BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi kontemporer telah meningkatkan adopsi sistem pemantauan tekanan ban atau *Tire Pressure* Monitoring *System* (TPMS) sebagai salah satu komponen penting dalam keselamatan berkendara. Data dari *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA) mengungkapkan bahwa sekitar seperempat total kecelakaan kendaraan di Amerika Serikat disebabkan oleh ketidaksesuaian tekanan ban [1], [2]. Fenomena ini juga terjadi di Indonesia, kesadaran masyarakat Indonesia dalam memantau tekanan dan suhu ban secara rutin telah menjadi perhatian serius, mengingat dampaknya yang signifikan terhadap keselamatan berkendara. Data dari Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) menunjukkan bahwa sekitar 80 persen kecelakaan di jalan tol disebabkan oleh pecah ban akibat tekanan udara yang kurang [3]. Dengan mempertimbangkan data dan temuan tersebut, jelas bahwa peningkatan kesadaran dan edukasi mengenai pemantauan tekanan dan suhu ban sangat penting untuk meningkatkan keselamatan berkendara di Indonesia.

Sebagai langkah untuk mengatasi hal tersebut, dibutuhkan sebuah sensor untuk mendeteksi tekanan dan suhu ban secara *real-time* sebagai langkah untuk monitoring pada pengemudi. Secara komersial, mayoritas sistem TPMS yang beredar saat ini mengimplementasikan protokol komunikasi berbasis *Radio Frequency* (RF) pada spektrum 433 MHz [4]. Walaupun menawarkan kelebihan dalam hal cakupan transmisi, pendekatan ini memiliki beberapa kelemahan mendasar, termasuk keterbatasan dalam integrasi dengan ekosistem perangkat pintar serta nilai ekonomis yang kurang kompetitif. Sebagian produk TPMS generasi terbaru telah mulai menerapkan teknologi *Bluetooth*, namun tetap menghadapi kendala signifikan terkait akurasi pengukuran dan kebutuhan akan perangkat penerima eksternal yang terpisah dari sistem utama kendaraan [5].

Kemudian, salah satu pendekatan [6] melalui rancangan *Wireless Tyre Pressure* Monitoring *System* (WTPMS) yang mengintegrasikan sensor tekanan, modul nirkabel, sistem pendinginan, serta pengisian daya secara nirkabel. Sistem ini dirancang untuk memberikan informasi tekanan ban secara *real-time* kepada pengemudi melalui tampilan pada *dashboard* kendaraan. Lalu, sistem pemantauan tekanan ban berbasis Android untuk kendaraan roda dua yang memantau tekanan ban secara *real-time* melalui aplikasi Android, sehingga memungkinkan deteksi dini terhadap tekanan yang tidak sesuai dan secara langsung membantu mengurangi risiko kecelakaan akibat ban kempis atau pecah [7].

Sebagai solusi atas permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan TPMS berbasis mikrokontroler ESP32-C3 yang dikombinasikan dengan sensor MS5803-14BA. ESP32-C3 dipilih karena merupakan mikrokontroler yang kecil dan kompak, yang tidak hanya mengoptimalkan tetapi juga memfasilitasi integrasi dengan perangkat *mobile* dan mendukung protokol komunikasi ESP-NOW [8]. Adapun sensor MS5803-14BA dipilih berdasarkan kemampuannya dalam melakukan pengukuran presisi pada rentang tekanan hingga 14 bar, dilengkapi dengan fungsi pengukuran suhu secara *real-time* yang menjadi komponen krusial dalam pemantauan kondisi ban [9].

Integrasi antara ESP32-C3 dan MS5803-14BA menawarkan solusi TPMS dengan konsumsi daya yang optimal dan fleksibilitas tinggi. Pemanfaatan protokol BLE (*Bluetooth Low Energy*) memungkinkan transmisi data tekanan dan suhu ban secara langsung ke *dashboard* monitoring pengguna tanpa membutuhkan perangkat penerima khusus. Sistem ini juga dilengkapi dengan fitur notifikasi *real-time* yang akan mengingatkan pengemudi ketika parameter ban melebihi *threshold* yang telah ditetapkan. Implementasi tersebut tidak hanya meningkatkan aspek keselamatan berkendara tetapi juga memberikan efisiensi dalam hal biaya perawatan ban.

Evaluasi terhadap sistem TPMS komersial yang tersedia menunjukkan bahwa implementasi berbasis ESP32-C3 menawarkan beberapa kelebihan kompetitif. Pendekatan ini menyediakan adaptasi tinggi dalam pengembangan *firmware*, memungkinkan kustomisasi sesuai kebutuhan spesifik pengguna. Dari aspek ekonomi, solusi ini juga menjanjikan efisiensi biaya produksi yang signifikan dibandingkan produk komersial sejenis. Melalui inovasi tersebut, TPMS berbasis ESP32-C3 dan MS5803-14BA diharapkan dapat menjadi pilihan yang lebih ekonomis, berdaya guna, dan aplikatif dalam mendukung peningkatan standar keselamatan berkendara secara komprehensif.

1.2 Rumusan Masalah dan Solusi

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, permasalahan utama dalam penelitian ini dirumuskan secara ringkas sebagai berikut:

1. Untuk mengatasi tantangan pengukuran tekanan dan suhu ban secara akurat dengan konsumsi daya minimal, digunakan sensor MS5803-14BA yang presisi dan hemat energi.
2. Guna menghindari ketergantungan pada perangkat *receiver* khusus dalam pengiriman data *real-time*, digunakan mikrokontroler ESP32-C3 dengan protokol ESP-NOW yang efisien dan langsung ke perangkat pengguna.
3. Untuk menyederhanakan arsitektur sistem dan mempermudah implementasi, seluruh komponen diintegrasikan dalam satu prototipe berbasis ESP32-C3 yang ringkas dan andal.

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan sistem TPMS berbasis ESP32-C3 yang mampu memantau tekanan dan suhu ban secara *real-time* melalui integrasi sensor dan protokol ESP-NOW untuk transmisi data.
2. Mengukur kinerja transmisi ESP-NOW, yaitu suhu dan tekanan, serta menguji ketahanan operasional dalam berbagai kondisi lingkungan.

1.4 Batasan Masalah

Pengembangan prototipe TPMS ini memiliki beberapa batasan yang menjadi fokus utama. Antara lain:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada pembuatan prototipe perangkat TPMS, bukan produk akhir yang siap dipasarkan.
2. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32-C3 sebagai otak utama, dengan memanfaatkan teknologi ESP-NOW untuk mengirim data tekanan dan suhu ban melalui pemantauan komputer.
3. Sistem ini masih dalam tahap pengembangan penggunaan protokol ESP-NOW, belum ada uji daya baterai dan ketahanan daya sistem.

1.5 Penjadwalan Kerja

Sebagai panduan pelaksanaan penelitian, seluruh tahapan kerja telah diorganisasikan dalam bentuk jadwal terstruktur yang mencakup periode Juli hingga April. Tabel 1.1 berikut memvisualisasikan alokasi waktu untuk setiap aktivitas penelitian dalam enam bulan terakhir yang sekaligus juga dalam aktivitas magang, mulai dari persiapan bahan, pengembangan prototipe, pengujian sistem, hingga penyusunan laporan akhir. Penjadwalan ini dirancang untuk memastikan keselarasan antara target pencapaian dan *timeline* yang telah ditetapkan, sekaligus menjadi acuan bagi mahasiswa dan pembimbing dalam memantau progres penelitian. Berikut ini adalah pemaparan jadwal pelaksanaan kerja:

Tabel 1. 1 Jadwal Pelaksanaan Kerja

NO	Deskripsi Kerja	Oktober				November				Desember				Januari				Februari				Maret			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi literature																								
2	Analisa kebutuhan																								
3	Perancangan																								
4	Implementasi																								
5	Pengujian																								
6	Dokumentasi																								
7	Laporan & jurnal																								