

**RANCANG BANGUN ALAT MONITORING TEKANAN ANGIN BAN SECARA *REAL TIME* MENGGUNAKAN METODE TSUKAMOTO PADA KENDARAAN RODA EMPAT**

<sup>[1]</sup>Riki Aris Setiawan, <sup>[2]</sup>Dwi Marisa Midyanti

<sup>[1]</sup> <sup>[2]</sup> <sup>[3]</sup>Jurusan Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura  
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak  
Telp./Fax.: (0561) 577963  
e-mail : <sup>[1]</sup>rikiaaris03@gmail.com, <sup>[2]</sup>dwi.marisa@siskom.untan.ac.id

**ABSTRAK**

*Ban merupakan salah satu komponen penting untuk mempermudah gerak dan kenyamanan pada sebuah kendaraan. Demi mendapatkan performa ban pada level optimum, tekanan angin ban harus dijaga agar sesuai standar. Tekanan angin ban yang kurang dari standar atau melebihi dari standar yang telah ditetapkan pada ban dapat menimbulkan dampak dan akibat yang cukup fatal bagi pengendara dan kendaraan. Dalam penelitian ini direalisasikan alat monitoring tekanan angin ban secara real time menggunakan komponen utama sensor MPX 5700AP sebagai sensor tekanan angin ban dan sensor LM35 sebagai sensor suhu. Metode fuzzy Tsukamoto digunakan untuk pengambilan keputusan dalam menentukan kondisi ban kendaraan roda empat. Alat monitoring tekanan angin ban terdiri dari 4 modul sensor dan 1 modul penerima. Modul sensor berfungsi untuk mengirimkan data tekanan angin ban dan suhu udara yang dipasangkan pada masing-masing ban kendaraan. Pada modul penerima data yang dikirimkan oleh modul sensor akan ditampilkan pada LCD. Data dari modul sensor digunakan untuk perhitungan metode fuzzy Tsukamoto dengan indikator output berupa LED dan Buzzer sebagai penanda bahwa kondisi ban dalam keadaan rendah, baik atau tinggi. Tingkat keberhasilan metode fuzzy Tsukamoto dalam menentukan kondisi ban sebesar 85% dari 120 data berdasarkan hasil perbandingan data pada alat dan data kuesioner.*

**Kata Kunci :** *Monitoring Tekanan Angin Ban, Arduino Uno R3, Arduino Mega2560, MPX 5700AP, LM35, Fuzzy Tsukamoto.*

**1. PENDAHULUAN**

Kendaraan merupakan alat transportasi yang digerakkan oleh tenaga mesin maupun makhluk hidup. Kendaraan dianggap mampu membantu mempermudah hidup manusia sehingga gerak hidup manusia berubah menjadi lebih mudah dan dinamis. Kendaraan bermotor merupakan kendaraan bertenaga mesin yang dibuat oleh manusia. Kendaraan bermotor pada dasarnya memerlukan komponen pendukung selain mesin agar dapat digunakan, salah satunya adalah ban. Ban merupakan salah satu komponen pendukung suatu kendaraan yang perannya sangat vital.

Menjaga tekanan angin ban yang sesuai dengan standar merupakan salah satu cara untuk mendapatkan performa ban pada level optimum. Ban pada setiap kendaraan sudah mempunyai tekanan angin standar yang telah ditetapkan oleh pabrik. Menjaga tekanan angin ban selain untuk keamanan dan keselamatan, juga untuk kemampuan dan kenyamanan dalam berkendara. Ban yang bertekanan rendah atau bertekanan melebihi standar akan membahayakan keamanan pengendara, karena bisa menyebabkan kehilangan kontrol serta mengakibatkan kecelakaan fatal.

Penelitian mengenai tekanan angin ban pernah dilakukan oleh Muhammad Naufal Farisi [1] menggunakan mikrokontroler AVR dengan *output* berupa *LCD* untuk memberikan informasi tekanan angin ban dan *LED* sebagai indikator alat. Penelitian lain juga pernah dilakukan oleh Indra Aditya Setiawan [2] tentang tekanan angin ban pada sepeda motor secara nirkabel dengan *output* berupa *LCD* untuk memberikan informasi tekanan angin ban yang diperoleh.

Pada penelitian ini akan dirancang suatu alat yang dapat memonitoring tekanan angin ban secara *real time* pada mobil Toyota Avanza dengan tekanan angin ban yang berkisar antara 33-36 psi. Alat ini menggunakan metode *fuzzy Tsukamoto* untuk menentukan kondisi pada ban untuk mempermudah pengendara dalam memonitoring kondisi tekanan angin ban sebelum berkendara maupun saat berkendara. Alat tersebut dihubungkan ke dalam sistem yang terbagi atas modul sensor dan modul penerima.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1. Ban

Ban merupakan salah satu komponen penting dari kendaraan yang digunakan untuk mengurangi getaran yang disebabkan oleh ketidakrataan permukaan jalan, melindungi roda dari aus dan kerusakan, serta memberikan kestabilan antara kendaraan dan tanah untuk meningkatkan percepatan dan mempermudah pergerakan. Ban pada dasarnya diklasifikasikan ke dalam dua struktur yakni struktur bias dan struktur radial. Perbedaan dari kedua tipe ban tersebut salah satunya terletak pada *carcass*. *Carcass* merupakan rangka ban yang keras dan cukup kuat yang berfungsi untuk menahan udara yang bertekanan tinggi, tetapi harus cukup fleksibel untuk meredam perubahan beban dan benturan [3].

### 2.2. Arduino Uno R3

*Arduino Uno R3* adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, *hardware*-nya memiliki prosesor Atmel AVR dan *software*-nya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Tegangan yang dianjurkan untuk sebagian besar keluarga arduino adalah antara 7 Volt sampai dengan 12 Volt. *Arduino Uno R3* memiliki *memory* penyimpanan sebesar 32kb, 14 digital pin *input/output*, koneksi USB, jack listrik, dan tombol reset. Koneksi USB selain digunakan sebagai jalur listrik untuk mengaktifkan papan, juga digunakan untuk meng-*upload* kode dari komputer ke papan Arduino [4]. Perangkat *Arduino Uno R3* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Arduino Uno R3*

### 2.3. Arduino Mega 2560

*Arduino Mega2560* merupakan salah satu jenis arduino yang sering digunakan dalam pembuatan beberapa proyek atau rangkaian yang pengolahan datanya menggunakan mikrokontroler arduino. *Arduino Mega2560* memiliki memori penyimpanan yang lebih besar dari arduino uno yaitu sebesar 256kb, 54 digital pin *input/output* digital yang mana 16 pin digunakan sebagai PWM keluaran, 16 pin masukan analog, dan didalamnya terdapat 16 MHZ osilator kristal, 4 UART (*hardware* port serial), koneksi USB, jack listrik, *header* ICSP dan tombol *reset* [5]. Perangkat Arduino Mega 2560 ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. *Arduino Mega2560*

### 2.4. Sensor MPX 5700AP

Sensor *MPX 5700AP* adalah sensor tekanan yang dirancang untuk berbagai

aplikasi terutama aplikasi yang berbasis mikrokontroler atau mikroprosesor dengan masukan analog ataupun digital. Sensor ini memadukan teknik *micromachining*, film tipis metalisasi dan pengolahan bipolar didalamnya untuk memberikan sinyal yang akurat serta tingkat keluaran analog yang sebanding dengan tekanan yang diberikan. Tekanan yang diukur berkisar antara 0 - 700 kPa (0 - 101.5 psi) & 15 - 700 kPa (2.18 - 101.5 psi), serta tegangan keluarannya berada di range 0.2 – 4.7 volt [6]. Sensor *MPX 5700AP* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Sensor *MPX 5700AP*

## 2.5. Sensor suhu *LM35*

Sensor suhu *LM35* adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor suhu *LM35* yang dipakai dalam penelitian ini berupa komponen elektronika yang diproduksi oleh *National Semiconductor*. *LM35* memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, *LM35* juga mempunyai keluaran impedansi yang dingin dan linieritas yang tinggi, sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan [7]. Sensor *LM35* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Sensor *LM35*

## 2.6. *Wireless NRF24L01*

*Wireless NRF24L01* adalah sebuah modul komunikasi jarak jauh yang terdiri dari 8 buah pin dengan memanfaatkan pita gelombang RF 2.4GHz ISM (*Industrial, Scientific and Medical*). Modul ini

menggunakan antarmuka SPI untuk berkomunikasi dan bekerja dengan tegangan sebesar 5 volt DC. *NRF24L01* memiliki *baseband logic Enhanced ShockBurst™ hardware protocol accelerator* yang mendukung antarmuka SPI berkecepatan tinggi untuk kontroler aplikasi. Modul ini juga memiliki *true ULP (Ultra Low Power) solution* yang memungkinkan daya tahan baterai berbulan-bulan hingga bertahun-tahun. Selain itu masih terdapat fitur lain yakni beroperasi pada pita ISM 2.4 GHz, *data rate* hingga 2Mbps, *ultra low power*, penanganan paket data otomatis serta penanganan transaksi paket otomatis [8]. Modul *wireless NRF24L01* ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. *Wireless NRF24L01*

## 2.7. *Buzzer*

*Buzzer* adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan *loud speaker*, jadi *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. *Buzzer* biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alarm [9]. Perangkat *buzzer* ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. *Buzzer*

## 2.8. LED (*Light Emitting Diode*)

*LED (Light Emitting Diode)* adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. *LED* merupakan keluarga Dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. Warna-warna cahaya yang dipancarkan oleh *LED* tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang dipergunakannya. *LED* juga dapat memancarkan sinar inframerah yang tidak tampak oleh mata seperti yang sering kita jumpai pada *Remote Control TV* ataupun *Remote Control* perangkat elektronik lainnya [9]. Komponen *LED* ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. *LED*

## 2.9. LCD (*Liquid Cristal Display*)

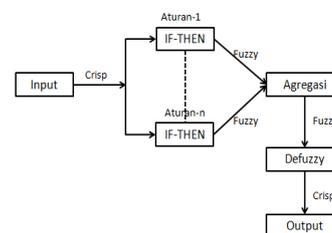
*LCD (Liquid Cristal Display)* adalah salah satu jenis *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi *CMOS logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. *LCD* berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik. Dalam modul *LCD* terdapat mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter *LCD*. Mikrokontroler pada suatu *LCD* dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan mikrokontroler internal *LCD* adalah *DDRAM*, *CGRAM* dan *CGROM* sedangkan pada register terdapat register perintah dan register data. Pin kaki atau jalur input dan kontrol pada *LCD* terdiri dari pin data, pin *RS (Register Select)*, pin *R/W (Read Write)*, pin *E (Enable)* dan pin *VLCD* [9]. Modul *LCD* ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. *LCD (Liquid Cristal Display)*

## 2.10. Logika Fuzzy Tsukamoto

Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam ruang keluaran. Untuk sistem yang sangat rumit, penggunaan logika *fuzzy (fuzzy logic)* adalah salah satu pemecahannya. Sistem tradisional dirancang untuk mengontrol keluaran tunggal yang berasal dari beberapa masukan yang tidak saling berhubungan. Karena ketidaktergantungan ini, penambahan masukan yang baru akan memperumit proses kontrol dan membutuhkan proses perhitungan kembali dari semua fungsi. Kebalikannya, penambahan masukan baru pada sistem *fuzzy*, yaitu sistem yang bekerja berdasarkan prinsip-prinsip logika *fuzzy*, hanya membutuhkan penambahan fungsi keanggotaan yang baru dan aturan-aturan yang berhubungan dengannya. Logika *fuzzy* juga bisa dianggap sebagai kotak hitam yang berisi cara / metode yang bisa dipakai untuk mengolah data input menjadi output dalam bentuk informasi yang baik. Pada Metode *Tsukamoto*, setiap konsekuensi pada aturan yang berbentuk *If-Then* harus direpresentasikan dengan suatu himpunan samar dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, keluaran hasil penarikan kesimpulan (*inference*) dari setiap-setiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan  $\alpha$ -predikat (*fire strength*). Hasil akhir diperoleh dengan menggunakan rata-rata berbobot [10]. Struktur Dasar Pengendali *Fuzzy* ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Struktur Dasar Pengendali *Fuzzy*

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Proses penelitian dimulai dari studi literatur, yaitu mengumpulkan teori-teori

pendukung penelitian yang berkaitan dengan sistem monitoring tekanan angin ban dan sistem mikrokontroler. Langkah selanjutnya adalah pengumpulan data-data yang berhubungan dengan penelitian dengan melakukan pengamatan, wawancara dan survei. Selanjutnya dilakukan perancangan sistem berdasarkan teori-teori yang didapat. Analisa kebutuhan meliputi kebutuhan perangkat lunak dan perangkat keras sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Setelah semua komponen telah tersedia maka akan dilakukan proses integrasi perancangan sistem perangkat lunak dan perangkat keras secara terpisah. Setelah sistem perangkat lunak dan perangkat keras telah berhasil dibuat, selanjutnya akan dilakukan proses pengujian sistem, jika pengujian berhasil maka penelitian akan selesai, maka akan dilakukan proses penerapan, yaitu penggabungan sistem perangkat lunak berupa program dan perangkat keras berupa rancangan alat menjadi satu sistem yang saling berhubungan.

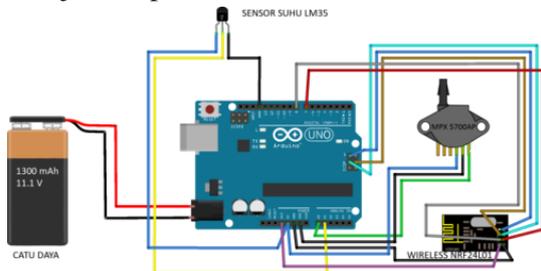
#### 4. PERANCANGAN

##### 4.1. Perancangan Sistem

Perancangan sistem terbagi menjadi dua yaitu perancangan sistem modul sensor dan perancangan sistem modul penerima.

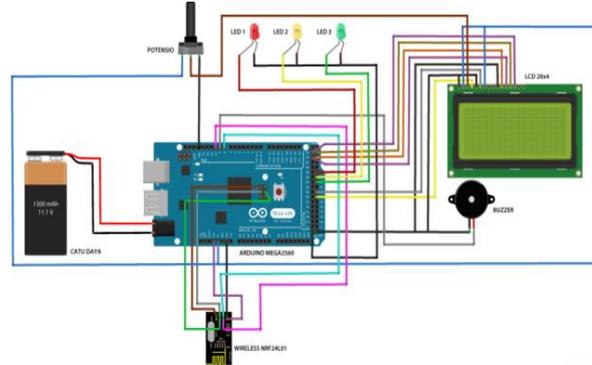
##### 1. Perancangan Sistem Modul Sensor

Perancangan sistem modul sensor terdiri dari *Arduino Uno R3*, sensor *MPX 5700AP*, sensor *LM35*, *wireless NRF24L01* serta komponen pendukung lainnya. Rangkaian instrumen elektronika pada modul sensor ditunjukkan pada Gambar 10.



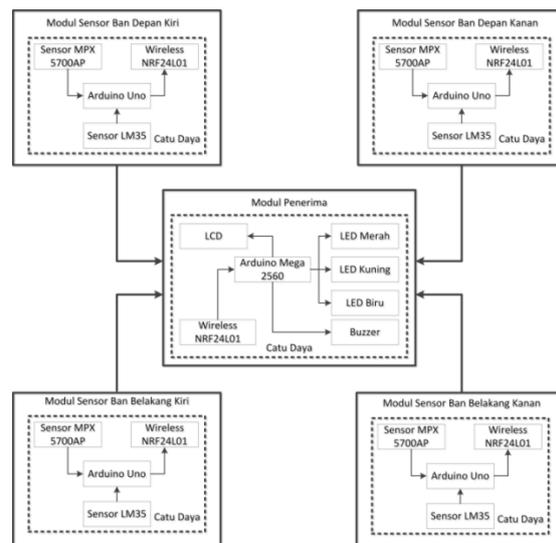
Gambar 10. Rangkaian Elektronika Sistem Modul Sensor

2. Perancangan Sistem Modul Penerima  
Perancangan sistem modul penerima terdiri dari *Arduino Mega2560*, *wireless NRF24L01*, *LCD*, *LED* dan *Buzzer* serta komponen pendukung lainnya. Rangkaian instrumen elektronika pada modul penerima ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Rangkaian Elektronika Sistem Modul penerima

##### 4.2. Diagram Blok Sistem



Gambar 12. Diagram Blok Sistem

Penjelasan diagram blok perancangan sistem pada Gambar 12 adalah sebagai berikut:

##### 4.2.1 Modul Sensor

1. *Arduino Uno R3* digunakan sebagai tempat terjadinya proses yang terjadi pada modul sensor.

2. Sensor *MPX 5700AP* berfungsi untuk mendeteksi tekanan angin ban yang masih berupa data analog.
3. Sensor suhu *LM35* berfungsi untuk mendeteksi besarnya suhu.
4. *Wireless NRF24L01* berfungsi sebagai transceiver untuk mengirim data digital berupa data tekanan dan suhu ke modul penerima.
5. Catu daya digunakan sebagai sumber daya pada modul sensor.

#### 4.2.2 Modul Penerima

1. *Arduino Mega2560* digunakan sebagai tempat terjadinya proses yang terjadi pada modul penerima. *Wireless NRF24L01* berfungsi sebagai receiver untuk menerima data yang dikirim oleh modul sensor dan diteruskan pada *Arduino Mega2560*.
2. *LCD* digunakan sebagai perangkat output berupa tampilan sistem.
3. *LED* digunakan sebagai perangkat output berupa lampu indikator sistem untuk menentukan kelayakan tekanan angin ban berdasarkan sistem yang telah diatur.
4. *Buzzer* digunakan sebagai perangkat output berupa indikator suara sesuai dengan sistem yang telah diatur.
5. Catu daya digunakan sebagai sumber daya pada modul penerima.

### 4.3. Perancangan Perangkat Lunak

#### 4.4.1 Flowchart Modul Sensor

*Flowchart* modul sensor menjelaskan tentang proses pada modul sensor. Langkah pertama dimulai dengan sensor suhu *LM35* mengambil data besarnya suhu udara dan sensor tekanan *MPX5700AP* mengambil data besarnya tekanan angin pada ban. Data tersebut kemudian di terima oleh *Arduiono Uno R3* dan dirubah menjadi data digital yang kemudian dikirim ke modul penerima melalui *wireless NRF24L01* yang bertugas sebagai

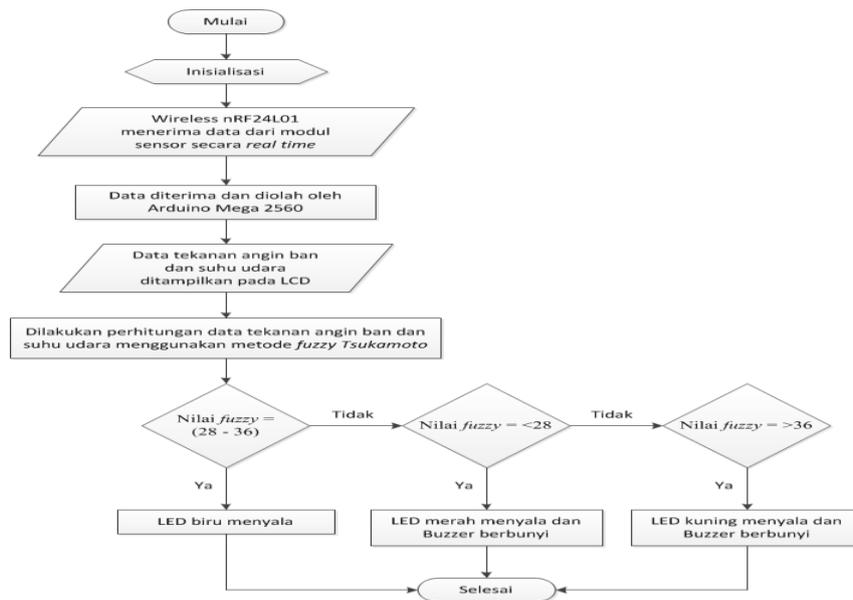
*transceiver*. *Flowchart* modul sensor ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. *Flowchart* Modul Sensor

#### 4.4.2 Flowchart Modul Penerima

*Flowchart* modul penerima menjelaskan tentang proses terjadinya sistem pada modul penerima. Langkah pertama dimulai dengan melakukan inisialisasi terhadap data yang dikirimkan oleh modul sensor. Data yang dikirimkan oleh modul sensor dari keempat roda akan diterima oleh *wireless NRF24L01* dan kemudian akan diolah oleh *Arduino Mega2560* untuk ditampilkan pada *LCD* dengan urutan data yang sudah diatur pada *Arduino Mega2560*. Data yang sudah diterima pada masing-masing roda akan diolah dengan menggunakan metode *fuzzy Tsukamoto* untuk menentukan kelayakan tekanan angin ban pada setiap roda. *Buzzer* akan berbunyi dan *LED* akan menyala sebagai indicator sistem sesuai dengan program yang telah diatur pada *Arduino Mega2560*. *Flowchart* modul penerima ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Flowchart Modul Penerima

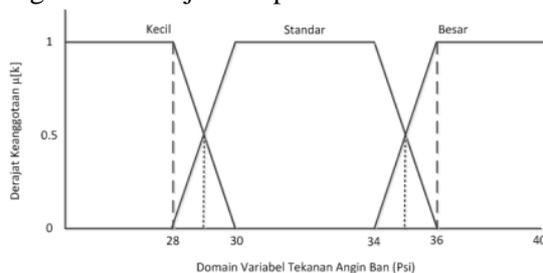
#### 4.4.3 Perancangan Sistem Inferensi Fuzzy

##### A. Fuzzifikasi

Pada penelitian ini digunakan tiga buah variabel yang akan di fuzzifikasikan ke dalam himpunan fuzzy. Variabel fungsi keanggotaan ini berupa besarnya tekanan angin ban, suhu udara dan kondisi tekanan ideal yang di anjurkan pada kendaraan dalam penelitian ini.

##### 1. Fungsi Keanggotaan Tekanan Angin Ban

Fungsi keanggotaan tekanan angin ban menggunakan tiga buah nilai linguistik yaitu kecil, standar dan besar. Fungsi keanggotaan input untuk tekanan angin ban diambil berdasarkan hasil pengukuran sensor MPX5700AP. Fungsi keanggotaan tekanan angin ban ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Fungsi Keanggotaan Tekanan Angin Ban

Perhitungan untuk mendapatkan derajat keanggotaan tekanan angin ban setiap variabel yaitu sebagai berikut:

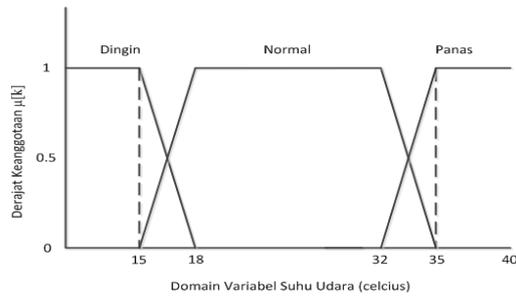
$$\mu_{kecil} = \begin{cases} 1; & x \leq 28 \\ \frac{30-x}{2}; & 28 \leq x \leq 30 \\ 0; & x \geq 30 \end{cases}$$

$$\mu_{standar} = \begin{cases} 0; & x \leq 28 \text{ atau } x \geq 36 \\ \frac{x-28}{2}; & 28 \leq x \leq 30 \\ 1; & 30 \leq x \leq 34 \\ \frac{36-x}{2}; & 34 \leq x \leq 36 \end{cases}$$

$$\mu_{besar} = \begin{cases} 0; & x \leq 34 \\ (x-34)/2; & 34 \leq x \leq 36 \\ 1; & x \geq 36 \end{cases}$$

##### 2. Fungsi Keanggotaan Suhu Udara

Fungsi keanggotaan suhu udara menggunakan tiga buah nilai linguistik yaitu dingin, normal dan panas. Nilai untuk fungsi keanggotaan suhu udara diambil berdasarkan hasil pengukuran sensor LM35. Nilai pembacaan sensor digunakan sebagai masukan yang telah diubah kedalam bentuk desimal. Fungsi keanggotaan suhu udara ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16. Fungsi Keanggotaan Suhu Udara

Perhitungan untuk mendapatkan derajat keanggotaan suhu udara setiap variabel yaitu sebagai berikut:

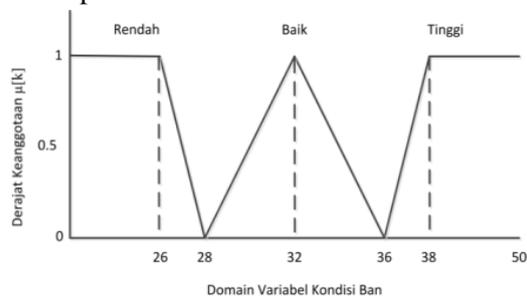
$$\mu_{dingin} = \begin{cases} 1; & y \leq 15 \\ \frac{18-y}{3}; & 15 \leq y \leq 18 \\ 0; & y \geq 18 \end{cases}$$

$$\mu_{normal} = \begin{cases} 0; & y \leq 15 \text{ atau } y \geq 35 \\ \frac{y-15}{3}; & 15 \leq y \leq 18 \\ 1; & 18 \leq y \leq 32 \\ \frac{35-y}{3}; & 32 \leq y \leq 35 \end{cases}$$

$$\mu_{panas} = \begin{cases} 0; & y \leq 32 \\ \frac{y-32}{3}; & 32 \leq y \leq 35 \\ 1; & y \geq 35 \end{cases}$$

### 3. Fungsi Keanggotaan Kondisi

Pada fungsi keanggotaan kondisi ban digunakan tiga buah nilai linguistik yaitu Rendah, Baik dan Tinggi. Nilai fungsi keanggotaan kondisi ban merupakan keluaran sistem untuk menentukan kondisi ban sesuai dengan data yang diterima pada masing-masing ban yakni data tekanan angin ban dan suhu udara. Fungsi keanggotaan kondisi dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Fungsi Keanggotaan Kondisi Ban

Perhitungan untuk mendapatkan derajat keanggotaan kondisi ban setiap variabel yaitu sebagai berikut:

$$\mu_{rendah} = \begin{cases} 1; & z \leq 26 \\ \frac{28-z}{2}; & 26 \leq z \leq 28 \\ 0; & z \geq 28 \end{cases}$$

$$\mu_{baik} = \begin{cases} 0; & z \leq 28 \text{ atau } z \geq 36 \\ \frac{z-28}{4}; & 28 \leq x \leq 32 \\ \frac{36-z}{4}; & 32 \leq x \leq 36 \end{cases}$$

$$\mu_{tinggi} = \begin{cases} 0; & z \leq 36 \\ \frac{z-36}{2}; & 36 \leq z \leq 38 \\ 1; & z \geq 38 \end{cases}$$

### B. Basis Aturan

Berdasarkan fungsi keanggotaan *input* yang telah dibentuk sebelumnya, maka dibentuk basis aturan sebagai berikut:

1. *If* tekanan ban **kecil** *and* suhu **dingin** *then* kondisi **rendah**.
2. *If* tekanan ban **kecil** *and* suhu **normal** *then* kondisi **rendah**.
3. *If* tekanan ban **kecil** *and* suhu **panas** *then* kondisi **rendah**.
4. *If* tekanan ban **standar** *and* suhu **dingin** *then* kondisi **baik**.
5. *If* tekanan ban **standar** *and* suhu **normal** *then* kondisi **baik**.
6. *If* tekanan ban **standar** *and* suhu **panas** *then* kondisi **baik**.
7. *If* tekanan ban **besar** *and* suhu **dingin** *then* kondisi **tinggi**.
8. *If* tekanan ban **besar** *and* suhu **normal** *then* kondisi **tinggi**.
9. *If* tekanan ban **besar** *and* suhu **panas** *then* kondisi **tinggi**.

## 5. IMPLEMENTASI, PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

### 5.1. Implementasi Modul Sensor

Hasil implementasi rancangan modul sensor yang dipasangkan pada ban dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Modul Sensor Pada Ban

### 5.2. Implementasi Modul Penerima

Hasil implementasi rancangan modul penerima yang diletakkan pada *dashboard* mobil untuk mengetahui data yang dikirimkan oleh modul sensor dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Modul Penerima Pada *Dashboard* Mobil

### 5.3. Pengujian Alat Keseluruhan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja alat dalam memonitoring tekanan angin ban pada mobil. Pengujian dilakukan pada mobil Toyota Avanza dengan ukuran ban 185/70 R14 88 S dan tekanan angin pada masing-masing ban berkisar antara 30-34 psi. Pada pengujian ini modul sensor 1

dipasang pada ban depan kanan, modul sensor 2 dipasang pada ban depan kiri, modul sensor 3 dipasang pada ban belakang kanan dan modul sensor 4 dipasang pada ban belakang kiri. Setelah semua modul sensor terpasang dan dihidupkan, maka modul sensor siap mengirimkan data yang diperoleh ke modul penerima. Pengujian alat dilakukan pada pagi hari, siang hari dan malam hari untuk mengetahui perubahan tekanan angin ban dan suhu udara yang ditampilkan pada modul *LCD* dengan ‘P’ merupakan data tekanan angin ban dan ‘T’ merupakan data suhu udara.

#### 1. Pengujian Pagi Hari

Pengujian pagi hari dilakukan pukul 9.17 WIB pada kondisi mobil berjalan sejauh ± 1 km dengan kecepatan 5-40 km/jam pada kondisi jalan rata. Hasil pengujian alat pagi hari ditunjukkan pada Gambar 20.



Gambar 20. Hasil Pengujian Alat Pagi Hari

Data hasil pengujian alat pagi hari dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Alat Pagi Hari

No	Data Yang Diterima Modul Penerima											
	Ban Depan Kanan			Ban Depan Kiri			Ban Belakang Kanan			Ban Belakang Kiri		
	P1	T1	Kondisi Ban	P2	T2	Kondisi Ban	P3	T3	Kondisi Ban	P4	T4	Kondisi Ban
1	29 psi	32 °C	Baik	29 psi	37 °C	Baik	30 psi	32 °C	Baik	32 psi	35 °C	Baik
2	29 psi	29 °C	Baik	29 psi	36 °C	Baik	30 psi	34 °C	Baik	32 psi	35 °C	Baik
3	29 psi	29 °C	Baik	29 psi	33 °C	Baik	30 psi	34 °C	Baik	33 psi	35 °C	Baik
4	29 psi	33 °C	Baik	29 psi	34 °C	Baik	30 psi	35 °C	Baik	33 psi	31 °C	Baik
5	29 psi	33 °C	Baik	29 psi	32 °C	Baik	30 psi	34 °C	Baik	33 psi	35 °C	Baik
6	29 psi	32 °C	Baik	29 psi	32 °C	Baik	30 psi	34 °C	Baik	33 psi	35 °C	Baik
7	29 psi	32 °C	Baik	29 psi	33 °C	Baik	30 psi	34 °C	Baik	33 psi	35 °C	Baik
8	29 psi	32 °C	Baik	29 psi	34 °C	Baik	30 psi	35 °C	Baik	33 psi	35 °C	Baik
9	29 psi	33 °C	Baik	29 psi	32 °C	Baik	31 psi	34 °C	Baik	33 psi	35 °C	Baik
10	30 psi	33 °C	Baik	30 psi	32 °C	Baik	31 psi	34 °C	Baik	33 psi	35 °C	Baik

Keterangan :

P = Tekanan angin ban

T = Suhu udara

## 2. Pengujian Siang Hari

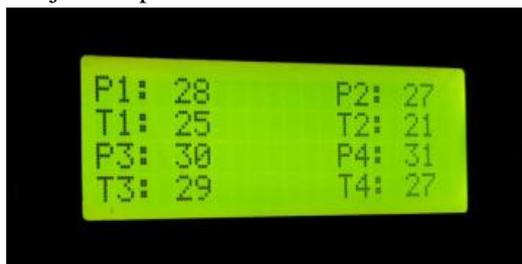
Pengujian siang hari dilakukan pukul 14.07 WIB untuk mengetahui apakah terdapat perubahan data tekanan angin ban dan suhu udara. pengujian alat dilakukan dengan berjalan sejauh ± 1 km dengan kecepatan 5-40 km/jam pada kondisi jalan rata. Hasil pengujian alat siang hari ditunjukkan pada Gambar 21.



Gambar 21. Hasil Pengujian Alat Siang Hari

## 3. Pengujian Malam Hari

Pengujian malam hari dilakukan pukul 22.08 WIB untuk mengetahui apakah terjadi perubahan tekanan angin ban dan suhu udara dengan berjalan sejauh ± 1 km dengan kecepatan 5-40 km/jam pada kondisi jalan rata. Hasil pengujian alat malam hari ditunjukkan pada Gambar 22.



Gambar 22. Hasil Pengujian Alat Malam Hari

## 5.4. Hasil Uji Fuzzy Tsukamoto Pada Alat

Data hasil pengujian yang didapatkan sebelumnya selanjutnya digunakan untuk menentukan tingkat keberhasilan alat menggunakan metode fuzzy Tsukamoto dengan hasil kuesioner dari tiga orang mekanik yang bekerja di salah satu bengkel swasta. Data hasil kuesioner mekanik digunakan sebagai data acuan untuk menentukan tingkat keberhasilan alat dalam

menentukan kondisi ban. Hasil perbandingan data pengujian alat pagi hari dan hasil kuesioner mekanik pada ban depan kanan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perbandingan Data Pengujian Pagi Hari Ban Depan Kanan

No	P1	T1	Nilai Fuzzy	Kondisi Ban	Kuesioner Mekanik	Validasi
1	29 psi	32 °C	30.5	Baik	Rendah	Salah
2	29 psi	29 °C	30.5	Baik	Rendah	Salah
3	29 psi	29 °C	30.5	Baik	Rendah	Salah
4	29 psi	33 °C	30.7	Baik	Rendah	Salah
5	29 psi	33 °C	30.7	Baik	Rendah	Salah
6	29 psi	32 °C	30.5	Baik	Rendah	Salah
7	29 psi	32 °C	30.5	Baik	Rendah	Salah
8	29 psi	32 °C	30.5	Baik	Rendah	Salah
9	29 psi	33 °C	30.7	Baik	Rendah	Salah
10	30 psi	33 °C	34	Baik	Baik	Benar

Keterangan :

P = Tekanan angin ban

T = Suhu udara

Hasil perbandingan data pengujian alat pagi hari dan hasil kuesioner mekanik pada ban depan kiri ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perbandingan Data Pengujian Pagi Hari Ban Depan Kiri

No	P2	T2	Nilai Fuzzy	Kondisi Ban	Kuesioner Mekanik	Validasi
1	29 psi	37 °C	30.5	Baik	Rendah	Salah
2	29 psi	36 °C	30.5	Baik	Rendah	Salah
3	29 psi	33 °C	30.7	Baik	Rendah	Salah
4	29 psi	34 °C	30.7	Baik	Rendah	Salah
5	29 psi	32 °C	30.5	Baik	Rendah	Salah
6	29 psi	32 °C	30.5	Baik	Rendah	Salah
7	29 psi	33 °C	30.7	Baik	Rendah	Salah
8	29 psi	34 °C	30.7	Baik	Rendah	Salah
9	29 psi	32 °C	30.5	Baik	Rendah	Salah
10	30 psi	32 °C	30.5	Baik	Baik	Benar

Keterangan :

P = Tekanan angin ban

T = Suhu udara

Hasil perbandingan data pengujian alat pagi hari dan hasil kuesioner mekanik pada ban belakang kanan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perbandingan Data Pengujian Pagi Hari Ban Belakang Kanan

No	P3	T3	Nilai Fuzzy	Kondisi Ban	Kuesioner Mekanik	Validasi
1	30 psi	32 °C	32	Baik	Baik	Benar
2	30 psi	34 °C	34	Baik	Baik	Benar
3	30 psi	34 °C	34	Baik	Baik	Benar
4	30 psi	35 °C	32	Baik	Baik	Benar
5	30 psi	34 °C	34	Baik	Baik	Benar
6	30 psi	34 °C	34	Baik	Baik	Benar
7	30 psi	34 °C	34	Baik	Baik	Benar
8	30 psi	35 °C	32	Baik	Baik	Benar
9	31 psi	34 °C	34	Baik	Baik	Benar
10	31 psi	34 °C	34	Baik	Baik	Benar

Keterangan :

P = Tekanan angin ban

T = Suhu udara

Hasil perbandingan data pengujian alat pagi hari dan hasil kuesioner mekanik pada ban belakang kiri ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perbandingan Data Pengujian Pagi Hari Ban Belakang Kiri

No	P4	T4	Nilai Fuzzy	Kondisi Ban	Kuesioner Mekanik	Validasi
1	32 psi	35 °C	32	Baik	Baik	Benar
2	32 psi	35 °C	32	Baik	Baik	Benar
3	33 psi	35 °C	32	Baik	Baik	Benar
4	33 psi	31 °C	32	Baik	Baik	Benar
5	33 psi	35 °C	32	Baik	Baik	Benar
6	33 psi	35 °C	32	Baik	Baik	Benar
7	33 psi	35 °C	32	Baik	Baik	Benar
8	33 psi	35 °C	32	Baik	Baik	Benar
9	33 psi	35 °C	32	Baik	Baik	Benar
10	33 psi	35 °C	32	Baik	Baik	Benar

### 5.5. Pembahasan

Dari pengujian yang telah dilakukan pada pagi hari, siang hari dan malam hari dengan berjalan sejauh  $\pm 1$  km dengan kecepatan 5-40 km/jam pada kondisi jalan rata, terdapat perubahan data tekanan angin ban dan suhu udara yang berubah-ubah. Untuk data tekanan angin ban, perubahan terjadi akibat muai panas ban yang menyebabkan tekanan angin pada ban meningkat. Pada suhu udara, perubahan terjadi akibat suhu lingkungan yang berubah-ubah selama pengujian berlangsung.

Dari hasil pengujian didapatkan 120 data dari pengujian yang dilakukan pada pagi hari, siang hari dan malam hari. Data tersebut dijadikan data acuan untuk menentukan tingkat keberhasilan metode *fuzzy Tsukamoto* dalam menentukan kondisi ban dengan hasil survei dari 3 orang mekanik. Dari hasil perbandingan data tersebut, diperoleh jumlah data “Benar” sebanyak 102 data dan 18 data “Salah”. Dari data tersebut diketahui tingkat keberhasilan alat dalam menentukan kondisi ban sebesar 85%. Perbedaan hasil kondisi ban pada alat dan analisa mekanik dalam menentukan kondisi ban berbeda dikarenakan tekanan standar yang ditentukan pada alat adalah sebesar 28-36 psi sedangkan pada pengujian yang dilakukan, alat diimplementasikan pada mobil Toyota Avanza dengan tekanan standar yang berkisar antara 30-33 psi.

## 6. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi dan pengujian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengiriman data tekanan angin ban dan suhu udara pada masing-masing modul sensor oleh *wireless NRF24L01 (transceiver)* dilakukan dengan memberikan ID pada masing-masing modul sensor yang terpasang pada ban untuk mempermudah *wireless NRF24L01 (receiver)* pada modul penerima dalam menerima dan memisahkan data yang ditampilkan pada modul LCD sesuai dengan ID modul sensor tanpa terjadi kesalahan.
2. Sensor MPX 5700AP dan LM35 pada masing-masing modul sensor berhasil mengirimkan data tekanan angin ban dan suhu udara melalui *wireless NRF24L01 (transceiver)* ke modul penerima serta modul penerima berhasil menerima dan menampilkan data yang dikirimkan modul sensor melalui *wireless NRF24L01 (receiver)* pada LCD dengan LED dan Buzzer sebagai indikator alat.
3. Tingkat akurasi alat menggunakan metode *fuzzy Tsukamoto* dengan hasil kuesioner dari tiga orang mekanik bengkel swasta dalam menentukan kondisi ban adalah sebesar 85% dari total 120 data dengan jumlah data benar sebanyak 102 data dan data salah sebanyak 18 data.

### 6.2. Saran

Adapun saran-saran untuk menyempurnakan kerja sistem dan pengembangan lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan komponen sensor beban yang lebih akurat untuk hasil alat yang maksimal.

2. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan untuk mengukur tekanan angin ban pada semua tipe kendaraan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Farisi, M. N. (2010). Perancangan Dan Realisasi alat Pemantau Tekanan Angin Ban Mobil Berbasis Mikrokontroler AVR. Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom.
- [2] Indra Aditya, S. (2013). Sistem Monitoring Tekanan Ban Pada Sepeda Motor Secara Nirkabel. Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer Universitas Kristen Satya Wacana.
- [3] Reifen, C. (2013). Tyre Basics Passenger Car Tyres. Deutschland GmbH.
- [4] *Arduino*. (2015). Retrieved October 15, 2016, from *Arduino*: <http://arduino.cc/en/main/arduinoBoardUno/>
- [5] *Arduino*. (2015). Retrieved October 15, 2016, from *Arduino*: <https://arduino.cc/en/main/ArduinoBoar dMega/>
- [6] Wahyudiyanto, H. (2016). Perancangan Alat Ukur Tekanan Ban Digital Berbasis Arduino Dengan Sensor MPX5700AP. Program Diploma III Metrologi Dan Instrumentasi Departemen Teknik Elektro Dan Informatika, Fakultas Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada.
- [7] Indriani, J. A. (2014). Pemanfaatan Sensor Suhu LM35 Berbasis Microcontroller ATmega 8535 pada Sistem Pengontrolan Temperatur Air Laut Skala Kecil. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.5, No.2, 183-192.
- [8] Shobrina, U. J. (2018). Analisis Kinerja Pengiriman Data Modul Transceiver NRF24L01, Xbee dan Wifi ESP8266 Pada Wireless Sensor Network. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Vol. 2, No. 4, hlm. 1510-1517.
- [9] Nugraha, I. (2017). Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Mikrokontroler Arduino Dengan Output LCD, LED dan Buzzer. JUTEKINF, Vol.3, No.2.
- [10] Kusumadewi, S., & Hartati, S. (2010). Neuro-Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy & Jaringan Syaraf Edisi 2. Yogyakarta: Graha Ilmu.