

**Rancang Bangun *Interface* untuk Visualisasi
Kecepatan dan Suhu Motor DC *Shunt* Berbeban
Sebagai Modul Praktikum di Laboratorium Sistem Tenaga
[*Interface Design For Speed dan Temperature Visualisation
of DC Shunt Motor on Load As Practicum Module on Power System Laboratory*]**

I Made Ari Nrartha¹, Sultan², Agung Budi Muljono³, I Made Budi Suksmadana⁴

ABSTRAK

DC shunt motor banyak digunakan dalam industri karena kemudahan dalam operasi, regulasi kecepatan dan kerugian daya yang relatif lebih rendah dibanding motor AC. DC shunt motor juga digunakan sebagai salah satu modul praktikum di laboratorium sistem tenaga. Pengukuran kecepatan DC motor shunt pada modul menggunakan alat ukur analog/digital. Alat ukur tersebut hanya dapat memberikan informasi kondisi steady state hasil pengukuran. Rele termal dari motor digunakan sebagai perlindungan tanpa diketahui suhu dari motor. Visualisasi pengukuran dibutuhkan untuk mendapatkan informasi lebih lanjut, seperti kondisi transien. Visualisasi dapat diperoleh melalui komputer grafis sehingga diperlukan interface untuk menyampaikan informasi hasil pengukuran tersebut ke komputer. Informasi kecepatan dengan tachogenerator dan suhu dengan sensor suhu dapat diteruskan oleh interface (ADC) ke komputer melalui port serial. Validasi hasil interface dengan pengukuran alat ukur analog/digital diperoleh tingkat kesalahan rata-rata 3,65 % untuk kecepatan dan 8,0 % untuk suhu. Penambahan beban pada motor mengakibatkan penurunan kecepatan. Suhu cenderung meningkat sejalan dengan lama operasi dari motor. Waktu transien kecepatan minimum ketika motor dimatikan pada saat beban berat dan maksimum ketika tiba-tiba ada tambahan beban yang kecil.

Kata Kunci: *interface, kecepatan, suhu, DC shunt motor*

ABSTRACT

DC shunt motors are widely used in industry because of the easy of operation, speed regulation and power losses are relatively lower than AC motors. DC shunt motors are used also as one of the practicum modules in the laboratory of power systems. DC shunt motor speed measurement on the module using the analog /digital. The devices can only provide information steady state. Thermal relay of the motor is used as protection without knowing the temperature of the motor. Visualization of measurement are needed to obtain more information, such as the transient conditions. Visualization can be obtained through computer graphics because It, interfaces required to communicate information to the computer. Information speed and temperature of the tachogenerator DC shunt motors and temperature sensors can be forwarded by the ADC to the computer by a serial port. Validation results of Interface with measurement of analog/digital devices obtained an average error rate of 3.65% and 8.0%, respectively for the velocity and temperature. The addition of a load on the motor resulting in a decrease in velocity and temperature tends to rise in line with the long operation of the motor. The minimum transient time of motor speed when the motor is switched off on weight load and maximum when suddenly the additional small load.

Keywords: *interface, velocity, temperature, DC shunt motor*

PENDAHULUAN

Penggunaan motor DC sangat luas pada industri. Penggunaan yang luas ini disebabkan oleh pengaturan kecepatan motor DC lebih mudah dan mempunyai rugi daya yang lebih kecil dibandingkan dengan motor

AC. Motor DC dapat dibagi berdasarkan sumber medannya yaitu penguat medan sendiri dan penguat medan terpisah. Motor DC penguat sendiri dapat diklasifikasikan lagi berdasarkan hubungan kumparan medan dan

¹ Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat
Email : nrartha@te.ftunram.ac.id

kumparan jangkar, seperti Motor DC *shunt*, motor DC seri, dan motor DC kompon. Motor DC penguat sendiri jenis *shunt* adalah umum digunakan pada industri-indutri yang membutuhkan kecepatan relatif konstan dan range pengaturan sumber DC relatif kecil untuk pengaturan kecepatannya dibandingkan dengan jenis motor DC penguat sendiri yang lain.

Praktikum-praktikum di Laboratorium Sistem Tenaga, beberapa modul dalam percobaannya menggunakan motor DC. Motor DC diuji untuk diketahui unjuk kerjanya seperti pengaruh pembebanan terhadap kecepatan, dan penggunaan pengaman termis pada rangkaian untuk menghindari pemanasan berlebih pada motor. Percobaan-percobaan tersebut menggunakan alat ukur analog maupun digital yang hanya mencatat kondisi *steady state* motor berbeban, sehingga praktikan tidak pernah tahu perubahan kecepatan secara transien akibat perubahan beban pertahap maupun besar. Pengaman termis yang digunakan tidak dapat memberikan informasi suhu dari motor. Pengaman ini hanya berfungsi untuk melepas rangkaian sumber ke motor apabila terjadi pemanasan pada motor akibat pembebanan. Pemanasan berlebih dapat merusak isolasi dari motor. Setting termis dari pengaman termis motor tidak disebutkan secara rinci sehingga diperlukan suatu tambahan alat ukur suhu yang dapat memantau pemanasan yang terjadi pada saat motor tersebut dibebani untuk menjaga unjuk kerja dari motor.

Visualisasi sebuah pengukuran dapat ditampilkan dalam bentuk grafik pada komputer. Visualisasi ini dapat memberi banyak informasi sebagai contoh perubahan kecepatan motor dari kecepatan satu ke kecepatan lain yang bisa dilihat secara langsung (kondisi transien) baik karena perubahan beban yang pertahap maupun besar. Visualisasi ini membutuhkan sebuah *interface*. *Interface* adalah suatu peralatan bantu yang menghubungkan dua sistem yang berbeda sehingga antar sistem tersebut bisa saling menukar informasi.

Interface dapat mengirimkan informasi apabila dilengkapi dengan peralatan sensor. Sensor kecepatan dapat berupa tachogenerator dan sensor suhu, seperti LM35. LM35 mempunyai kelebihan daripada sensor suhu yang lain seperti memiliki jangkauan maksimal suhu (-55 °C ~+150 °C), tegangan kerja 4 ~ 30 Volt, arus rendah (<60 µA), pemanasan sendiri (<0,1

°C) pada udara diam, ketidakinleran sekitar $\pm \frac{1}{4}$ °C. (shatomeia.com, 2008).

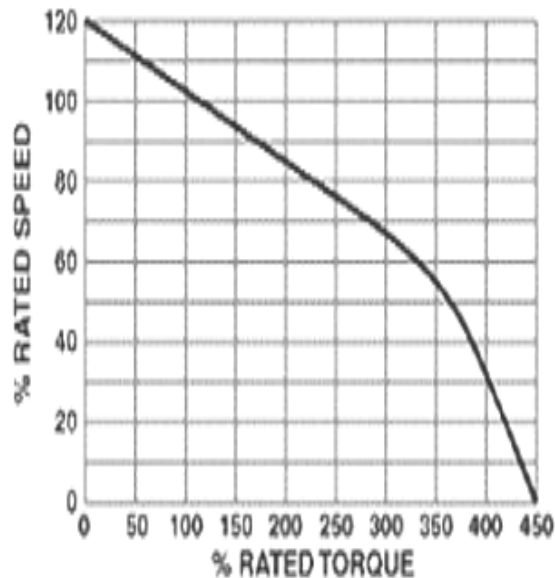
Keluaran sensor berupa tegangan analog harus dirubah ke bentuk digital. Perubahan ini membutuhkan sebuah ADC (Analog to Digital Converter). ADC dapat berupa sebuah *minimum system* dari AVR ATmega. Mikrokontroler AVR ATmega mempunyai banyak fungsi, baik sebagai pengontrol maupun *interface* untuk menampilkan indikator-indikator yang diinginkan. Mikrokontroler AVR ATmega 853 telah berhasil digunakan sebagai PWM dalam pengontrol IGBT sebagai *switching*. Pengontrolan IGBT menghasilkan pengaturan tegangan DC. Pengaturan tegangan DC sebagai suplai motor dapat mengatur kecepatan motor DC *Shunt* (Suksmadana, dkk, 2011).

Hasil perubahan tegangan analog ke digital oleh ADC perlu dikirim ke komputer melalui sebuah komunikasi. Komunikasi serial sangat luas digunakan karena kesederhanaan sistem komunikasinya. Pengiriman data secara serial membutuhkan seting kecepatan *bitrate* yang sama antara media pengirim dan penerima (luckyhermanto, 2011).

Motor DC Shunt. Motor DC adalah salah satu motor listrik. Motor DC beroperasi dengan suplai listrik DC (tegangan searah) untuk menghasilkan putaran (energi mekanik). Kumparan medan pada motor DC disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fase tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet.

Berdasarkan sumber DC dari kumparan medan motor DC dapat dibagi, yaitu motor DC penguat terpisah dan motor DC penguat sendiri. Motor DC penguat sendiri, suplai DC untuk kumparan jangkar dan medan adalah sama, sehingga motor DC penguat sendiri ini bisa dibagi berdasarkan hubungan kumparan jangkar dan kumparan medannya, yaitu motor DC *shunt*, motor DC seri dan motor DC kompon.

Motor DC *shunt* paling banyak digunakan di industri seperti industri kertas, robot, dll. Penggunaan motor ini karena cara pengaturan yang mudah dan mempunyai rugi daya yang lebih rendah daripada motor AC. Motor DC *shunt* mempunyai karakteristik torsi terhadap kecepatan pada Gambar 1.



Gambar 1. Karakteristik motor DC *Shunt* (Zuhal, 1988)

Tachogenerator. Tachogenerator adalah generator listrik yang kuat untuk mendeteksi kecepatan berputar peralatan listrik. Tachogenerator memberikan tegangan sebanding dengan kecepatan rotasi, tapi kemampuan deteksi kecepatan dari tachogenerator tergantung pada kekuatan magnet permanennya. Tegangan keluaran tachogenerator bisa DC atau AC.

Tachogenerator DC, jangkar berputar dengan kecepatan yang diukur dalam bidang magnet permanen. Tegangan induksi pada kumparan jangkar diteruskan melalui komutator sehingga pendeteksian kecepatan setara dengan tegangan keluaran jangkar dari tachogenerator.

Tachogenerator mempunyai perbandingan rotasi terhadap tegangan keluaran berbeda-beda umumnya adalah 1000 rpm berbanding dengan 1 volt DC, artinya 1000 rpm kecepatan motor yang terkopel pada tachogenerator, tachogenerator akan meng-

menghasilkan tegangan 1 volt. Perbandingan antara kecepatan yang dideteksi oleh tachogenerator dengan tegangan keluarannya adalah berbanding lurus.

Sensor Suhu. Sensor suhu adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor suhu yang diusulkan dalam penelitian ini adalah sensor suhu LM35. Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang diproduksi oleh *National Semiconductor*. LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain.

Analog To Digital Converter (ADC). ADC digunakan untuk konversi nilai analog ke digital. ADC pada penelitian ini menggunakan Arduino. Arduino terdiri dari 15 Digital I/O Pins, USB Connector, 6 Analog Input Pins dan Power Supply *Port*.

Komunikasi Serial. Komunikasi serial adalah salah satu metode komunikasi data di mana hanya satu bit data yang dikirimkan melalui seuntai kabel pada suatu waktu tertentu. Pada dasarnya komunikasi serial adalah kasus khusus komunikasi paralel dengan nilai $n = 1$. Komunikasi serial seolah-olah adalah suatu bentuk komunikasi paralel dengan jumlah kabel hanya satu dan mengirimkan satu bit data secara simultan.

Pada komputer, komunikasi serial digunakan pada standar komunikasi RS232. ADC dari Arduino mengubah informasi tegangan analog menjadi digital sebelum diteruskan ke *port* serial dengan standar komunikasi RS232.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan. Tabel 1. dan Tabel 2. berisi bahan dan alat-alat dari penelitian ini.

Tabel 1. Bahan Penelitian

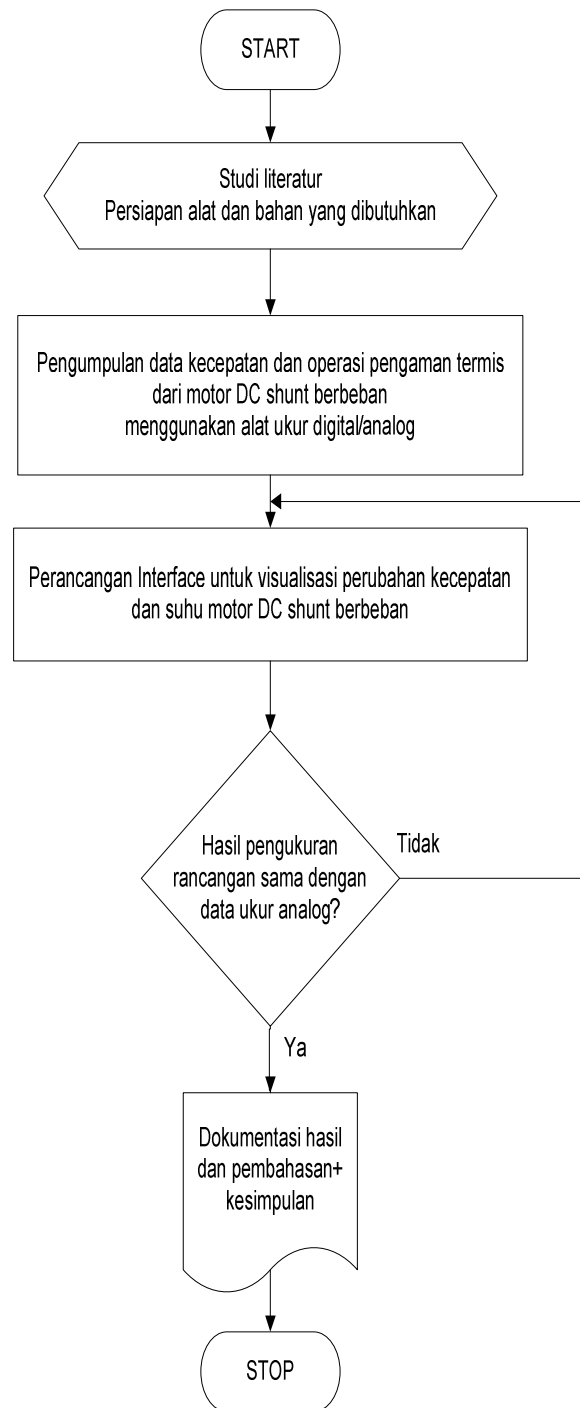
No	Bahan	Jumlah
1.	Sensor Suhu LM35	1
2.	Kabel Serial to USB	1
3.	Arduino sebagai ADC	1
4.	Converter HDMI to VGA	1
5.	Kabel + baut	1
6.	Mika/fiber	1
7.	Lem araldite	1
8.	Timah	scknya

Tabel 2. Alat Penelitian

No	Kode Alat	Alat ukur	Jml
1	LB 727 38	Voltmeter	1
2	LB 727 32	Amperemeter	1
3	LB 731 09	Tachogenerator	1
4	DL 2026	Tachometer	1
5	Raytek MT	MiniTemp	1
6	LB 725 77	DC Power Supply	1
7	LB -	Motor DC <i>Shunt</i> 0.3 kW	1
8	LB 731 04	Magnetic Power Brake	1
9	LB 731 05	Control Unit 0.1	1
10	HY4300	Multitester	1
11	-	Thermometer	1
12	-	Komputer	1

Langkah Penelitian. Langkah penelitian rancang bangun *interface* untuk visualisasi kecepatan dan suhu motor DC *shunt* berbeban diperlukan langkah-langkah penelitian sebagai berikut:

1. Studi Pustaka/literatur, studi literatur meliputi pengambilan data dan informasi dari alat-alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian.
2. Pengukuran data kecepatan dan suhu motor DC *shunt* berbeban menggunakan alat ukur analog dan digital.
3. Membuat *interface* menggunakan ADC dari Arduino. ADC dibuat untuk meneruskan informasi kecepatan dari tachogenerator dan suhu dari sensor suhu LM35 ke *port* serial dari komputer secara online.
4. Membandingkan hasil rancangan dengan data hasil pengukuran dari langkah ke -2.
5. Membuat pembahasan dan analisis pengaruh perubahan pembebanan pertahap maupun besar terhadap perubahan suhu dan perubahan kecepatan motor.
6. Membuat kesimpulan dari pembahasan hasil penelitian.



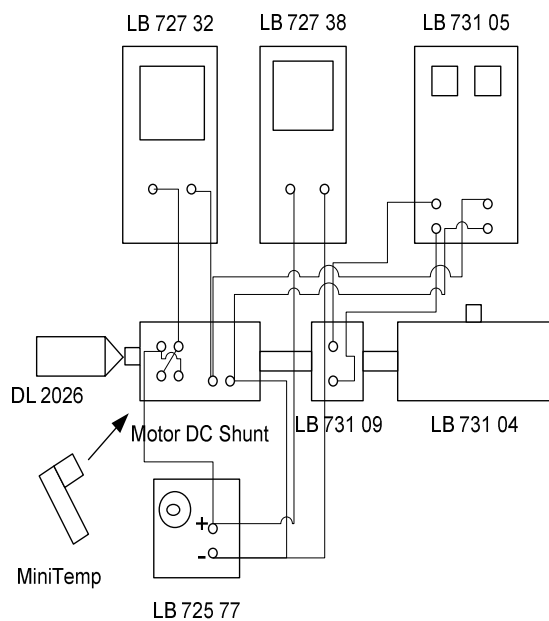
Gambar 2. Diagram Alir Metode Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Kecepatan dan Suhu Motor DC *Shunt* Berbeban. Hasil pengukuran kecepatan dan suhu motor DC *shunt* menggunakan alat ukur analog/digital sebagai data awal untuk validasi hasil perancangan *interface* ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Motor DC Shunt dengan Beban Rem Magnetis

Torsi (N/m)	Kec. (rpm)	Suhu (°C)	Teg. Motor (Volt)	Arus Motor (Amp.)
0	2072	29.2	200	0.8
0.1	2047	32.2	199	0.85
0.2	1992	35.2	198	0.96
0.3	1944	35.6	191	1.18
0.4	1892	35.8	189	1.24
0.5	1851	36.0	186	1.31
0.6	1804	36.2	181	1.45
0.7	1764	36.6	180	1.56
0.8	1704	36.8	178	1.72



Gambar 3. Rangkaian Pengukuran Kecepatan dan Suhu Motor DC Shunt dengan Beban Pengeraman

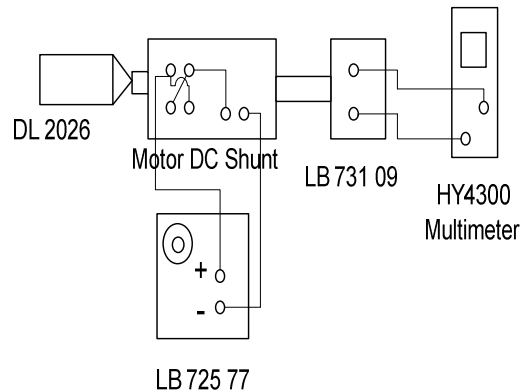
Tabel 1. menunjukkan kenaikan beban sebanding dengan penurunan kecepatan dan suhu motor realtif naik. Semakin lama waktu operasi motor menghasilkan kenaikan suhu motor secara linear.

Pendekatan linear untuk data penambahan beban erhadap kecepatan, suhu, tegangan dan arus dituliskan pada persamaan 1 sampai 4 berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kec.}_{motor} &= -465 * \text{Beban}_{motor} + 2082.7 \text{ rpm} & (1) \\
 \text{Suhu}_{motor} &= 7.667 * \text{Beban}_{motor} + 31.78^\circ\text{C} & (2) \\
 \text{Teg.}_{motor} &= -30.67 * \text{Beban}_{motor} + 201.38\text{V} & (3) \\
 \text{Arus}_{motor} &= 1.153 * \text{Beban}_{motor} + 0.768\text{A.} & (4)
 \end{aligned}$$

Perancangan Interface

Pengujian Sensor. Pengujian tachogenerator sebagai sensor kecepatan dilakukan dengan melakukan pengukuran keluaran tachogenerator pada putaran tertentu. Gambar 4. adalah gambar rangkaian untuk pengujian tachogenerator.



Gambar 4. Pengujian Tachogenerator.

Hasil pengujian Tachogenerator didapatkan hubungan linear antara kecepatan dan tegangan keluaran (DC) dari generator. Persamaan linear dari hasil pengujian adalah sebagai berikut:

$$V_{tacho} = 0.0010 * \text{Kec.}_{tacho} + 0.0059\text{Volt} \quad (5)$$

Pengujian sensor LM35 sebagai sensor suhu dilakukan menggunakan alat ukur suhu (termometer) dan Multitester (HY4300). Hasil pengujian ini, didapatkan hubungan linear antara suhu dengan tegangan keluaran sensor. Persamaan linear hasil pengujian dituliskan sebagai berikut:

$$V_{sensor} = 0.0092 * \text{suhu}_{sensor} + 0.0705\text{Volt} \quad (6)$$

Pembuatan Interface. ADC pada penelitian ini dari Arduino. Arduino pada dasarnya dibangun dari Mikrokontroler AVR ATmega. Pembuatan ADC dari Arduino memerlukan pemrograman lebih sederhana untuk membuat suatu prototype yang bagus dan berguna (Schmidt, 2011).

Arduino sebagai ADC harus diprogram dahulu untuk dapat mengubah besaran analog ke besaran digital. Port analog A0 dari Arduino sebagai masukan dari tegangan keluaran tachogenerator dan port analog A1 sebagai masukan dari tegangan keluaran sensor suhu. Bahasa C digunakan untuk mengubah besaran analog tersebut ke

besaran digital tersebut. Komunikasi serial yang digunakan diset pada kecepatan 9600 bit/s dan setiap besaran (kecepatan dan suhu) dikirim sebesar 10 bit dengan waktu sampling 10 kHz.

Program bahasa C yang diupload ke Arduino adalah sebagai berikut:

```

/*
Program pembacaan sensor diupload
ke Arduino
*/

// port sebagai input:
const int analogInPin0 = A0;
const int analogInPin1 = A1;

int sensorValue0 = 0;
int sensorValue1 = 0;

void setup() {
  // inisial komunikasi 9600 bps:
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  // membaca nilai analog:

  sensorValue0=analogRead(analogInPin0);
  sensorValue1=analogRead(analogInPin1);

  // mencetak pada serial:
  Serial.print(sensorValue0);
  Serial.print(" ");
  Serial.println(sensorValue1);
}

```

Komputer digunakan untuk menampilkan/visualisasi keluaran ADC yang dikirim lewat port serial membutuhkan bahasa pemrograman tertentu, pada penelitian ini adalah MATLAB. Program MATLAB dalam bentuk m file digunakan untuk membaca dan menampilkan data yang diterima dari ADC lewat komunikasi serial.

Pembacaan data dari komunikasi serial dengan MATLAB menggunakan fungsi serial. Pembacaan data dari komunikasi serial sebagai berikut:

```

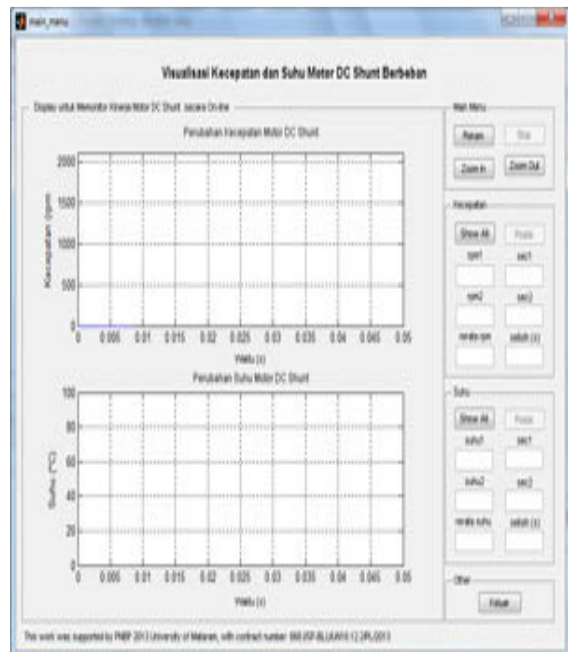
s = serial('COM3','BaudRate',9600);
fopen(s);
fprintf(s,'RS232?');
s.BytesAvailable;
ka = fscanf(s, '%i %i');
fclose(s);
delete(s);

```

Pembacaan data dari serial dengan mendefinisikan variabel s sebagai serial pada port3 (ADC pada port3) dengan kecepatan komunikasi 9600 bit/s. Nilai s ditulis pada

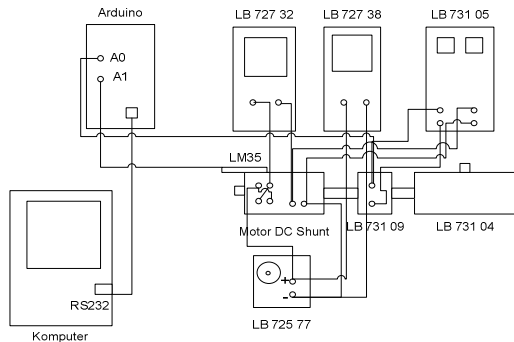
variabel ka. Variabel ka memiliki dua nilai integer (10 bit) yaitu masing-masing nilai dari inputan port A0 (kecepatan) dan port A1 (suhu) dari ADC.

Hasil-hasil pembacaan ini secara real time ditampilkan pada layar monitor. Hasil pengukuran ditampilkan setiap 0.05 detik. Gambar 5 adalah menu program untuk menampilkan hal tersebut. Pada Gambar 5, terdapat tombol-tombol *pushbutton*, seperti: Tombol Rekam, digunakan untuk merekam perilaku motor DC shunt, Tombol Stop, digunakan untuk berhenti merekan, Tombol Show All, untuk menampilkan hasil rekaman. Tombol Zoon In, digunakan untuk memperbesar dan Zoon Out, untuk mengembalikan ukuran grafik seperti sebelumnya. Tombol Posisi, untuk mengambil besaran kecepatan atau suhu dan waktu pengukuran.



Gambar 5. Menu Program Interface

Perbandingan Hasil . Rangkaian untuk pengukuran kecepatan dan suhu real time menggunakan interface yang telah dirancang digambarkan pada Gambar 6. Gambar 6 hampir sama dengan rangkaian Gambar 3, perbedaannya, pada Gambar 6 terdapat tambahan yaitu ADC dan komputer. MiniTemp dan tachometer tidak digunakan lagi sudah digantikan oleh sensor suhu (LM35) dan sensor kecepatan (tachogenerator).



Gambar 6. Pengukuran dengan Interface

menggunakan interface dapat ditabelkan pada Tabel 4.

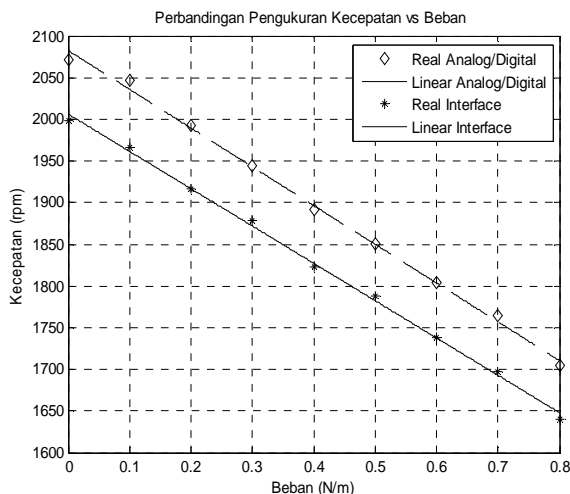
Tabel 4 menunjukkan terjadi selisih hasil pengukuran kecepatan dan suhu dari pengukuran analog dengan pengukuran interface. Rata-rata kesalahan pengukuran, dengan hasil pengukuran analog sebagai referensi adalah 3.65 % untuk kecepatan dan 8 % untuk suhu.

Hasil perbandingan pengukuran secara analog dengan hasil pengukuran

Tabel 4. Perbandingan Pengukuran Analog/Digital dengan Interface

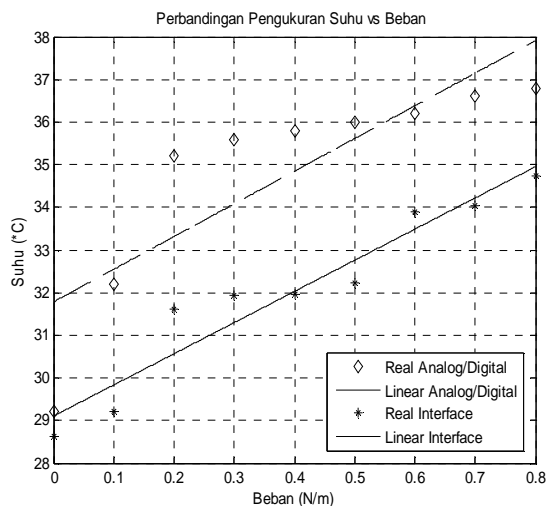
Torsi N/m	Analog/Digital		Interface		Kesalahan	
	Kec. (rpm)	Suhu (°C)	Kec. (rpm)	Suhu (°C)	Kec. (%)	Suhu (%)
0	2072	29.2	1998.69	28.62	3.54	1.99
0.1	2047	32.2	1965.82	29.20	3.97	9.32
0.2	1992	35.2	1917.13	31.60	3.76	10.23
0.3	1944	35.6	1878.02	31.93	3.39	10.31
0.4	1892	35.8	1822.83	31.97	3.66	10.70
0.5	1851	36.0	1788.09	32.22	3.40	10.50
0.6	1804	36.2	1738.1	33.89	3.65	6.38
0.7	1764	36.6	1697.33	34.05	3.78	6.97
0.8	1704	36.8	1640.14	34.73	3.75	5.63
Rata-rata kesalahan					3.65	8.00

Perbandingan data-data hasil pengukuran dan hasil pendekatan liniernya dapat ditampilkan secara grafik. Gambar 7, untuk menampilkan perbandingan kecepatan kedua hasil pengukuran dan Gambar 8, untuk perbandingan suhunya.



Gambar 7. Perbandingan Pengukuran Kecepatan.

Hasil perbandingan secara grafik menunjukkan, pengukuran analog dan interface mempunyai kecenderungan dan slope kemiringan yang hampir sama.



Gambar 8. Perbandingan Pengukuran Suhu.

Pengukuran dengan interface memiliki kelebihan daripada pengukuran analog. Pengukuran Interface dapat membaca waktu perubahan perilaku dari motor DC shunt. Beberapa perilaku diberikan untuk mengetahui waktu transien dari setiap kondisi perubahan operasi motor, seperti perubahan beban, starting dan saat motor dimatikan.

Tabel 5 memperlihatkan hasil pengukuran perilaku pembebanan, starting dan saat motor dari motor DC *shunt* untuk perubahan dimatikan.

Tabel 5. Prilaku Motor DC *Shunt*

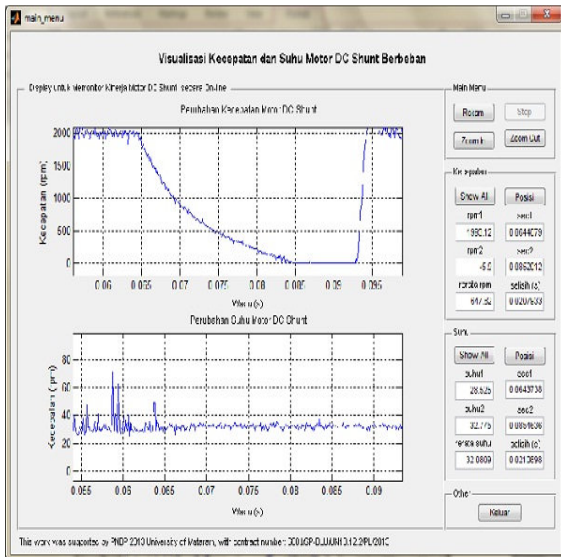
Δ Torsi (N/m)	Kondisi awal		Kondisi Akhir		Transient (s)		Ket.
	rpm	°C	rpm	°C	rpm	°C	
0	0	32.775	1973.57	31.181	0.0046	0	Start
0.6	0	32.775	1670.54	32.2438	0.0047	0	Start
0	1993.12	28.525	0	32.775	0.0208	0	Off
0.6	1636.33	32.775	0	32.2438	0.0039	0	Off
0.3	2032.22	30.1187	1944.25	32.2438	0.1270	0	+ beban
0.7	2056.66	38.6189	1714.53	27.9937	0.0580	0	+ beban
0.3	1831.83	31.1813	2032.22	29.5875	0.0320	0	-- beban
0.7	1611.89	33.8376	1924.7	31.1813	0.0175	0	-- beban

Keterangan:

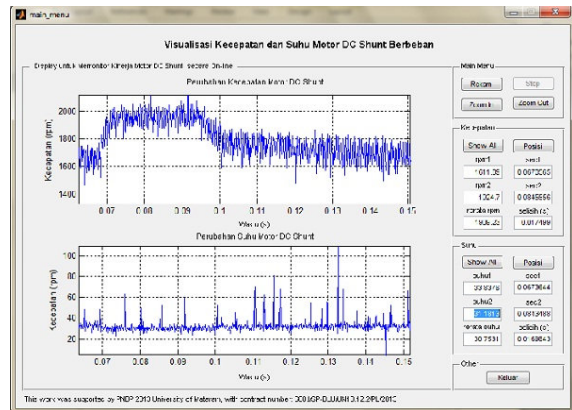
- Start : Pengasutan Motor DC *shunt* dengan beban (N/m) tertentu.
- Off : Mematikan Motor DC secara tiba-tiba dengan beban (N/m) tertentu.
- + beban : Beban dinaikkan tiba-tiba dengan perubahan beban (N/m) tertentu.
- beban : Beban diturunkan tiba-tiba dengan perubahan beban (N/m) tertentu.

Tabel 5 memperlihatkan waktu transien terpendek saat motor DC *shunt* dimatikan dengan beban 0.6 N/m. Waktu transien terpanjang saat penambahan beban kecil (0.3 N/m).

Beberapa hasil rekaman dari pengukuran interface untuk kondisi ini ditampilkan yaitu Gambar 9 saat motor dimatikan dan dihidupkan kembali, Gambar 10 saat pelepasan dan pembebanan kembali sebesar 0.7 N/m secara tiba-tiba.



Gambar 9. Waktu Transien on/off motor dengan beban 0 N/m.



Gambar 10. Waktu Transien Motor saat beban ditambah dan dilepas 0.7 N/m secara tiba-tiba.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sebelum perancangan sistem secara keseluruhan perlu dilakukan kalibrasi setiap sensor yang digunakan untuk memastikan hasil pengukuran sensor tersebut valid.
2. ADC dari Arduino mempunyai waktu sampling 10000 Hz, artinya data kecepatan dan suhu untuk setiap detiknya diperoleh sebanyak 10000 data. Pembacaan data dilakukan lewat komunikasi serial (RS232) dengan kecepatan 9600 bit/s.
3. Hasil pengukuran *Interface* dibandingkan dengan pengukuran analog memiliki nilai kesalahan rata-rata 3.65% untuk kecepatan dan 8.00% untuk suhu.

4. Kecepatan yang terukur dengan pengukuran analog/digital dan *Interface* mempunyai kecenderungan yang sama. Penambahan beban menyebabkan penurunan kecepatan secara linear begitu pula sebaliknya.
5. Suhu yang terukur dengan pengukuran analog/digital dan *Interface* mempunyai kecenderungan yaitu kenaikan suhu dipengaruhi lamanya motor beroperasi.
6. Penambahan beban kecil mempunyai waktu transien lebih lama daripada perubahan beban yang besar secara tiba-tiba dan berlaku hal yang sama untuk pengurangan beban. Waktu transien pengurangan beban lebih cepat daripada penambahan beban yang secara tiba-tiba.
7. Starting Motor DC *Shunt* berbeban memiliki waktu transien lebih lama dibandingkan dengan starting tanpa beban. Saat dimatikan, waktu berhentinya (kecepatan nol) motor DC *Shunt* berbeban lebih cepat daripada motor DC *shunt* tanpa beban.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian lanjutan, yaitu perilaku dari Motor DC *Shunt* secara *real time* apabila dikontrol secara *close loop*

DAFTAR PUSTAKA

- <http://shatomedia.com/2008/12/sensor-suhu-lm35/>, diakses tanggal 10 April 2013.
- <http://luckyhermanto.dosen.narotama.ac.id/files/2011/10/konsep-komunikasi-serial.pdf>, diakses tanggal 15 April 2013.
- Schmidt, M., 2011, "Arduino, A Quick-Start Guide", Pragmatic Programmers, LLC, USA.
- Suksmadana, I .M., B., Nrartha, I., M., A, Sadi., A., A., 2011, "Pengaturan Kecepatan Putar Motor DC *Shunt* Menggunakan Buck Converter berbasis Mikrocontroller ATMEGA 8535", Jurnal Dielektrika, TeknikElektro, UNRAM.
- Zuhal, 1988, "Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya", Gramedia, Jakarta.