

Implementasi Aplikasi Postura *Wearable Posture Monitoring System* untuk Mencegah Masalah Kesehatan Tulang Belakang

1st Azuan Syahril Kurniadi Raharja
School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia
azuansyahril@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Levy Olivia Nur
School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia
levyolivia@telkomuniversity.ac.id

3rd Inung Wijayanto
School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia
iwijayanto@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Masalah kesehatan tulang belakang banyak dialami oleh pekerja maupun mahasiswa akibat kebiasaan duduk dalam waktu lama dengan postur yang kurang tepat, seperti membungkuk atau menyender berlebihan. Kondisi ini sering terabaikan meskipun berisiko menimbulkan nyeri otot hingga gangguan tulang belakang jangka panjang. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan *Wearable Posture Monitoring System (WPMS)* sebagai solusi praktis, nyaman, dan terjangkau untuk memantau serta menjaga postur duduk pengguna. WPMS menggunakan sensor akselerometer ADXL345 yang ditempatkan pada bagian punggung dan terhubung dengan mikrokontroler ESP32 untuk mendeteksi sudut postur tubuh. Data kemudian dikirim melalui Wi-Fi menuju aplikasi *Postura* yang menampilkan status postur secara *real-time*, dilengkapi fitur riwayat, notifikasi pengingat, serta edukasi mengenai postur ergonomis. Pengujian menunjukkan sistem mampu membaca sudut postur dengan akurat, sedangkan performa jaringan (*delay*, *jitter*, *throughput*) masih dalam kategori baik sehingga mendukung kinerja *real-time*. Hasil survei fungsionalitas dan evaluasi UI/UX memperoleh respon positif dengan skor MOS 4,68 untuk aplikasi sehingga menandakan perangkat nyaman digunakan. Secara keseluruhan, WPMS terbukti efektif sebagai alat bantu monitoring sekaligus pencegahan dini masalah tulang belakang bagi pengguna yang beraktivitas duduk dalam durasi lama.

Kata kunci— tulang belakang, monitoring sistem, aplikasi mobile

I. PENDAHULUAN

Pengembangan Sumber Daya Manusia (PSDM) sangat penting untuk mendorong pertumbuhan, produktivitas, dan inovasi dalam perusahaan di Indonesia. Sebagai tenaga profesional khususnya para pekerja membutuhkan pengembangan keterampilan baik teknis ataupun non-teknis untuk menghadapi tantangan yang semakin kompleks. Oleh karena itu, pekerja kantor juga memiliki tantangan dalam menjaga kesehatan fisik dan mental mengingat sebagian besar pekerjaan dilakukan dalam posisi duduk yang monoton serta dalam jangka waktu yang lama. Sementara itu, secara umum durasi waktu kerja yang ideal dalam seminggu berkisar antara 40-48 jam dibagi 5 hingga 6 hari kerja. Sementara itu, tambahan waktu kerja yang efisien sebaiknya tidak lebih dari 30 menit[1].

Lama durasi waktu duduk tersebut menimbulkan resiko terhadap kesehatan, khususnya postur tubuh yang tidak ergonomis karena sikap duduk yang kurang tepat sehingga memicu nyeri punggung bawah, ketegangan otot, hingga gangguan muskuloskeletal. Tidak hanya pekerja kantoran,

mahasiswa juga sering melakukan aktivitas duduk yang lama seperti saat mengikuti kegiatan perkuliahan. Hal tersebut didukung oleh hasil studi *cross-sectional* di Arab Saudi yang menunjukkan bahwa prevalensi *low back pain* pada mahasiswa mencapai 57,4%, dengan durasi duduk lama sebagai faktor signifikan yang memperparah keluhan[2].

Low Back Pain (LBP) atau nyeri punggung bawah juga banyak dipublikasikan oleh studi kesehatan dengan definisi sebagai suatu kondisi umum berupa rasa sakit atau ketidaknyamanan di daerah lumbal yang disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya gangguan pada muskuloskeletal akibat sisi ergonomi yang salah. Hal tersebut menyebabkan nyeri yang timbul di antara batas *costae* dan lipatan *gluteus inferior*[3]. Oleh karena itu, perlu menjaga kesehatan tulang belakang agar tidak menimbulkan berbagai masalah, misalnya pada aspek kesehatan jangka panjang yang dapat mengganggu produktivitas dan kualitas hidup serta pada aspek ekonomi karena dalam proses penyembuhan membutuhkan biaya yang relatif besar.

Berdasarkan pada permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan solusi terkait permasalahan tulang belakang dengan merancang dan mewujudkan sistem *Wearable Posture Monitoring System (WPMS)* berbasis *Internet of Things (IoT)* berupa tiga sensor IMU yang dapat terintegrasi atau dilekatkan pada *vest* area serviks, toraks, dan lumbal untuk memantau postur secara *real-time* dengan akurasi data yang tinggi, memberikan umpan balik dengan bergetar ketika posisi duduk kurang tepat (menyimpang dari parameter), serta merekam data sebagai bentuk evaluasi. Dengan adanya pengembangan teknologi ini, diharapkan dapat menjadi solusi efektif terkait permasalahan yang ada.

II. KAJIAN TEORI

A. Gangguan Muskuloskeletal Akibat Postur Duduk Tidak Ergonomis

Perubahan pola hidup modern mendorong aktivitas duduk jangka panjang yang berakibat adanya peningkatan terhadap keluhan kesehatan berkaitan dengan postur tubuh, terutama *Low Back Pain (LBP)*. Laporan dari *Frontiers in Public Health* (2024) mencatat 628,8 juta orang di seluruh dunia menderita LBP pada tahun 2021, dengan 266,9 juta kasus baru[4]. Selain itu, Organisasi Kesehatan Dunia (*WHO*) juga menyebutkan bahwa LBP menjadi penyebab disabilitas terbesar sehingga

menyarankan untuk menyesuaikan ergonomis sebagai langkah pencegahan[5]. Hills *et al.* (2024) juga menegaskan pentingnya edukasi postur yang benar sejak dini untuk mencegah dampak jangka panjang[6]. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan pencegahan melalui pemantauan preventif menjadi semakin penting.

B. Pendekatan Teknologi *Wearable* sebagai Studi dan Implementasi

Wearable device adalah perangkat elektronik yang memantau parameter kesehatan secara berkelanjutan tanpa mengganggu aktivitas, termasuk detak jantung, aktivitas fisik, kualitas tidur, dan postur tubuh[7]. Huang *et al.* (2023) menjelaskan bahwa penggunaan sensor akselerometer dan IMU pada perangkat ini efektif untuk mendeteksi perubahan postur[8]. Contohnya, *Back Up* dan *Upright Go* memberikan umpan balik langsung untuk mengoreksi postur pengguna. Konsep ini menjadi dasar perancangan WPMS yang lebih sederhana, ekonomis, dan nyaman digunakan. WPMS menggunakan sensor ADXL345 dan mikrokontroler ESP32 untuk mengirim data postur ke aplikasi *mobile* sebagai monitoring dengan adanya notifikasi berkala.

C. *Internet of Things* (IoT) sebagai Alat Monitoring

IoT adalah teknologi yang menghubungkan perangkat fisik dengan internet untuk saling berinteraksi dan bertukar data secara otomatis tanpa campur tangan langsung manusia, memudahkan pengendalian jarak jauh [9]. Dalam bidang kesehatan, IoT digunakan pada *wearable device* untuk memantau kondisi tubuh, seperti detak jantung dan aktivitas fisik. Pada sistem WPMS, IoT digunakan untuk memantau postur tubuh dengan sensor akselerometer ADXL345 yang membaca orientasi tubuh, lalu data dikirim melalui mikrokontroler ESP32 ke Firebase dengan koneksi internet, dan divisualisasikan pada aplikasi *mobile* secara otomatis.

Perangkat keras WPMS terdiri dari sensor ADXL345 (akselerometer 3 sumbu, tahan guncangan, dan hemat daya) [10]. Selanjutnya terdapat mikrokontroler ESP32 (WiFi, hemat daya, dan mendukung PC) [11]. Terakhir terdapat baterai Li-Ion 18650 (2000 mAh, 3,7V) [12].

Kemudian, platform yang digunakan meliputi firebase sebagai *database* [13]. Terdapat flutter untuk pengembangan UI/UX dan dart yang merupakan bahasa untuk pemrograman aplikasi [14]. Selain itu terdapat bahasa C++ untuk mengoperasikan ESP32[15]. Terakhir arduino IDE untuk membuat program pada *board* yang digunakan[16].

D. *Quality of Service* (QoS)

QoS merupakan suatu metode untuk memastikan keandalan aplikasi dalam jaringan menggunakan parameter seperti *delay*, *jitter*, dan *throughput* [17]. *Delay* merupakan waktu tempuh sinyal dari perangkat *wearable* ke penerima. Standar parameter *delay* memuat empat kategori dengan indeks 1 atau buruk yaitu >450ms sampai indeks 4 atau sangat baik yaitu <150ms. Selanjutnya *jitter* adalah variasi *delay* sinyal dari awal hingga akhir pengiriman data. *Jitter* juga terdapat standar parameter yang memuat empat kategori dengan indeks 1 atau buruk yaitu 125 s/d 225ms sampai indeks 4 atau sangat baik yaitu 0ms. Terakhir yaitu *throughput* adalah jumlah data yang berhasil dikirim dalam waktu tertentu. Standar

parameter pada *throughput* memuat lima kategori dengan indeks 0 atau buruk yaitu 0 – 338 Kbps sampai indeks 4 atau sangat baik yaitu >2,1 Mbps.

Selain itu, juga terdapat standarisasi TIPHON untuk menentukan standar persentase pada QoS. Terdapat rentang nilai untuk memberikan mengetahui kualitas persentase QoS dengan indeks dari yang buruk hingga sangat baik.

E. Aplikasi *Mobile* sebagai Antarmuka Pemantauan Postur

Aplikasi *mobile* merupakan perangkat lunak dengan fungsi terbatas untuk memenuhi kebutuhan pengguna[18]. Pada sistem WPMS, aplikasi ini terhubung dengan sensor, menampilkan visualisasi data dari perangkat *wearable*, memudahkan pengoperasian, dan memberikan kenyamanan melalui desain dan fitur yang tersedia. Selain itu, *User Interface* (UI) berperan pada keindahan tampilan aplikasi, sedangkan dan *User Experience* (UX) berfokus pada pengalaman interaksi yang efektif dan nyaman antara pengguna dengan sistem[19].

III. METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian yang merancang dan menguji *Wearable Posture Monitoring System* (WPMS).

A. Identifikasi Kebutuhan Pengguna

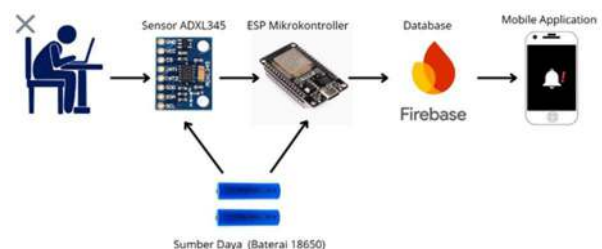
Wawancara secara daring (online) dilakukan untuk mengetahui kebutuhan pengguna terkait kenyamanan perangkat, penempatan sensor agar tidak mengganggu aktivitas, serta penggunaan aplikasi *mobile* yang mudah dan sederhana. Hal tersebut dapat menjadi dasar penyusunan sistem WPMS yang akan dirancang.

B. Spesifikasi Sistem

Spesifikasi sistem terdiri dari dua jenis, yaitu spesifikasi perangkat IoT dan spesifikasi aplikasi. Spesifikasi perangkat IoT meliputi *Wearable Device* (vest), sensor pendeteksi perubahan sudut dan klasifikasinya, serta konektivitas perangkat. Sedangkan pada spesifikasi aplikasi terdiri dari *User Interface* dan *User Experience* (UI/UX), sistematisasi notifikasi otomatis, data histori, dan penyediaan fitur edukasi.

C. Desain Sistem

Sistem WPMS berfokus pada aspek ergonomi, kemudahan bagi pengguna, dan kenyamanan memantau postur harian sehingga desain WPMS berbentuk vest *wearable* yang tidak mengganggu aktivitas karena tetap mengikuti standar NIOSH dan ISO 9241-210[20][21], fleksibel, ringan, non-invasif, mudah dipasang dan dilepas, praktis, akurat, serta informatif karena terdapat notifikasi secara berkala.

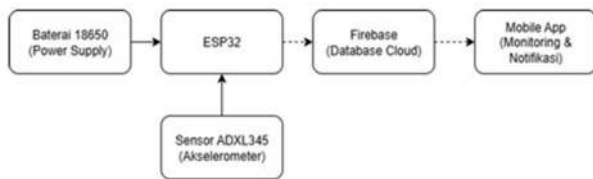


GAMBAR 1

Arsitektur Sistem Perancangan

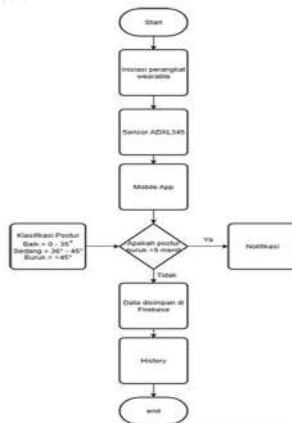
Gambar 1 menjelaskan bahwa desain WPMS berupa

vest menggunakan sumber daya baterai 18650 dan terdapat sensor ADXL345 yang akan mendeteksi kemiringan tubuh ketika duduk dengan sumbu *pitch*. Kemudian, data akan dikirimkan ke ESP Mikrokontroler dan diteruskan ke firebase agar data dapat disimpan serta ditampilkan pada aplikasi *mobile*.



GAMBAR 2
Blok Diagram Sistem

Gambar 2 menjelaskan bahwa WPMS dirancang dengan alur komunikasi antara perangkat IoT dan aplikasi *mobile* dimulai dengan sumber daya baterai 18650. Baterai dihubungkan langsung dengan mikrokontroler ESP32 yang telah diprogram dengan sensor ADXL345 untuk mendeteksi postur. Kemudian, data dikirim ke firebase yang hasilnya ditampilkan pada aplikasi *mobile*.



GAMBAR 3
Diagram Alir Sistem

Gambar 3 menjelaskan bahwa proses sistem WPMS dimulai dari inialisasi ESP32 dan sensor ADXL345, kemudian adanya verifikasi koneksi Wi-Fi, dilanjutkan pembacaan sudut *pitch* secara kontinu. Data dikirimkan ke firebase dan ditampilkan pada aplikasi *mobile* dengan tiga klasifikasi warna. Data akan disimpan sebagai riwayat pemantauan dan dapat diakses kembali.

D. Metode Pengukuran

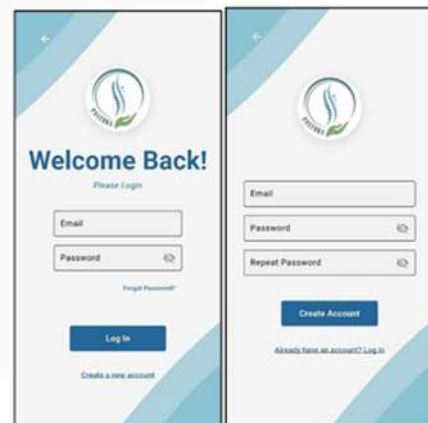
Dilakukan pengukuran untuk memastikan performa sistem agar sesuai dengan tujuan penelitian. Pengujian yang dilakukan diantaranya yaitu uji parameter QoS untuk mengukur *delay*, *jitter*, dan *throughput* sesuai standar TIPHON yang dilakukan dari koneksi Wi-Fi perangkat untuk menilai stabilitas pengiriman data. Selanjutnya terdapat uji fungsionalitas terkait kendala notifikasi dan penyimpanan data pada aplikasi. Terakhir terdapat uji survei responden terkait penggunaan aplikasi berupa uji UI/UX dengan menggunakan *skala likert*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Sistem

Perangkat *Wearable Posture Monitoring System* (WPMS) memanfaatkan sensor akselerometer ADXL345 yang dipasang di bagian punggung untuk merekam sudut kemiringan tulang belakang pada tiga sumbu (X, Y, Z) secara *real-time*. Data yang dikumpulkan kemudian diolah oleh mikrokontroler ESP untuk mengklasifikasikan kondisi postur pengguna secara akurat. Jika postur terdeteksi keluar dari rentang ideal 0°–35°, sistem akan segera mengirimkan notifikasi sebagai pengingat agar pengguna memperbaiki posisi duduknya. Mekanisme komunikasi antar perangkat menggunakan koneksi nirkabel berbasis Wi-Fi, sehingga informasi dapat diteruskan ke aplikasi *mobile* dengan stabil dan responsif. Dengan integrasi ini, perangkat mampu bekerja secara otomatis tanpa intervensi manual. Selain itu, desain ringan dan sederhana menjadikannya nyaman digunakan dalam aktivitas sehari-hari, terutama bagi pekerja yang banyak duduk.

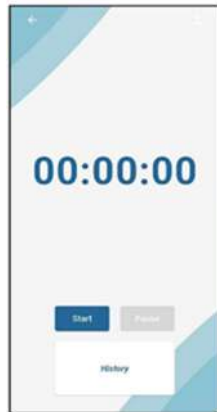
Aplikasi pendukung WPMS dikembangkan dengan framework flutter yang kompatibel di berbagai sistem operasi serta dirancang agar memiliki tampilan sederhana dan mudah dipahami oleh pengguna. Fitur utama meliputi halaman pendaftaran dan login untuk keamanan data, halaman monitoring yang menampilkan status postur beserta durasi pemakaian, serta halaman riwayat untuk menampilkan pola postur duduk dari waktu ke waktu. Data postur yang terkumpul akan tersimpan secara otomatis, sehingga pengguna dapat meninjau kembali kebiasaan duduknya dan melakukan evaluasi mandiri. Informasi tersebut juga berpotensi digunakan oleh tenaga kesehatan sebagai bahan analisis lanjutan terkait kondisi ergonomis tubuh.



GAMBAR 4
Halaman Login dan Sign Up

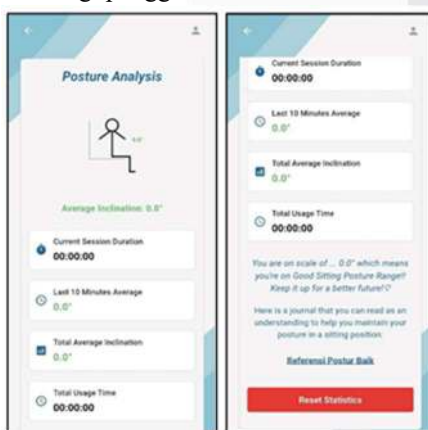
Pada aplikasi ini, *backend* berfungsi untuk mengelola proses autentifikasi pengguna yang meliputi pendaftaran (*sign up*), login, dan pemulihan akun (*forgot password*). Pada proses *sign up* sistem akan melakukan validasi email, kata sandi, dan kecocokan kata sandi sebelum data dikirimkan ke *firebase* untuk pembuatan akun baru. Apabila berhasil, pengguna akan diarahkan untuk ke halaman *onboarding*. Sebaliknya, apabila gagal

akan muncul tampilan notifikasi error. Selanjutnya pada proses *login*, *backend* akan memverifikasi email dan kata sandi melalui *firebase* kemudian akan diberikan akses ke halaman *onboarding* jika sesuai dan tampilan notifikasi error apabila tidak sesuai. Selain itu, fitur *forgot password* digunakan untuk memulihkan akun dengan meminta *backend* mengirimkan email reset kata sandi kepada pengguna.



GAMBAR 5
Halaman Monitoring

Pada halaman monitoring, *backend* akan mengelola logika pemantauan postur pengguna dengan cara menghitung durasi sesi sekaligus mengambil data sudut kemiringan tubuh secara *real-time* dari *firebase realtime database* untuk dianalisis. Kemudian, setiap 5 menit *backend* akan menghitung rata-rata sudut dan apabila melebihi ambang batas akan memicu peringatan berupa notifikasi suara dan *pop-up alert*. Selain itu, pada sesi terakhir ringkasan hasil seperti rata-rata kemiringan, durasi, dan riwayat sesi akan disimpan ke *sharedpreferences* untuk ditampilkan di halaman histori sebagai catatan bagi pengguna.



GAMBAR 6
Halaman History Page

Pada *history page*, sistem akan menampilkan riwayat pemantauan postur dari sesi sebelumnya dengan cara mengambil hasil ringkasan yang disimpan di

sharedpreferences seperti rata-rata sudut kemiringan dan durasi serta kemudian data akan disajikan dalam bentuk visual agar mudah dipahami. Melalui fitur ini, pengguna dapat melihat terkait posisi duduk yang berada pada rentang ideal (0° – 45°) atau diluar rentang ideal (0° – 45°) sehingga dapat membantu pengguna untuk mengevaluasi pola duduk dan mendorong kebiasaan postur duduk yang lebih sehat. Selain itu, dengan fitur ini dapat menjadikan aplikasi WPMS tidak hanya bersifat informatif akan tetapi juga edukatif sehingga dapat menjadi solusi praktis untuk mencegah gangguan pada tulang belakang.

B. Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan dengan membandingkan spesifikasi sistem dan standar ISO 9241 - 210 pada aspek kenyamanan dan antarmuka serta mengacu pada TIPPHON untuk menguji performa jaringan.

1. Pemeriksaan Perangkat IoT

Pemeriksaan awal untuk memastikan semua komponen WPMS berfungsi, meliputi pengecekan pada perangkat fisik (rangkainan vest), *power supply* atau baterai, sensor, dan konektivitas jaringan. Hasil menunjukkan bahwa seluruh komponen tersebut berjalan dengan baik dan stabil sehingga siap digunakan pada tahap pengujian lebih lanjut.

2. Uji Parameter QoS

a. Uji Delay

Dilakukan uji manual sebanyak 10 kali percobaan menggunakan *stopwatch* dengan mengamati munculnya perubahan sudut secara langsung di serial monitor dan aplikasi dari kondisi awal waktu di setiap percobaan sama yaitu 0 detik.

Pengujian Delay			
Mengukur selisih waktu dari transmitter ke receiver			
Pengujian ke-	Timestamp (detik)		Delay (milidetik)
	ESP32 (transmitter)	Aplikasi (receiver)	
1	0	0,15	150
2	0	0,14	140
3	0	0,21	210
4	0	0,14	140
5	0	0,15	150
6	0	0,28	280
7	0	0,22	220
8	0	0,14	140
9	0	0,14	140
10	0	0,21	210
Rata-Rata Delay			178

GAMBAR 7
Hasil Uji Delay

Berdasarkan pada uji *delay*, diperoleh rata-rata sebesar 178ms. Apabila mengacu pada parameter *delay* menurut TIPPHON, nilai rata-rata *delay* tersebut termasuk dalam kategori baik karena masih berada pada rentang 150 s/d 300ms.

b. Uji Jitter

Pengukuran jitter dilakukan dengan menghitung selisih delay antar percobaan secara berurutan sejumlah 10 percobaan.

Penguji Jitter			
Mengetahui variasi delay dari transmitter ke receiver			
Pengujian ke-	Sampel Delay (detik)	Perhitungan Rumus	Jitter (detik)
1	0,15	-	-
2	0,14	$[0,15 - 0,14]$	0,01
3	0,21	$[0,14 - 0,21]$	0,07
4	0,14	$[0,21 - 0,14]$	0,07
5	0,15	$[0,14 - 0,15]$	0,01
6	0,28	$[0,15 - 0,28]$	0,13
7	0,22	$[0,28 - 0,22]$	0,06
8	0,14	$[0,22 - 0,14]$	0,08
9	0,14	$[0,14 - 0,14]$	0
10	0,21	$[0,14 - 0,21]$	0,07
Rata-Rata Jitter			0,0555

GAMBAR 8
Hasil Uji Jitter

Hasil pengujian jitter menunjukkan nilai rata-rata sebesar 0,0555 detik. Mengacu pada standar TIPHON, nilai tersebut masih berada dalam kategori performa baik, karena rentang degradasi *jitter* yang dapat diterima berada antara 0 hingga 75 ms. Dengan demikian, rata-rata jitter yang diperoleh, yaitu 0,0555 s atau setara dengan 55,5 ms, termasuk dalam kriteria kualitas jaringan yang baik.

c. Uji *Throughput*

Dilakukan dengan menggunakan *speedtest* dan *wireshark* dengan hasil pengujian sebagai berikut:

(a) Throughput Jaringan (SpeedTest)				
Pengujian ke-	Download (Mbps)		Upload (Mbps)	
1	9,6		4,6	
2	7,5		4,6	
3	9,8		4,7	
4	8,2		4,6	
5	8,2		4,6	
6	7,9		4,4	
7	9,9		4,7	
8	9,7		4,6	
9	8,8		4,7	
10	8,9		4,6	
Rata-Rata	8,76		4,61	
Total Throughput	13,37			

(b) Throughput Sensor (Wireshark)				
Pengujian ke-	Download (Byte)	Upload (Byte)	Konversi Download (Kbps)	Konversi Upload (Kbps)
1	0,279	0,54	0,0000372	0,000072
2	0,279	0,54	0,0000372	0,000072
3	0,276	0,54	0,0000368	0,000072
4	0,279	0,63	0,0000372	0,000084
5	0,301	0,59	0,0000401	0,0000786
6	0,305	0,60	0,0000406	0,00008
7	0,305	0,44	0,0000406	0,0000586
8	0,321	0,62	0,0000428	0,0000826
9	0,307	0,50	0,0000409	0,0000666
10	0,305	0,63	0,0000406	0,000084
Rata-Rata	0,2957	0,563	0,0000394	0,0000750
Total Throughput	0,8587		0,00011444	

GAMBAR 9
Hasil Uji Throughput

Berdasarkan pada hasil pengukuran 10 kali pengujian *throughput* sensor diperoleh hasil sebesar 0,00011444 Kbps dan apabila mengacu pada standar TIPHON hasil tersebut berada pada kategori rendah. Meskipun demikian, hal tersebut tidak terlalu mempengaruhi kinerja WPMS karena sistem masih dapat bekerja sebagaimana mestinya dalam memantau postur pengguna. Kemudian, pada uji *throughput* jaringan diperoleh hasil sebesar 13,37 Mbps dan apabila mengacu kembali pada standar TIPHON hasil tersebut berada pada kategori baik sehingga jauh melampaui kebutuhan sistem.

3. Uji Fungsionalitas

Pengujian fungsionalitas WPMS dilakukan pada lima mahasiswa tingkat akhir yang mewakili target pengguna dengan kebiasaan duduk dalam waktu lama. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata sudut postur responden berada dalam rentang ideal sehingga sistem mampu mendeteksi dan memantau posisi duduk dengan baik.

Fitur notifikasi terbukti efektif sebagai pengingat ketika postur tidak sesuai. Responden yang menerima notifikasi langsung memperbaiki posisinya, sedangkan yang tidak menerima notifikasi tetap mampu mempertahankan postur idealnya. Hal ini menunjukkan bahwa peringatan yang diberikan sistem dapat mendorong kesadaran pengguna.

Selain itu, fitur edukasi dalam aplikasi juga memberikan dampak positif. Melalui informasi yang tersedia, responden mengalami peningkatan pemahaman mengenai pentingnya menjaga postur tubuh. Secara keseluruhan, WPMS berfungsi tidak hanya sebagai alat monitoring, tetapi juga sebagai sarana edukasi dan pencegahan masalah tulang belakang.

4. Uji Survei Responden dengan UI/UX

a. Uji UI/UX Aplikasi

Uji UI/UX aplikasi dilakukan untuk mengevaluasi dari aspek fungsionalitasnya yang dilakukan dengan menggunakan survei *google form* sebanyak 10 pertanyaan dengan melibatkan sebanyak 23 responden dan memperoleh hasil sebagai berikut:

No	Pertanyaan	Hasil Penilaian					Mean
		1	2	3	4	5	
1	Bagaimana pendapat anda tentang tampilan antarmuka (interface) aplikasi secara keseluruhan?	0,0%	0,0%	4,3%	26,1%	69,6%	4,65
2	Apakah pengalaman Anda saat login dan register lancar?	0,0%	0,0%	0,0%	34,8%	65,2%	4,65
3	Seberapa mudah Anda mengakses page home, monitoring, history, dan FAQ?	0,0%	0,0%	4,3%	21,7%	73,9%	4,70
4	Apakah aplikasi merespon dengan cepat untuk menghasilkan data monitoring?	0,0%	0,0%	0,0%	30,4%	69,6%	4,70
5	Seberapa mudah anda memahami data sudut dan klasifikasi postur yang ditampilkan?	0,0%	0,0%	0,0%	30,4%	69,6%	4,70
6	Apakah notifikasi pengingat dalam menjaga postur muncul dengan jelas?	0,0%	0,0%	4,3%	30,4%	65,2%	4,61
7	Apakah anda merasa terbantu dengan munculnya notifikasi pengingat menjaga postur?	0,0%	0,0%	0,0%	26,1%	73,9%	4,74
8	Apakah anda merasa terbantu dengan literatur edukatif yang ditampilkan setelah monitoring pada page history?	0,0%	0,0%	0,0%	30,4%	69,6%	4,70
9	Apakah informasi yang dimuat dalam aplikasi informatif dan tidak membosankan?	0,0%	0,0%	0,0%	30,4%	69,6%	4,70
10	Apakah aplikasi ini mudah digunakan oleh masyarakat umum?	0,0%	0,0%	0,0%	34,8%	65,2%	4,65
Mean							4,68

GAMBAR 10
Hasil Penilaian Aplikasi

Berdasarkan pada hasil survei diperoleh nilai rata-rata sebesar 4,68 dari skala maksimal 5,0. Apabila merujuk pada skala likert aplikasi, nilai tersebut berada pada kategori “sangat setuju” yang berarti bahwa tingginya nilai MOS tersebut mencerminkan bahwa instrumen atau program yang dinilai telah berhasil memenuhi ekspektasi atau kebutuhan

responden secara optimal baik dari segi kualitas, efektivitas, ataupun pengalaman yang ditawarkan.

V. KESIMPULAN

Wearable Posture Monitoring System (WPMS) berhasil dikembangkan sebagai solusi untuk menjaga postur duduk yang sehat dan ergonomis. Dari sisi *Quality of Service* (QoS), kinerja jaringan menunjukkan hasil yang baik dengan nilai *delay*, *jitter*, dan *throughput* yang stabil sehingga mendukung pengiriman data secara real-time dari perangkat ke aplikasi. Selanjutnya, pengujian fungsionalitas WPMS membuktikan bahwa sistem backend aplikasi mampu memproses data postur secara *real-time*, memicu notifikasi saat terdeteksi penyimpangan, menyimpan hasil sesi ke dalam histori, serta menyajikan fitur edukasi yang relevan. Sementara itu, dari aspek *User Experience* (UX), aplikasi *Postura* dinilai efektif dalam menampilkan riwayat postur, memberikan notifikasi pengingat secara interaktif, serta menyajikan fitur edukasi yang meningkatkan kesadaran pengguna. Hasil evaluasi responden juga menunjukkan tingkat kenyamanan dan kepuasan tinggi terhadap tampilan aplikasi, sehingga WPMS layak dijadikan sarana monitoring sekaligus pencegahan dini terhadap risiko gangguan tulang belakang. Hal ini menunjukkan WPMS tidak hanya efektif sebagai alat monitoring, tetapi juga berperan dalam meningkatkan kesadaran pengguna menjaga postur sehat.

REFERENSI

- [1] KEMENPERIN RI (2003) Undang - Undang RI No 13 tahun 2003 Tentang Ketenagakerjaan, Ketenagakerjaan.
- [2] Muh. M Alshehri, Amjad M Alqhtani, Shahd H Gharawi, Raghad A Sharahily, Wajd A Fathi, Shahad G Alnamy, Shaima A Alothman, Yasir S Alshehri, Ahmed S Alhowimel, Bader A Alqahtani, Aqeel M Alenazi. (2023). Prevalence of lower back pain and its associations with lifestyle behaviors among college students in Saudi Arabia: A cross sectional study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 24, Article 646.
- [3] A. Pradita, (2022), "Korelasi Fleksibilitas Otot Lumbal dengan Keluhan Nyeri Punggung Bawah," *Khairun Medical Journal*, vol. 4, no. 2.
- [4] Sun, Y., et al. (2024). Global, regional, and national burden of low back pain, 1990–2021. *Frontiers in Public Health*.
- [5] World Health Organization (2023). Low back pain. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/low-back-pain>
- [6] Hills, P. C., et al. (2012). The effects of feedback on computer workstation posture habits. *Work*, 41(Supplement 1), 5254–5258.
- [7] Patel, S., et al. (2012). A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*.
- [8] Huang, Y., et al. (2023). Wearable posture monitoring systems: A review. *Sensors*, 23(22), 9047.
- [9] A. Junaidi, "Internet of things, sejarah, teknologi dan penerapannya," *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, vol. 1, no. 3, 2015.
- [10] Analog Devices, "ADXL345: Digital Accelerometer Datasheet," datasheet, 2022. [Online]. Available: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/adxl345.pdf>
- [11] Espressif Systems, "ESP32 Series Datasheet: ESP32-WROOM-32," datasheet, 2023. [Online]. Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
- [12] Honcell Energy Co., Ltd., "Li-ion Rechargeable Battery: ICR18650-2000 Datasheet," datasheet, 2018. [Online]. Available: <https://www.batteryspace.com/productimages/li-ion/LC18650-2000.pdf>
- [13] P. Chougale, V. Yadav, A. Gaikwad, and B. Vidyapeeth, "Firebase-overview and usage," *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, vol. 3, no. 12, pp. 1178–1183, 2021.
- [14] E. Windmill, *Flutter in Action*. Simon and Schuster, 2020.
- [15] R. R. Saragih, *Pemrograman dan Bahasa Pemrograman. STMIK-STIE Mikroskil*, pp. 1–91, 2016.
- [16] U. M. Tyas and A. A. Buckhari, "Implementasi Aplikasi Arduino IDE pada Mata Kuliah Sistem Digital," *TEKNOS: Jurnal Pendidikan dan Teknologi*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2023.
- [17] I. S. N. Nisa, Rahmat Miyarno Saputro, Tegar Fatwa Nugroho, and Alfirna Rizqi Lahitani, "Analisis Quality of Service (QoS) Menggunakan Standar Parameter Tiphon pada Jaringan Internet Berbasis Wi-Fi Kampus 1 Unjaya", *teknomatika*, vol. 17, no. 1, pp. 1–9, Apr. 2024
- [18] Y. W. S. Putra, A. M. Dawis, N. Novi, F. Natsir, F. Fitria, A. A. S. Widhiyanti, et al., *Pengantar Aplikasi Mobile*. Penerbit Widina, 2023.
- [19] M. Sandesara, U. Bodkhe, S. Tanwar, M. D. Alshehri, R. Sharma, B.-C. Neagu, G. Grigoras, and M. S. Raboaca, "Design and Experience of Mobile Applications: A Pilot Survey," *Mathematics*, vol. 10, no. 14, p. 2380, 2022, doi: 10.3390/math10142380.
- [20] International Organization for Standardization, "Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centred design for interactive systems," *ISO 9241 210:2010*, 2010.
- [21] International Organization for Standardization, "Ergonomics of human-system interaction – Usability methods supporting human-centred design," *ISO/TR 16982:2002*, 2002.