

## PENENTUAN EFISIENSI MOTOR DC MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA 328

Hendrik Prayitno<sup>1)</sup>, Endah Rahmawati<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Prodi S1-Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email : hendrikprayitno@mhs.unesa.ac.id

<sup>2)</sup> Dosen Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email : e.rahmawati@gmail.com

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan menguji kit untuk menentukan karakteristik motor DC yaitu pengaruh pembebanan, hubungan torsi terhadap kecepatan, hubungan daya mekanik terhadap kecepatan, dan hubungan efisiensi terhadap kecepatan. Penelitian ini dirancang dengan menggunakan sensor *rotary encoder* untuk mengukur kecepatan rotasi, sensor tegangan INA219 untuk mengukur tegangan dan arus, pengukuran torsi dengan pemberian beban kepada motor dengan memberi variasi massa. Langkah awal dari penelitian ini yaitu dengan mengkalibrasi sensor *rotary encoder* dengan membandingkan hasil pengukuran kecepatannya dengan tachometer digital sebagai kalibrator, mengkalibrasi sensor tegangan ina219 dengan membandingkan hasil pengukurannya dengan hasil pengukuran multimeter digital dan adaptor pasco. Kit percobaan menguji tiga motor DC dengan spesifikasi yang sama diperoleh data torsi maksimal berturut-turut untuk tegangan 4V, 8V, 12V adalah 0,028 Nm, 0,063 Nm, 0,079 Nm dengan efisiensi yang diperoleh dari ketiga motor DC adalah 60,72% yang diperoleh pada tegangan masukan 12V.

**Kata Kunci :** Motor DC, Torsi, Efisiensi.

### ABSTRACT

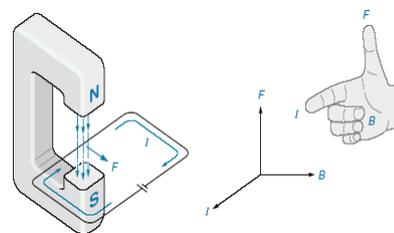
This study attempts to make and test the experiment equipment to determine characteristic motor dc the influence encumbering, the relation of torque to the speed, relation to the speed of mechanical, efficiency and relation to the speed. This research designed by means of sensors encoder rotary for measuring speed rotation, sensors voltage INA219 for measuring the tension and current, measurement of torque with a burden to motor by giving variation mass. The first step from the study namely by calibrating sensors rotary encoder by comparing the measurement result the speed by a tachometer digital as kalibrator, calibrating sensors voltage ina219 with compares the results pengukurannya with the measurement result multimeter digitally and adapter pasco. The experiment equipment test three motors dc to the specifications same obtained data torque maximum successive voltage 4v, 8v, 12v is 0.028 Nm, 0,063 Nm, 0,079 Nm efficiency of obtained from third motor dc is 60,72 % obtained at voltage input 12v.

**Keywords :** DC motor, Torque, efficiency

### PENDAHULUAN

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektronik yang berfungsi untuk merubah energi listrik menjadi energi mekanik (Sitompul dan Amien, 2014). Karakteristik dari motor DC secara umum berupa tegangan maksimum, kecepatan, torsi maksimum, dan efisiensinya. Pengelompokan efisiensi berdasarkan *Standard IEC Line Motors* (IEC 60034-30-1) mempunyai empat tingkatan efisiensi IE (*International Efficiency*) yaitu IE 1 (*standard Efficiency*), IE 2 (*High Efficiency*), IE 3 (*Premium Efficiency*), IE 4 (*Super Premium Efficiency*). IE 1 dengan efisiensi 50%, IE 2 dengan efisiensi 60%, IE 3 dengan efisiensi 65%, IE 4 dengan efisiensi 70%.

Proses terjadinya putaran pada motor listrik berdasarkan berdasarkan gejala, bahwa suatu medan magnet mengeluarkan gaya pada penghantar yang berarus, dimanadigambarkan seperti pada gambar 1.



**Gambar 1** Gaya pada kawat di dalam medan magnet (sumber : Putra, 2010)

Besarnya gaya magnet dapat diperoleh dari persamaan berikut :

$$F = IBL \cos \alpha \quad (1)$$

Torsi sering disebut momen (M) merupakan perkalian gaya  $F$  (Newton) dengan panjang lengan  $L$  (meter)

$$\tau = FL \quad (2)$$

Apabila torsi yang arahnya berlawanan dengan arah gravitasi, maka gaya  $F$  akan bernilai sama dengan  $w = m \cdot g$  sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\tau = m \cdot g \cdot l \quad (3)$$

Utuk memperoleh daya mekanik motor listrik menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_m = \tau \cdot \omega \quad (4)$$

Dimana  $\omega$  merupakan kecepatan rotasi motor listrik dalam radian.

Efisiensi motor DC adalah persentase jumlah daya masukan yang digunakan sebagai daya keluaran berupa putaran motor. Efisiensi diperoleh dari persamaan:

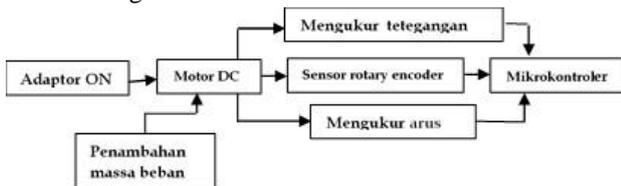
$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\% \quad (5)$$

Eksperimen menggunakan motor listrik sangat baik digunakan untuk mendemonstrasikan beberapa hukum dasar dari kelistrikan dan magnetik. Tujuan dari eksperimen menggunakan motor DC dengan daya rendah yaitu untuk menunjukkan bagaimana pendekatan dari kecepatan steady motor dan bagaimana torsi, daya mekanik dan efisiensi yang bergantung pada kecepatan rotasinya. Eksperimen ini juga terkait dengan program pada universitas yaitu listrik dan magnet dan dapat digunakan di laboratorium sarjana atau untuk demonstrasi kuliah (Kraftmakher, 2010; zhanget al., 2010; Bonannoet al., 2009).

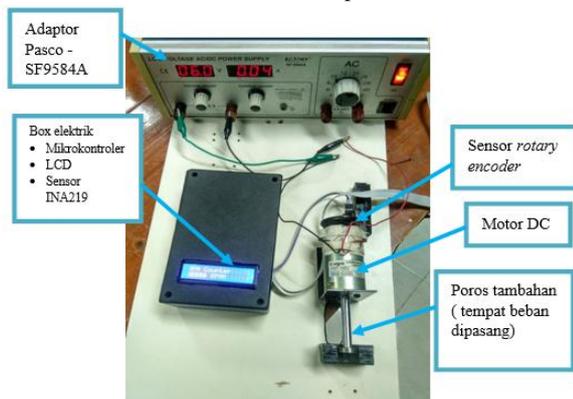
Penelitian skripsi ini dilakukan untuk menentukan nilai efisiensi dari motor DC, efisiensi tersebut sebagai pertimbangan apakah motor DC layak digunakan atau tidak sesuai dengan Standard IEC Line Motors (IEC 60034-30-1)

### METODE

Prosedur penelitian untuk menentukan efisiensi motor DC menggunakan mikrokontroler ATmega 328 adalah sebagai berikut :



Gambar 2 Prosedur penelitian



Gambar 3 KIT Percobaan Penentuan Efisiensi Motor DC Menggunakan Mikrokontroler ATmega 328p

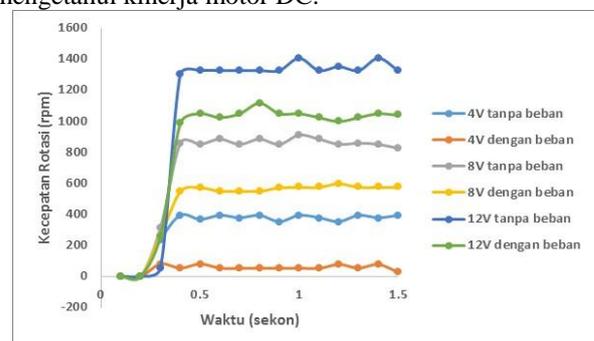
Pada penelitian ini sebelum pengambilan data torsi, daya, dan efisiensi dilakukan pengambilan data kalibrasi sensor rotary encoder yaitu berupa data kecepatan (rpm) pada sensor rotary encoder dan tachometer sebagai pembandingan, data kecepatan rotasi

(rpm) terhadap tegangan (V), data kalibrasi sensor tegangan INA219 berupa tegangan (V) dan arus listrik (A) dengan pembandingan tegangan (V) dari multimeter digital sanwa CD800a dan arus listrik (A) dari adaptor Pasco -SF9584A. Data untuk memperoleh hubungan kecepatan terhadap torsi, daya mekanik, dan efisiensi berupa data kecepatan rotasi (rpm) yang diukur menggunakan sensor *rotary encoder*, tegangan (V) dan arus listrik (A) yang diukur menggunakan sensor tegangan INA219, massa (kg) yang diperoleh dari pembebanan motor DC secara berkala.

Pada penelitian terdapat dua percobaan dengan tiga variabel operasional yaitu, variabel kontrol, variabel manipulasi, dan variabel respon. Pada percobaan pertama untuk menentukan kinerja motor DC yaitu data kecepatan *steady*, dimana variabel kontrol yaitu jenis motor DC dan massa beban (303 gram), variabel manipulasi yaitu tegangan (4V tanpa beban, 4V dengan beban, 8V tanpa beban, 8V tanpa beban, 12V tanpa beban, dan 12V dengan beban), dan variabel respon yaitu kecepatan rotasi, data motor DC terhadap beban, dimana variabel kontrol jenis motor DC, variabel manipulasi massa beban dan tegangan masukan (4v, 8V, dan 12V), dan variabel respon yaitu kecepatan rotasi. Pada percobaan kedua untuk menentukan torsi, daya mekanik, dan efisiensi, dimana variabel kontrol yaitu jenis motor DC, variabel manipulasi yaitu massa beban dan tegangan masukan (4v, 8V, dan 12V), dan variabel respon yaitu kecepatan rotasi dan arus listrik.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

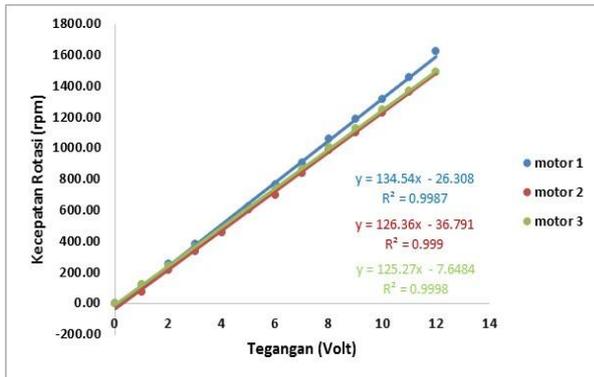
pengambilan data kecepatan pada beberapa nilai tegangan masukan dan memberi beban massa untuk mengetahui kinerja motor DC.



Gambar 4 Grafik hubungan kecepatan terhadap waktu

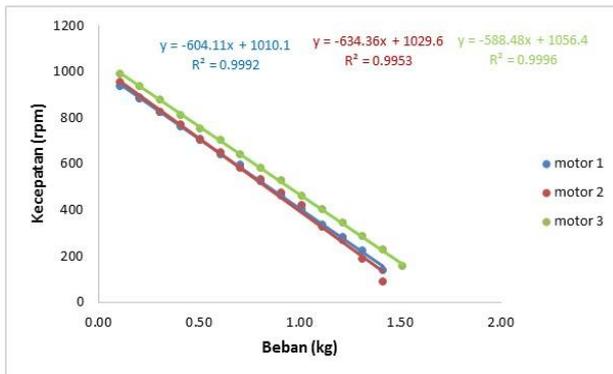
Grafik diatas menunjukkan periode operasi motor DC dengan beban dan tanpa beban pada tegangan 4 volt, 8 volt, dan 12 volt. Beban yang diberikan sebesar 303 gram untuk masing-masing tegangan hingga tercapai kecepatan *steady*, yaitu dimana kecepatannya konstan. Data yang diperoleh menunjukkan motor DC pada masing-masing tegangan kecepatan *steady*-nya saat tidak dikenai beban berbeda, pada tegangan 12 volt mempunyai kecepatan sebesar 1325 rpm, pada tegangan 8 volt kecepatannya lebih rendah yaitu sebesar 858 rpm, pada tegangan 4 volt

kecepatannya sebesar 390 rpm, setelah diberi beban yang sama yaitu 303 gram untuk masing-masing tegangan, kecepatannya berkurang untuk tegangan 12 volt, 8 volt, dan 4 volt berturut-turut sebesar 1050 rpm, 575 rpm, dan 75 rpm. Data kecepatan pada masing-masing tegangan dengan diberi beban dan tanpa beban bernilai mendekati konstan, dimana terjadi beberapa perbedaan untuk waktu tertentu namun perbedaannya relative kecil.



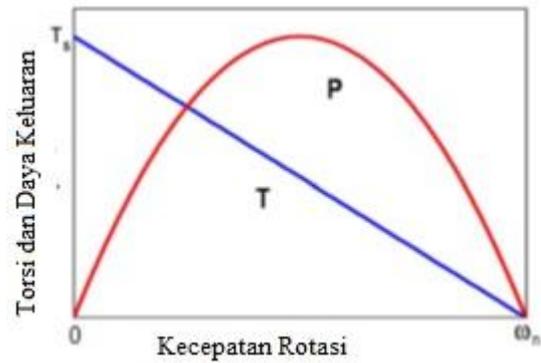
Gambar 5 Grafik hubungan kecepatan rotasi terhadap tegangan masukan tanpa pembebanan

Grafik diatas menunjukkan bahwa semakin besar tegangan masukan, maka kecepatan rotasi motor DC akan semakin besar. Hal tersebut sesuai dengan karakteristik motor DC, dimana kecepatan rotasi akan semakin besar apabila daya masukan yang diberikan semakin besar. Daya masukan berupa daya listrik, dimana arus listriknya konstan pada pembebanan yang sama ataupun tanpa beban.



Gambar 6 Grafik hubungan kecepatan rotasi terhadap pembebanan

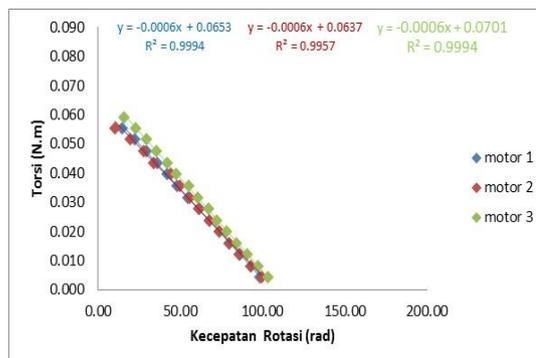
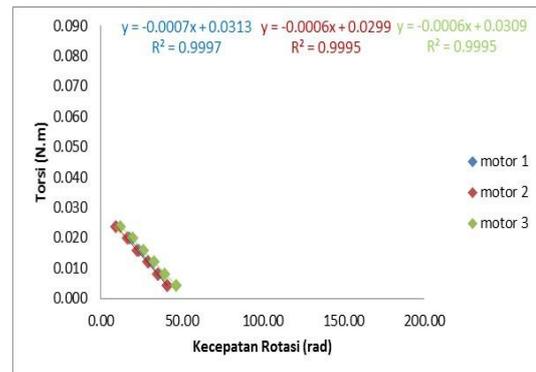
Grafik diatas menunjukkan bahwa semakin besar massa beban yang diberikan, maka kecepatannya akan semakin kecil. Perubahan kecepatan rotasi saat beban ditambah secara berkala menunjukkan perubahan yang linier.

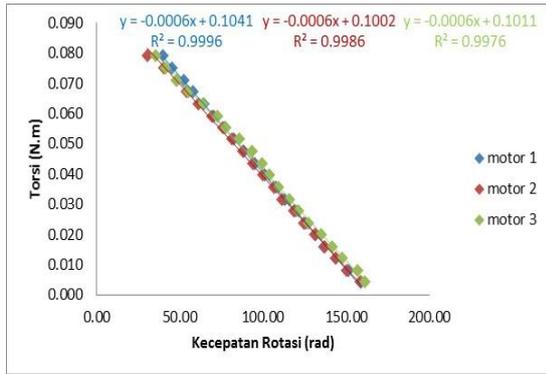


Gambar 7 Grafik hubungan torsi dan daya mekanik pada motor DC terhadap kecepatan rotasi

Gambar 7 menunjukkan grafik linieritas torsi dan daya mekanik terhadap kecepatan rotasi pada motor DC. Semakin besar torsi dari motor DC, maka kecepatan motor DC akan semakin rendah dan pada kecepatan maksimum motor DC torsi yang dihasilkannya adalah nol, sebaliknya torsi tertinggi terjadi pada saat kecepatan rotasinya nol. Torsi pada penelitian ini diperoleh dari persamaan 3 yaitu  $\tau = m \cdot g \cdot l$ . Daya mekanik akan semakin besar pada saat kecepatan semakin besar hingga tercapai daya mekanik maksimumnya dan akan semakin kecil sampai kecepatan maksimumnya. Daya mekanik pada penelitian ini diperoleh dari persamaan  $P_m = \tau \cdot \omega$ .

1. Perbandingan torsi pada motor DC 1, motor DC 2, dan motor DC 3

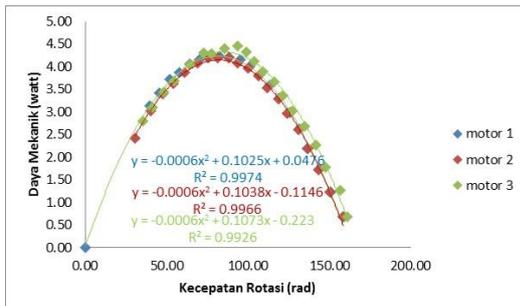
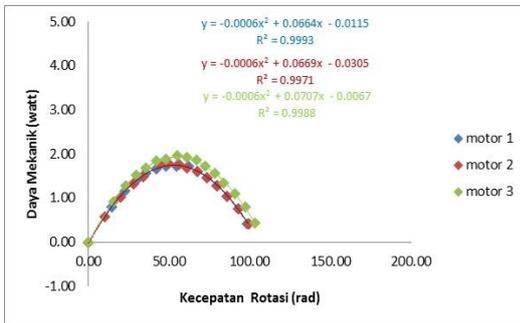
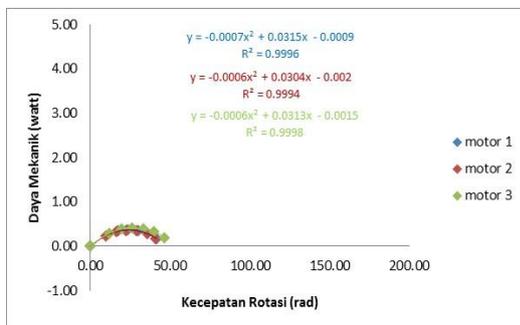




**Gambar 8** Grafik hubungan torsi terhadap kecepatan rotasi pada motor 1, motor 2, dan motor 3 dengan tegangan masukan 4 volt, 8 volt, dan 12 volt

Grafik menunjukkan pengukuran torsi terhadap kecepatan pada tiga motor DC mempunyai besar yang hampir sama, dimana perbedaan yang cukup terlihat pada pengukuran motor DC ketiga yaitu pada torsi 0,004 Nm dengan tegangan 4 V dan pada torsi 0.059 Nm dengan tegangan 8 V.

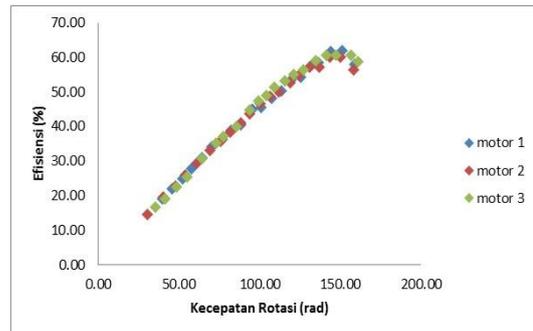
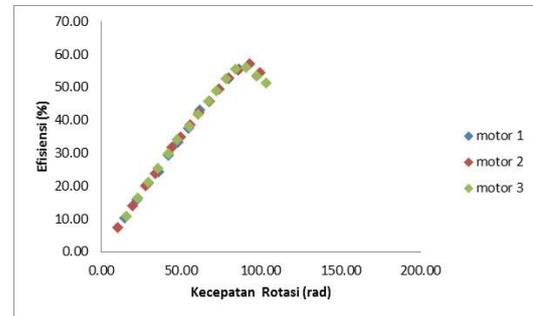
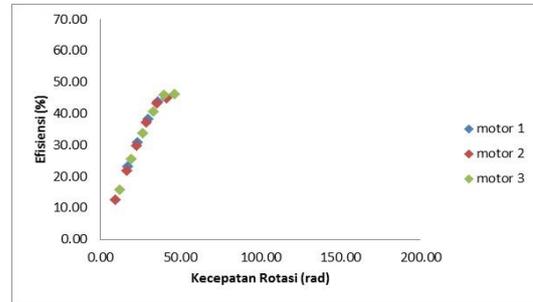
2. Perbandingan daya mekanik pada motor DC 1, motor DC 2, dan motor DC 3



**Gambar 9** Grafik hubungan daya mekanik terhadap kecepatan rotasi pada motor 1, motor 2, dan motor 3 dengan tegangan masukan 4 volt, 8 volt, dan 12 volt

Grafik di atas menunjukkan hubungan daya mekanik pada tiga motor DC, dimana besarnya daya mekanik dari tiga motor DC mempunyai nilai yang hampir sama. Perbedaan yang cukup terlihat pada motor DC ketiga. Besarnya daya mekanik yang diperoleh pada tegangan 4 V diperoleh daya mekanik maksimum 0,42 watt, tegangan 8 V diperoleh daya mekanik maksimum 1,96 watt, tegangan 12 V diperoleh daya mekanik maksimum 4,46 watt.

3. Perbandingan efisiensi pada motor DC 1, motor DC 2, dan motor DC 3



**Gambar 10** Grafik hubungan efisiensi motor DC terhadap kecepatan rotasi pada motor 1, motor 2, dan motor 3 dengan tegangan masukan 4 volt, 8 volt, dan 12 volt

Grafik di atas menunjukkan hubungan efisiensi terhadap kecepatan rotasi pada tiga motor DC, dimana dari data ketiga tegangan yaitu 4 volt, 8 volt, dan 12 volt memiliki nilai efisiensi tertinggi 60,72% yang diperoleh pada tegangan masukan 12V. Hasil tersebut belum merupakan efisiensi maksimum motor DC dimana semakin besar tegangan masukan motor DC nilai efisiensinya semakin besar seperti yang diperoleh pada penelitian ini dan motor DC yang digunakan dapat mencapai tegangan maksimal 24 volt.

**PENUTUP**

**Simulan**

Pada penelitian ini hubungan pengaruh pembebanan terhadap kecepatan rotasi, semakin besar beban maka semakin kecil kecepatan rotasi. Hasil dari penelitian ini diperoleh pada tegangan masukan 4V diperoleh torsi maksimum 0.028 Nm dan daya mekanik maksimum 0,42 watt, tegangan masukan 8V diperoleh torsi maksimum 0,063 Nm dan daya mekanik maksimum 1,96 watt, tegangan masukan 12V diperoleh torsi maksimum 0,079 Nm dan daya mekanik maksimum 4,46 watt. Efisiensi maksimum yang diperoleh dari ketiga motor DC adalah 60,72% yang diperoleh pada tegangan masukan 12V.

### **Saran**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, kit penentuan efisiensi motor DC menggunakan mikrokontroler ATmega 328 dapat mengukur torsi pada setiap kecepatan namun masih hanya dapat digunakan untuk motor DC sejenis saja karena keterbatasan mekanik, sehingga kedepannya disarankan pembuatan mekaniknya dibuat beberapa ukuran yang berbeda sesuai poros motor DC atau mekanik yang dapat menyesuaikan ukuran poros motor agar dapat digunakan untuk bermacam-macam jenis motor DC dan pengambilan datanya sampai tegangan maksimalnya yaitu 24V untuk memperoleh efisiensi maksimalnya.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak dan sumber data yang telah berkontribusi banyak dalam penelitian ini, terutama kepada Standard IEC Line Motors (IEC 60034-30-1) yang telah dijadikan acuan pembandingan dalam penelitian skripsi ini.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Bonanno, A., Barone, P., Bozzo, G., Camarca, M., Sapia, P. 2009. *Energy Conversion and Rotational Mechanic Measurements with a common DC motor*. publication at : [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net).
- Jawett, J. and Serway, RA. 2004. *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*. Jakarta : Salemba Teknika.
- Kraftmakher, Y. 2010. *Experiments with a DC Motor*. Eur. J. Phys. 31 (2010) 863-870
- Mikrajjudin, A. 2006. *Diktat Kuliah Fisika Dasar 2 tahap persiapan bersama ITB*. Bandung.
- Pun-hon, Ng., Siu-ling.Wong., Mak, Se-yuen. 2009. *Efficiency measurement using a motor-dynamo module*. publication at : [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net).
- Putra, H. Y. 2010. *Kontrol elektronika*. bandung : Perpustakaan UNIKOM
- Setiawan, M. A. 2014. *Sistem identifikasi karakteristik Motor DC berbasis Mikrokontroler*. vol. 1, No. 1, 2014.
- Wengi, H. R. P.S dan Yuniarto. 2014. *Perancangan dan Uji Performa Axial Flux Permanent Magnet Coreless Brushless Direct Current (DC) Motor*. Vol.1, No.1, 2014.