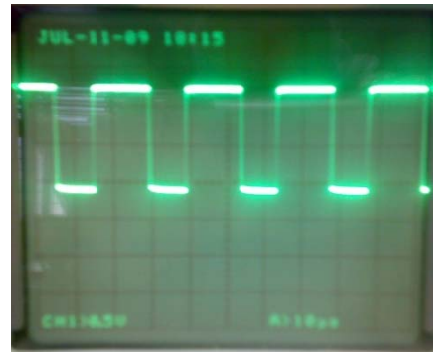
berfungsi mengisolasi rangkaian masukan dengan rangkaian keluaran.



**Gambar 4.2** Rangkaian Optocoupler

Pada saat *optocoupler* diberi masukan sinyal dari rangkaian PWM yang dihasilkan ATMEGA 16 pembangkit gelombang kotak, maka frekuensi keluaran juga sama dengan masukan yang membedakan adalah besar amplitudo yaitu 12 volt. Perbedaan amplitudo antara masukan dan keluaran karena keluaran dari rangkaian optocoupler dihubungkan dengan transistor BD 139 untuk dikuatkan.

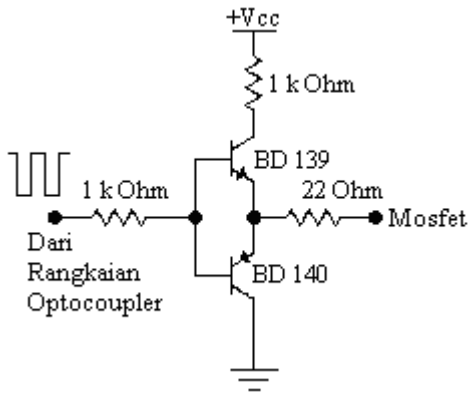
Pengujian rangkaian optocoupler dilakukan pada pin kolektor transistor BD 139 sebagai keluaran dari rangkaian optocoupler yang telah mengalami penguatan. Hasil pengujian rangkaian optocoupler ditunjukkan pada Gambar 4.3



**Gambar 4.3** Gelombang pulsa kotak keluaran optocoupler

##### 4.3. Pengujian Totempole

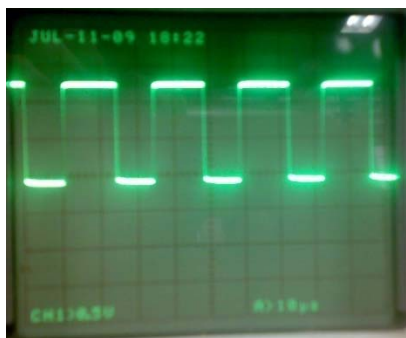
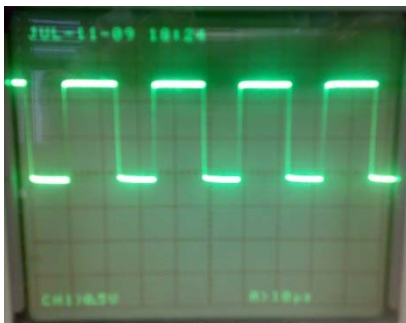
Rangkaian totempole pada Gambar 4.5 difungsikan sebagai sinkronisasi sinyal gelombang kotak ke MOSFET, agar pengisian dan pembuangan pulsa dapat dilakukan dengan cepat.



**Gambar 4.4** Rangkaian Totempole.

Rangkaian totempole terdiri dari transistor BD 139 dan BD 140. Rangkaian memerlukan tegangan suplai sebesar 12 Volt agar tegangan keluaran gelombang juga sebesar 12 Volt. Pada rangkaian totempole ground tegangan suplai *totem-pole* dapat digabung dengan *ground* pada tegangan suplai *optocoupler*.

Pengujian rangkaian totempole dilakukan pada resistor 22 Ohm yang terhubung dengan pin emitor kedua transistor. Keluaran dari rangkaian totempole dihubungkan dengan *gate* dan *source* MOSFET. Hasil pengujian rangkaian totempole ditunjukkan pada Gambar 4.4

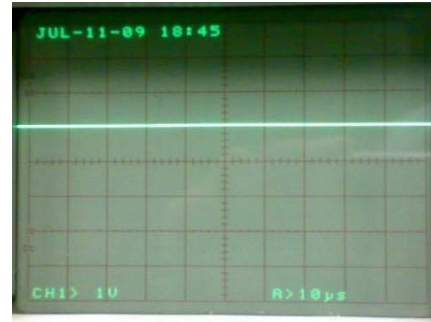


**Gambar 4.4** Gelombang pulsa kotak keluaran totempole.

#### 4.4. Pengujian Boost Converter

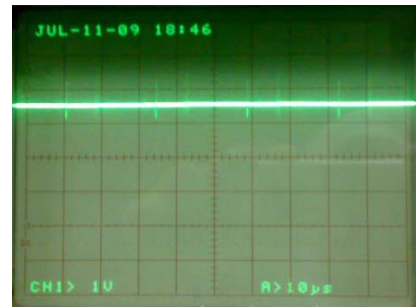
Pengujian Boost converter dilakukan pada keluaran rangkaian Boost Converter. Boost Converter memperoleh tegangan masukan sebesar 12 Vdc. Pada saat tidak

ada switching maka besar tegangan keluaran sama dengan tegangan baterai. Apabila mosfet pada boost converter diberi frekuensi switching sebesar 40 kHz dengan duty cycle 0,5 seperti pada Gambar 4.6. maka tegangan keluaran akan naik menjadi sebesar 24 Vdc. Pada Gambar 4.5 menunjukkan tegangan masukan yang berasal dari baterai sebesar 12 Volt.



**Gambar 4.5** Tegangan Baterai.

Pada Gambar 4.6 merupakan tegangan keluaran boost pada saat di beri beban 3 kg



**Gambar 4.6** Tegangan keluaran boost saat di bebani .

#### 4.5. Pengujian PWM Mikrokontroler ATmega16

Pengujian PWM untuk boost converter yang dihasilkan mikrokontroler digunakan untuk mengetahui gelombang keluaran PWM. Pengujian ini untuk mengetahui frekuensi dan lebar pulsa. Pada boost converter dibutuhkan satu gelombang pulsa yang mempunyai perbedaan selang waktu on-off (*death time*). Gelombang pulsa PWM dibangkitkan Mikrokontroler ATMEGA 16 pada PD.6 . Untuk melakukan pengujian diperlukan program yang digunakan untuk membangkitkan pulsa PWM sebagai berikut.

```
int jarak,speed,x,y,fast,jarba;
unsigned char tulis[20],tulis3[20];;
```

```
interrupt [EXT_INT0] void ext_int0_isr(void)
{
    x++;
}
```

```

interrupt [TIM0_OVF] void
timer0_ovf_isr(void)
{
    y++;
    if(y==21)
    {
        jarba=jarak;
        y=0;
        speed=x*2;
        fast=speed;//salah hoo....
        x=0;
    }
}

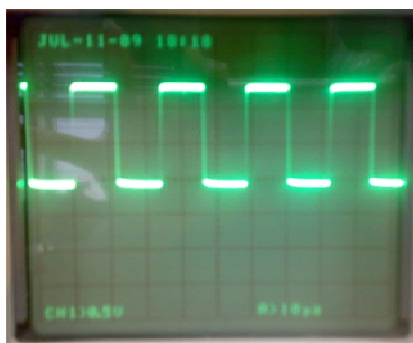
//===== End of timer/counter
for RPM
=====

// Timer 1 output compare A interrupt service
routine
interrupt [TIM1_COMPA] void
timer1_compa_isr(void)
{
    PORTD.6=0;
}

// Timer 1 output compare B interrupt service
routine
interrupt [TIM1_COMPB] void
timer1_compb_isr(void)
{
    PORTD.6=1;
    TCNT1H=0x00;
    TCNT1L=0x00;
}

```

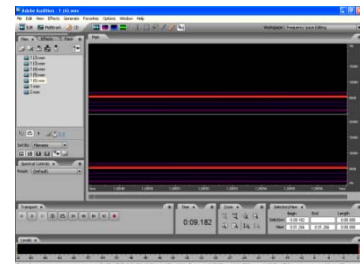
Hasil pengujian pembangkit PWM oleh Mikrokontroler ditunjukkan pada Gambar 4.7.



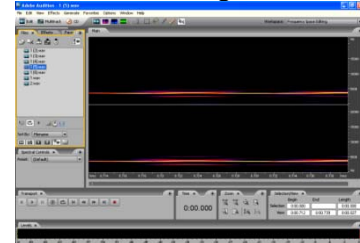
**Gambar 4.7** Gelombang PWM yang dibangkitkan Mikrokontroler ATMEGA 16.

#### 4.6. Pengujian Filter dengan Software Adobe Audition

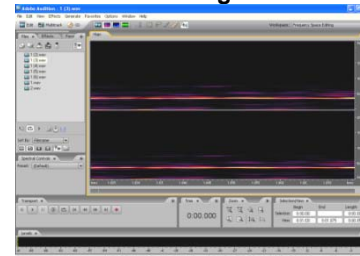
##### a. Saat Mill kosong



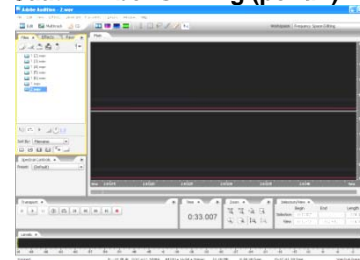
##### b. Saat Mill berisi 2Kg



##### c. Saat Mill berisi 6Kg



##### d. Saat Mill berisi 12Kg (penuh)



## 5. Penutup

### 5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan proses perencanaan, pembuatan dan pengujian alat serta dengan membandingkan dengan teori-teori penunjang, dan berdasarkan data yang diperoleh maka dapat disimpulkan mengenai Ball Mill sebagai berikut:

1. Tegangan keluaran Boost Converter mengalami penurunan tegangan sebesar 50 % untuk beban (14kg).

### 5.2. Saran

Pada pengerjaan Proyek Akhir ini tentu tidak lepas dari berbagai macam kekurangan dan kelemahan, baik itu pada sistem maupun pada peralatan yang telah dibuat. Untuk memperbaiki kekurangan-kekurangan dari peralatan, maka perlu melakukan hal-hal sebagai berikut:

1. Untuk menangani penurunan tegangan yang besar pada keluaran Boost converter, maka tegangan keluaran boost converter diperlukan

pengaturan tegangan melalui penyulutan terkontrol.

## 6. Daftar Pustaka

Abraham I. Pressman, "*Switching Power Supply Design*," Mc Graw-Hill International, Electrical Engineering Series, Second Editions, 1998.

Carlos Lozano Espinosa , "*Static Bike Using Renasas 3687*," Colombia.

Daniel W. Hart, "*Introduction to Power Electronics*," Prentice-Hall International, International Edition, 1997.

David Butcher, "*Ultimate Pedal Powered Television*," 2006.

Greg Miller, "*AC-DC Bike Powered Generator System*," 2005.

Mag Trainer, "*The Pedal a Watt Stationary Bike Power Generator*," Convergen Tech, Inc.

Nathan Eagle, Benjamin Olding, "*Using an Alternator in Renewable Energy Project*," Summer, 2000.

Ned Mohan, Tore M. Underland, William P. Robbins, "*Power Electronics, Converters, Applications and Designs*," Second Edition, Jhon Wiley & Son, Inc, New York, 1995.

P.J. Randewijk, "*Inductor Design*," 2006.

Prastilastiarso, Joke, "*Elektronika Daya 2*," " materi kuliah, 2004.

Rashid, Muhammad H., "*Power Electronic Circuit, Devices, and Applications*," Second Edition, Prentice-Hall International, Inc, 1993.

R. W. Erickson, "*Fundamentals of Power Electronics*," New York, Chapman and Hall, 1997, Chapter 13.