

BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Deskripsi Umum Masalah

Pengembangan Sumber Daya Manusia (PSDM) dalam sebuah perusahaan menjadi salah satu aspek penting dalam mendukung produktivitas dan pertumbuhan krusial sebagai penggerak utama produktivitas dan inovasi di Indonesia. Sebagai tenaga profesional yang menjadi tulang punggung kemajuan bangsa, masyarakat Indonesia khususnya para pekerja diharapkan mampu bekerja secara efektif dan terus meningkatkan keterampilan teknis maupun non-teknis yang mendukung profesionalitas kerja. Meluasnya lingkup pekerjaan di Indonesia saat ini, menjadikan sebuah kesempatan emas bagi masyarakat Indonesia. Peran-peran penting seperti staf administrasi, data analis, *customer service*, dan masih banyak lagi, membutuhkan pengembangan keterampilan yang berkelanjutan untuk menghadapi tantangan yang semakin kompleks. Hal tersebut menjadi alasan mengapa kesejahteraan mental dan fisik memainkan peran yang penting dalam mendukung performa pekerja.

Secara umum, durasi waktu kerja yang ideal dalam seminggu berkisar antara 40-48 jam, dibagi dalam 5 hingga 6 hari kerja. Sementara itu, tambahan waktu kerja yang efisien sebaiknya tidak melebihi 30 menit [1]. Tantangan utama dalam kerja kantor tidak hanya meliputi manajemen waktu yang tinggi, namun perlunya menjaga kesehatan fisik dan mental mengingat sebagian besar pekerjaan dilakukan dalam posisi duduk yang monoton. Kegiatan kerja yang sering melibatkan duduk dalam jangka waktu yang lama, baik di dalam ruangan kerja maupun di luar ruangan, membawa risiko tersendiri terhadap kesehatan, terutama terkait dengan postur tubuh yang tidak ergonomis. Sikap duduk yang kurang tepat, seperti membungkuk atau membiarkan bahu terkulai, dapat menyebabkan masalah kesehatan jangka panjang pada tulang belakang, seperti nyeri punggung, kifosis, dan gangguan postur lainnya. Kondisi ini semakin memburuk oleh kebiasaan pekerja kantoran yang sering kali kurang memperhatikan pentingnya postur tubuh yang baik, terutama di tengah tuntutan pekerjaan yang tinggi.

Tidak hanya pekerja, mahasiswa juga rentan mengalami masalah kesehatan tulang belakang akibat kebiasaan duduk terlalu lama dalam postur yang tidak ergonomis, seperti saat mengikuti kuliah daring, mengetik tugas, dan membaca. Kondisi ini dapat memicu nyeri punggung bawah, ketegangan otot, hingga gangguan muskuloskeletal. Studi *cross-sectional* di Arab Saudi menunjukkan bahwa prevalensi *low back pain* pada mahasiswa mencapai 57,4%, dengan durasi duduk lama sebagai faktor signifikan yang memperparah keluhan tersebut[2].

Untuk menjaga kesehatan tulang belakang, penting bagi setiap individu terutama mahasiswa untuk memperhatikan postur duduk yang benar selama beraktivitas. Postur duduk yang baik, seperti menjaga tulang belakang tetap tegak, posisi lutut sejajar dengan pinggul, serta bahu rileks tanpa membungkuk, dapat membantu mencegah tekanan berlebih pada struktur tubuh. Namun, sayangnya, kebiasaan duduk dalam posisi yang salah sering kali luput dari perhatian dan dianggap remeh. Jika dibiarkan terus-menerus, kebiasaan tersebut dapat memicu berbagai masalah kesehatan, mulai dari ketegangan otot, nyeri punggung bawah, hingga gangguan muskuloskeletal jangka panjang yang mengganggu produktivitas dan kualitas hidup.

Nyeri punggung bawah atau *Lower Back Pain* (LBP) banyak dipublikasikan oleh studi kesehatan dengan definisi sebagai suatu kondisi medis yang umum terjadi dan ditandai dengan rasa sakit atau ketidaknyamanan di daerah lumbal. Kondisi ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, yang mana salah satu gangguan terletak pada muskuloskeletal akibat dari sisi ergonomi yang salah. Hal tersebut menyebabkan nyeri yang timbul di antara batas *costae* dan lipatan *gluteaus inferior*[3]. Seiring dengan perubahan layanan kesehatan menuju model penyampaian berbasis hasil yang fokus pada pasien, perangkat yang dapat dikenakan (*wearables*) kini menjadi elemen penting dalam sistem kesehatan. Teknologi *wearable* yang dapat terintegrasi atau dilekatkan pada pakaian menjadi sebuah solusi yang dapat kami berikan.

1.2 Analisis Masalah

1.2.1 Aspek Kesehatan

Posisi tulang punggung yang tidak benar dapat memberikan masalah kesehatan terhadap individu tersebut. Selain menimbulkan kelainan tulang belakang dan nyeri otot ini terdapat masalah kesehatan lainnya, diantaranya: pertama, *inkontinensia* yang mana akan dialami oleh individu dengan ditandai keluarnya sedikit air seni ketika batuk maupun tertawa. Kedua, sembelit yang mana dapat terjadi melalui kebiasaan pemakaian toilet duduk yang membuat postur badan membungkuk dengan posisi lutut yang lebih rendah dari pinggul. Efeknya dapat ditandai dengan berkurangnya buang air besar dalam seminggu hingga adanya rasa buang air besar yang tidak tuntas. Ketiga, mulas dan pencernaan yang melambat dapat dirasakan oleh individu yang memiliki postur tubuh yang membungkuk. Hal tersebut dapat dirasakan oleh individu setelah makan karena postur tubuh yang membungkuk dapat memberi tekanan pada

perut sehingga menimbulkan masalah pencernaan[4]. Dalam hal ini, masalah tulang punggung menimbulkan efek yang memberikan dampak negatif berupa penurunan kesehatan yang dapat memengaruhi produktivitas setiap individu.

1.2.2 Aspek Ekonomi

Permasalahan kesehatan pada tulang belakang diketahui dapat memberikan masalah kesehatan lainnya. Masalah kesehatan tersebut akan merugikan individu tersebut dimulai dari ketidaktahuan terdeteksinya penyakit yang sudah lama menjangkiti individu tersebut hingga mencapai pada kondisi kesehatan yang semakin memburuk. Maka, akan diperlukan perawatan dan penyembuhan intensif yang membutuhkan pengeluaran biaya yang besar untuk penyembuhan dari masalah kesehatan yang dialami tubuh terutama berfokus pada kesehatan tulang belakang. Karena rendahnya kesadaran akan pentingnya pencegahan postur, mengakibatkan LBP bisa berkembang menjadi kronis. Situasi ini biasanya memaksa individu menjalani pemeriksaan medis seperti *rontgen* (Rp300–800 ribu), *CT scan*/MRI (Rp1,5–4 juta), dan fisioterapi panjang (Rp2–5 juta), yang secara total jauh melebihi biaya pembelian WPMS.

1.3 Analisis Solusi yang Ada

Berbagai sistem pemantauan postur telah digunakan dalam rehabilitasi ortopedi, pemantauan olahraga, serta evaluasi postural dan keseimbangan. Teknologi yang umum digunakan meliputi sensor induktif, kamera atau sistem optik, pakaian pelacak, akselerometer, dan *Inertial Measurement Unit* (IMU)[5]. Namun, masing-masing teknologi memiliki kelemahan. Pertama, sensor induktif tidak mampu mengukur rotasi dan sudut yang diperlukan untuk pemantauan punggung. Kedua, sistem optik dan pakaian pelacak mahal tidak praktis untuk digunakan di luar fasilitas khusus. Ketiga, akselerometer kurang akurat untuk sesi pemakaian yang berlangsung lama. Keempat, IMU digunakan dalam berbagai konfigurasi untuk memantau punggung, mulai dari satu hingga lima sensor.

Perangkat IMU bekerja dengan cara pengumpulan data melalui pihak dokter yang terlebih dahulu menentukan postur dasar biomekanik yang benar untuk setiap aktivitas dan menentukan penyimpangan gerakan yang diizinkan melalui perangkat lunak khusus, berdasarkan informasi dari sesi *physiotherapy* pasien. Saat digunakan, perangkat ini memantau postur pengguna secara *real-time* menggunakan tiga unit IMU yang terdiri dari *accelerometer*, *gyroscope*, dan *magnetometer triaksial*. Jika postur pengguna menyimpang dari garis dasar, sistem kontrol *fuzzy* mengaktifkan unit getaran untuk memberikan umpan balik kepada pengguna agar

memperbaiki posturnya. Selain itu, perangkat merekam data setiap sesi pelatihan, memungkinkan pengguna dan dokter untuk mengevaluasi kemajuan postur yang benar dan salah untuk penyesuaian terapi dan rencana latihan.

Pengembangan perangkat IMU terdiri dari sabuk yang dilengkapi tiga sensor IMU yang ditempatkan di area serviks, toraks, dan lumbal. Sensor ini terpasang pada kulit menggunakan elektroda perekat dengan tombol potret. Setiap IMU mengukur perpindahan di sepanjang sumbu x, y, dan z pada tulang belakang, menggunakan *accelerometer* ADXL345, *gyroscope* ITG3200, dan *magnetometer* HMC5883, yang menyediakan data dengan akurasi tinggi untuk mendeteksi perubahan postur. Perangkat juga dilengkapi motor getaran berbentuk koin dengan kecepatan 12.000 putaran/menit sebagai alat umpan balik getar. Pengolahan data dilakukan oleh prosesor ATmega328 16MHz yang menganalisis kemiringan, kelengkungan, dan rotasi punggung secara *real-time*. Prosesor ATmega 2560 16-MHz mengelola komunikasi bluetooth, *Universal Serial Bus* (USB), pengaktifan unit getaran, dan penyimpanan data ke kartu *Micro Secure Digital* (Micro SD). Pengguna juga dapat mengontrol fungsi utama perangkat melalui tombol fisik dan perangkat beroperasi dengan frekuensi pengukuran satu kali per detik.

Perangkat pengembangan tersebut menawarkan beberapa keunggulan dibandingkan solusi IMU sebelumnya, yang mana perangkat ini menggunakan tiga sensor IMU untuk memantau postur secara *real-time* dan memberikan umpan balik langsung melalui sistem *vibrotactile* saat postur pengguna menyimpang dari parameter yang telah ditentukan. Hal ini berbeda dengan solusi lain yang tidak memberikan hasil akurat dengan gerakan punggung atau tidak diuji dengan pasien nyata. Keterbatasan lain dari solusi sebelumnya adalah akurasi yang rendah dan harga yang tinggi berkisar antara \$2000 hingga \$4000. Secara keseluruhan, diharapkan perangkat yang akan kami rancang mampu memperbaiki kelemahan dari teknologi yang ada dengan menggabungkan keunggulan IMU dalam pengukuran postur dengan umpan balik *real-time* yang terjangkau, serta menawarkan potensi yang lebih besar untuk diterapkan dalam terapi pasien dengan masalah kesehatan nyeri punggung bawah.

Meskipun WPMS menawarkan berbagai solusi, terdapat beberapa tantangan yang perlu diperhatikan. Diantaranya:

1. Akurasi dan Sensitivitas Sensor. Salah satu faktor kritis yang perlu diperhatikan. Jika perangkat ini tidak cukup sensitif atau memiliki kinerja yang terbatas, maka ada kemungkinan informasi yang dikumpulkan tidak cukup akurat untuk memberikan diagnosis.

2. Penerimaan Pengguna. Hal ini berkaitan dengan peran perangkat yang dapat memberikan kenyamanan dan tidak mengganggu aktivitas sehari-hari. Hal ini bertujuan agar pengguna bersedia memakainya dalam jangka waktu yang lama.
3. Interpretasi Data. Jika data yang dimuat berlebihan serta tanpa konteks klinis yang tepat juga bisa menjadi risiko. Pembuatan sistem harus dirancang untuk bekerja secara sinergis dengan pemeriksaan medis tradisional dan berperan sebagai tindak lanjut dari profesional kesehatan, bukan berperan sebagai pengganti sepenuhnya.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk merancang dan mewujudkan sistem *WPMS* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang inovatif dan aplikatif guna membantu mendeteksi serta memantau pola postur tubuh yang tidak ergonomis, khususnya pada pekerja kantoran. Sistem ini diharapkan mampu menjadi langkah pencegahan dari masalah kesehatan tulang belakang yang semakin fatal, seperti skoliosis, nyeri punggung bawah, maupun gangguan muskuloskeletal lainnya yang umum terjadi akibat kebiasaan duduk dalam jangka waktu lama.

Tujuan dari pengembangan *WPMS* ini juga mencakup penciptaan perangkat *wearable* yang ergonomis, ringan, dan nyaman digunakan dalam aktivitas kerja sehari-hari tanpa mengganggu mobilitas pengguna. Dengan dukungan teknologi sensor akselerometer dan giroskop, serta integrasi dengan platform monitoring berbasis aplikasi, sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai alat pendeteksi postur, tetapi juga sebagai solusi preventif yang memberikan umpan balik *real-time* serta data historis yang berguna untuk analisis kebiasaan postur tubuh pengguna.

Selain itu, *WPMS* ditujukan untuk menghasilkan alat yang presisi dan akurat dalam pengukuran postur tubuh, mampu melakukan pemantauan secara *real-time* dengan keandalan tinggi, serta telah melalui pengujian *Quality of Service* (QoS) berdasarkan parameter *delay*, *jitter*, dan *throughput* untuk memastikan performansi transmisi data yang optimal. Perancangan *WPMS* ini diharapkan menjadi salah satu kontribusi nyata dalam mendorong budaya kerja sehat dan meningkatkan kualitas hidup baik mahasiswa maupun para pekerja kantoran melalui pengelolaan postur tubuh yang lebih baik.

1.5 Batasan Tugas Akhir

Dalam merancang sistem WPMS, terdapat sejumlah batasan teknis dan ergonomis yang menjadi acuan utama agar perangkat dapat digunakan secara optimal oleh pengguna, khususnya pekerja kantoran serta Mahasiswa yang banyak menghabiskan waktu dalam posisi duduk. Salah satu batasan terpenting adalah aspek kenyamanan penggunaan jangka panjang. Perangkat WPMS harus dirancang sedemikian rupa agar tidak memicu iritasi kulit, reaksi alergi, atau ketidaknyamanan, bahkan saat digunakan selama berjam-jam. Untuk itu, komponen WPMS sebaiknya tidak bersentuhan langsung dengan kulit dan dapat disematkan pada pakaian atau rompi khusus yang berfungsi sebagai penyangga perangkat. Pendekatan ini tidak hanya menghindari risiko medis tetapi juga meningkatkan kestabilan komponen selama pengguna beraktivitas.

Batasan lainnya terdapat pada aspek teknis, khususnya dalam penggunaan sensor dan sistem pemantauan berbasis platform *virtual*. Sensor kemiringan yang digunakan harus memiliki sensitivitas tinggi agar mampu mendeteksi perubahan sudut tulang belakang sekecil apa pun, terutama saat pengguna duduk. Di sisi lain, margin kesalahan (*error margin*) sensor juga harus dijaga serendah mungkin guna menjaga akurasi data postur. Selain itu, sistem WPMS harus mampu terhubung dengan platform *virtual* yang andal dan responsif. Platform ini wajib memenuhi standar QoS yang sesuai dengan sistem perancangan, seperti *delay* transmisi data yang sesuai, *jitter* yang sesuai, begitupun dengan data *throughput*. Batasan-batasan ini bertujuan untuk memastikan data postur tubuh pengguna dapat dikirim dan dianalisis tanpa hambatan teknis dan bisa menjadi solusi cerdas untuk manajemen postur harian.