

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Obstructive Sleep Apnea (OSA) adalah gangguan tidur yang memengaruhi hampir satu miliar orang di dunia [1]. Kondisi ini terjadi ketika otot di bagian belakang tenggorokan terlalu rileks, menyebabkan penyempitan atau penutupan jalan napas atas, yang mengakibatkan terhentinya napas sementara selama tidur [1]. OSA dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti penyempitan anatomi dan berkurangnya tonus otot yang berperan dalam menjaga kondisi saluran napas bagian atas tetap terbuka [2].

Polysomnography (PSG) saat ini dianggap sebagai standar terbaik dalam mendiagnosis OSA dengan menentukan *Apnea-Hypopnea Index* (AHI). AHI berfungsi sebagai metrik diagnostik standar untuk OSA, yang mengukur frekuensi pengurangan atau penghentian aliran udara yang terkait dengan gangguan pada saluran napas bagian atas selama tidur. PSG digunakan untuk mendeteksi tanda-tanda vital, seperti pola pernapasan, mendengkur, aktivitas kardiovaskular, dan aktivitas otak dengan menggunakan berbagai sensor [3]. Namun penggunaan PSG memiliki beberapa keterbatasan, di antaranya biaya yang relatif mahal dan keterbatasan akses karena hanya dapat dilakukan di rumah sakit dengan dengan *sleep center* atau *dedicated sleep laboratory* [4].

Untuk mengatasi keterbatasan PSG, telah dikembangkan beberapa pendekatan lain untuk mendeteksi tanda-tanda vital, salah satunya dengan sensor serat optik plastik (SOP). Teknologi sensor serat optik telah diaplikasikan secara luas di berbagai bidang, termasuk pertahanan, konstruksi, industri, serta kesehatan [5]. Dalam bidang kesehatan, pemanfaatan serat optik banyak digunakan sebagai *wearable sensor* (sensor yang dapat dikenakan) semakin menarik perhatian karena memiliki banyak keunggulan, seperti fleksibilitas tinggi, kemudahan penggunaan, serta tingkat presisi yang tinggi. Karakteristik ini menjadikan sensor serat optik sebagai solusi yang potensial untuk pemantauan parameter fisiologis, termasuk tanda-tanda vital [5, 6].

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa SOP memiliki potensi besar dalam pemantauan tanda vital, terutama untuk mendeteksi pernapasan dan detak jantung. Han dkk. (2021) mengembangkan sensor SOP berbasis teknologi sayatan dengan konfigurasi *loop* untuk mengukur pernapasan dan detak jantung [6].

Penelitian lain oleh Li Jie dkk. (2022) mengusulkan sistem pemantauan detakan napas berbasis sensor kelengkungan serat mode tunggal (SMT)

Sementara itu, penelitian terbaru oleh Li dkk. (2024) SOP yang dapat diregangkan dengan struktur *sandwich*, yaitu abung silikon yang diisi dengan *polydimethylsiloxane* (PDMS) *polymethylmethacrylate* (PMMA) untuk mendeteksi pernapasan



dan detak jantung [8]. Maka dari itu, dari ketiga penelitian tersebut, belum ada yang mengintegrasikan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan jarak jauh.

Penggunaan IoT menawarkan solusi inovatif dalam bidang kesehatan, terutama untuk deteksi dini dan pemantauan penyakit. Teknologi ini memungkinkan pengumpulan data fisiologis secara *real-time*, mempermudah analisis, serta otomatisasi penyimpanan riwayat data. Dalam konteks pemantauan kesehatan, IoT mendukung pengembangan sistem yang lebih ramah pengguna, dengan biaya lebih rendah, sekaligus meningkatkan akurasi diagnosis melalui konektivitas perangkat [9][10].

Untuk mengatasi tantangan yang telah diidentifikasi dalam penelitian sebelumnya, penelitian ini mengembangkan sensor berbasis SOP tanpa *coating* (jaket) dengan lekukan *macro-bending* dengan konfigurasi sinusoidal yang ditempelkan pada kain. Pengujian dilakukan dengan dua variasi yakni variasi jarak lekukan dan posisi sensor. Sensor SOP ini terhubung dengan mikrokontroler ESP32, yang bertugas mengirim data untuk diproses menggunakan algoritma guna menentukan detak jantung dan pernapasan, kemudian hasilnya ditampilkan pada web server berbasis Flask.

Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki beberapa keunggulan, di antaranya adalah desain lebih fleksibel dan sederhana sehingga mudah difabrikasi, berbiaya lebih rendah karena menggunakan SOP dan komponen terjangkau seperti ESP32, dan kemampuan pemantauan jarak jauh, berkat integrasi dengan teknologi IoT. Sistem ini menawarkan solusi inovatif untuk deteksi dini tanda-tanda vital, sekaligus mendukung pemantauan kesehatan yang lebih efisien dan mudah diakses.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilaksanakan penelitian ini antara lain:

1. Merancang dan mengembangkan sensor menggunakan serat optik plastik untuk mendeteksi detak jantung dan pernapasan.
2. Mengukur dan menguji sistem pemantauan sensor serat optik plastik untuk mendeteksi detak jantung dan pernapasan.
3. Menganalisis hasil deteksi detak jantung dan pernapasan untuk analisis perilaku tidur.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dilaksanakan penelitian ini antara lain:



deteksi dini gangguan tidur termasuk OSA dengan memantau
n dan detak jantung.
n teknologi IoT untuk memantau pernapasan dan detak jantung.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian telah dilakukan pada bulan Agustus 2024 - Maret 2025. Bertempat di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.

2.2 Peralatan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. ESP32 berfungsi untuk pengiriman data melalui WIFI dan mengubah sinyal analog ke digital
2. *Cutter* berfungsi untuk mengupas jaket serat optik plastik
3. Benang berfungsi untuk merekatkan sensor ke kain
4. Kain berfungsi untuk tempat untuk memasang sensor serat optik
5. Jarum berfungsi untuk menjahit serat optik ke kain
6. Serat optik plastik IF-C-E1000 berfungsi sebagai sensor untuk mendeteksi detak jantung dan pernapasan.
7. Kabel jumper berfungsi untuk menghubungkan rangkaian.
8. Laptop berfungsi untuk pembuatan program dan webserver.
9. Catu daya berfungsi untuk memberi tegangan 12V dan 5V ke rangkaian.
10. Penguat selisih berfungsi untuk menguatkan selisih tegangan dari sensor dan tegangan *reference*.
11. Fotodetektor (PD) IF-D92 berfungsi untuk penerima cahaya dari serat optik.
12. LED IF-E91A infrared berfungsi untuk sumber Cahaya dengan panjang gelombang 950 nm.
13. *Oximeter* A2-L88 berfungsi untuk sebagai alat pembanding untuk detak jantung.
14. *Tools-kit* berfungsi sebagai komponen-komponen pendukung yang terdiri dari multimeter, solder, obeng, gunting, timah dan penghisap timah.

2.3 Metode Penelitian

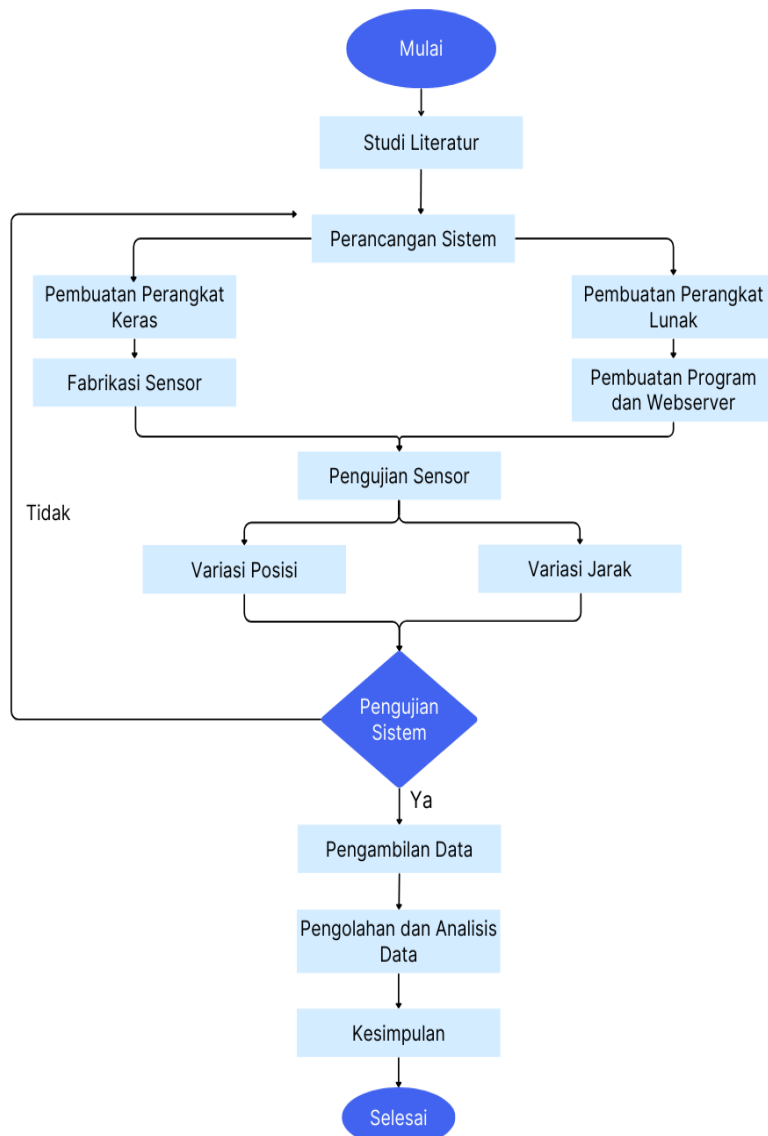
Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur untuk mengumpulkan referensi yang relevan sebagai dasar dari perancangan sistem. Perancangan sistem mencakup dua aspek utama yaitu perancangan perangkat keras yang berfokus pada sensor untuk mengukur detak jantung dan pernapasan, serta perangkat lunak, yang melibatkan pengembangan program untuk analisis data.



Optimized using
trial version
www.balesio.com

Setelah perancangan selesai, dilakukan pengujian sensor guna mengevaluasi sensor yang telah dibuat. Jika hasil pembacaan sensor oleh alat memenuhi standar dan memiliki akurasi yang baik, maka tahap

berikutnya adalah pengujian sistem secara keseluruhan. Setelah sistem diuji dan berfungsi dengan baik, data yang diperoleh diolah dan dianalisis sebelum akhirnya ditampilkan pada web server. Alur penelitian secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur kerja penelitian



perangkat keras

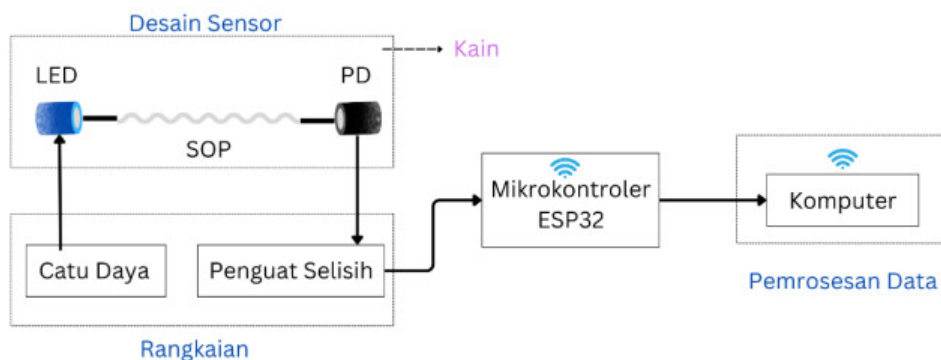
dilakukan perancangan perangkat keras menggunakan sensor untuk mendeteksi detak jantung dan pernapasan. Tahap awal

dimulai dengan proses fabrikasi sensor, yaitu pelepasan lapisan jaket pelindung dari serat optik. Setelah itu, serat optik dipasang pada kain dengan konfigurasi sinusoidal dan dijahit agar tetap stabil pada posisinya selama pengukuran.

Selanjutnya, sensor dihubungkan dengan sumber cahaya berupa LED yang terhubung ke catu daya sebagai sumber arus listrik. Energi listrik dari catu daya dikonversi menjadi energi cahaya, yang kemudian ditransmisikan melalui serat optik.

Ketika serat optik mengalami tegangan akibat pergerakan kecil (*subtle movement*), terjadi regangan yang menyebabkan rugi daya dan perubahan intensitas cahaya yang diterima oleh fotodetektor. Fotodetektor kemudian mengubah variasi cahaya tersebut menjadi sinyal listrik berupa tegangan, yang selanjutnya diperkuat menggunakan rangkaian penguat selisih karena sinyal yang dihasilkan memiliki amplitudo rendah.

Sinyal listrik yang diperoleh merupakan sinyal analog yang kemudian dikonversi menjadi sinyal digital menggunakan mikrokontroler ESP32. Data yang telah diproses dikirim secara nirkabel dan ditampilkan pada web server untuk analisis lebih lanjut. Proses perancangan perangkat keras secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema sistem perancangan perangkat keras

2.3.2 Perancangan perangkat lunak

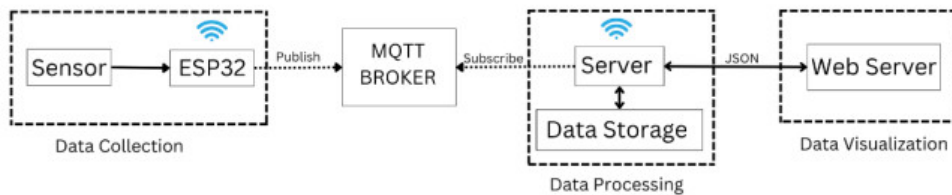
Perancangan perangkat lunak dimulai dengan mengunduh dan menginstal Python, Arduino IDE, Microsoft Visual Studio Code, PostgreSQL dan pustaka yang dibutuhkan yang mendukung pengolahan dan analisis data. Tahap selanjutnya adalah pengembangan program untuk membaca nilai sensor menggunakan Arduino IDE. Data sensor yang dikirimkan oleh ESP32 melalui konektivitas Wi-Fi dengan protokol komunikasi *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT). Proses server menggunakan *framework* Flask.



Optimized using
trial version
www.balesio.com

mantauan, dikembangkan web server menggunakan *framework* web server dirancang menggunakan *Hypertext Markup Language* (HTML), *Cascading Style Sheets* (CSS), dan JavaScript untuk menampilkan data data. Seluruh data yang diterima dan diproses disimpan dalam (penyimpanan data) di PostgreSQL. Selain itu, untuk proses

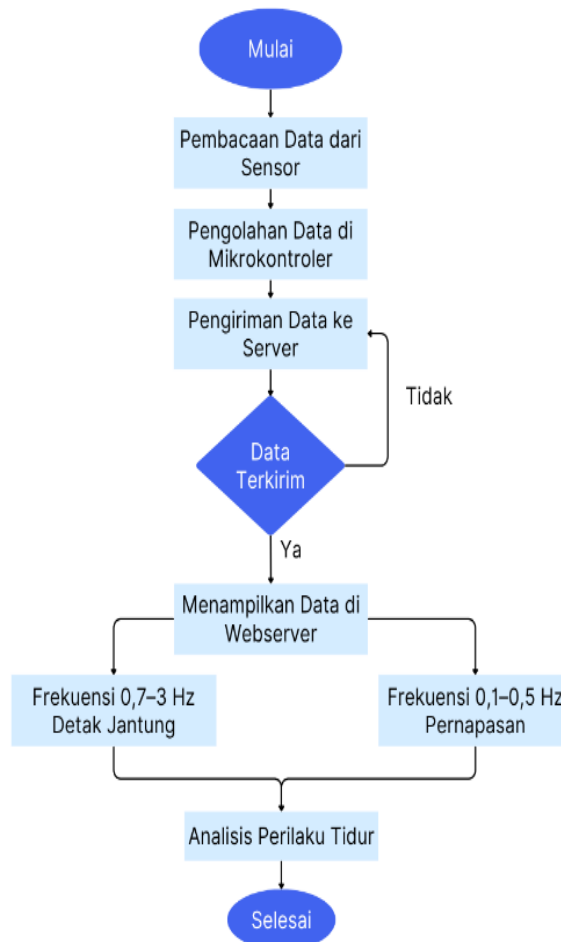
deployment, sistem akan diunggah ke platform Vercel. Ilustrasi proses perancangan perangkat lunak dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram blok sistem perangkat lunak

2.4 Bagan Alir Sistem Kerja Alat

Perancangan bagan alir sistem kerja alat pada penelitian ini secara umum dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Bagan sistem kerja alat