

## **ANTI-COLLISION DEVICE (ACD) LOKOMOTIF DIESEL ELECTRIC SERI CC201 DENGAN INDUKSI DUAL TONE MULTIPLE FREQUENCY (DTMF)**

Arief Darmawan, Email : darmawan@api.ac.id  
Fathurozzi Winjaya, Email : sriwijayarossirc@gmail.com

Teknik Elektro Perkeretaapian, Akademi Perkeretaapian Indonesia Madiun

### **ABSTRAK**

Angkutan kereta api mempunyai karakteristik dalam pola pengoperasiannya satu petak blok hanya diperbolehkan dilewati oleh satu sarana kereta api yang keselamatannya dijamin oleh sistem persinyalan perkeretaapian. Sistem persinyalan existing di Indonesia saat ini menggunakan penunjuk aspek sinyal wayside dan belum dilengkapi dengan sistem peringatan dan proteksi terhadap pelanggaran aspek sinyal tidak aman / SPAD (Signal Pass At Danger) maupun pelanggaran batas kecepatan. Untuk meningkatkan keselamatan perjalanan mutlak diperlukan peralatan pemberi peringatan kepada masinis terhadap pelanggaran aspek sinyal dan pelanggaran pembatasan kecepatan. Penelitian ini membahas tentang perhitungan profil pengereman pada lokomotif diesel electric seri CC201 dan desain prototype Anti- Collision Device (ACD) dengan menggunakan sistem induksi Audio Frekuensi (AF) dengan menggunakan pengkodean Dual Tone Multiple Frequency (DTMF) serta sistem kontrol Mikrokontroller tipe Atmel AT89S52. Berdasarkan hasil analisa jarak pengereman pada kecepatan 120 Km/jam dengan menggunakan metode minden, sensor AF dipasang pada jarak 1.168,79 meter sebelum sinyal masuk. Berdasarkan hasil pengukuran intensitas sinyal yang diterima Sensor lokomotif DTMF, sinyal yang paling besar yaitu pada jarak celah antar sensor AF dengan jarak 80 mm., sedangkan untuk tingkat pembacaan paling rendah yaitu pada jarak 120mm.

**Kata Kunci: ACD, DTMF, Mikrokontroller AT89S52, pengereman**

### **ABSTRACT**

*Railway transportation has characteristics in the pattern of operation of a block of blocks which is only permitted by one railroad facility whose safety is guaranteed by the railway signaling system. The existing signaling system in Indonesia is currently using a pointer to wayside signals and has not been equipped with a warning system and protection against violations of unsafe / SPAD signal aspects (Signal Pass At Danger) and speed limit violations. To improve travel safety, it is absolutely necessary to provide a warning device to the engineer against violations of signal aspects and violations of speed restrictions. This study discusses the calculation of braking profile in the CC201 series electric diesel locomotive and the design of the Anti-Collision Device (ACD) prototype using the Audio Frequency (AF) induction system using Dual Tone Multiple Frequency (DTMF) coding and Atmel AT89S52 type Microcontroller control system. Based on the analysis of braking distance at a speed of 120 Km/hour using the Minden method, the AF sensor is installed at a distance of 1,168.79 meters before the signal enters. Based on the measurement of the signal intensity received by the DTMF locomotive sensor, the biggest signal is at the gap distance between the AF sensors with a distance of 80 mm, while the lowest reading level is at a distance of 120mm.*

**Keywords: ACD, DTMF, AT89S52 microcontroller, braking**

#### **1. Pendahuluan**

Angkutan kereta api mempunyai karakteristik dalam pola pengoperasiannya satu petak blok hanya diperbolehkan

dilewati oleh satu sarana kereta api yang keselamatannya dikontrol oleh sistem persinyalan perkeretaapian. Sistem persinyalan existing di Indonesia saat ini

menggunakan penunjuk aspek sinyal wayside dan belum dilengkapi dengan sistem peringatan dan proteksi terhadap pelanggaran aspek sinyal tidak aman / SPAD (Signal Pass At Danger) maupun pelanggaran batas kecepatan sehingga tidak dapat mencegah tabrakan antar kereta dan anjlokkan akibat kelalaian masinis dalam mengoperasikan kereta api, sehingga diperlukan suatu sistem proteksi yang secara otomatis melakukan pengereman darurat bila masinis melanggar aspek sinyal utama berindikasi tidak aman ataupun melebihi batas kecepatan maksimum yang diizinkan pada jalur tersebut. Sistem proteksi otomatis tersebut lebih umum dikenal sebagai sistem Anti-collision Device (ACD). Sistem ini bekerja dengan mengirimkan sinyal audio frekuensi dengan menggunakan Dual Tone Multiple Frequency (DTMF) ke onboard equipment sarana kereta api sesuai dengan indikasi aspek sinyal wayside berdasarkan sistem persinyalan, yakni berdasarkan status sinyal wayside. Sehingga pelanggaran terhadap sinyal dapat diatasi oleh sistem ACD dengan melakukan pengereman darurat secara otomatis.

### 1.1 Perumusan masalah

Permasalahan utama yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah

- a. Bagaimanakah desain sistem kendali lokomotif diesel electric seri CC201 terhadap pelanggaran aspek sinyal tidak aman (SPAD) dengan mikrokontroler AT89S52 dengan pemrosesan Audio Frequency DTMF untuk memberikan peringatan kepada masinis dan pengereman darurat ?
- b. Berapakah jarak pemasangan sensor DTMF dari sinyal masuk berdasarkan jarak pengereman darurat?

### 1.2 Maksud dan tujuan

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat suatu alternatif desain alat kontrol yang mengintegrasikan indikasi persinyalan dengan sistem pengereman sebagai pelengkap pengamanan terhadap keselamatan perjalanan kereta api.

### 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

- a. Pengembangan sistem persinyalan perkeretaapian dan kontrol pada lokomotif CC201 dengan penambahan peralatan pengaman perjalanan kereta api
- b. Refrensi penelitian bidang persinyalan dan sistem kontrol sarana perkeretaapian

## 1.4 Tinjauan pustaka/Dasar teori

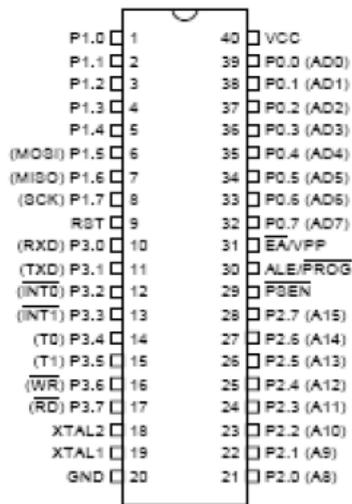
### 1.4.1. Arsitektur AT89S52

Mikrokontroler AT89S52 merupakan mikrokontroler 8 bit kompatibel dengan standar industri MCS-51 baik atas segi pemrograman maupun kaki tiap pin. Mikrokontroler AT89S52 mempunyai 8 kbyte PEROM (Flash Programmable and Erasable Read Only Memory). Pada dasarnya mikrokontroler adalah terdiri atas mikroprosesor, timer, dan counter, perangkat I/O dan internal memory. Mikrokontroler termasuk perangkat yang sudah didesain dalam bentuk chip tunggal. Pada dasarnya mikrokontroler mempunyai fungsi yang sama dengan mikroprosesor yaitu untuk mengontrol suatu kerja sistem. Selain itu mikrokontroler juga dikemas dalam satu chip (single chip).

Diagram blok AT89S52 terdiri dari 8 bit CPU dengan register A (accumulator) dan register B (match register), 16 bit Program Counter (PC) dan data pointer (dptr) register, 8 bit Program Status Word (PSW) register, 8 bit Stock Pointer, Internal ROM dan EPROM dengan kapasitas 4 kbyte.

Internal RAM dengan kapasitas 128 byte yang digunakan untuk 4 buah register bank, yang masing-masing terdiri dari 8 register, 16 byte, yang mana dapat dieksekusi pada masing-masing bit secara independent (Bit Addesable) dan sebagai memory variable 8 bit.

Konfigurasi pin pada mikrokontroler AT89S52 ditunjukkan dalam Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1 konfigurasi pin pada AT89S52

1.4.2. Arsitektur DTMF

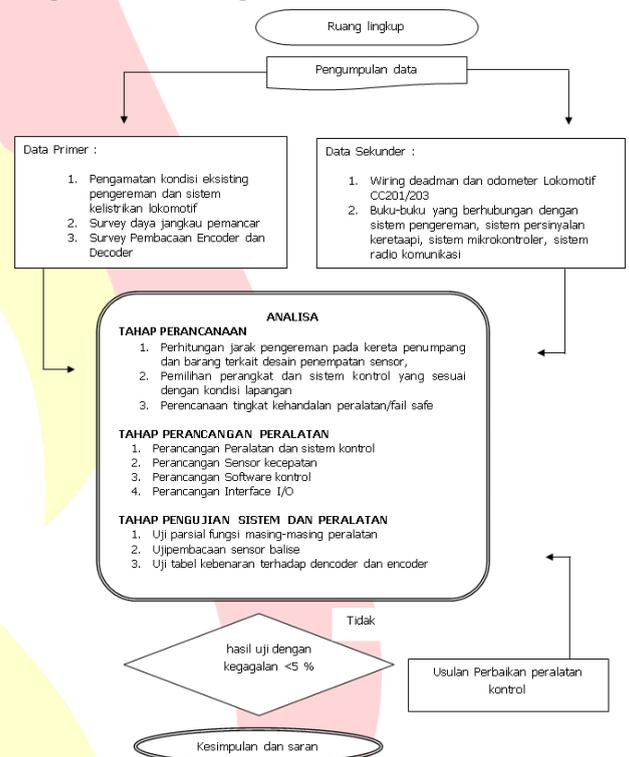
DTMF (Dual tone multiple frequency) merupakan sebuah metode pengkodean data menjadi sinyal suara. Dalam metode ini data maksimal yang bisa dikodekan adalah sebesar 16 kombinasi yang tersusun dalam 4 baris untuk nada tinggi (high tone) dan nada rendah (low tone). Untuk kelompok nada rendah (low tone) terdiri dari frekuensi 697 Hz, 770 Hz, 852 Hz dan 941 Hz, sedangkan untuk kelompok frekuensi tinggi yaitu terdiri dari frekuensi 1209 Hz, 1336 Hz, 1477 Hz, dan 1633 Hz. Frekuensi tersebut membentuk sebuah matrik 4 bit yang tersusun antara baris dan kolom yang dibedakan dalam kelompok nada tinggi dan nada rendah. Untuk lebih jelasnya, matrik kodifikasi frekuensi dalam sistem DTMF dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut.

	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz
697 Hz	1	2	3	A
770 Hz	4	5	6	B
852 Hz	7	8	9	C
941 Hz	*	0	#	D

Tabel 1. Matrik kodifikasi frekuensi DTMF

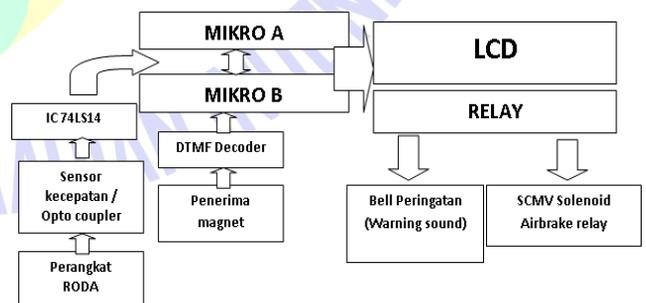
2 Metodologi Penelitian

Penelitian yang dilaksanakan menggunakan metode Penelitian terapan (Applied Research) yaitu penelitian yang menyangkut aplikasi teori untuk memecahkan masalah yang ada, yaitu menggunakan teori-teori dan metode berkaitan dengan teknik kontrol otomatis untuk mengendalikan sistem pengereman pada sarana keretaapi dalam kaitannya untuk menjaga keselamatan perjalanan kereta api yang dijelaskan dalam alur gambar 2 sebagai berikut



Gambar 2. Alur penelitian

Gambaran umum flowchart proses kerja peralatan kontrol ACD pada lokomotif CC201 dengan menggunakan induksi DTMF dijelaskan pada gambar 3 sebagai berikut :

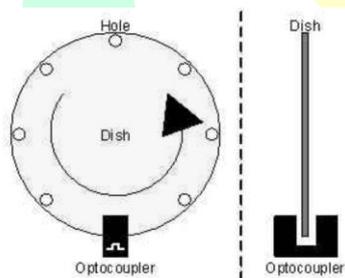


Gambar 2. Flowchart proses kerja peralatan kontrol ACD

Perancangan Anti- Collision Device dibagi menjadi beberapa bagian antara utama lain, perancangan pendeteksi kecepatan, perancangan penguat pulsa optocoupler, perancangan minimal system AT89S52, perancangan rangkaian decoder DTMF, perancangan perangkat lunak, perancangan rangkaian interface DTMF dan lampu aspek wayside.

2.1. Perancangan pendeteksi kecepatan

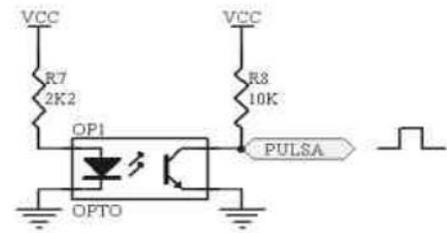
Pendeteksi kecepatan yang digunakan untuk mengetahui kecepatan kereta api, yaitu dengan menggunakan peralatan optocoupler sebagai pendeteksi kecepatan yang dipasang pada perangkat roda. Dalam peralatan ini, terdiri dari sebuah foto transistor dan inframerah yang diletakkan pada lintasan sejajar dan ditengahnya diberikan suatu piringan yang mempunyai 36 lubang dengan diameter lubang sebesar 1 milimeter yang tersebar setiap 10 derajat. Ketika piringan berputar, akan membuat suatu pulsa listrik. Untuk lebih jelasnya prinsip sensor kecepatan dengan menggunakan sensor optocoupler dilihat pada gambar 3 sebagai berikut.



Gambar. 3 Gambar sensor optocoupler

Cara kerja dari optocoupler adalah apabila sinar dari inframerah terhalang oleh piringan (dish), maka akan menghasilkan tegangan keluaran mendekati 0 volt dan bila optocoupler tidak terhalang akan menghasilkan keluaran mendekati 5 volt. Dengan demikian, maka keluaran tegangan dari optocoupler bisa diproses ke dalam mikrokontroler untuk dapat dikonversi

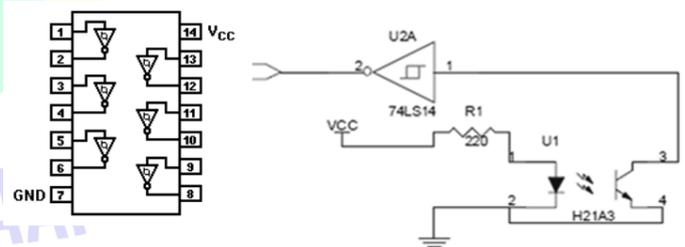
dengan perhitungan kecepatan. Untuk lebih jelasnya, rangkaian optocoupler dapat dilihat pada gambar 4 sebagai berikut.



Gambar. 4 Gambar rangkaian optocoupler

2.2. Perancangan Penguat pulsa optocoupler

Dalam proses kerja sistem pendeteksi kecepatan, optocoupler mengeluarkan tegangan yang tidak tepat sebesar 5 volt pada kondisi logika 1 dan tidak tepat sebesar 0 Volt pada kondisi logika 0, akan tetapi mengeluarkan tegangan mendekati 5 volt, yaitu sekitar 4,5 – 4,8 Volt DC pada logika 1 dan 0,1 – 0,3 Volt DC pada logika 0, sehingga untuk mempermudah pembacaan dan untuk mengurangi kesalahan, perlu diberikan suatu penguat pulsa, dalam percobaan ini menggunakan IC (Integrated circuit) dengan type 74LS14. IC ini merupakan IC TTL (transistor Transistor Logic) yang berfungsi sebagai penguat tegangan dan menegaskan masukan sinyal yang berupa sinyal bergerigi atau sinus menjadi sinyal kotak yang tegas. IC ini mempunyai 6 gerbang inverter yang masing-masing dengan input Schmitt trigger. Gambar konfigurasi pin-pinnya ditunjukkan pada gambar.5 sebagai berikut:

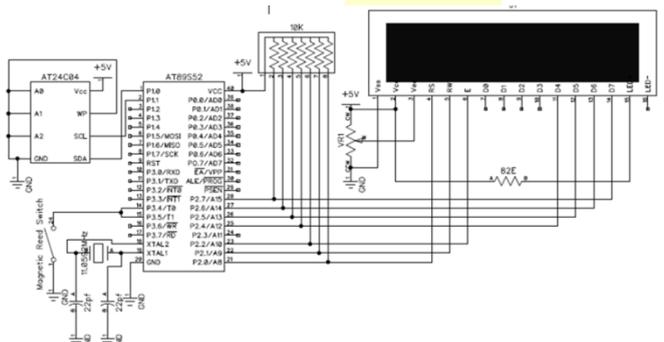


Gambar. 5 Gambar rangkaian penguat pulsa optocoupler

2.2. Perancangan minimal system AT89S52

Penggunaan mikrokontroler AT89S52 adalah berfungsi untuk memproses sinyal dari optocoupler untuk dihitung kecepatannya dan ditampilkan pada LCD (Liquid Crystal Display) 16 x 2, Selain hal tersebut, mikro kontroler juga memproses logika dari rangkaian DTMF untuk melaksanakan kontrol terhadap sistem pengereman pada lokomotif.

Rangkaian mikrokontroler terdiri dari chip IC AT89S52 sebagai unit pengolah data utama, X-tal 11.0592 Mhz sebagai clock oscilator pada rangkaian mikrokontroler. Untuk lebih jelasnya, gambar peralatan mikrokontroler disajikan pada gambar.6 sebagai berikut



Gambar. 6 Gambar rangkaian minimal system AT89S52

Selanjutnya untuk alokasi penggunaan port I/O (Input/Output) pada rangkaian AT89S52 adalah sebagai berikut :

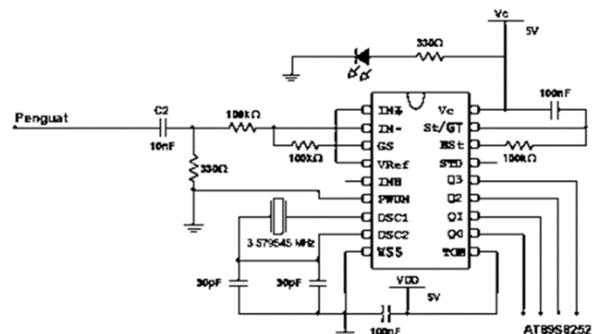
Port	Pin	Fungsi
Port 0	P0.0 – P0.3	Masukan dari decoder DTMF (4 bit)
Port 0	P0.4 dan P0.5	Masukan tombol Acknowledge dan tombol reset
Port 1	P1.0 – P1.1	Memory pada EEPROM eksternal
Port 3	P3.4 – P3.5	Masukan dari Ouptocoupler pendeteksi kecepatan

Port 2	P2.0 – P2.2 dan P2.4 – P2.7	Keluaran ke tampilan LCD
--------	-----------------------------	--------------------------

Tabel 2 Alokasi penggunaan Pin AT89S52

2.3. Perancangan rangkaian decoder DTMF

Rangkaian decoder DTMF berfungsi untuk mengubah nada tone yang diterima menjadi 4 bit data biner. Rangkaian DTMF decoder ini menggunakan IC DTMF dengan tipe HT9170. Rangkaian Rangkaian decoder ditunjukkan pada gambar 7 sebagai berikut

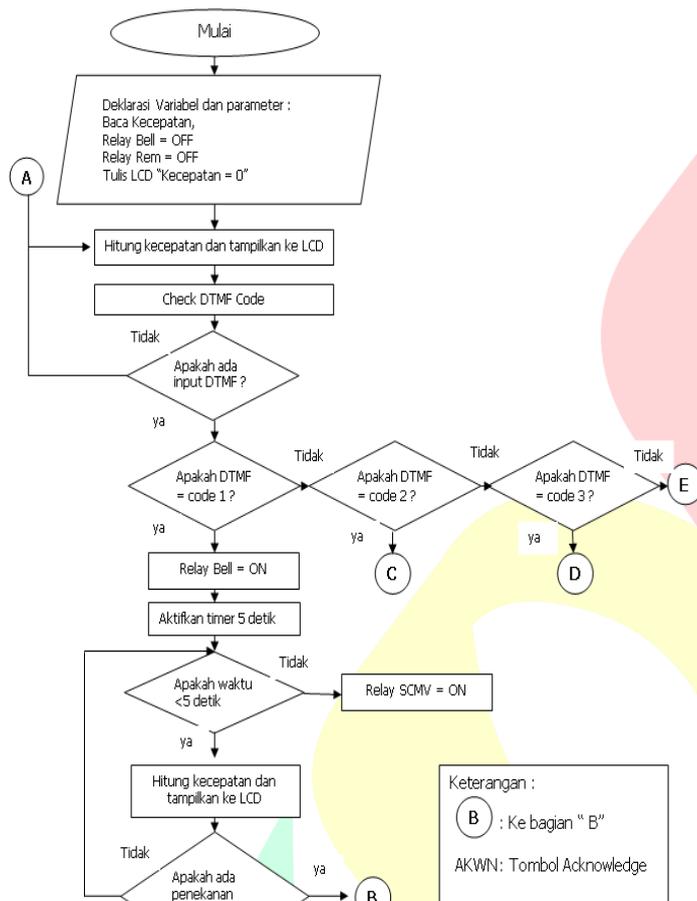


Gambar. 7 Gambar rangkaian decoder DTMF

Rangkaian decoder DTMF akan merubah tone DTMF yang yang diterima dari Sensor DTMF menjadi 4 bit data biner. Jika tone yang diterimanya tone “kode 1”, maka output dari rangkaian ini adalah 0001, tone yang diterimanya tone “kode 2”, maka output dari rangkaian ini adalah 0010.

2.4. Perancangan perangkat lunak

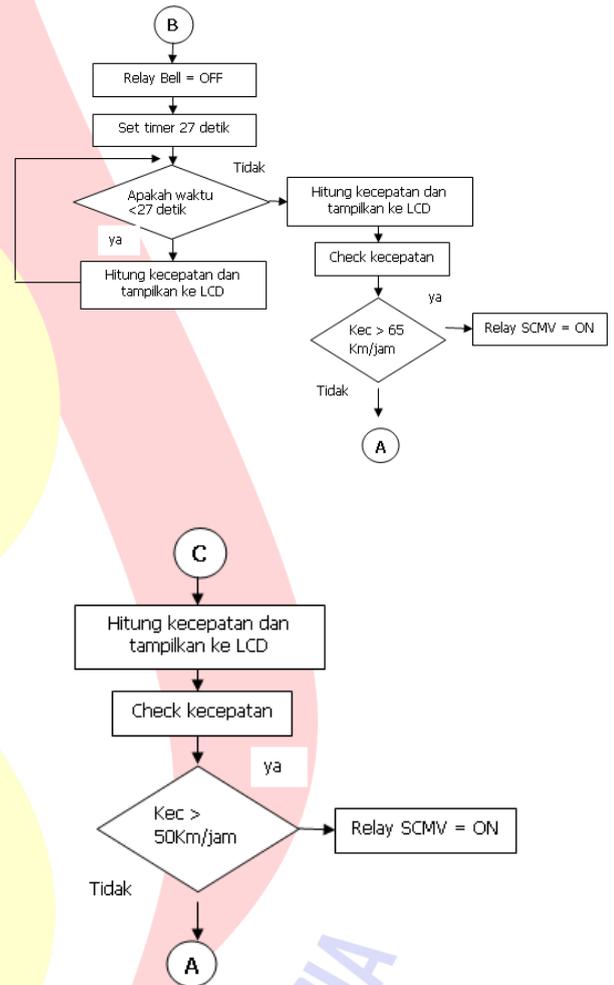
Untuk mengktifkan proses kerja mikrokontroler, penulis menggunakan metode flowchart untuk menjelaskan pola pikir atau algoritma program. Untuk memudahkan dalam pengechekan proses, maka flow chart menjadi 2, yaitu flow chart dibagi program utama dan flow chart sub program. Untuk lebih jelasnya algortma program dijelaskan pada gambar 8, 9 dan 10 sebagai berikut.



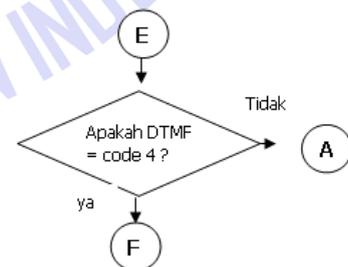
Gambar 8. Program Utama Peralatan ACD

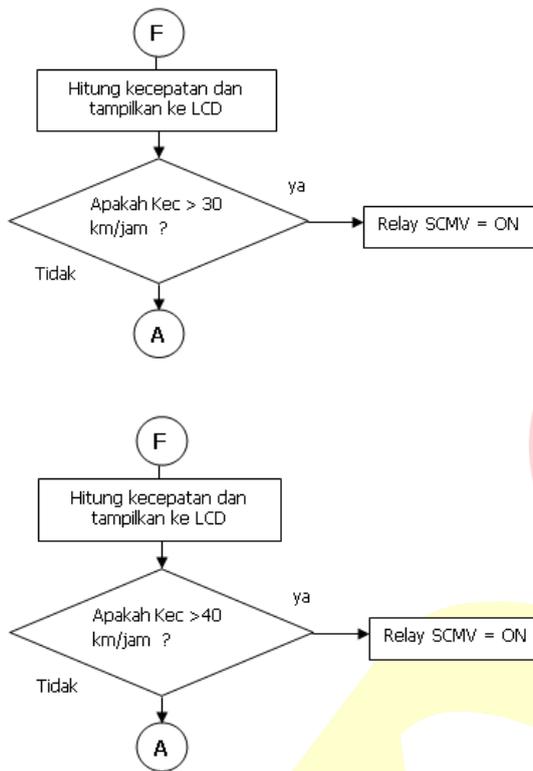
Pada flowchart program ini, dimulai dengan pengisian parameter awal sebelum sebuah mikrokontroler melakukan tugas untuk memproses logika. Ketika mesin lokomotif di hidupkan, mikrokontroler diberikan parameter awal, yaitu memerintahkan mikrokontroler untuk melakukan proses membaca kecepatan pada sensor, selanjutnya menampilkan hasil pembacaan pada LCD, parameter yang digunakan yaitu Kecepatan pada waktu start up adalah = 0 km/jam. Selanjutnya indikasi awal (normal) pada interface output nya adalah Relay Bell pada kondisi OFF sedangkan Relay Rem pada kondisi OFF.

Selanjutnya apabila lokomotif berjalan, maka program akan menampilkan penghitungan kecepatan pada LCD, dan selanjutnya program akan membuat decision apakah ada pembacaan sinyal DTMF pada peralatan Sensor DTMF, apabila tidak ada aspek pembacaan, maka program akan melakukan looping back ke proses awal yaitu penghitungan kecepatan untuk ditampilkan pada LCD.



Gambar 9. Program Speed Point Check Peralatan ACD





Gambar 10. Program Peringatan pembatasan kecepatan

Selanjutnya apabila perangkat Sensor DTMF menerima sinyal DTMF, maka program akan membuat komparasi terhadap aspek sinyal yang diterima, apakah mempunyai “kode 1”, “Kode 2”, “Kode 3” ataupun “kode4”. Apabila pembacaan logic DTMF mempunyai arti “kode 1”, maka Relay Bell akan mempunyai indikasi ON, dan mengharuskan masinis untuk menekan tombol mengerti (acknowledge) pada interval waktu 0-4 detik, apabila masinis tidak menekan tombol tersebut, maka pengereman darurat akan aktif secara otomatis. Apabila masinis menekan tombol tersebut, program akan mengaktifkan timer selama 5 detik untuk melakukan tes terhadap kecepatan. Apabila dalam waktu tertentu, kecepatan masih melebihi set point yaitu 55 km/jam, maka relay rem akan ON, sehingga lokomotif melakukan pengereman darurat. Apabila kecepatan dibawah set point, maka lokomotif akan berjalan pada aspek normal. Selanjutnya apabila Sensor penerima DTMF menerima

aspek “Kode 2”, maka program akan membandingkan dengan kecepatan set point, yaitu 50 km/jam. Apabila melebihi dari set point tersebut, maka lokomotif akan melakukan pengereman darurat, apabila kecepatan pada waktu tersebut dibawah set point, maka lokomotif akan berjalan normal.

## 2.4. Hasil dan pembahasan

### 2.4.1 Perhitungan jarak penempatan sensor

Pemasangan Sensor ACD menggunakan jarak pengereman. Adapun pendekatan yang dilakukan menggunakan metode minden karena lokomotif dan rangkaian kereta menggunakan sistem pengereman produk dari knoor bremsse. Untuk perhitungan jarak pengereman, dibutuhkan data dasar mengenai jenis sarana yang digunakan. Pada penelitian ini, penulis menggunakan sarana dengan kondisi pengereman sebagai berikut :

Lokomotif menggunakan lokomotif seri CC201 dengan berat 84 ton dan membawa rangkaian sebanyak 10 K1 dengan berat masing-masing kereta pada waktu penuh ( Gp ) = 41500 kg, dengan asumsi kereta pada saat penuh penumpang ( λ = 85%) dan pada jalan datar, maka perhitungannya sebagai berikut :

Jarak pengereman berdasarkan pendekatan minden

$$\text{Diketahui : Berat total (Gt) = (41,5 x 10) + 84 = 499 ton}$$

$$\text{Jumlah gandar = (4 x 10) + 6 = 46 gandar}$$

$$C1 = 1,05 \text{ (dari tabel, untuk gandar } 24 < n \leq 48)$$

$$\Psi = 1 \text{ ( dari tabel, untuk kecepatan } > 100)$$

Ditanya : Jarak pengereman kereta pada kecepatan max (120 km/jam)

$$\text{Jawab : Berat pengereman (B) KA = } \lambda \times G \text{ per kereta}$$

$$\begin{aligned}
 &= 85\% \times 41,5 \\
 &= 35,27 \text{ ton} \\
 \text{Berat pengereman (B) lokomotif} &= \lambda \times G \\
 &= 85\% \times 84 \\
 &= 71,4 \text{ ton} \\
 \text{B total} &= B_{KA} + B_{Lokomotif} \\
 &= (10 \times 35,27) + 71,4 \\
 &= 352,7 + 71,4 \\
 &= 424,1 \text{ ton} \\
 \lambda_{\text{total}} &= B_{\text{total}} / G_{\text{total}} \times 100\% \\
 &= 424,1 / 499 \times 100\% \\
 &= 84,99\% \\
 \lambda_r &= C1 \times \lambda_{\text{total}} \\
 &= 1,05 \times 0,8499 \\
 &= 0,8492 = 84,92\%
 \end{aligned}$$

Jarak pengereman

$$= \frac{3,85 \times 120^2}{6,1 \times 1 \times (1 + 84,92/10) \pm ir} = 1168,79(\text{meter})$$

Untuk Selanjutnya hasil perhitungan jarak pengereman untuk kecepatan dibawah 120 Km/jam, disajikan pada tabel 3 sebagai berikut

Kecepatan (km/jam)	Jarak Pengereman (meter)
120	1.168,79
115	1.073,42
110	982,11
105	894,86
100	811,66
95	732,52
90	657,45
85	586,43
80	519,46
75	456,56
70	397,71
65	342,93
60	292,20
55	245,53
50	202,92
45	164,36
40	129,87
35	99,43
30	73,05
25	50,73
20	32,47
15	18,26
10	8,12
5	2,03

Sumber : Hasil analisa

Tabel 3. Perhitungan jarak pengereman berdasarkan metode minden

#### 2.4.2 Pengujian keberhasilan pembacaan lokomotif sensor

Berdasarkan hasil pembacaan kesesuaian data yang diterima lokomotif sensor, dapat diketahui bahwa persentase tingkat keberhasilan pembacaan kode binari yang paling baik adalah pada tinggi 80 mm yaitu 100%, sedangkan yang paling rendah pada ketinggian 120mm yaitu 76,67 % Untuk lebih jelasnya, pembacaan hasil intensitas dapat dilihat pada tabel.4 sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil pembacaan lokomotif sensor

KODE DTMF	Jarak (mm)				
	80	90	100	110	120
Kode 1	100%	96,6%	96,6%	90%	80%
Kode 2	100%	100%	100%	97%	86,6%
Kode 3	100%	100%	100%	87%	76,67%
Kode 4	100%	100%	100%	93%	90%
Kode reset	100%	96,6%	93,3%	80%	73%
Rata-rata	100%	100%	100%	89%	81%

#### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa jarak pengereman menggunakan metode minden, track sensor ditempatkan pada jarak 1.168,79 meter. Berdasarkan hasil pengujian pembacaan lokomotif sensor, tingkat keberhasilan pembacaan paling besar pada jarak 80 mm dengan persentase rata-rata 100 % dan paling rendah pada jarak 120 mm dengan persentase rata-rata 81%. Untuk meningkatkan keberhasilan tingkat pembacaan locomotif sensor diperlukan penambahan rangkaian penguatan sinyal analog.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada civitas akademika Akademi Perkeretaapian Indonesia Madiun

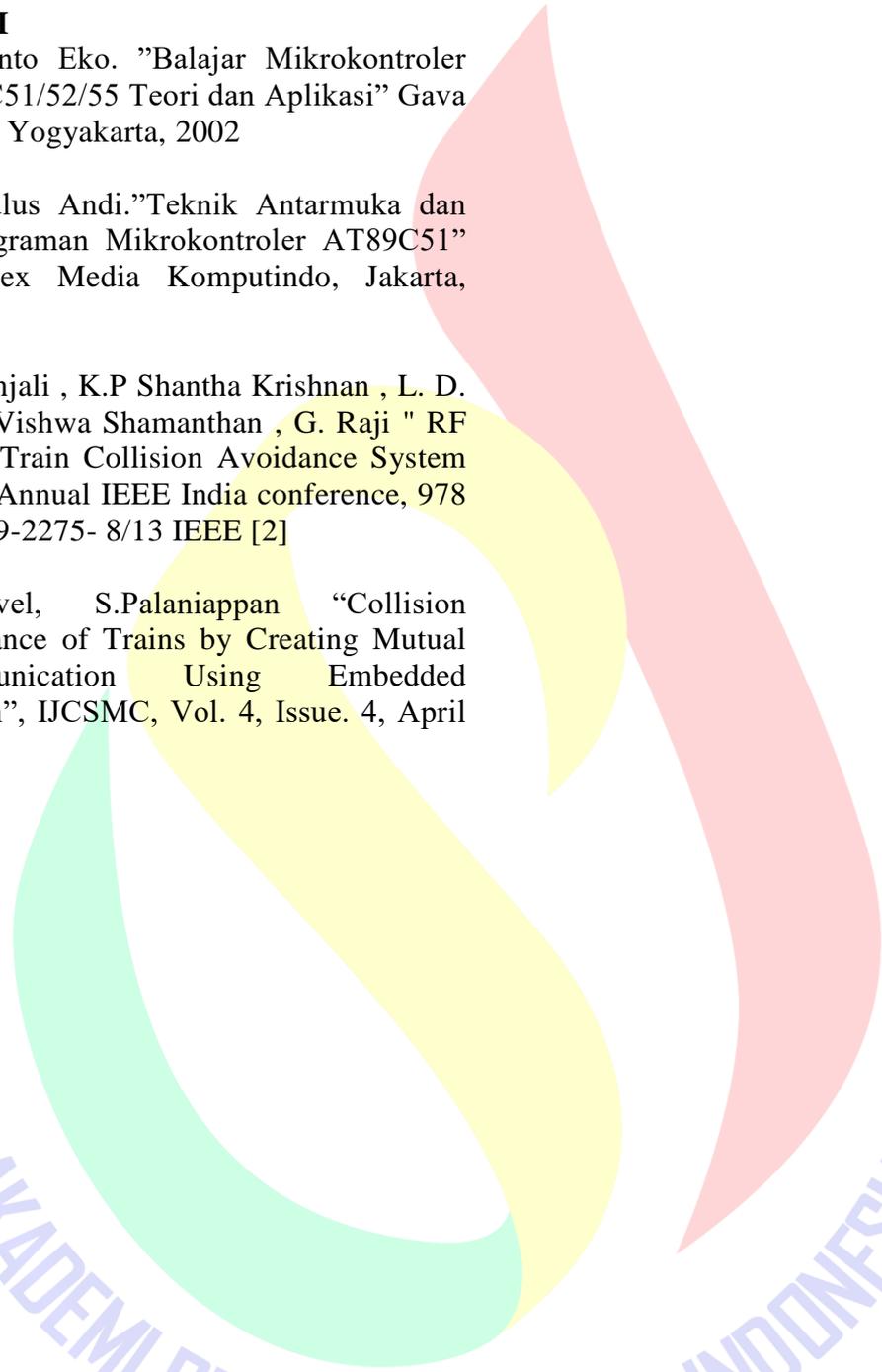
## REFERENSI

Putra, Afgianto Eko. "Balajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 Teori dan Aplikasi" Gava Media, Yogyakarta, 2002

Nalwan, Paulus Andi."Teknik Antarmuka dan Pemrograman Mikrokontroler AT89C51" PT Elex Media Komputindo, Jakarta, 2003

Dr. M Geetanjali , K.P Shantha Krishnan , L. D. Shree Vishwa Shamanthan , G. Raji " RF Based Train Collision Avoidance System "2013 Annual IEEE India conference, 978 -1-4799-2275- 8/13 IEEE [2]

K. Kathirvel, S.Palaniappan "Collision Avoidance of Trains by Creating Mutual Communication Using Embedded System", IJCSMC, Vol. 4, Issue. 4, April 2015



AKADEMI PERKERETAAPIAN INDONESIA