

PENGEMBANGAN *WEARABLE DEVICE* UNTUK DETEKSI POSTUR DUDUK MANUSIA BERBASIS DATA SENSOR MPU6050 MENGGUNAKAN METODE *SUPPORT VECTOR MACHINE*

Yudisthira Dwi Kurnia¹, Dahnia Syauqy², Edita Rosana Widasari³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya

Email: ¹disstdk@student.ub.ac.id, ²dahnial87@ub.ac.id, ³editarosanaw@ub.ac.id

Abstrak

Manusia era modern cenderung melakukan laptop, smartphone dan komputer untuk mengerjakan pekerjaannya. Penggunaan komputer saat ini sudah banyak dan menyebar luas dikalangan masyarakat karena kemampuannya dalam mengerjakan tugas-tugas manusia. Memiliki postur duduk yang baik tentu memiliki dampak positif dalam menjaga kesehatan tulang belakang, namun masih banyak juga yang mengabaikannya. Dengan semakin majunya perkembangan teknologi, penerapan sistem *wearable device* yang di desain pada sebuah rompi untuk dapat memberikan peringatan terkait postur duduk pengguna yang bersifat portabel sehingga dapat dikenakan dimana saja. Penerapan sistem menggunakan dua buah sensor MPU6050 untuk melihat nilai-nilai yang dihasilkan oleh akselerometer dan giroskop yang terintegrasi ke dalam mikrokontroler ESP32 dengan metode *Support Vector Machine* (SVM) untuk melakukan klasifikasi atau prediksi, sistem mendapatkan hasil akurasi sebesar 100% pada pelatihan model serta keseluruhan sistemnya. Sistem yang dirancang memiliki waktu komputasi yang baik yaitu selama 0,127 s untuk pelatihan model dan 111,1 ms untuk memprediksi postur menggunakan sistem *wearable device*. Sistem yang dikembangkan juga menggunakan output berupa peringatan bunyi buzzer yang apabila postur duduk pengguna terdeteksi postur yang membungkuk.

Kata kunci: manusia, ergonomi duduk, postur duduk, *wearable device*, esp32, sensor mpu6050, *support vector machine*, rompi.

Abstract

Modern humans tend to use laptops, smartphones and computers to do their work. The use of computers is currently widespread and widespread in society because of its ability to do human tasks. Having a good sitting posture certainly has a positive impact on maintaining spinal health, but many still ignore it. With the advancement of technology, the application of a wearable device system designed on a vest to be able to provide warnings regarding the user's sitting posture which is portable so that it can be worn anywhere. The application of the system uses two MPU6050 sensors to see the values generated by the accelerometer and gyroscope integrated into the ESP32 microcontroller with the Support Vector Machine (SVM) method to perform classification or prediction, the system gets 100% accuracy results in model training and the entire system. The designed system has a good computing time of 0.127 s for model training and 111,1 ms to predict posture using the wearable device system. The developed system also uses an output in the form of a buzzer sound warning if the user's sitting posture is detected as a hunched posture.

Keyword: humans, sitting ergonomics, sitting posture, *wearable device*, ESP32, MPU6050 sensor, *support vector machine*, vest.

1. PENDAHULUAN

Manusia era modern cenderung menggunakan laptop, smartphone dan komputer untuk mengerjakan pekerjaannya mulai dari pelajar, pekerja kantoran dan bahkan yang bisa

berlama-lama didepan laptop atau komputer adalah pemain gim. Penggunaan komputer saat ini sudah sangat banyak dan menyebar luas dikalangan masyarakat karena kemampuannya dalam mengerjakan berbagai tugas (Supriyanto

et al, 2023), sehingga gaya hidup manusia yang cenderung kurang aktif dan banyak waktu dihabiskan adalah dalam posisi duduk. Perlu diperhatikan bahwa penting untuk memahami dan memperbaiki postur duduk menjadi semakin relevan (Hadi, P., & Hasmar, W., 2021) karena postur duduk yang baik tentunya duduk dengan tegak dan tidak menyamping, condong kedepan maupun belakang. Perilaku terhadap posisi duduk yang salah dapat disebabkan oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal seperti kurangnya kesadaran, yaitu duduk dalam waktu yang sangat lama tanpa adanya istirahat akan menyebabkan kelelahan dan stres. Faktor eksternal seperti ketidaknyamanan kursi yang dirancang dengan buruk juga dapat mempengaruhi kebiasaan postur tubuh yang buruk. Menjaga postur duduk yang baik dan benar menjadi sangat penting untuk kesehatan tulang belakang (Sangyong et al, 2016).

Terdapat cara untuk mempertahankan posisi duduk yang baik yaitu dengan mengetahui ergonomi duduk yang benar, seperti menghindari posisi membungkuk untuk mencegah peningkatan tekanan pada saraf tulang belakang, menjaga posisi kaki agar sama rata dengan lantai dan membiarkan siku dalam posisi terbuka agar tetap rileks (Hadi, P., & Hasmar, W. 2021). Meski begitu, masih banyak orang yang mengabaikan pentingnya menjaga postur duduk yang benar saat melakukan aktifitasnya terutama yang bekerja di depan komputer seharian yang memiliki dampak pada kebiasaan manusia terhadap posisi duduk yang buruk dalam waktu yang lama.

Studi serupa yang dilakukan oleh Supriyanto et al, (2023), dimana mereka merancang dan membangun prototipe rompi pintar untuk memperbaiki postur duduk dan memberikan peringatan dini tentang posisi duduk yang salah. Penggunaan sensor MPU6050 dipilih dalam penelitian tersebut karena mampu mengukur kecepatan, orientasi, dan gravitasi, dengan akurat sehingga cocok untuk mendeteksi pengguna. Pada penelitian yang dilakukan oleh Jongryun et al, (2018), klasifikasi SVM dengan menggunakan kernel RBF mendapatkan nilai hasil akurasi yang tinggi dibanding menggunakan klasifikasi jenis yang lain dengan mencapai tingkat akurasi maksimum mencapai 97.94%.

Oleh karena itu, sistem yang akan dikembangkan pada penelitian ini merupakan

sebuah sistem *wearable device* dengan penggunaan sensor MPU6050 yang diolah menggunakan teknik model *Support Vector Machine* yang dapat memprediksi postur duduk manusia dengan nilai parameter dari sensor yaitu akselerometer dan giroskop yang diperlukan untuk pengenalan postur duduk manusia.

2. DASAR TEORI

2.1 Postur Duduk Manusia

Postur duduk merupakan sebuah sikap dalam memposisikan tubuh dengan stabil dan lurus tegak saat duduk. Menurut Prasanda, A. (2022) dari laman klikdokter.com, mengatakan bahwa posisi duduk yang benar saat membaca harus bisa menyeimbangkan posisi leher dan punggung. Dengan begitu, kesehatan leher, punggung dan juga mata akan tetap terjaga ketika membaca. Postur duduk yang baik seharusnya saat seseorang mengatur posisi tubuh yang melibatkan tulang belakang, bahu, leher dan kaki saat duduk karena sangat penting menjaga kesehatan tulang belakang, otot dan keseimbangan keseluruhan tubuh. Ketika seseorang sudah terbiasa dengan postur duduk yang benar, manfaat jangka panjang bagi tulang belakang sangat terasa karena dapat menghindari kelainan bentuk yang serius seperti kelainan kifosis postural.

2.2 Ergonomi Duduk

Ergonomi memiliki arti peraturan dan hukum yang berasal dari kata *ergon* dan *nomos* yang merupakan bahasa Yunani. Memahami bagaimana aturan cara kerja yang mengikat manusia sebagai tenaga kerja serta alat yang digunakan akan menjadi satu kesatuan yang menciptakan sebuah cara tersendiri (Hadi & Hasmar, 2021). Sikap dalam duduk memiliki cara agar keadaan tubuh nyaman dan mengurangi risiko yang diakibatkan oleh cara yang salah. Ada hal penting yang harus diperhatikan agar posisi duduk tetap santai dan nyaman yaitu tetap memposisikan tubuh dengan tegak.

2.3 Rompi

Rompi merupakan salah satu pakaian terluar tanpa memiliki kain pada bagian lengan. Rompi biasanya digunakan pada kemeja atau baju kaos. Rompi berasal dari kata "*veste*" yang berarti model baju tanpa lengan. Namun, rompi

memiliki banyak jenis sesuai kebutuhannya seperti contoh rompi pada orang yang mengalami gejala sakit punggung akan memilih rompi atau alat terapi koreksi postur tulang punggung yang berfungsi untuk menegakkan punggung.

2.4 Peringatan

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), *peringatan* memiliki arti yaitu “*berita yang mengingatkan akan adanya sesuatu yang akan terjadi*”. Pada beberapa kasus tertentu, sebuah kata tersebut tergantung pada konteks penggunaannya seperti contoh digunakan pada notifikasi, teguran dan perayaan hari penting. Secara luas, arti kata tersebut memiliki tujuan untuk menyampaikan informasi, memberikan teguran, dan memperingati peristiwa penting yang berkaitan dengan konteks. Dengan begitu, melalui peringatan ini, kita dapat mengetahui informasi terkait adanya peristiwa yang akan terjadi pada masa mendatang dengan mencegah terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan.

2.5 Support Vector Machine (SVM)

SVM merupakan algoritma machine learning yang memiliki kemampuan untuk memisahkan kedua kelas dengan menemukan hyperplane terbaik. Pencarian hyperplanenya memiliki cara yaitu dengan menemukan batas maksimum antara kedua kelas. SVM masuk dalam kategori algoritma supervised learning dimana sangat efektif dan algoritma ini mampu bekerja dengan sangat baik pada sekumpulan data yang lebih kecil, namun untuk data yang kompleks, algoritma ini masih kesulitan. Penggunaan SVM cocok untuk tugas seperti klasifikasi dan regresi dengan cara khusus dalam pengklasifikasiannya (Saini, A. 2024). Hyperplane merupakan fungsi untuk pemisah antar kelas yang satu dengan yang lain dengan mencari ruang N-dimensi mengklasifikasikan titik data. SVM dapat mengatasi kondisi overfitting yang berlebihan dan bekerja dengan sangat baik sehingga menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi dan melakukan prediksi yang cepat (Coding Studio Team, 2021). Persamaan fungsi diskriminan linear adalah dari bentuk:

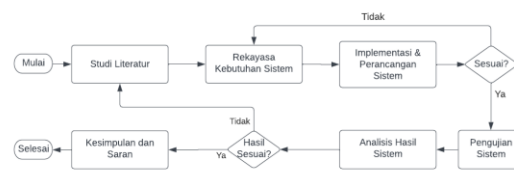
$$f(x) = \sum_i w_i x_i + b \quad (1)$$

Pada persamaan (1), vektor bobot (w_i) dan bias hyperplane (b) adalah komponen penting. Vektor bobot mewakili kontribusi tiap fitur

dalam klasifikasi sedangkan bias untuk menentukan posisi hyperplane dalam ruang. Dalam penelitian Zhang et al, (2020), mengatakan bahwa sampel dibagi menjadi dua kelas yaitu gerak dinamis dan statis. Gerak dinamis diberi label $d_i = 1$, dan statis diberi label $d_i = 0$. Fungsi $f(x)$ digunakan untuk memberikan nilai pada setiap titik data, yaitu untuk $f(x) = 0$ adalah hyperplane yang memisahkan titik data dari dua kelas (linear), $f(x) \geq 0$ menunjukkan gerak dinamis, sedangkan $f(x) \leq 0$ menunjukkan gerak statis. Terdapat teori kernel yang diperkenalkan dengan tujuan untuk pemetaan data dari ruang input ke ruang dimensi yang lebih tinggi dan memungkinkan transformasi data nonlinear. Fungsi kernel bisa dilihat pada persamaan (2) berikut.

$$K(x, y) = \varphi(x)^T \varphi(y) \quad (2)$$

3. METODOLOGI



Gambar 1. Strategi Penelitian

Gambar 1 diatas menunjukkan diagram alir yang bertujuan untuk memudahkan dalam proses penulisan. Berdasarkan judul, tipe penelitian ini yaitu implementatif dimana akan merancang sebuah alat yang dapat digunakan untuk dapat memprediksi postur duduk dengan modul sensor MPU6050 menggunakan klasifikasi SVM.

3.1 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan secara primer yang akan diambil secara langsung dari subjek penelitian berdasarkan validasi dari dokter spesialis atau ahlinya. Data yang sudah dikumpulkan akan menggunakan teknik pre-define labelling karena data akan langsung dikelompokkan berdasarkan pengamatan pada pembacaan sensor. Dalam proses pengambilan data, subjek akan melakukan secara sadar terhadap jenis postur duduk tertentu. Postur duduk yang akan diambil adalah postur duduk ‘Tegak’ dan ‘Bungkuk’. Data yang diperoleh dari subjek penelitian akan digunakan sebagai data training untuk melakukan pemodelan klasifikasi metode SVM, sedangkan data uji akan diperoleh dengan

menggunakan sistem *wearable device* yang telah terintegrasi model untuk melakukan prediksi. Pengambilan data pada subjek untuk dataset training adalah sebanyak 480 data dan data untuk pengujian sebanyak 20 data.

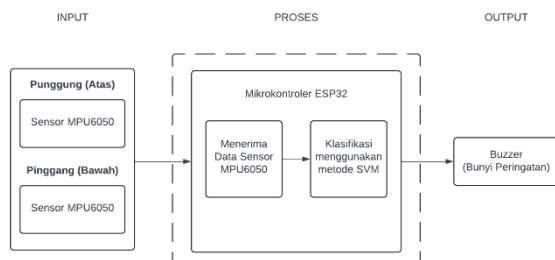
Subjek penelitian ini akan melibatkan pengguna yang akan dijadikan sebagai data subjek pada penelitian ini. Terdapat total 4 subjek yang akan digunakan penulis untuk pengambilan data training serta 2 data untuk pengujian sistem prediksi menggunakan model yang sudah dibangun. Berikut daftar pada Tabel 1 akan menjelaskan seluruh subjek yang digunakan.

Tabel 1. Subjek Penelitian

Parameter Pengujian	Data Training	Data Uji
Gender (Laki-Laki)	4 Subjek	2 Subjek
Gender (Perempuan)	-	-

4. PERANCANGAN & IMPLEMENTASI

4.1 Perancangan Sistem



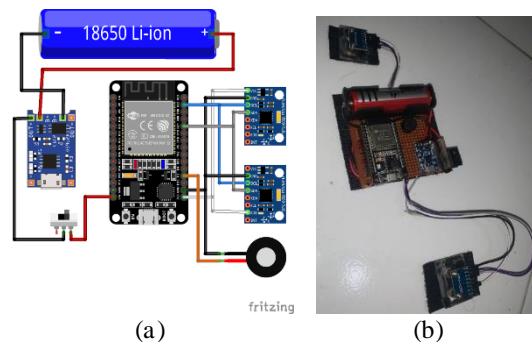
Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Gambar 2 merupakan sebuah blok diagram dari sistem pada penelitian ini dimana komponen perangkat keras meliputi sensor MPU6050, mikrokontroler ESP32. Sensor MPU6050 diletakkan di dua tempat berbeda yaitu satu berada pada bagian punggung atas dan satunya berada pada bagian pinggang bawah. Kedua buah sensor MPU6050 berperan sebagai input yang akan diambil datanya berupa nilai dari sudut akselerometer dan giroskop yaitu Ax, Ay, Az, Gx, Gy, dan Gz. Setelah menerima data dari sensor, selanjutnya akan dilakukan klasifikasi menggunakan metode *Support Vector Machine* (SVM) untuk mengklasifikasikan postur duduk pengguna. Kategori postur duduk tersebut dibagi menjadi 2 kelas yaitu ‘Tegak’ dan ‘Bungkuk’. Setelah sistem berhasil mengklasifikasikan sudut dari nilai pembacaan sensor, maka buzzer

yang menjadi output akan berbunyi jika postur duduk pengguna dikategorikan bungkuk.

4.2 Perancangan dan Implementasi Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras akan menampilkan penjelasan rangkaian yang saling terhubung antar pin pada mikrokontroler dan juga sensor. Pada tahap ini, implementasi perangkat keras meliputi komponen seperti sensor, mikrokontroler, baterai, buzzer dan modul charger akan dirancang. Untuk sensor memiliki dua tempat peletakan yang berbeda pada rompi sedangkan untuk mikrokontroler dan lainnya diletakkan pada bagian tengah rompi. Gambar 3 (a) dan (b) menunjukkan tampilan perangkat keras sistem pada penelitian ini.



Gambar 3. (a)Skematik Perangkat Keras, (b)Tampilan Perangkat Keras

Berdasarkan rangkaian pada Gambar 2 yang sudah dibuat berikut penjelasan dari koneksi pin konfigurasi.

Tabel 1. Koneksi Pin ESP32 dengan Sensor MPU6050 (Atas)

ESP32	Sensor MPU6050 (Atas)
3V3	VCC
GND	GND
D22	SCL
D21	SDA

Tabel 2. Koneksi Pin ESP32 dengan Sensor MPU6050 (Bawah)

ESP32	Sensor MPU6050 (Atas)
3V3	ADO
GND	GND
D22	SCL
D21	SDA

Tabel 3. Koneksi Pin ESP32 dengan Buzzer

ESP32	Buzzer
3V3	Kutub (+)
D2	Kutub (-)

Tabel 4. Koneksi Pin Modul TP4056 dengan Baterai 18650

Modul TP4056	Baterai 18650
B+	Kutub (+)
B-	Kutub (-)

Tabel 5. Konfigurasi Pin Modul TP4056 dan Switch dengan ESP32

Modul TP4056	Switch	ESP32
OUT+	Switch OFF	-
OUT-	-	GND
-	Switch ON	VIN

Tabel 1-5, menunjukkan bahwa hubungan antar pin ESP32 dengan Sensor MPU6050 yang diletakkan pada bagian atas dan bagian bawah. Terdapat perbedaan antara keduanya yaitu terletak pada pin yang memberi daya kepada sensor MPU6050. Jika diperhatikan, untuk sensor bagian bawah dimana pin yang terhubung untuk memberikannya daya adalah ke pin ADO. Hal tersebut dikarenakan kedua sensor memiliki alamat yang berbeda, sehingga salah satunya harus dihubungkan melalui pin ADO, serta pengaturan pin Buzzer yang terhubung juga dengan ESP32. Pengaturan pemberian daya pada sebuah mikrokontroler pada sistem ini memiliki peran yang sangat penting mengingat sistem yang dibuat penulis merupakan sebuah sistem portabel, sehingga penggunaannya bisa dimana saja dan kapanpun. Dengan adanya modul charger yang diimplementasikan, membuat sistem dapat melakukan pengisian daya ulang kepada baterai 18650.

4.3 Perancangan dan Implementasi Perangkat Lunak

Pada perancangan perangkat lunak, penulis akan menjelaskan bagaimana sistem atau alur sistem akan berjalan. Tujuannya adalah untuk memastikan sistem dapat beroperasi dengan baik dan benar sehingga mampu menghasilkan output yang sesuai dengan rencana penulis pada penelitian ini. Gambar 4 berikut akan menunjukkan alur sistem perangkat lunak yang dimulai pada inisialisasi library dan variabel yang digunakan pada kode program, kemudian program akan membaca data dari sensor MPU6050. Setelah berhasil membaca data dari sensor yang berupa nilai-nilai sudut dari ax1, ay1, az1, gx1, gy1, gz1, ax2, ay2, az2, gx2, gy2, dan gz2 pada masing-masing kedua sensor tersebut, selanjutnya akan dilakukan akuisisi data menggunakan Microsoft Excel Data

Streamer. Data yang sudah berhasil direkam pada akuisisi data akan dibagi menjadi 2 kelas, yaitu tegak dengan label '0' dan bungkuk dengan label '1'. Data yang sudah tersimpan, maka akan dilakukan proses pembuatan model klasifikasi menggunakan metode *Support Vector Machine* (SVM) pada Google Colab menggunakan bahasa python. Setelah model berhasil dibuat, model akan dikonversi kedalam Bahasa CPP yaitu untuk penggunaan pada Arduino IDE atau akan diupload ke dalam sistem. Selanjutnya, proses pengujian dilakukan dengan model yang sudah dikonversi dan diupload ke sistem untuk mengetahui apakah sistem dapat memprediksi postur duduk pengguna berdasarkan model yang dibangun menggunakan dataset.



Gambar 4. Diagram Alir Sistem

4.3 Implementasi Peletakan Perangkat Keras Pada Rompi

Tahap ini menjelaskan bagaimana perangkat keras diimplementasikan ke sebuah rompi dalam bentuk fisik untuk dipakai oleh pengguna. Rompi yang digunakan memiliki lingkaran perut ±105cm dan terdapat 2 perekat pada ujung kain lingkaran perut untuk merekatkan rompi. Sistem yang dikembangkan pada *wearable device* untuk dapat memberikan peringatan postur duduk pengguna melalui bunyi buzzer pada penelitian ini mengambil rompi sebagai sarana untuk tempat peletakan perangkat keras. Terdapat 2 sensor MPU6050 yang

diletakkan pada bagian yang berbeda, satu sensor terletak pada bagian atas atau bagian punggung atas pengguna sedangkan yang satunya lagi terletak pada bagian bawah atau bagian pinggang pengguna. Sehingga peletakan kedua sensor yang berbeda tersebut bisa meningkatkan akurasi dari prediksi klasifikasi postur duduk menggunakan model SVM. Berikut Gambar 5 menunjukkan peletakan perangkat keras pada rompi.



Gambar 5. Peletakan Perangkat Keras Pada Rompi

5. PENGUJIAN DAN ANALISIS

5.1 Pengujian Proses Pembacaan Data dari Sensor MPU6050

Pengujian pada sensor MPU6050 dilakukan untuk melihat hasil output yang dikeluarkan oleh sensor berupa nilai-nilai dari akselerometer dan giroskop. Pengujian ini akan memerhatikan nilai akselerometer yang berupa nilai a_x , a_y , dan a_z sedangkan giroskop berupa nilai g_x , g_y , dan g_z . Tujuan dari pengujian pembacaan sensor MPU6050 ini yaitu untuk melihat apakah sensor MPU6050 memiliki kemampuan pembacaan data yang baik dengan menggunakan kedua sensor pada satu penggunaan mikrokontroler sebagai pengolahan datanya. Berikut hasil pengujian pembacaan sensor MPU6050 dan pengujian akuisisi data dari pembacaan sensor.

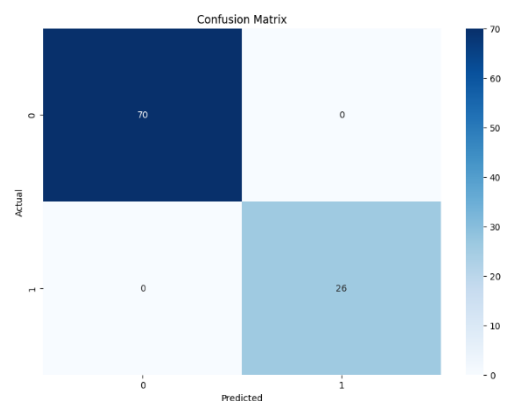
Tabel 6. Pengujian Pembacaan Sensor

Pengujian	Parameter
Menampilkan nilai sensor	Berhasil
Proses akuisisi data	Berhasil

5.2 Pengujian Akurasi Model SVM

Pengujian ini merupakan pengujian yang akan dilakukan pada pelatihan model SVM yaitu dengan menguji tingkat akurasi yang diberikan saat proses pelatihan model berlangsung. Pengujian ini mengacu kepada kebutuhan fungsional nomor 2 pada bab 4 dimana sistem

berkemampuan untuk dapat memberikan hasil akurasi pada pelatihan model yang baik, sehingga sistem dapat memberikan output yang sesuai harapan. Selain itu, perlu adanya validasi pada kemampuan model untuk meamastikan bahwa penggunaan model pada data baru tetap efektif. Pengujian terhadap akurasi model juga akan memengaruhi pada tingkat efisiensi yang diberikan yaitu dalam hal ini dapat memberikan keputusan yang cepat dalam memproses jika digunakan pada sistem *wearable device* untuk memprediksi postur duduk pengguna. Tujuan dilakukannya pengujian terhadap akurasi model diantaranya adalah untuk menilai kinerja model dengan mengevaluasi hasil model dalam mengklasifikasikan data uji dengan tepat, sehingga model dapat memberikan konsistensi dalam memprediksi postur duduk. Pengujian akurasi model yang telah dilakukan mendapatkan hasil yang baik dengan menggunakan dataset sebanyak 480 dari 2 subjek.



Gambar 6. Confusion Matrix Akurasi Model

Berdasarkan Gambar 6 *confusion matrix* diatas, didapatkan model yang dibangun memiliki akurasi sebesar 100% yang menandakan bahwa model mampu memprediksi serta mengklasifikasikan berdasarkan dataset dengan benar dan model siap digunakan pada sistem untuk melakukan prediksi secara nyata. Tabel 7 berikut merupakan hasil perhitungan *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, dan *F1-Score*.







Tabel 7. Pengujian Akurasi Model SVM

Hasil	Persentase
<i>Accuracy</i>	100%
<i>Precision</i>	100%
<i>Recall</i>	100%
<i>F1-score</i>	100%

5.3 Pengujian Akurasi Klasifikasi Sistem Menggunakan Metode SVM untuk Memprediksi Postur Duduk

Prediksi postur duduk akan dilakukan dengan memerhatikan bunyi buzzer apakah teridentifikasi Tegak maupun Bungkuk. Mengetahui berbunyi atau tidaknya buzzer adalah dengan melihat *predictModel* yang diberikan oleh sistem yaitu pada saat keadaan postur pengguna bungkuk atau *predictModel* = 1, maka buzzer akan berbunyi dan jika postur pengguna tegak atau *predictModel* = 0, maka buzzer tidak akan berbunyi yang menandakan bahwa cara kerja sistem sudah dipastikan benar.

Tabel 8. Pengujian terhadap Postur Duduk Pengguna

Subjek ke-	Jenis Postur	Pengujian Postur	Validasi Postur
1	Tegak		
			
2	Bungkuk		
			

Berdasarkan Tabel 8 diatas, pengujian yang dilakukan akan berdasarkan validasi dari seorang ahli dibidangnya yaitu dokter spesialis ortopedi. Pengaturan yang menunjukkan keadaan postur duduk pengguna dan hasil yang akan dikeluarkan oleh buzzer saat memprediksi postur bisa dilihat pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9. Hasil Output Prediksi Pada Sistem

Jenis Postur	Hasil Prediksi Sistem	
	<i>predictModel</i> == 1	<i>predictModel</i> == 0
Postur Bungkuk	Buzzer Berbunyi	-
Postur Tegak	-	Buzzer Mati

Pengujian hasil akurasi sistem dalam prediksi postur akan diperagakan oleh ke-4

subjek pada penelitian ini. Postur pertama yang dilakukan secara sadar adalah postur ‘Tegak’ dan postur kedua adalah postur ‘Bungkuk’. Total pengujian terdapat 20 data dengan 10 pada postur ‘Tegak’ dan 10 pada postur ‘Bungkuk’. Pengujian ini akan menggunakan validasi oleh dokter spesialis atau ahlinya. Berikut Tabel 10 menunjukkan total pengujian.

Tabel 10. Total Pengujian

Subjek ke-	Klasifikasi Prediksi Postur (Label)	
	Postur Tegak (0)	Postur Bungkuk (1)
1	5	5
2	5	5
Total	10	10
		20

Pengujian prediksi postur yang telah dilakukan menunjukkan hasil bahwa sistem memiliki kemampuan prediksi yang baik. Pengujian tersebut dilakukan oleh dua subjek yaitu pada postur ‘tegak’ dan ‘bungkuk’. Sistem mendapatkan tingkat akurasi sebesar 100% dimana hasil prediksi sistem dan kelas sebenarnya yang diuji adalah sama, dengan menggunakan 12 fitur pada sensor yaitu ax1, ay1, az1, gx1, gy1, gz1, ax2, ay2, az2, gx2, gy2, dan gz2. Berikut Tabel 11 menunjukkan pengujian kesesuaian output bunyi buzzer pada sistem prediksi postur duduk.

Tabel 11. Hasil Pengujian

Sbj	Pg Ke	Jenis Pengujian				Kss
		L	KS	HP	BB	
1	1	0	T	T	-	Sesuai
	2	0	T	T	-	Sesuai
	3	0	T	T	-	Sesuai
	4	0	T	T	-	Sesuai
	5	0	T	T	-	Sesuai
2	6	0	T	T	-	Sesuai
	7	0	T	T	-	Sesuai
	8	0	T	T	-	Sesuai
	9	0	T	T	-	Sesuai
	10	0	T	T	-	Sesuai
1	11	1	B	B	✓	Sesuai
	12	1	B	B	✓	Sesuai
	13	1	B	B	✓	Sesuai
	14	1	B	B	✓	Sesuai
	15	1	B	B	✓	Sesuai
2	16	1	B	B	✓	Sesuai
	17	1	B	B	✓	Sesuai
	18	1	B	B	✓	Sesuai
	19	1	B	B	✓	Sesuai

20	1	B	B	✓	Sesuai
----	---	---	---	---	--------

Keterangan Tabel 11:

Sbj = Subjek, Pg Ke = Pengujian Ke-, L = Label, KS = Kelas Sebenarnya, HP = Hasil Prediksi, BB = Bunyi Buzzer, Kss = Kesesuaian, T = Tegak, B = Bungkuk

5.4 Pengujian Waktu Komputasi Prediksi Sistem

Pengujian waktu komputasi ini dilakukan untuk melihat seberapa cepat waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaannya. Dalam kasus ini, waktu komputasi yang dilihat adalah pada saat sebelum melakukan pelatihan model dan prediksi model hingga selesai dan waktu komputasi dari sistem yang sudah terintegrasi pada *wearable device*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa efektif dan cepat sistem dapat memprediksi postur duduk pengguna yang sudah terintegrasi menggunakan model SVM dapat menyelesaikan tugasnya.

Pengujian waktu komputasi pada penelitian ini akan terjadi 3 tahap, yaitu pengujian pada waktu pelatihan model, waktu prediksi model, dan waktu sistem secara keseluruhan. Persamaan perhitungan waktu komputasi adalah sebagai berikut.

$$Waktu\ Komputasi = \frac{Total\ Waktu}{Jumlah\ pengujian} \quad (3)$$

Tabel 12 berikut, merupakan pengujian untuk waktu komputasi pelatihan dan prediksi model.

Tabel 12. Pengujian Waktu Komputasi Pelatihan dan Prediksi Model

Pengujian	Pengujian ke-	Waktu Komputasi (detik)
Pelatihan Model	1	0.2213
	2	0.2354
	3	0.3261
	4	0.2344
	5	0.2396
Prediksi Model	1	0.0028
	2	0.0038
	3	0.0042
	4	0.0029
	5	0.0032
Rata-rata		0.127

Bisa disimpulkan berdasarkan hasil waktu komputasi dari pemodelan SVM yang menunjukkan rata-rata sebesar 0.127 s, bahwa waktu yang diperlukan relatif cukup cepat.

Pengujian selanjutnya yaitu pengujian waktu komputasi sistem secara keseluruhan. Pengujian sistem akan dilakukan sebanyak 20 pengujian, Berikut rincian pengujian untuk waktu komputasi sistem pada Tabel 13 berikut.

Tabel 13. Pengujian Waktu Komputasi Sistem

Pengujian ke-	Waktu Komputasi (ms)
1	112
2	112
3	112
4	112
5	112
6	112
7	112
8	112
9	112
10	112
11	112
12	110
13	110
14	110
15	110
16	110
17	110
18	110
19	110
20	110

Perhitungan rata-rata waktu komputasi dapat dilakukan berdasarkan persamaan 6.5 sebagai berikut.

$$Waktu\ Komputasi\ Sistem = \frac{2222}{20} = 111,1\ ms$$

Rata-rata waktu komputasi yang diberikan dari total 20 pengujian adalah sebesar 111,1 ms. Pengujian waktu komputasi pada sistem menunjukkan bahwa sistem dapat dengan cepat melakukan proses dari awal yaitu sebelum melakukan pembacaan sensor hingga selesai melakukan prediksi menggunakan model yang dibangun pada sistem *wearable device*.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian yang dilakukan penulis yang telah selesai mengimplementasikan dan mengembangkan sebuah alat *wearable* yang dapat memberikan sebuah peringatan terkait postur duduk manusia menggunakan sensor MPU6050 sebagai pembacaan sudut kemiringan atau nilai-nilai akselerometer dan giroskop yaitu pada nilai ax1, ay1, az1, gx1, gy1, gz1, ax2, ay2, az2, gx2, gy2 dan gz2 serta menggunakan metode SVM untuk memprediksikan postur duduk pengguna apakah benar atau salah.

Pelatihan model menggunakan metode *Support Vector Machine* yang dilakukan pada pengujian mendapatkan tingkat akurasi sebesar 100% dengan menggunakan dataset sebanyak 480 data dari 4 subjek. Proses pengujian pada sistem prediksi postur duduk menggunakan model yang sudah dibangun mendapatkan tingkat akurasi sebesar 100% berdasarkan 2 subjek dengan 20 sampel pengujian yang dibagi menjadi 10 data 'Tegak' dan 10 data 'Bungkuk'. Sistem memiliki kemampuan pada waktu komputasi yang baik yang mendapatkan hasil rata-rata waktu komputasi untuk pelatihan model tercatat selama 0,127 s dan rata-rata waktu komputasi pada sistem yang menggunakan model SVM untuk memprediksi postur duduk pengguna tercatat selama 111,1 ms berdasarkan 20 data pengujian yang telah dilakukan. Angka tersebut menandakan bahwa sistem memiliki kemampuan memproses data dengan cepat sehingga sangat efisien apabila diimplementasikan ke sebuah sistem wearable. Berdasarkan hasil pengujian, analisis dan hasil simpulan yang telah dijabarkan, penulis menemukan bahwa sistem yang dibangun masih memiliki kekurangan yang harus diselesaikan. Seperti penambahan variasi pada dataset dari segi gaya atau postur duduk agar menghindari overfitting yang menyebabkan pelatihan model dapat dengan mudah mengenali kumpulan-kumpulan dataset dengan variasi postur yang terbilang sedikit. Kemudian, lebih memperhatikan kenyamanan pengguna pada sistem yang akan diimplementasikan pada sebuah alat seperti rompi. Terakhir, penambahan penggunaan sensor yang bisa diletakkan pada bagian paha untuk memastikan keakuratan data, karena peletakan sensor pada bagian tersebut juga memiliki peranan penting dalam kasus untuk memperbaiki postur duduk dengan ergonomi yang benar.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, M. & Wildian. (2023). Rancang Bangun Sistem Peringatan Posisi Tubuh, Jarak Pandang, dan Durasi Kerja di Depan Komputer. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*. Vol. 12, No. 1, Januari 2023, hal.49 – 55. ISSN: 2302-8491 (Print); 2686-2433 (Online). <https://doi.org/10.25077/jfu.12.1.49-55.2023>.
- Coding Studio Team. 2021. Mengenal Support Vector Machine dan Cara Kerjanya. [Online]. Diakses pada 9 Maret 2024 dari <https://codingstudio.id/blog/support-vector-machine/>.
- Hadi, P., & Hasmar, W. (2021). Ergonomi Duduk yang Benar untuk Mencengah Terjadinya Low Back Pain (LBP) di Kelurahan Mayang Mangurai Kota Jambi. *Jurnal Abdimas Kesehatan (JAK)* Vol 3, No 1, November 2021. doi: 10.36565/jak.v3i3.258.
- Jian, Zhang., Rahul, Soangra., Thurmon, E., Lockhart. (2020). Automatic Detection of Dynamic and Static Activities of the Older Adults Using a Wearable Sensor and Support Vector Machines. doi: 10.3390/SCI2030060.
- Jonathan, Law, Hui, Hao., Rajasvaran, Logeswaran., Hema, Latha, Krishna, Nair. (2021). Sitting Posture Identifier to Overcome Health Issues. *International journal of current research and review*, 13(11):132-136. doi: 10.31782/IJCRR.2021.131123.
- Jongryun, Roh., Hyeong-jun, Park., Kwang, Jin, Lee., Joon-Ho, Hyeong., Sayup, Kim., Boreom, Lee. (2018). Sitting Posture Monitoring System Based on a Low-Cost Load Cell Using Machine Learning. *Sensors*, 18(1):208-. doi: 10.3390/S18010208.
- Lakshmi Priya, P., Lavanya, B., Manikandan, S., Muralidharan, V., Gowrishankar, K. (2020). A Prototype Model for Wearable Posture Monitoring System with Vibration Sensor. *International Journal of Engineering Research and Applications*. ISSN: 2248-9622, Vol. 10, Issue 6, (Series-IV) June 2020, pp. 51-56.
- Mubarak, V. M. T., Syaquy, D., Ichsan, M. H. H. (2018). Implementasi Wearable Device Untuk Klasifikasi Postur Keadaan Tubuh Berbasis Data Sensor MPU6050 Menggunakan Metode Naive Bayes. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. Vol. 2, No. 12, Desember 2018, hlm. 6073-6081. e-ISSN: 2548-964X.
- Prasanda, A. 2022. Inilah Posisi Duduk yang Benar Saat Membaca. [Online]. Diakses pada 8 Maret 2024 dari <https://www.klikdokter.com/info->

sehat/kesehatan-umum/inilah-posisi-duduk-yang-benar-saat-membaca.

- Saini, A. 2024. Guide on Support Vector Machine (SVM) Algorithm. Diakses pada 9 Maret 2024 dari <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/10/support-vector-machinessvm-a-complete-guide-for-beginners/>.
- Sangyong, Ma., Woo-Hyeong, Cho., Cheng-Hao, Quan., Sangmin, Lee. (2016). A sitting posture recognition system based on 3 axis accelerometer. 1-3. doi: 10.1109/CIBCB.2016.7758131.
- Siloam Hospitals. 2023. 10 Penyebab Tulang Belakang Sakit dan Cara Mengatasinya. [Online]. Diakses pada 8 Maret 2024 dari <https://www.siloamhospitals.com/informasi-siloam/artikel/penyebab-tulang-belakang-sakit>.
- Supriyanto, A., Noor, A., & Prastyaningsih, Y. (2021). Smart Vest Prototype for Sitting Position Correction. *Advances in Economics, Business and Management Research*, volume 202.