

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Sepanjang tahun 2023, tercatat sebanyak 148.307 kecelakaan lalu lintas di seluruh Indonesia. Dari jumlah tersebut, sepeda motor menjadi penyumbang terbesar dengan 138.075 kejadian, atau sekitar 70,5% dari total kecelakaan sepanjang tahun tersebut. Jika dibandingkan dengan data kecelakaan sepeda motor pada tahun 2022 yang berjumlah 128.123 kejadian, terjadi peningkatan sebesar 9.952 kecelakaan. Kondisi tersebut menunjukkan adanya urgensi dalam penanganan keselamatan berkendara, mengingat setiap kecelakaan tidak hanya berdampak pada kerugian materi dan fisik bagi pengendara, tetapi juga berisiko menyebabkan kehilangan nyawa serta kerugian bagi pengguna jalan lainnya (Muhammad & Maulana, 2024).

Tingginya angka kecelakaan lalu lintas tersebut tidak terlepas dari berbagai faktor penyebab, baik yang berasal dari kondisi kendaraan, lingkungan, maupun faktor manusia (*human error*). Di antara berbagai faktor tersebut kondisi fisiologis pengendara yang tidak bugar, seperti kelelahan dan rasa kantuk menjadi salah satu penyebab yang signifikan namun sering diabaikan, menjadi penyebab signifikan yang sering diabaikan. Penurunan kondisi fisik umumnya terjadi akibat durasi berkendara yang lama atau kondisi kesehatan yang sedang tidak optimal, sehingga secara langsung menurunkan tingkat kewaspadaan dan waktu reaksi pengendara (Sari & Jannsariah, 2021).

Secara klinis, tingkat kesadaran dan kesiapan fisik seseorang dapat dipantau melalui parameter vital seperti detak jantung (BPM) dan saturasi oksigen darah (SpO₂). Penurunan kadar oksigen dalam tubuh (hipoksia) serta fluktuasi detak jantung yang abnormal merupakan indikator awal terjadinya kelelahan kronis. Penurunan suplai oksigen ke otak akibat kondisi tersebut dapat berdampak pada menurunnya konsentrasi hingga hilangnya kesadaran sesaat di luar kendali sadar pengemudi (Wahyudi et al., 2022).

Dampak paling kritis dari penurunan parameter fisiologis detak jantung dan saturasi oksigen adalah munculnya fenomena *microsleep*, yaitu kondisi kehilangan

kesadaran secara singkat yang sering kali tidak disadari oleh pengendara. Namun, risiko keselamatan tidak hanya terbatas pada fase tidur singkat tersebut, kondisi tubuh yang tidak bugar akibat hipoksia juga secara signifikan memperlambat waktu reaksi dan kemampuan motorik pengendara dalam mengambil keputusan. Fatalnya risiko kecelakaan yang ditimbulkan oleh kelelahan menjadikannya masalah serius yang memerlukan sistem deteksi dini untuk memantau ambang batas kondisi fisik pengendara secara *real-time* (Moorjani et al., 2021).

Mengingat besarnya risiko tersebut, helm sebagai perangkat keselamatan wajib bagi pengendara sepeda motor memegang peranan krusial. Secara fungsional, penggunaan helm pada umumnya ditujukan sebagai pelindung pasif guna mengurangi risiko cedera kepala apabila terjadi benturan. Namun, helm konvensional masih memiliki keterbatasan karena belum mampu mengantisipasi faktor kesalahan manusia yang bersifat fisiologis, seperti kelelahan atau kantuk, sebelum kecelakaan terjadi. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kebutuhan akan inovasi helm pintar yang mampu memberikan intervensi aktif berdasarkan pemantauan kondisi fisik pengendara (Prasetya et al., 2025)

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Pasal 106 ayat (8). Helm yang memenuhi SNI merujuk pada SNI 1811:2007, yaitu helm yang dirancang khusus untuk pengendara sepeda motor roda dua dengan konstruksi material yang kuat dan tahan terhadap benturan. Helm SNI memiliki cangkang luar berbahan non-logam yang mampu menyerap energi benturan, dilengkapi lapisan peredam benturan minimal setebal 10 mm, serta tali pengikat dagu selebar minimal 20 mm yang mampu menahan beban statis hingga 150 N. Selain itu, helm SNI harus memiliki sudut pandang minimal 105° secara horizontal agar tidak mengganggu visibilitas pengendara. Helm yang lolos uji mutu sesuai standar wajib diberikan tanda berupa label atau stiker SNI pada bagian luar helm sebagai bukti kelayakan dan kepatuhan terhadap standar keselamatan nasional (Romadhan, 2022).

Meskipun helm yang memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) telah dirancang untuk memberikan perlindungan optimal terhadap kepala, secara teknis helm konvensional pada umumnya masih bersifat pasif. Perlindungan yang diberikan hanya terbatas pada penyerapan energi benturan mekanis melalui material

cangkang dan lapisan peredam. Kelemahan utama dari helm konvensional adalah ketiadaan sistem pemantauan kondisi biologis pengendara secara *real-time*. Helm standar tidak memiliki kemampuan untuk memberikan peringatan dini berbasis parameter fisiologis, sehingga pengendara sering kali tidak menyadari penurunan tingkat kesadaran mereka sendiri saat kelelahan melanda. Tanpa adanya integrasi sensor yang mampu mendeteksi tanda-tanda vital secara aktif, helm gagal menjalankan peran preventif dalam mencegah kecelakaan yang disebabkan oleh faktor internal pengendara itu sendiri (Siddhi et al., 2025).

Lebih jauh lagi, keterbatasan helm konvensional tidak hanya terletak pada aspek pemantauan kondisi pengendara, tetapi juga pada ketiadaan sistem respons darurat yang terintegrasi. Ketika kecelakaan terjadi di lokasi terpencil atau minim saksi, helm standar tidak dilengkapi mekanisme apapun yang dapat secara otomatis mengirimkan sinyal darurat maupun data koordinat lokasi kejadian kepada pihak yang dapat memberikan pertolongan. Di samping itu, helm konvensional juga tidak memiliki kapabilitas untuk memantau parameter risiko pengendara secara berkelanjutan, seperti tingkat kewaspadaan, variabilitas detak jantung yang secara signifikan berkontribusi terhadap peningkatan potensi kecelakaan. Dengan demikian, pengembangan helm cerdas berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mengintegrasikan teknologi penginderaan multisensor dan sistem komunikasi otomatis merupakan suatu kebutuhan mendesak guna mewujudkan ekosistem keselamatan berkendara yang lebih proaktif dan komprehensif bagi pengendara sepeda motor (Agustina et al., 2020).

Hasil penelitian relevan sebelumnya yang sesuai dengan penelitian ini yang pertama dilakukan oleh (Tamam et al., 2022) dari Universitas Muhammadiyah Purwokerto dengan judul "Perencanaan dan Pembuatan Sistem Deteksi Tingkat Kelelahan Pada Pengemudi Kendaraan Bermotor". Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membangun sebuah sistem pemantauan saturasi oksigen (SpO2) dan detak jantung yang berfungsi sebagai indikator objektif untuk mendeteksi tingkat kelelahan pengemudi guna meminimalisir risiko kecelakaan lalu lintas. Perangkat dikembangkan menggunakan komponen utama berupa sensor *pulse oximetry* yang diintegrasikan dengan sistem pengkondisian sinyal, termasuk penguat operasi (OP-AMP) dan *Low Pass Filter* (LPF) untuk memproses sinyal infra merah dari aliran

darah. Metode pengambilan data dilakukan secara *non-invasive* dengan menempatkan sensor pada pergelangan tangan pengemudi untuk merekam fluktuasi volume darah secara *real-time*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi, dengan rata-rata persentase kesalahan (*error*) hanya sebesar 1,08% untuk pengukuran detak jantung dan 0,81% untuk saturasi oksigen.

Penelitian relevan yang kedua adalah hasil penelitian yang dilakukan oleh (Sitorus, 2022) dari Universitas Sriwijaya dengan judul “Rancang Bangun Helm Pencegah Kantuk dengan Getaran dan Alarm Pendeteksi Bahaya Pencurian Berbasis IoT”. Pada penelitian tersebut, sistem dirancang menggunakan sensor MAX30100 yang dihubungkan dengan mikrokontroler dan ditanamkan pada helm yang bertujuan memberikan peringatan dini kepada pengendara melalui deteksi denyut nadi menggunakan sensor MAX30100, yang digunakan untuk menentukan kondisi denyut nadi pengendara dalam kategori normal atau tidak normal. Apabila pengendara mengalami rasa kantuk dan kelelahan, denyut nadi cenderung mengalami penurunan intensitas. Hasil pendeteksian denyut nadi ditampilkan pada aplikasi Blynk melalui layar *smartphone*, serta buzzer pada helm akan memberikan respons berupa getaran dan bunyi ketika terjadi penurunan denyut nadi. Hasil pendeteksian denyut nadi yang dideteksi ditampilkan di aplikasi Blynk melalui layar *smartphone* serta *buzzer* pada helm akan merespon getar dan bunyi apabila denyut nadi mengalami penurunan.

Penelitian relevan yang ketiga adalah hasil penelitian yang dilakukan oleh (Utama et al., 2022) dari UIN Maulana Malik Ibrahim Malang dengan judul “Rancang Bangun Helm Pendeteksi Denyut Nadi dan Pembaca doa Perjalanan”. Pada penelitian ini menawarkan usulan implementasi sistem kontroller yang diintegrasikan dengan helm SNI. Sistem kontroler dilengkapi dengan sensor denyut nadi, *vibration motor* dan pengeras suara. Sistem akan memutar doa akan bepergian ketika tali pengaman helm dipasang atau dikunci dengan benar. Sensor diletakkan pada pengait dibagian leher untuk deteksi denyut nadi, kemudian sistem akan merekam dan mengakumulasi setiap menit denyut nadi. Sistem akan mendeteksi apabila nilai denyut nadi berada dibawah atau diatas ambang batas normal dan sistem akan mengaktifkan *vibration motor* guna memberikan peringatan

pengemudi yang mengenakan helm tersebut. Pengujian perangkat dan sistem kontrol pada helm berfungsi dengan baik. Uji coba helm terhadap 5 pengendara sepeda motor dilakukan 5 kali dengan rentang waktu setiap uji coba 179 menit juga berjalan dengan lancar sistem dapat menyimpan log data nadi selama berkendara dan ketika mendeteksi denyut nadi diluar nilai normal maka helm akan mengeluarkan getaran yang membuat pengendara mendapatkan peringatan dini.

Penelitian relevan yang keempat adalah hasil penelitian yang dilakukan oleh (Adi Nugroho et al., 2023) dari Institut Teknologi Nasional Malang dengan judul “Rancang Bangun Helm Peringatan Kelelahan Pengemudi Sepeda Motor”. Sistem pada penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kesadaran pengendara sepeda motor yang lelah dan mengantuk saat berkendara dengan memberikan peringatan berupa kebisingan di area kepala. Menggunakan *gyroscope* sebagai sensor utama dengan menerapkan sistem counter. Jika pengendara motor dalam posisi mengantuk akan menganggukan kepala beberapa kali dengan sudut kemiringan tertentu maka sensor *gyroscope* akan mendeteksi bahwa pengendara tersebut dalam kondisi mengantuk, dan sistem akan mengaktifkan *output* yang berupa *Buzzer* yang terdapat di kepala, serta LED, dan LCD yang terdapat di sepeda motor sebagai tampilan untuk memberikan peringatan kepada pengemudi sepeda motor agar beristirahat.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka diperlukan suatu inovasi helm cerdas (*Smart Helm*) yang dipasang pada helm yang tidak hanya melindungi secara pasif namun juga mampu mendeteksi dan memberi peringatan adanya kondisi mengantuk pada pengendara secara *real-time*. Dengan Judul “Rancang Bangun *Smart Helm* Untuk Pengendara Motor Berbasis Mikrokontroler” yang terdiri dari dua sensor yaitu sensor denyut nadi dan sensor saturasi oksigen yang akan didesain pada helm dan terhubung ke ESP32. Tujuannya adalah untuk memperingatkan pengendara sejak dini. Sistem yang dibangun merupakan bentuk pengukuran detak jantung BPM (*Beat Per Minute*) dan saturasi oksigen dalam darah SpO2 (*Peripheral Oxygen Saturation*) atau saturasi oksigen perifer yang akan digunakan untuk mendeteksi tingkat kelelahan pengemudi kendaraan bermotor (Wahyudi et al., 2022; Tamam et al., 2022).

Pemilihan parameter detak jantung (BPM) dan saturasi oksigen (SpO₂) didasarkan pada signifikansinya sebagai indikator vital kondisi fisiologis manusia secara *real-time*. BPM berfungsi untuk mendeteksi tingkat stres fisik dan kelelahan; detak jantung yang melambat secara abnormal dapat mengindikasikan kantuk berat, sementara detak jantung yang terlalu cepat (takikardia) dapat menjadi tanda stres atau serangan jantung mendadak. Di sisi lain, SpO₂ digunakan untuk memantau kecukupan oksigen dalam darah. Penurunan kadar oksigen (hipoksia) sering kali menyebabkan penurunan konsentrasi dan respon motorik, yang merupakan faktor risiko utama kecelakaan lalu lintas. Integrasi kedua parameter ini pada *Smart Helm* memungkinkan sistem deteksi dini yang lebih akurat dibandingkan hanya menggunakan satu sensor saja (Marshella et al., 2024).

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Risiko kecelakaan yang disebabkan oleh faktor manusia, khususnya penurunan tingkat kewaspadaan akibat kelelahan dan kondisi fisiologis pengendara yang sering kali tidak disadari oleh pengendara motor.
2. Kecelakaan pada roda dua yang disebabkan oleh kondisi fisiologis tubuh yang buruk dapat mengakibatkan berbagai kerugian seperti kerugian finansial, kerugian nyawa maupun kerugian fisik bagi pengendara dan orang lain.
3. Kebutuhan akan suatu sistem peringatan dini yang dapat mendeteksi kondisi kesehatan pada pengendara motor roda dua untuk mengurangi risiko kecelakaan lalu lintas.
4. Helm konvensional masih berfokus pada perlindungan fisik (pasif) dan belum adanya integrasi sistem deteksi dini menggunakan parameter fisiologis sebagai indikator keselamatan berkendara.

1.3. Pembatasan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, agar penelitian ini lebih terarah dan menghindari pembahasan menjadi terlalu jauh, maka dilakukan pembatasan masalah :

1. Fokus penelitian hanya pada rancang bangun *Smart Helm* untuk pengendara motor berbasis ESP 32 dan tidak membahas mengenai desain helm atau fitur keselamatan lainnya pada kendaraan roda dua.
2. Subjek uji dalam penelitian ini adalah pengendara motor pria berusia produktif (19-25 tahun).
3. Pengujian alat dilakukan dalam dua kondisi, yaitu kondisi diam untuk menguji akurasi sensor dan kondisi berkendara untuk menguji stabilitas serta fungsionalitas sistem saat digunakan berkendara.
4. Parameter kinerja sistem yang dinilai meliputi tingkat akurasi pembacaan sensor (persentase *error*), keberhasilan transmisi data nirkabel serta fungsionalitas aktivasi sistem intervensi (*buzzer* dan *vibration motor*) sesuai dengan algoritma yang dirancang.
5. Validasi keakuratan pembacaan sensor dilakukan dengan membandingkan hasil data alat terhadap oximeter standar di pasaran.
6. Modul MAX30102 digunakan untuk mendeteksi denyut nadi dan mengetahui mengenai tingkat saturasi oksigen.
7. *Output* sistem peringatan pada *Smart Helm* menggunakan *vibrator* dan *buzzer*.
8. *Output* data visual berupa parameter detak jantung dan saturasi oksigen dan status kondisi pengendara yang ditampilkan secara *real – time* melalui aplikasi Android Serial bluetooth terminal.
9. Sensor infra merah TCRT5000 berfungsi sebagai pendeteksi pemakaian helm dan sebagai *reset counter* serta alarm.
10. Alat tidak menggunakan sistem penyimpanan data atau basis data (*database*) untuk pencatatan histori kondisi pengendara.
11. Sistem hanya dirancang untuk mendeteksi dan memberikan peringatan terhadap kondisi kantuk berdasarkan parameter denyut nadi dan kadar oksigen tanpa melakukan klasifikasi tingkat kantuk secara rinci.

12. Sistem tidak terkoneksi dengan aplikasi berbasis IoT.
13. Sistem terhubung dengan Bluetooth, sehingga dapat digunakan secara *real-time* apabila terhubung dengan jaringan Bluetooth.

1.4. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka perumusan masalah yang ditetapkan yaitu bagaimana menguji dan merancang bangun *Smart Helm* berbasis mikrokontroler?

1.5. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah yang telah disebutkan, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan menguji *Smart Helm* berbasis mikrokontroler untuk mendeteksi kondisi mengantuk pada pengendara motor roda dua.

1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk semua pihak. Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dengan sistem peringatan dini yang dirancang dapat membantu mengurangi risiko kecelakaan akibat penurunan kewaspadaan pengendara.
2. Penelitian ini juga dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi terkait sensor dan sistem peringatan dini pada kendaraan bermotor.
3. Dapat menjadi inspirasi bagi penelitian lebih lanjut dalam bidang keselamatan berkendara dan teknologi sensor.