

Detektor Kecepatan Kendaraan Pada Frekuensi 10 GHz Dengan Sudut Interogator Sisi Azimuth sebesar 30°

Toto Supriyanto^{#1}, Asri Wulandari^{#2}, Muhammad Yusuf^{#3}, Arti Suryaning Tyas^{#4}, Teguh Firmansyah^{*5},
Rizky Riyandika^{*6}, dan Irma Saraswati^{*7}

[#] *Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Jakarta.*

Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Depok, Jawa Barat, Indonesia

¹toto.supriyanto@elektro.pnj.ac.id

²asri.wulandari@elektro.pnj.ac.id

³muhammadyusuf1@gmail.com

⁴artisuryaningtyas1@gmail.com

^{*} *Teknik Elektro. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.*

Jl. Jenderal Sudirman Km 3, Kotabumi, Cilegon, Banten, Indonesia.

⁵teguhfirmansyah@untirta.ac.id

⁶rizkyriyandika1@gmail.com

⁷irma.saraswati@untirta.ac.id

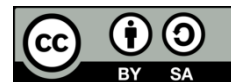
Received on 22-10-2023, revised on 26-10-2023, accepted on 31-10-2023

Abstrak

Kecelakaan lalu lintas merupakan momok menakutkan bagi mereka yang menggunakan jalan. Faktor manusia mendominasi peristiwa-peristiwa tragis ini. Sebagian besar kecelakaan disebabkan oleh perilaku pengemudi yang tidak patuh terhadap aturan, seperti mengemudi dengan kecepatan melebihi rata-rata atau batas yang ditetapkan, baik di jalan tol maupun di jalan biasa. Salah satu hambatan yang dihadapi oleh kepolisian lalu lintas dalam menegakkan hukum terkait pelanggaran kecepatan kendaraan adalah keterbatasan alat pengukur yang tersedia. Oleh karena itu, sebuah alat pendeteksi kecepatan kendaraan telah dikembangkan, yang didasarkan pada teknologi Sensor HB100 Microwave Doppler Radar. Alat ini tidak hanya efektif, tetapi juga terjangkau dari segi harga. Sensor HB100 menghasilkan keluaran sinyal sekitar ± 120 mV, sehingga memerlukan sebuah rangkaian penguat sebelum data dapat diproses oleh Arduino. Arduino digunakan untuk mengukur pergeseran Doppler dan membaca kecepatan kendaraan. Hasil pengukuran pergeseran Doppler dan kecepatan kemudian ditampilkan pada layar LCD, sementara buzzer akan memberikan peringatan jika kendaraan melebihi batas kecepatan yang ditentukan.

Keywords: Detektor, Kecepatan, Sensor HB100.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author:

*Toto Supriyanto

Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Jakarta.

Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Depok, Jawa Barat, Indonesia

Email: toto.supriyanto@elektro.pnj.ac.id

I. PENDAHULUAN

Kecelakaan lalu lintas menjadi hal yang menakutkan bagi para pengguna jalan. Setiap pengendara kendaraan harus memiliki sifat kewaspadaan yang tinggi dan pengetahuan tentang faktor-faktor penyebab kecelakaan itu sendiri. Kecelakaan lalu lintas dipengaruhi tiga faktor utama. Faktor pertama adalah manusia sendiri. Faktor kedua adalah faktor kendaraan dan faktor terakhir adalah faktor jalan. Faktor manusia merupakan faktor yang paling dominan dalam sebuah peristiwa kecelakaan lalu lintas. Sebagian besar kejadian kecelakaan disebabkan karena ulah pengemudi yang tidak mentaati peraturan atau rambu-rambu lalu lintas yang terpasang misalnya pengemudi yang memacu kendaraannya diatas kecepatan rata-rata atau

melebihi batas normal di jalan tol maupun di jalan umum, padahal peraturan kecepatan tertinggi pada setiap jalan telah ditetapkan secara nasional dan diatur dalam Undang Undang No. 22 tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan khususnya termuat dalam Pasal 287 ayat (5) terkait pelanggaran aturan batas kecepatan [1]. Salah satu kendala pihak kepolisian lalu lintas dalam proses penegakan hukum pelanggaran batas kecepatan kendaraan bermotor adalah sedikitnya ketersediaan alat pengukur batas kecepatan kendaraan bermotor pada setiap polres di seluruh Indonesia. Oleh sebab itu, penegakan hukum terhadap pelanggaran batas kecepatan oleh pihak kepolisian tidak terlaksana dengan sebagaimana mestinya. Polisi mengetahui substansi hukum aturan batas kecepatan bahwa pelanggar harus ditindak, namun upaya penindakan langsung tidak dilakukan [2].

Dengan menempatkan titik-titik pantau kecepatan di jalan yang rawan kecelakaan dan juga di pos jaga polisi, diharapkan akan membuat jera pengendara yang melewati batas kecepatan. Untuk mewujudkan ide tersebut perlu memahami teknik pengukuran dan perancangan alat pantau kecepatan yang akan dipakai, sehingga bisa digunakan oleh pihak kepolisian sebagai wujud penerapan teknologi untuk menjamin keamanan dan kesejahteraan pengguna jalan [3]. Efek Doppler adalah pergeseran frekuensi atau panjang gelombang yang diterima oleh pengamat, jika sumber suara atau gelombang tersebut bergerak relatif terhadap pengamat. Salah satu contoh peristiwa efek Doppler adalah adanya pergeseran frekuensi bunyi yang terdengar ketika sirine ambulans mendekat lalu menjauh [4]. Sebagai unit terpisah, sangat sedikit sensor yang tersedia di pasar yang bekerja pada prinsip efek Doppler untuk deteksi kecepatan. HB100 adalah salah satu sensor yang bekerja dengan prinsip Efek Doppler. Selain itu perangkat memiliki harga yang cukup murah.

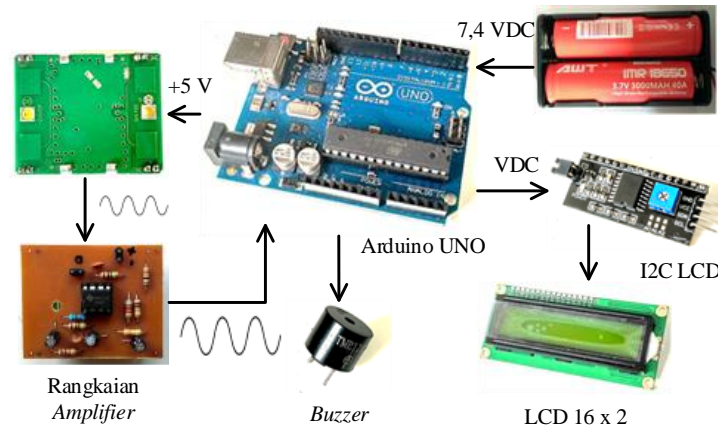
Penelitian sebelumnya mengenai perancangan pemantau kecepatan menggunakan sensor ultrasonic seperti yang dilakukan Slamet, Yamada dan Ahmad [3], [5], [6]. Dapat disimpulkan bahwa perlu adanya penampang pemantul yang datar agar sensor ini dapat bekerja dengan maksimal dan kecepatan angin sangat mempengaruhi kinerja sensor ultrasonik. Pada tahun 2015 Najibuddin merancang alat ukur kecepatan menggunakan sensor ultrasonik dengan prinsip efek Doppler. Hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa sistem masih kurang maksimal dikarenakan sensor ultrasonik bersifat fluktuatif dan juga banyak faktor yang mempengaruhi seperti suhu, kelembaban dan gaya gesek udara [7]. Dalam implementasi modul sensor *microwave* Doppler HB100 telah dipergunakan pada penelitian Adityo yang berjudul deteksi kecepatan dan jarak pada pukulan pemain golf berbasis mikrokontroler. Jarak pembacaan kecepatan kurang dari 10 cm [8].

Berdasarkan beberapa pertimbangan tersebut maka pada skripsi ini dirancang suatu alat pendeteksi kecepatan kendaraan bermotor dengan menggunakan Sensor HB100 *Microwave* Doppler Radar dengan tipe modul HB100. Frekuensi yang ditransmisikan adalah 10.525 GHz. Sebagian sinyal yang dipancarkan ini direfleksikan kembali dengan pergeseran frekuensi. Kemudian dari pergeseran frekuensi itu didapatkan nilai kecepatan kendaraan dan tanda peringatan akan berbunyi apabila kecepatan melebihi batasnya.

II. METODE PENELITIAN

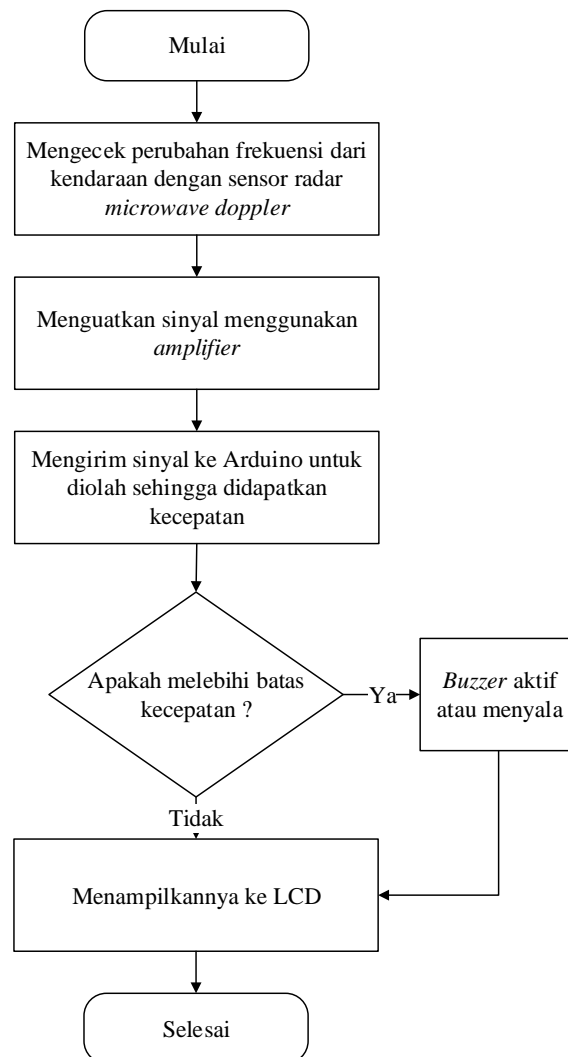
Efek Doppler untuk gelombang elektromagnetik, termasuk cahaya tampak, penting dalam astronomi. Para ahli perbintangan membandingkan panjang gelombang cahaya dari bintang yang jauh dengan panjang gelombang yang dipancarkan oleh elmen yang sama di bumi. Dalam sistem bintang kembar saat dua bintang mengorbit mengelilingi pusat massa bersamanya, cahaya digeserkan oleh efek Doppler ke frekuensi yang lebih tinggi bila sebuah bintang bergerak menuju seorang pengamat di bumi dan digeserkan ke frekuensi yang lebih rendah bila bintang itu bergerak menjauhi pengamat di bumi. Pengukuran pergeseran frekuensi itu mengungkapkan informasi bentuk orbit dan massa bintang yang membentuk sistem kembar tersebut [8].

Sensor HB100 merupakan bagian utama dari sistem ini. Sensor ini mengamati kendaraan yang bergerak dan menghasilkan sinyal keluaran sinusoidal, cara kerja dari modul sensor ini yaitu osilator mengeluarkan sinyal sinusoidal dengan frekuensi 10,525 GHz dan memancarkan sinyal ke objek dengan menggunakan sepasang antena *patch microstrip*. Antena pengirim memancarkan sinyal tersebut ke kendaraan yang bergerak dan sinyal pantulan diterima kembali oleh antena penerima sehingga menimbulkan pergeseran frekuensi sesuai prinsip Doppler. *Mixer* menghasilkan sinyal yang merupakan perbedaan antara sinyal yang ditransmisikan dengan sinyal yang diterima. Gambar 1 memperlihatkan ilustrasi blok diagram.



Gambar 1. Ilustrasi blok diagram

Keluaran sinyal dari sensor ini adalah berkisaran mV sehingga membutuhkan suatu rangkaian *amplifier* sebelum diproses pada Arduino. Arduino akan mengukur frekuensi pergeseran Doppler dan menghitung kecepatan kendaraan dari nilai frekuensi tersebut. Hasil pembacaan kecepatan akan ditampilkan pada panel LCD dan *buzzer* akan aktif/berbunyi apabila kendaraan melebihi batas kecepatan yang telah ditentukan. Gambar 2 memperlihatkan *flowchart* alur kerja alat.

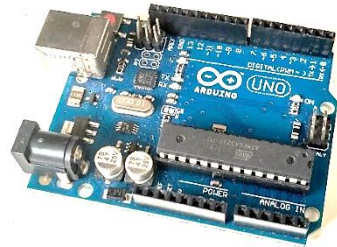


Gambar 2. *Flowchart* alur kerja alat

Rancang bangun pada bagian ini menjelaskan beberapa kegunaan komponen yang digunakan sebagai komponen utama untuk membangun sebuah sistem yang dirancang. Beberapa perangkat keras yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu:

1. Arduino Uno

Arduino Uno seperti yang terlihat pada Gambar 3.5 adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega328P. *Board* ini memiliki 14 *pin* digital yaitu 6 *pin* dapat digunakan sebagai *output* PWM (*Pulse Width Modulation*), 6 *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB (*Universal Serial Bus*), konektor sumber tegangan, *header* ICSP (*In Circuit Serial Programming*) dan tombol *reset*. Arduino Uno dibangun berdasarkan apa yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler.



Gambar 3. Arduino Uno

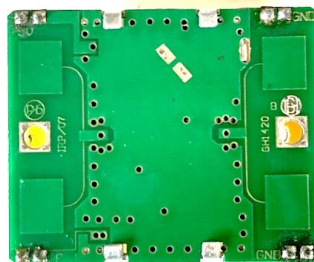
Arduino Uno berfungsi sebagai mikrokontroler yang digunakan untuk mengelola data dari keluaran sensor dan instrumen yang akan digunakan. Arduino dipilih karena selain mudah digunakan, juga harganya yang lebih terjangkau. Spesifikasi dari Arduino Uno yang digunakan, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Arduino Uno

Karakteristik mikrokontroler	ATmega328
Tegangan pengoperasian	5V
Tegangan <i>input</i> yang disarankan	7 - 12 V (Rekomendasi)
Batas tegangan <i>input</i>	6 - 20 V
Jumlah <i>input</i> I/O digital	14 pin (6 pin untuk PWM)
Jumlah <i>pin input</i> analog	6 pin
Arus DC tiap <i>pin</i> I/O	40 mA
Arus DC tiap <i>pin</i> 3,3 V	50 mA
Memori Flash	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
<i>Clock Speed</i>	16 Mhz

2. Sensor Radar *Microwave* Doppler (Sensor HB 100)

HB100 *Miniature Microwave* Sensor adalah modul *transceiver X-Band Bi-static* Doppler yang terdiri dari DRO (*Dielektrik Resonator Oscillator*) dan sepasang antena *microstrip patch* (antena pemancar/Tx dan antena penerima/Rx) serta *microwave mixer*, sehingga perangkat pada Gambar 4 sensor HB100 sudah memenuhi kriteria ideal untuk digunakan dalam deteksi gerak dan kecepatan.



Gambar 4. Sensor HB100

Osilator mengeluarkan sinyal sinusoidal yang berfrekuensi 10,525 Ghz dan memancarkan sinyal melalui antenna *microstrip patch*. Sinyal tersebut mengenai kendaraan yang bergerak dan dipantulkan kembali ke sensor dengan pergeseran frekuensi sesuai prinsip Doppler. *Mixer* menghasilkan sinyal yang merupakan perbedaan antara sinyal yang dikirim dan yang diterima dan frekuensi dari sinyal *output* sebanding dengan kecepatan kendaraan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Jarak 3 m

Pengukuran pada jarak 3 m dengan sudut sebesar 30° dilakukan sebagai pembandingan nilai kecepatan yang terbaca pada alat dengan kecepatan pada *speedometer*. Pada pengukuran kecepatan antar alat dengan objek pada jarak 3 m dengan sudut sebesar 30° diperoleh data yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Data Pembacaan Kecepatan Pada Sudut 30° dan Jarak 3 m

Kecepatan (km/h)		Frekuensi Doppler (Hz)	Selisih Pengukuran	% Kesalahan	Rata – Rata Kesalahan
<i>Speedometer</i>	Alat				
20	20,3	343	0,3	1,5	4,0
20	21,3	377	1,3	6,5	
30	31,4	530	1,4	4,7	5,0
30	28,4	470	1,6	5,3	
40	40,6	686	0,6	1,5	3,4
40	42,1	710	2,1	5,3	
Rata-Rata					4,1

Berdasarkan Tabel 2 diperoleh data berupa kecepatan (km/h) dari hasil pengukuran alat terhadap *speedometer* yang terdapat pada sebuah sepeda motor yang memiliki persentase kesalahan terbesar yaitu 6,5 % dengan nilai pergeseran frekuensi Doppler sebesar 377 Hz pada kecepatan 20 km/h di *speedometer* dan 21,3 km/h yang terbaca di alat. Persentase kesalahan terkecil terdapat pada saat kecepatan pada *speedometer* 20 km/h dan 40 km/h yaitu sebesar 1,5 % dengan hasil perbandingan yang terukur dari alat dan *speedometer* yaitu 20,3 km/h dan 20 km/h dengan nilai pergeseran frekuensi Doppler sebesar 343 Hz dan pada kecepatan 40,6 km/h dan 40 km/h dengan nilai pergeseran frekuensi Doppler sebesar 686 Hz. Pada jarak 3 m dengan sudut sebesar 30° memiliki nilai rata-rata kesalahan terbesar pada pengukuran kecepatan 30 km/h sebesar 5,0 % sedangkan nilai rata-rata kesalahan terkecil sebesar 3,4 % pada pengukuran kecepatan 40 km/h. Nilai rata-rata kesalahan keseluruhan pada jarak 3 m dengan sudut sebesar 30° yaitu 4,1 %.

b. Jarak 4 m

Pengukuran pada jarak 4 m dengan sudut sebesar 30° dilakukan sebagai pembandingan nilai kecepatan yang terbaca pada alat dengan kecepatan pada *speedometer*. Sama halnya dengan pengukuran pada jarak antar objek sejauh 3 m didapatkan data perbandingan kecepatan yang ada pada *speedometer* dengan kecepatan yang diperoleh dari pengukuran alat. Pada pengukuran kecepatan antar alat dengan objek pada jarak 4 m dengan sudut sebesar 30° diperoleh data yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Data Pembacaan Kecepatan Pada Sudut 30° dan Jarak 4 m

Kecepatan (km/h)		Frekuensi Doppler (Hz)	Selisih Pengukuran	% Kesalahan	Rata – Rata Kesalahan
<i>Speedometer</i>	Alat				
20	19,7	332	0,3	1,5	1,3
20	20,2	341	0,2	1,0	
30	31,6	534	1,6	5,3	4,0
30	30,8	547	0,8	2,7	
40	39,2	662	0,8	2,0	2,7
40	41,4	699	1,4	3,5	
Rata-Rata					2,7

Berdasarkan Tabel 3 diperoleh data berupa kecepatan (km/h) dari hasil pengukuran alat terhadap *speedometer* yang terdapat pada sebuah sepeda motor yang memiliki persentase kesalahan terbesar yaitu 5,3 % dengan nilai pergeseran frekuensi Doppler sebesar 534 Hz pada kecepatan 30 km/h di *speedometer* dan 31,6 km/h yang terbaca di alat. Persentase kesalahan terkecil terdapat pada saat kecepatan pada *speedometer* 20 km/h yaitu sebesar 1,0 % dengan hasil perbandingan yang terukur dari alat dan *speedometer* yaitu 20,2 km/h dan 20 km/h dengan nilai pergeseran frekuensi Doppler sebesar 341 Hz. Pada jarak 4 m dengan sudut sebesar 30° memiliki nilai rata-rata kesalahan terbesar pada pengukuran kecepatan 30 km/h sebesar 4,0 % sedangkan nilai rata-rata kesalahan terkecil sebesar 1,3 % pada pengukuran kecepatan 20 km/h. Nilai rata-rata kesalahan keseluruhan pada jarak 4 m dengan sudut sebesar 30° yaitu 2,7 %.

c. Jarak 5 m

Pengukuran pada jarak 5 m dengan sudut sebesar 30° dilakukan sebagai pembandingan nilai kecepatan yang terbaca pada alat dengan kecepatan pada *speedometer*. Sama halnya dengan pengukuran pada jarak antar objek sejauh 3 m dan 4 m sehingga didapatkan data perbandingan kecepatan yang ada pada *speedometer* dengan kecepatan yang diperoleh dari pengukuran alat. Pada pengukuran kecepatan antar alat dengan objek pada jarak 5 m dengan sudut sebesar 30° diperoleh data yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil data pembacaan kecepatan pada sudut 30° dan jarak 5 m

Kecepatan (km/h)		Frekuensi Doppler (Hz)	Selisih Pengukuran	% Kesalahan	Rata – Rata Kesalahan
<i>Speedometer</i>	Alat				
20	22,7	384	2,7	13,5	7,5
20	20,3	343	0,3	1,5	
30	27,5	464	2,5	8,3	10,0
30	33,5	565	3,5	11,7	
40	41,3	697	1,3	3,2	7,4
40	44,6	753	4,6	11,5	
Rata-Rata					8,3

Berdasarkan Tabel 4 diperoleh data berupa kecepatan (km/h) dari hasil pengukuran alat terhadap *speedometer* yang terdapat pada sebuah sepeda motor yang memiliki persentase kesalahan terbesar yaitu 13,5 % dengan nilai pergeseran frekuensi Doppler sebesar 384 Hz pada kecepatan 20 km/h di *speedometer* dan 22,7 km/h yang terbaca. Persentase kesalahan terkecil terdapat pada saat kecepatan pada *speedometer* 20 km/h pula yaitu sebesar 1,5 % dengan hasil perbandingan yang terukur dari alat dan *speedometer* yaitu 20,3 km/h dan 20 km/h dengan nilai pergeseran frekuensi Doppler sebesar 343 Hz. Pada jarak 5 m dengan sudut sebesar 30° memiliki nilai rata-rata kesalahan terbesar pada pengukuran kecepatan 30 km/h sebesar 10,0 % sedangkan nilai rata-rata kesalahan terkecil sebesar 7,4 % pada pengukuran kecepatan 40 km/h. Nilai rata-rata kesalahan keseluruhan pada jarak 5 m dengan sudut sebesar 30° yaitu 8,7 %.

d. Jarak 6 m

Pengukuran pada jarak 6 m dengan sudut sebesar 30° dilakukan sebagai pembandingan nilai kecepatan yang terbaca pada alat dengan kecepatan pada *speedometer*. Sama halnya dengan pengukuran pada jarak antar objek sejauh 3 m, 4 m dan 5 m bahwa didapatkan data perbandingan kecepatan yang ada pada *speedometer* dengan kecepatan yang diperoleh dari pengukuran alat. Pada pengukuran kecepatan antar alat dengan objek pada jarak 6 m dengan sudut sebesar 30° diperoleh data yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Data Pembacaan Kecepatan Pada Sudut 30° dan Jarak 6 m

Kecepatan (km/h)		Frekuensi Doppler (Hz)	Selisih Pengukuran	% Kesalahan	Rata – Rata Kesalahan
<i>Speedometer</i>	Alat				
20	21,1	356	1,1	5,5	10,0
20	22,9	386	2,9	14,5	
30	31,8	537	1,8	6,0	4,7
30	29	489	1	3,3	
40	37,3	629	2,7	6,8	6,3
40	37,7	636	2,3	5,7	
Rata-Rata					7,0

Berdasarkan Tabel 5 diperoleh data berupa kecepatan (km/h) dari hasil pengukuran alat terhadap *speedometer* yang terdapat pada sebuah sepeda motor yang memiliki persentase kesalahan terbesar yaitu 14,5 % dengan nilai pergeseran frekuensi Doppler sebesar 386 Hz pada kecepatan 20 km/h di *speedometer* dan 22,9 km/h yang terbaca di alat. Persentase kesalahan terkecil terdapat pada saat kecepatan pada *speedometer* 30 km/h yaitu sebesar 3,3 % dengan hasil perbandingan yang terukur dari alat dan *speedometer* yaitu 29,0 km/h dan 30 km/h dengan nilai pergeseran frekuensi Doppler sebesar 489 Hz. Pada jarak 6 m dengan sudut sebesar 30° memiliki nilai rata-rata kesalahan terbesar pada pengukuran kecepatan 20 km/h sebesar 10,0 % sedangkan nilai rata-rata kesalahan terkecil sebesar 4,7 % pada pengukuran kecepatan 30 km/h. Nilai rata-rata kesalahan keseluruhan pada jarak 6 m dengan sudut sebesar 30° yaitu 7,0 %.

IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini berhasil dirancang sensor HB100 microwave doppler radar yang diimplementasikan untuk alat pendeteksi kecepatan kendaraan bermotor dapat bekerja dengan baik mampu membaca kecepatan kendaraan yang melintas. Arduino digunakan untuk mengukur pergeseran Doppler dan membaca kecepatan kendaraan. Hasil pengukuran pergeseran Doppler dan kecepatan kemudian ditampilkan pada layar LCD, sementara buzzer akan memberikan peringatan jika kendaraan melebihi batas kecepatan yang ditentukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Politeknik Negeri Jakarta [Nomor SPK : 384/PL3.18/PT.00.06/2023]

REFERENSI

- [1] *Undang Undang Republik Indonesia Nomor 22. 2009.*
- [2] H. T. Hidayat, "Kebijakan Hukum Pidana Terhadap Pengaturan Pelanggaran Batas Kecepatan Kendaraan Bermotor dan Penegakan Hukumnya," 2017.
- [3] S. Hani, "Sensor Ultrasonik SRF05 sebagai Memantau Kecepatan Kendaraan Bermotor," *J. Teknol.*, vol. 3, no. 2, pp. 120–128, 2010.
- [4] D. C. Giancoli, *Fisika Jilid 1 Edisi Kelima*, 5th ed. Jakarta: Erlangga, 2001.
- [5] Y. M. Kaniza, "Purwarupa Sensor Ultrasonik SRF04 sebagai Pemantau Kecepatan Dua Arah Kendaraan Bermotor Berbasis Arduino UNO R3," 2011.
- [6] A. S. Syifa, "Purwarupa Pendeteksi Kecepatan Kendaraan dengan Sensor Ultrasonik SRF05 Berbasis Arduino UNO R3," 2014.
- [7] N. Habibi and I. Sucahyo, "Perancangan Alat Ukur Kecepatan Menggunakan Sensor Ultrasonik dan Prinsip Efek Doppler," *Inov. Fis. Indones.*, vol. 04, no. 03, pp. 48–54, 2015.
- [8] H. D. Young, *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh Jilid 2*, Kesepuluh. Jakarta: Erlangga, 2003.