

Rancang Bangun Sistem Peringatan Suhu Pengereman Berbasis Mikrokontroler ATmega 16

M.Fariz Anjasmara¹⁾, Yusuf Bronto Laras²⁾, Wildan Habiburrohmah Azrie³⁾, Lolyta Prima Wardiana⁴⁾, Sigit Setijo Budi⁵⁾

^{1,2,3,4}Teknik Keselamatan Otomotif, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Jalan Semeru No.3 Kota Tegal 52122

muhammadfarizanjas@gmail.com¹⁾, yusufbl.7eleven@gmail.com²⁾, habib.pktj@gmail.com³⁾, lolytapw@yahoo.com⁴⁾, sets189@gmail.com

Abstrak

Keselamatan di jalan merupakan hak seluruh pengguna jalan. Pada kenyataannya hal tersebut masih sulit dicapai karena tingkat kecelakaan yang masih tinggi. Salah satu faktor kecelakaan adalah kendaraan yang tidak berkeselamatan dengan penyebab didominasi masalah pada rem. Masalah yang sering terjadi yaitu tingkat panas berlebih (*overheating*) pada sistem rem yang menyebabkan gagal rem (*fading*). Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi suhu kerja pengereman dan memberikan sistem peringatan dini (*early warning system*) *overheating* kepada pengemudi. Metode yang digunakan pada sistem ini dirancang menggunakan ATmega 16 dan sensor LM35 yang akan bekerja jika suhu mencapai 50°C setara dengan besaran suhu pada pengereman mencapai 200°C dengan skala 1 : 4. Rancang bangun sistem peringatan dini bekerja secara optimal memberikan peringatan kepada pengemudi melalui tampilan LCD, peringatan LED dan buzzer pada kabin kendaraan.

Kata Kunci: kecelakaan; fading; overheating; sensor panas; mikrokontroler

1 Pendahuluan

Jumlah kendaraan di Indonesia yang sangat tinggi berpotensi meningkatkan angka kecelakaan di jalan. Data POLRI menunjukkan jumlah kecelakaan di Indonesia pada tahun 2005-2009 rata-rata terjadi 69.855 kasus kecelakaan [1]. Mayoritas kecelakaan yang terjadi disebabkan karena faktor kendaraan. Meskipun tidak didapat rincian mengenai jenis kendaraan mana yang banyak menimbulkan kecelakaan, namun kebanyakan penyebab kecelakaan tersebut adalah karena terjadinya rem blong [2,3,4].

Sistem rem merupakan komponen yang dapat mengurangi kecepatan dan untuk menghentikan kendaraan [5]. Berdasarkan hal tersebut, maka komponen pada sistem dituntut untuk mampu menghentikan laju kendaraan dalam segala tingkatan kecepatan, beban, maupun medan jalan yang dilalui. Pada saat terjadi pengereman, suhu kerja pada komponen sangat mempengaruhi tingkat pengereman. Suhu kerja yang berlebih (*overheating*) dapat menyebabkan rem blong,

karena kerja dari rem sendiri menjadi kurang maksimal.

Salah satu komponen sistem rem yang sangat berpengaruh adalah kampas rem. Kampas rem asbestos akan terjadi blong (*fading*) pada suhu pengereman mencapai 200°C, ini disebabkan karena faktor kandungan resin yang tinggi pada asbestos sehingga pada suhu tinggi kampas rem cenderung licin (*glazing*). Pada kampas rem yang non asbestos lebih tahan panas dan terjadi *fading* pada saat pengereman mencapai 350°C, hal ini dikarenakan komposisi bahan *friction aditive* yang lebih banyak sehingga koefisien gesekannya juga semakin tinggi [6].

Upaya untuk mengurangi tingkat panas yang ditimbulkan pada saat pengereman sebelumnya pernah dikembangkan, yaitu sistem pendingin paksa panas berlebih (*overheating*) pada rem cakram kendaraan oleh joni dewanto dan andreas wijaya [7]. Namun demikian sistem pendingin paksa ini masih kurang efektif karena dengan metode penyemprotan air pada saat komponen rem mencapai suhu kerja maksimal ini dapat mengakibatkan *rotor disc* menjadi melenting [8].

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat rancang bangun sistem peringatan suhu pengereman berbasis mikrokontroler ATmega 16 serta pembacaan hasil yang dapat ditampilkan pada LCD di dashboard kendaraan sehingga pengemudi dapat mengetahui informasi mengenai kondisi suhu kerja pengereman pada saat dilakukan pengereman.

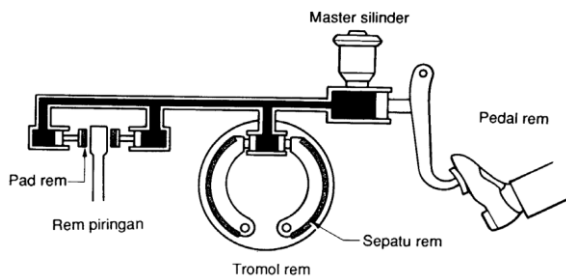
Penelitian ini masih dalam skala laboratorium, sehingga terdapat beberapa hal yang perlu dibatasi yaitu pembacaan suhu >50°C oleh sensor sama dengan suhu mencapai 200°C pada suhu kerja pengereman sesungguhnya.

2 Diskusi

2.1 Sistem Rem

Prinsip rem adalah merubah energi gerak menjadi energi panas. Umumnya, rem bekerja disebabkan

oleh adanya sistem gabungan penekanan melawan sistem gerak putar. Efek pengereman (braking effect) diperoleh dari adanya gesekan yang ditimbulkan antara dua objek/benda. Berdasarkan mekanismenya, sistem rem dibedakan menjadi dua yaitu tipe tromol (drum brake) dan tipe piringan (disc brake).



Gambar 1 sistem kerja rem (sistem rem, isuzu training center)

Komponen utama dalam sistem pengereman yaitu kampas rem. Kampas rem digunakan dalam proses pengereman dengan dorongan dari piston rem pada tipe piringan (disc brake) dan silinder roda pada tipe tromol (drum brake). Kampas rem terdiri dari dua tipe bahan yaitu asbestos dan non asbestos.

2.2 Kampas Rem

Kampas rem merupakan salah satu komponen yang terdapat dalam setiap kendaraan. Kampas rem merupakan media yang berfungsi untuk memperlambat dan menghentikan laju kendaraan. Pada saat laju kendaraan tinggi, kampas rem memiliki beban mencapai 90% dari komponen lainnya. Kampas rem dari bahan asbestos hanya memiliki 1 fiber yaitu asbes. Kampas rem bahan asbestos hanya mampu bertahan sampai dengan suhu 200°C dan akan blong (*fading*) pada temperatur 250°C. Sedangkan Kampas rem yang terbuat dari bahan non asbestos terdiri dari 4 sampai 5 macam fiber antara lain *Kevlar*, *steel fiber*, *rock wool*, *cellulose* dan *carbon fiber*. Kampas rem bahan non asbestos mampu bertahan sampai suhu 360°C sehingga cenderung stabil (tidak *fading*).

2.3 Mikrokontroler ATmega 16

Mikrokontroler merupakan otak dari seluruh kerja sistem. Pada sistem rancang bangun alat digunakan mikrokontroler ATmega 16 yang diproduksi oleh ATMEL. ATmega 16 mempunyai output mendekati 1 Millions Instructions Per Second (MIPS) per MHz, sehingga mempunyai konsumsi daya menjadi lebih rendah terhadap kecepatan proses eksekusi perintah [9]. Pada rancang bangun ini ATmega menerima input dari

sensor LM35, memproses dan untuk selanjutnya memberikan output kepada LCD, LED serta buzzer.

PDIP			
(XCK/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5 (TDI)
(TXD) PD1	15	26	PC4 (TDO)
(INT0) PD2	16	25	PC3 (TMS)
(INT1) PD3	17	24	PC2 (TCK)
(OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP1) PD6	20	21	PD7 (OC2)

Gambar 2 datasheet ic atmega 16 (datasheet atmega 16, atmel)

2.4 Code Vision AVR

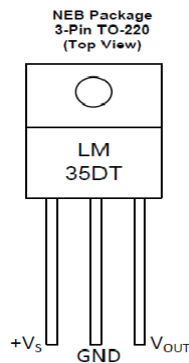
Code Vision AVR merupakan bahasa pemrograman yang digunakan pada sistem rancang bangun suhu pengereman ini. Penggunaan Code Vision AVR didasari oleh desain mikrokontroler ATmega 16 produksi ATMEL yang digunakan pada sistem. Code Vision AVR merupakan sebuah cross compiler C, Integrated Development Environment (IDE) dan Automatic Program Generator yang didesain untuk mikrokontroler buatan ATMEL seri AVR [10].

2.5 ISIS Proteus Profesional 7

ISIS Proteus Profesional seri 7 digunakan sebagai program simulasi rangkaian sistem. Penggunaan program ISIS Proteus Profesional seri 7 pada sistem ini didasari oleh penggunaan yang lebih mudah, dapat menjalankan IC program ATmega 16, support terhadap program sebelumnya yaitu Code Vision AVR serta dapat membuat layout PCB berdasarkan simulasi rangkaian yang dibuat.

2.6 Sensor Panas (LM35 3 pin)

LM 35 digunakan sebagai sensor suhu pada sistem ini. Alasan mengapa digunakannya sensor LM35 dibandingkan dengan sensor suhu yang lain adalah LM35 memiliki sensitivitas suhu dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu 10 m Volt/OC, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam celcius. Juga memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu 0,50C pada suhu 150C, memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55°C sampai +150 °C dan bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt [11].



Gambar 3 datasheet lm35 3 pin (*lm35 precision centigrade temperature sensors*)

2.7 Bahasa Pemrograman Mikrokontroler

Pada simulasi ini digunakan mikrokontroler ATmega 16 untuk mengolah input dari sensor suhu LM35. Pemrograman mikrokontroler menggunakan bahasa C++, serta pembuatan program ATmega 16 menggunakan Code Vision AVR untuk menulis bahasa pemrograman pada mikrokontroler. Pada tahap Inisialisasi, LCD diatur untuk menampilkan kondisi suhu sesuai dengan suhu kerja rem. Untuk menampilkan karakter pada LCD, maka dituliskan program sebagai berikut:

```
lcd_init(16);
lcd_puts("D IV OTOMOTIF");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_puts("ANG I");
delay_ms(200);
lcd_clear();
```

Ketika running, simulasi LCD akan menampilkan tulisan "D IV OTOMOTIF ANG I", dengan bahasa pemrograman seperti di atas. Pengaturan bahasa pemrograman guna mendapatkan output berdasarkan input yang masuk juga dilakukan dengan menggunakan Code Vision AVR. Keseluruhan sensor input harus diprogram terlebih dahulu agar tahanan pembacaan sensor yang berubah dapat dibaca oleh mikrokontroler. Mikrokontroler juga perlu diatur agar output sensor dapat berjalan sesuai dengan perintah yang dimasukkan, untuk menentukan sensor input dan mengatur output dari sensor digunakan bahasa program sebagai berikut:

```
adc1 = read_adc(0);
hadc1 = adc1*500.0/1023;
suhu1 = (int)hadc1;
```

```
itoa(suhu1,hasiladc1);
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_puts(hasiladc1);

adc2 = read_adc(1);
hadc2 = adc2*500.0/1023;
suhu2 = (int)hadc2;
itoa(suhu2,hasiladc2);
lcd_gotoxy(4,0);
lcd_puts(hasiladc2);

adc3 = read_adc(2);
hadc3 = adc3*500.0/1023;
suhu3 = (int)hadc3;
itoa(suhu3,hasiladc3);
lcd_gotoxy(8,0);
lcd_puts(hasiladc3);
lcd_gotoxy(12,0);
lcd_putsf("\xdf");
lcd_putsf("C");

adc4 = read_adc(3);
hadc4 = adc4*500.0/1023;
suhu4 = (int)hadc4;
itoa(suhu4,hasiladc4);
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_puts(hasiladc4);

adc5 = read_adc(4);
hadc5 = adc5*500.0/1023;
suhu5 = (int)hadc5;
itoa(suhu5,hasiladc5);
lcd_gotoxy(4,1);
lcd_puts(hasiladc5);
adc6 = read_adc(5);
hadc6 = adc6*500.0/1023;
suhu6 = (int)hadc6;
itoa(suhu6,hasiladc6);
lcd_gotoxy(8,1);
```

```
lcd_puts(hasiladc6);
lcd_gotoxy(12,1);
lcd_putsf("\xdf");
lcd_putsf("C");
delay_ms(200);
//650 pada alat

if (suhu1>50) {
PORTD.7=1;
lcd_gotoxy(0,0);
//lcd_puts("1.H");
}
else {
PORTD.7=0;
lcd_gotoxy(0,0);
//lcd_puts("1.N");
}
if (suhu2>50) {
PORTD.6=1;
lcd_gotoxy(4,0);
//lcd_puts("2.H");
}
else {
PORTD.6=0;
lcd_gotoxy(4,0);
//lcd_puts("2.N");
}
if (suhu3>50) {
PORTD.5=1;
lcd_gotoxy(8,0);
//lcd_puts("3.H");
}
else {
PORTD.5=0;
lcd_gotoxy(8,0);
//lcd_puts("3.N");
}
if (suhu4>50) {
PORTD.4=1;
```

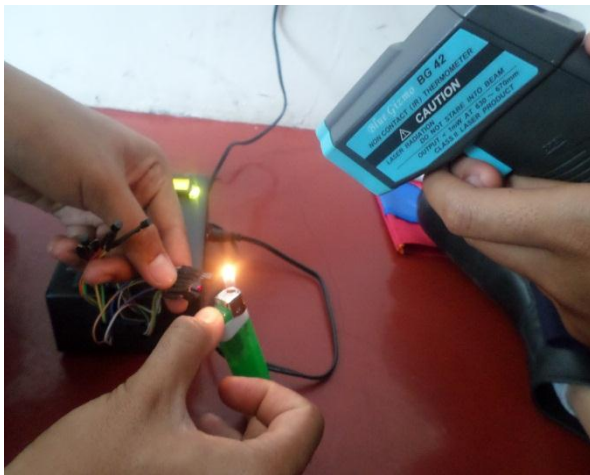
```
lcd_gotoxy(0,1);
//lcd_puts("4.H");
}
else {
PORTD.4=0;
lcd_gotoxy(0,1);
//lcd_puts("4.N");
}
if (suhu5>50) {
PORTD.3=1;
lcd_gotoxy(4,1);
//lcd_puts("5.H");
}
else {
PORTD.3=0;
lcd_gotoxy(4,1);
//lcd_puts("5.N");
}
if (suhu6>50) {
PORTD.2=1;
lcd_gotoxy(8,1);
//lcd_puts("6.H");
}
else {
PORTD.2=0;
lcd_gotoxy(8,1);
//lcd_puts("6.N");
}
if
(suhu1>50||suhu2>50||suhu3>50||suhu
4>50||suhu5>50||suhu6>50) {
PORTB.0=1;
}
else {
PORTB.0=0;
}
```

Berdasarkan bahasa pemrograman diatas, LCD akan menampilkan data yang diperoleh dari perubahan tahanan yang terjadi pada sensor suhu LM35 berdasarkan pembacaan suhu kerja pengereman. Data tersebut kemudian diolah oleh

mikrokontroler untuk kemudian dapat mengaktifkan *warning lamp LED* dan *buzzer* sesuai dengan besarnya suhu yang telah diatur serta apabila terjadi *overheat* ($>50^{\circ}\text{C}$) yang terjadi pada masing-masing roda yang diaplikasikan oleh alat ini.

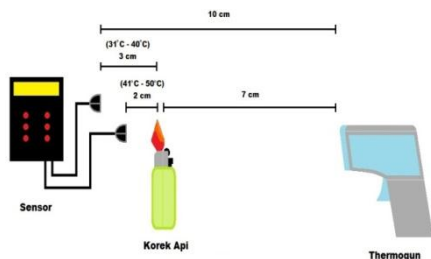
2.8 Kalibrasi alat

Kalibrasi alat dilakukan guna mencari nilai keakurasian dari sebuah rancang bangun. Media thermogun (bluegizmo BG 42) digunakan sebagai pembanding suhu dengan sensor yang dirancang.



Gambar 3 kalibrasi alat

Metode pengkalibrasian alat dilakukan dengan variasi jarak dan suhu. Pada kisaran suhu 31°C - 40°C diberikan perlakuan jarak 3cm dari sumber panas, sedangkan pada kisaran suhu 41°C - 50°C diberikan perlakuan jarak 2cm dari sumber panas. Jarak sumber panas dengan media *thermogun* dilakukan dengan perlakuan jarak 7cm tanpa dipengaruhi perubahan perlakuan suhu. Hal ini dijelaskan pada Gambar 4 :



Gambar 4 metode kalibrasi alat

Selanjutnya, kalibrasi dilakukan pada setiap sensor rancang bangun. Rancang bangun dilengkapi dengan enam sensor LM35. Perlakuan kalibrasi dilakukan mulai dari suhu 31°C (suhu normal) sampai dengan 50°C . Data

pengkalibrasian alat rancang bangun dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 kalibrasi alat berdasarkan suhu

No	Suhu Thermogun (ns)	Suhu Pada Sensor ($^{\circ}\text{C}$)					
		Sensor ke-					
		1	2	3	4	5	6
1.	31°C	30	30	29	29	30	29
2.	32°C	32	32	33	33	34	33
3.	33°C	33	34	34	33	33	32
4.	34°C	35	35	33	33	32	31
5.	35°C	33	34	33	33	33	32
6.	36°C	35	34	32	35	34	34
7.	37°C	33	34	33	35	34	34
8.	38°C	37	36	34	34	38	34
9.	39°C	35	42	36	38	38	37
10.	40°C	37	39	37	38	40	38
11.	41°C	37	41	36	42	39	38
12.	42°C	43	39	38	43	41	38
13.	43°C	42	41	40	43	42	42
14.	44°C	43	44	44	45	42	43
15.	45°C	44	44	45	42	41	39
16.	46°C	44	46	46	48	45	43
17.	47°C	43	43	44	44	42	45
18.	48°C	44	45	43	43	47	43
19.	49°C	53	49	45	45	52	53
20.	50°C	56	47	47	45	47	51

Data pada Tabel 1 dapat dilanjutkan untuk menentukan data akurasi sistem pengukuran suhu. Hal ini dilakukan guna menentukan nilai ketidakakurasian dan nilai keakurasian rancang bangun sistem.

Tabel 2 data akurasi sistem pengukuran suhu

No	Thermogun (ns)	Sistem (nt)	Ketidakkuratan ((ns-nt)/ns)*100%	Akurasi (100%-ketidakkuratan)
1.	31°C	29.5°C	4%	96%
2.	32°C	32°C	0%	100%
3.	33°C	33°C	0%	100%
4.	34°C	33°C	2%	98%
5.	35°C	33°C	5%	95%
6.	36°C	34°C	5%	95%
7.	37°C	34°C	8%	92%
8.	38°C	35.5°C	6%	94%
9.	39°C	38°C	2%	98%
10.	40°C	38°C	5%	95%
11.	41°C	39°C	4%	96%
12.	42°C	40°C	4%	96%
13.	43°C	42°C	2%	98%
14.	44°C	43.5°C	1%	99%
15.	45°C	42.5°C	5%	95%
16.	46°C	45°C	2%	98%
17.	47°C	43.5°C	7%	93%
18.	48°C	44°C	8%	92%
19.	49°C	49°C	0%	100%
20.	50°C	49°C	2%	98%
Σ			3.6%	96.4%

Berdasarkan data pada Tabel 2, besar "Sistem" didapat dari data pada Table 1 dengan formulasi:

$$sistem = \frac{\sum_{sensor 1,2,3,4,5,6}}{6} \quad (1)$$

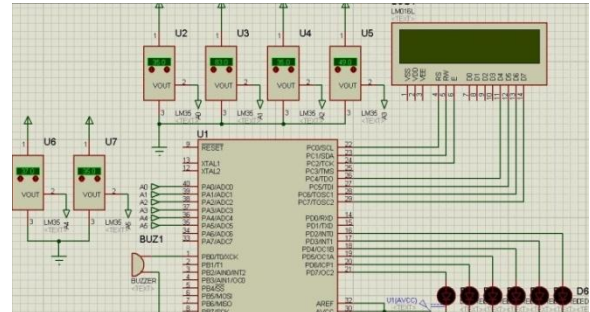
Jumlah dari perhitungan persentase nilai akurasi yang terdapat pada Table 2 menunjukkan nilai keakuratan alat sebesar 96.4%, sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa data kalibrasi dengan menggunakan thermogun dianggap valid dan dapat digunakan pada penelitian ini.

2.9 Simulasi Program dan Alat

2.1.1 Kondisi rem dalam suhu normal

Dalam kondisi suhu rem normal, sensor akan memberikan informasi kepada mikrokontroler bahwa kondisi rem dalam keadaan aman.

Keadaan aman pada simulasi yang dilakukan dengan program proteus 7 dibuktikan dengan tidak menyala LED serta *buzzer* yang tidak berbunyi. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 rangkaian simulasi suhu normal

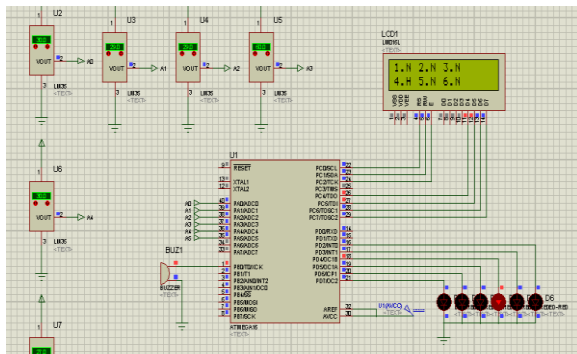
Kondisi *prototype* pada saat rem dalam kondisi suhu normal akan tetap menampilkan besar suhu pada LCD sesuai pada Gambar 6.



Gambar 6 *prototype* dalam suhu normal

2.1.2 Kondisi rem mengalami overheating

Ketika terjadi lonjakan suhu yang sudah melebihi dari batas maksimal yang telah diatur, sensor akan menyalakan *warning lamp* berupa LED dan juga *buzzer*. Pada sistem ini mikrokontroler diatur untuk mengaktifkan sistem peringatan dini apabila suhu rem mencapai >50°C yang setara dengan besarnya suhu 200°C pada pengereman sebenarnya. Simulasi yang dilakukan apabila sensor menerima lonjakan suhu >50°C akan menyalakan LED berwarna merah berbunyi *buzzer* sebagai tanda peringatan serta menampilkan hasil pembacaan suhu pada LCD. Sistem akan berhenti bekerja saat suhu rem kembali ke suhu normal.



Gambar 7 simulasi rangkaian

Kondisi *prototype* pada saat rem dalam kondisi suhu $>50^{\circ}\text{C}$ khususnya terjadi pada roda kanan sumbu kedua dibuktikan dengan menyalnya LED berwarna merah dan penampil besar suhu sesuai dengan pembacaan sensor. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 *prototype* dalam suhu $>50^{\circ}\text{C}$

3 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pembuatan rancang bangun sistem peringatan suhu pengereman berhasil mendeteksi suhu sesuai pembacaan sensor LM35 yang akan bekerja jika suhu mencapai 50°C setara dengan besaran suhu pada pengereman mencapai 200°C dengan skala 1 : 4. Peringatan dini akan menginformasikan kepada pengemudi dengan menggunakan buzzer dan LED pada saat pembacaan suhu maksimal sensor yang telah diatur dan ditentukan serta penampil suhu pada LCD. Kalibrasi alat dilakukan dengan menggunakan *thermogun* sebagai pembanding hasil pembacaan suhu dengan nilai keakurasian alat sebesar 96,4%.

4 Ucapan Terima Kasih

Penulis bersyukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga

penelitian ini dapat terlaksana. Penulis juga berterima kasih kepada PKTJ Tegal atas sarana dan prasarana yang menunjang penyempurnaan penelitian serta bapak Sigit Setijo Budi, S.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan kami dalam menyelesaikan penelitian.

5 Daftar Pustaka

- [1] http://gis.dephub.go.id/mapping/Statistik/Darat/Tabel_A_1_4_01.htm. [diakses pada 7 april 2015].
- [2] Jakarta, news.liputan6.com, Rem Blong, Bus Transjakarta Tabrak 4 Motor dan 4 Mobil, 22 Juni 2015 [diakses pada 6 september 2015].
- [3] Pasuruan, daerah.sindonews.com, Rem Blong Trailer Tabrak 5 Kendaraan, 4 Tewas, 24 Agustus 2015 [diakses pada 6 september 2015].
- [4] Cianjur, news.detik.com, Rem Bus Blong, Tabrakan Beruntun di Ciloto Cianjur Libatkan 10 Kendaraan, 26 Juli 2015 [diakses pada 6 september 2015].
- [5] S.I. Nyoman dan S. Bambang. 2010. Teknologi Otomotif. Edisi kedua. Surabaya: Penerbit Guna Widya.
- [6] Sukamto dan A.J. Bardi. Analisis Perpindahan Panas Kampas Rem pada Sepeda Motor: Jurnal teknik vol.3 No.1, April 2013.
- [7] D. Joni dan W. Andreas. Sistem Pendingin Paksa anti panas lebih (Over heating) pada rem cakram (disk brake) kendaraan: Jurnal teknik Mesin vol. 12, No. 2, 2010.
- [8] Rio, problem solving-mendeteksi panas pada rem, <http://www.otomotif.web.id/problem-solving-mendeteksi-a342.html>. [diakses pada 29 agustus 2015].
- [9] A. Heri, Pemrograman Mikrokontroler AVR Atmega, Yogyakarta: Penerbit Informatika. 2008.
- [10] W. Budiharto, Panduan Praktikum Mikrokontroler AVR ATmega 16, Yogyakarta: Penerbit ELEX MEDIA. 2008.
- [11] I. Muhammad, K. Choliq, S.I. Riandy, P. Diah, N.L. Helena. Pengenal Sensor Suhu Menggunakan LM35DZ Dan Therm200, Bogor: Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan IPB.
- [12] R. Slamet, Sistem Pengukuran Suhu Minyak Goreng Berbasis Termokopel Tipe K, Yogyakarta: 2014.
- [13] D.F. Fuad, E. Yuyun dan H. Budi. Pemanfaatan serbuk tongkol jagung sebagai alternative bahan friksi kampas rem non-asbestos sepeda motor. <http://eprints.uns.ac.id/1337/1/1832-4127-1-SM.pdf> [diakses pada 2 November 2015]