

# SISTEM WEARABLE UNTUK DETEKSI POSTUR *LOCKOUT* DALAM *MIXED-GRIP DEADLIFT* MENGGUNAKAN METODE *RANDOM FOREST* BERBASIS DATA MPU6050

Talitha Dwi Arini<sup>1</sup>, Dahniyal Syauqy<sup>2</sup>, Wijaya Kurniawan<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya  
Email: <sup>1</sup>talithariin@student.ub.ac.id, <sup>2</sup>dahnial87@ub.ac.id, <sup>3</sup>wjaykurnia@ub.ac.id

## Abstrak

Olahraga memiliki banyak manfaat bagi tubuh manusia, namun jika tidak dilakukan dengan teknik yang benar, dapat menyebabkan cedera. Salah satu olahraga yang memiliki manfaat besar namun berisiko jika dilakukan dengan teknik yang salah adalah deadlift. Risiko ini semakin besar bagi pemula yang tidak memahami postur tubuh yang benar, terutama dalam fase *lockout* ketika melakukan *mixed-grip deadlift*. Dalam hal ini, penelitian berfokus pada pengembangan sistem untuk mendeteksi kesalahan postur tubuh selama latihan *mixed-grip deadlift* terutama fase *lockout*, yang bertujuan untuk mencegah cedera. Penelitian ini menggunakan sensor MPU6050 untuk menangkap nilai gerakan tubuh yang kemudian diproses menggunakan algoritma random forest untuk melakukan klasifikasi gerakan benar dan salah. Pada penelitian ini juga menggunakan mikrokontroler ESP32 untuk mengolah data dan komunikasi nirkabel. Dari hasil pengujian yang dilakukan, sistem mampu mencapai akurasi hingga 83% dengan total 24 sampel pengujian. Keberhasilan sistem juga dinilai dari performanya, yang mencakup rata-rata waktu komputasi model sebesar 395,8  $\mu$ s, akurasi pembacaan sensor mencapai 80%, serta kemampuan sistem untuk melakukan komunikasi data dengan baik. Sistem ini diharapkan dapat membantu pemula melakukan deadlift secara aman dan efektif.

**Kata kunci:** *Mixed-Grip Deadlift, Lockout, Sistem Wearable, ESP32, MPU6050, Random Forest*

## Abstract

*Exercise offers numerous benefits for the human body. However, if not performed with the correct technique, it can lead to injuries. One such exercise that provides significant benefits but poses risks when performed with improper technique is deadlift. This risk is heightened for beginners who do not understand the proper body posture, particularly during the lockout phase of a mixed-grip deadlift. In this context, the research focuses on developing a system to detect posture errors during mixed-grip deadlift exercises, specifically in the lockout phase, aiming to prevent injuries. The study utilizes the MPU6050 sensor to capture body movement data, which is then processed using a random forest algorithm to classify movements as correct or incorrect. The research also employs the ESP32 microcontroller for data processing and wireless communication. The testing results show that the system can achieve an accuracy of up to 83% with a total of 24 test samples. The system's success is further evaluated based on its performance, which includes an average model computation time of 395.8  $\mu$ s, sensor reading accuracy of 80%, and effective data communication capabilities. This system is expected to assist beginners in performing deadlifts safely and effectively.*

**Keywords:** *Mixed-Grip Deadlift, Lockout, Wearable System, ESP32, MPU6050, Random Forest*

## 1. PENDAHULUAN

Olahraga memiliki peran krusial dalam menjaga kebugaran dan kesehatan tubuh manusia. Salah satu cabang olahraga yang dapat meningkatkan kekuatan, daya tahan, dan keseimbangan otot adalah angkat beban (*weightlifting*). Di antara berbagai jenis latihan

angkat beban, *deadlift* menjadi salah satu latihan komprehensif yang melibatkan banyak kelompok otot sekaligus. Meskipun demikian, *deadlift* memiliki tingkat risiko cedera yang tinggi apabila teknik yang digunakan tidak benar. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sekitar 33% *powerlifter junior* mengalami cedera, dengan 50% di antaranya

berada di punggung bawah akibat tekanan besar pada tulang belakang selama fase pengangkatan beban. Risiko ini semakin tinggi ketika latihan dilakukan menggunakan teknik *mixed-grip*, yang berpotensi menyebabkan ketegangan berlebih pada otot bisep *brachii distal*.

Pada latihan *deadlift*, fase *lockout* memiliki peran penting dalam menentukan keberhasilan gerakan dan efektivitas latihan. Posisi ini, yang merupakan tahap akhir dari *deadlift*, menuntut lutut dan pinggul terkunci, dengan tulang belakang ditarik ke belakang untuk menjaga postur tubuh tetap stabil. Kesalahan teknik pada fase *lockout* dapat meningkatkan risiko cedera, seperti hernia diskus tulang belakang atau cedera otot lumbar. Dengan demikian, diperlukan upaya untuk mencegah kesalahan postur, terutama bagi pemula yang belum memahami teknik yang benar.

Seiring berkembangnya teknologi, perangkat *wearable* telah menjadi alternatif inovatif dalam bidang olahraga, termasuk sebagai alat untuk mendeteksi kesalahan postur. *Wearable devices* memiliki kemampuan untuk memantau gerakan tubuh dan memberikan umpan balik yang cepat. Salah satu komponen penting dalam *wearable device* adalah sensor inersia (IMU), seperti MPU6050, yang dapat mendeteksi perubahan posisi tubuh dengan akurasi tinggi. Kombinasi sensor ini dengan algoritma *machine learning*, seperti *random forest*, telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam mengklasifikasikan gerakan kompleks dengan tingkat akurasi tinggi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem berbasis *wearable device* yang mampu mendeteksi kesalahan postur tubuh pada fase *lockout* dalam latihan *deadlift* menggunakan teknik *mixed-grip*. Sistem ini dirancang untuk memberikan hasil yang akurat dengan mempertimbangkan performa sistem yang dinilai berdasarkan waktu komputasi, keandalan komunikasi data, serta keakuratan pembacaan sensor. Dengan implementasi teknologi ini, diharapkan dapat mengurangi risiko cedera pada latihan *deadlift* sekaligus meningkatkan efektivitas latihan angkat beban kepada pemula.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1. *Deadlift*

*Deadlift* adalah salah satu latihan *powerlifting* yaitu mengangkat beban dari lantai

ke atas dengan melibatkan berbagai otot tubuh secara simultan, termasuk bisep, bahu, paha, betis, dan punggung. Latihan ini bermanfaat untuk meningkatkan metabolisme, memperkuat otot inti, dan meningkatkan performa fisik seperti kemampuan melompat.

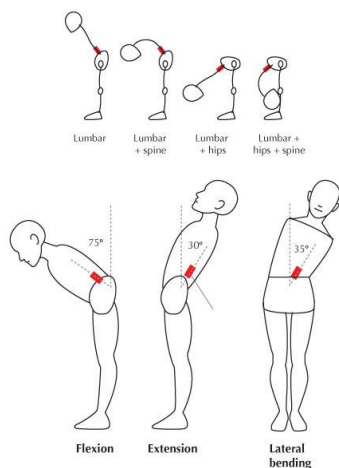
*Deadlift* memiliki variasi seperti *deadlift* konvensional, *romanian deadlift*, dan *sumo deadlift*, yang memungkinkan *lifter* untuk menargetkan kelompok otot tertentu. Sebagai contoh, *deadlift* konvensional lebih efektif dalam mengaktifkan otot *quadriceps*, khususnya *vastus lateralis*, dibandingkan *romanian deadlift* (Lyons et al., 2024). Sedangkan kebanyakan pemula memulai latihan *deadlift* menggunakan teknik *deadlift* konvensional terlebih dahulu.

### 2.2. *Lockout*

*Lockout* adalah fase terakhir dalam *deadlift*, di mana tubuh *lifter* mencapai posisi vertikal dengan palang beban berada pada titik tertinggi. Pada fase ini, punggung harus tetap netral tanpa melengkung ke belakang, bahu ditarik ke belakang secara wajar untuk menghindari tekanan pada punggung bawah, dan pinggul didorong ke depan menggunakan otot *gluteus* secara penuh (Bolton & Tsatsouline, 2013). Penelitian menunjukkan bahwa otot yang paling aktif selama *lockout* secara berurutan adalah *lateral gastrocnemius*, *biceps femoris*, *rectus femoris*, dan *erector spinae*. (Moreira et al., 2023).

### 2.3. Gerakan Lumbar

Dalam melakukan gerakan *deadlift*, *lifter*, terutama pemula, seringkali tanpa sadar melakukan gerakan lumbar secara berlebihan, khususnya ekstensi. Ekstensi lumbar adalah gerakan melengkungkan punggung bawah ke arah belakang, yang jika dilakukan secara berlebihan dapat meningkatkan risiko cedera, termasuk hernia diskus. Sebaliknya, fleksi lumbar, adalah gerakan membungkuk ke depan. Seperti yang ada pada Gambar 1, kedua gerakan ini jika dilakukan selama latihan *deadlift*, dapat memberikan tekanan berlebih pada tulang belakang. Penelitian menunjukkan bahwa fleksi lumbar sekecil  $1^\circ$  di L4/L5 dapat meningkatkan tekanan pada tulang belakang, menimbulkan ketidaknyamanan, dan berpotensi menyebabkan cedera (Howe & Lehman, 2021).



Gambar 1. Gerakan Lumbar (Sumber: savitri.in)

### 2.4. Mixed-Grip Deadlift

Untuk melakukan gerakan *deadlift*, terdapat tiga jenis *grip*, yaitu *double overhand*, *hook grip*, dan *mixed grip*. Gambar 2 menunjukkan ilustrasi masing-masing *grip* dalam *deadlift*. *Double overhand grip* menggunakan kedua tangan dalam posisi pronasi dan bergantung pada kekuatan lengan bawah untuk cengkaman. *Hook grip* serupa dengan *double overhand*, namun menambahkan tekanan pada ibu jari sehingga meningkatkan kekuatan genggamannya. *Mixed grip*, yang menggunakan satu tangan dalam posisi supinasi, memungkinkan *lifter* mengangkat beban lebih berat dengan cengekeraman yang lebih stabil. Namun, penggunaan teknik yang salah, seperti lengan yang berada dalam posisi supinasi membengkok saat mengangkat beban, dapat menyebabkan otot bisep *brachii distal* tertarik berlebihan hingga pecah (Kapicioglu et al., 2021).



Gambar 2. Jenis *Grip Deadlift* (Sumber: fitblissfitness.com)

### 2.5. Wearable Device

*Wearable device* adalah perangkat pintar yang dikenakan di kulit untuk mendeteksi, menganalisis, dan mengirimkan data tubuh serta lingkungan (Chopra & Singhal, 2021). Perangkat ini memiliki peran penting di bidang kesehatan, seperti penghantaran obat dan pemantauan kondisi fisiologis serta gangguan

neurokognitif (Iqbal et al., 2021).

Dengan sensor yang mengumpulkan data fisiologis dan lingkungan, *wearable device* dapat memproses gerakan untuk interaksi dinamis dan menggunakan modul tambahan guna memperpanjang masa operasional. Perkembangannya diproyeksikan berdampak besar pada berbagai industri, terutama dalam meningkatkan kualitas hidup pengguna.

### 2.5. Random Forest

*Random Forest* adalah salah satu algoritma *machine learning* yang dikembangkan dari metode *Classification and Regression Tree* (CART) dengan membangun banyak pohon Keputusan (*decision tree*) berdasarkan data dan atribut yang dipilih secara acak (Handayani et al., 2024). Algoritma ini menggabungkan hasil prediksi dari setiap pohon melalui proses voting untuk menentukan Keputusan akhir sehingga cocok digunakan dalam klasifikasi. Data yang tidak terpilih selama proses pengacakan (*out of bag data*) digunakan untuk menguji akurasi model tanpa memerlukan data validasi tambahan. Setiap pohon Keputusan dibangun berdasarkan perhitungan *entropy* dan *gain*, yang membantu memiliki fitur terbaik untuk pemisahan data. Dengan kemampuan untuk mengatasi dataset besar dan kompleks, *random forest* telah terbukti efektif, seperti pada penelitian Gupta et al. (2020) dan Agrawal et al. (2020), yang menunjukkan akurasi tinggi masing-masing 95,68% dan 99,04% dalam klasifikasi pose tubuh dan yoga.

### 2.5. Sensor MPU6050

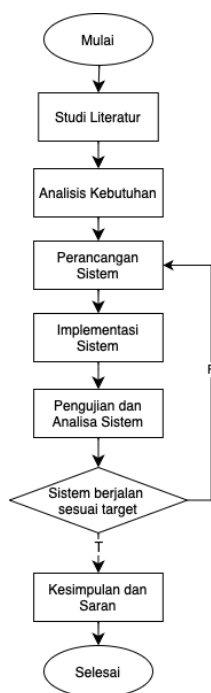
MPU6050 merupakan sensor yang mengintegrasikan giroskop dan akselerometer tiga sumbu untuk mengukur percepatan dan rotasi. Sensor ini sering digunakan untuk mendeteksi gerakan dan orientasi yang membutuhkan presisi tinggi. Contoh pengaplikasian sensor MPU6050 adalah dalam penelitian robot tari yang berhasil meningkatkan akurasi gerak menggunakan pembacaan sudut tertentu. Namun, hasil pembacaan MPU6050 dapat dipengaruhi oleh *noise* dan *drift*, sehingga diperlukan teknik seperti filter dan kalibrasi untuk meningkatkan akurasi.

## 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang ditunjukkan pada Gambar 3.1, yang memuat alur penelitian dari

awal hingga akhir. Tahap pertama adalah studi literatur, yang mana penulis mengumpulkan referensi terkait yang dibutuhkan dalam penelitian, seperti teori mengenai *deadlift*, sensor MPU6050, dan algoritma *random forest* untuk Menyusun dasar penelitian. Selanjutnya, dilakukan rekayasa kebutuhan yang mencakup perencanaan perangkat keras seperti ESP32, sensor MPU6050, dan buzzer, serta perangkat lunak seperti Arduino IDE, dan Google Colab.

Setelah mendefinisikan dan menentukan rekayasa kebutuhan, dilakukan perancangan dan implementasi sistem yang meliputi perancangan skematik perangkat keras, diagram alir perangkat lunak, dan perancangan dataset. Tahap berikutnya adalah pengujian sistem, yang bertujuan untuk mengevaluasi performa sistem, akurasi model yang telah dibangun, dan akurasi sistem secara keseluruhan. Selanjutnya, pada tahap kesimpulan dan saran, hasil penelitian dianalisis untuk menjawab rumusan masalah serta memberikan rekomendasi untuk penelitian lanjutan.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

### 3.2. Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang ditunjukkan pada Gambar 3.1, yang memuat alur penelitian dari awal hingga akhir. Tahap pertama adalah studi literatur, yang mana penulis mengumpulkan referensi terkait yang dibutuhkan dalam penelitian, seperti teori mengenai *deadlift*, sensor MPU6050, dan algoritma *random forest*

untuk Menyusun dasar penelitian. Selanjutnya, dilakukan rekayasa kebutuhan yang mencakup perencanaan perangkat keras seperti ESP32, sensor MPU6050, dan buzzer, serta perangkat lunak seperti Arduino IDE, dan Google Collab.

## 4. REKAYASA KEBUTUHAN

### 4.1. Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional menjelaskan fitur utama yang diperlukan agar sistem dapat beroperasi sesuai tujuan, meliputi kemampuan membaca data dari sensor MPU6050, termasuk akselerometer dan giroskop pada ketiga sumbu. Sistem juga dapat berkomunikasi untuk mentransmisikan data dari node lengan ke node utama di punggung bawah untuk pengolahan data. Selain itu, sistem mampu mengklasifikasikan postur *lockout* dalam *mixed-grip deadlift* menggunakan metode *random forest*, menghasilkan *output* berupa kelas “BENAR” atau “SALAH”. Hasil klasifikasi ini kemudian yang menjadi dasar terhadap perlakuan *output* sistem berupa buzzer.

### 4.2. Spesifikasi Sistem

Sistem *wearable* dalam penelitian ini terdiri dari dua node, yaitu node utama yang terletak di punggung bawah dan node pada pergelangan tangan yang berada dalam posisi supinasi. Node utama juga dilengkapi dengan buzzer sebagai notifikasi postur yang benar. Untuk memastikan fungsionalitasnya, sistem memerlukan komponen utama seperti ESP32, sensor MPU6050, dan buzzer. Selain itu, diperlukan juga box pelindung prototipe untuk menjaga stabilitas dan kenyamanan saat digunakan. Selain itu, sistem dirancang agar tidak mengganggu gerakan saat latihan *deadlift*.

### 4.4. Analisis Kebutuhan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Dalam penelitian ini, diperlukan analisis terhadap kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang disajikan melalui Tabel 1.

Tabel 1. Analisis Kebutuhan

	Kebutuhan	Komponen
Perangkat Keras	Mikrokontroler	ESP32
	Sensor Inersia	MPU6050
	Output Sistem	Buzzer
	Sumber Daya	Baterai Lithium Ion 18650
	Modul Penghubung	18650 Battery

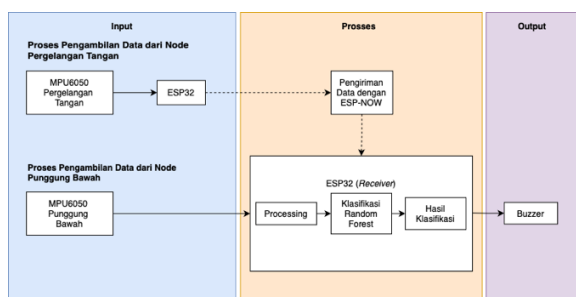


	Sumber Daya	Shield V3
	Saklar	Switch 3 Pin
	Kode Program	Arduino IDE
		Google Colab
Perangkat Lunak	Rekam Nilai Sensor	Coolterm
	MPU6050	
	Rangkaian	Fritzing
	Skematik	

## 5. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

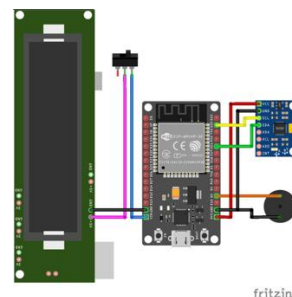
### 5.1. Perancangan Sistem

Sistem yang akan diimplementasikan dalam penelitian ini terdiri dari dua node, yaitu node *transmitter* yang terletak pada pergelangan tangan yang berada dalam posisi supinasi dan node *receiver* yang terletak pada punggung bawah. Gambar 4 merupakan diagram blok sistem dalam penelitian ini. Proses dalam sistem dimulai dari akuisisi nilai akselero dan giroskop pada masing-masing node. Selanjutnya, nilai akselero dan giroskop yang dibaca dari node pergelangan tangan dikirim ke node utama untuk diproses lebih lanjut untuk klasifikasi menggunakan algoritma *random forest*. Hasil klasifikasi ini akan menghasilkan kelas “BENAR” atau “SALAH” yang digunakan untuk menentukan keluaran sistem berupa bunyi buzzer. Jika hasil klasifikasi postur tubuh *lifter* dikategorikan sebagai kelas “BENAR” maka buzzer akan menyala, dan sebaliknya.



Gambar 4. Diagram Blok Perancangan Sistem

Dalam perancangan perangkat keras, digunakan komponen seperti ESP32, MPU6050, buzzer, *battery shield V3*, *switch*, dan baterai lithium ion 18650. Perancangan rangkaian skematik dilakukan menggunakan Fritzing, dengan pembagian rangkaian menjadi dua, yaitu node *transmitter* dan node *receiver*. Gambar 5 merupakan gambaran rangkaian skematik yang telah disusun pada node *receiver*. Rangkaian skematik tersebut telah disusun berdasarkan konfigurasi dan *wiring* yang sesuai untuk memudahkan implementasi.



Gambar 5. Rangkaian Skematik Node *Receiver*

Untuk perancangan perangkat lunak, sesuai pada diagram alir sistem pada Gambar 6, sistem dimulai dengan inialisasi *library* yang diperlukan, seperti I2C, Adafruit MPU6050, dan ESP-NOW. Node *transmitter* akan membaca data dari sensor di pergelangan tangan dan mengirimkannya ke node *receiver* yang terletak di punggung bawah. Setelah data diterima, node utama akan memproses data yang diterima dan nilai sensor MPU6050 lokal untuk menjalankan klasifikasi menggunakan *random forest*. Jika hasil klasifikasi menunjukkan kelas “BENAR” maka buzzer akan berbunyi sebagai notifikasi kepada *lifter*. Jika tidak, sistem akan terus melakukan pembacaan data dan klasifikasi untuk memastikan postur yang benar.

### 5.2. Implementasi Sistem

Pada tahap ini, sistem yang telah dirancang pada pembahasan sebelumnya akan direalisasikan, baik dari segi perangkat keras maupun perangkat lunak. Gambar 8 dan Gambar 9 merupakan hasil dari implementasi perangkat keras yang telah dirancang. Selain itu, juga dilakukan implementasi untuk perangkat lunak yang meliputi pembuatan kode program untuk node *transmitter*, kode program node *receiver*, dan kode program klasifikasi *random forest*.



Gambar 8. Node *Receiver*



Gambar 9. Node *Transmitter*

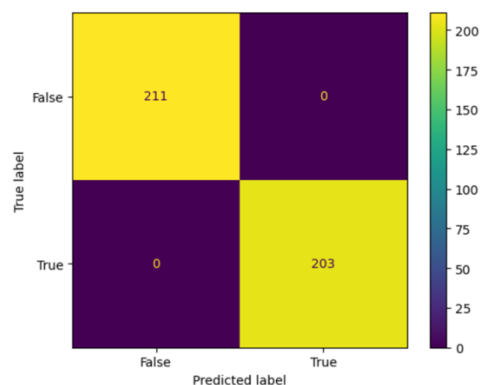
### 6. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Dalam bab ini dilakukan pengujian terhadap performa sistem yang dinilai berdasarkan tiga aspek, yaitu pembacaan data sensor MPU6050, komunikasi data antar node, dan waktu komputasi model. Pada pengujian pembacaan data sensor, hasilnya menunjukkan kecocokan data sebesar 80% antara node *receiver* dan node *transmitter* setelah diuji pada berbagai durasi waktu. Pengujian komunikasi data antar node mengonfirmasi bahwa sistem dapat mengirim dan menerima data dengan baik, meskipun jika salah satu node mati, komunikasi hanya terjadi dengan data yang terbatas. Terakhir, pengujian waktu komputasi model yang tampak pada Tabel 2, menghasilkan rata-rata waktu komputasi sebesar 395,8  $\mu$ s, yang menunjukkan bahwa kinerja model *random forest* dapat mengklasifikasikan postur gerakan dengan cepat.

Tabel 2. Pengujian Waktu Komputasi Model

Pengujian Ke-	Waktu Komputasi ( $\mu$ s)
1	537
2	421
3	529
4	463
5	513
6	527
7	303
8	288
9	333
10	315
11	349
12	294
13	378
14	405
15	282

Selanjutnya, pengujian akurasi model *random forest* dilakukan menggunakan dua skenario fitur, yaitu menggunakan 12 fitur yang mencakup nilai akselero dan giroskop dari kedua node dan enam fitur yang hanya mencakup nilai akselero pada kedua node. Hasil evaluasi menunjukkan akurasi, *F1 Score*, *recall*, dan *precision* mencapai 100% pada kedua skenario. Hal tersebut juga dibuktikan dengan *confussion matrix* pada Gambar 10. Meskipun fitur giroskop tidak digunakan pada skenario kedua, akselerometer terbukti cukup untuk menghasilkan klasifikasi yang akurat. Namun, model dengan 12 fitur berukuran 625 kB, sementara model dengan enam fitur hanya 313 kB, sehingga pengurangan fitur secara signifikan mengurangi ukuran model tanpa mengorbankan performa.



Gambar 10. *Confussion Matrix* Kedua Model

Pengujian akurasi sistem secara keseluruhan melibatkan enam partisipan, dengan rincian tiga pria dan tiga wanita. Tiap partisipan melakukan gerakan *deadlift* sebanyak dua repetisi benar dan dua repetisi salah di bawah pengawasan *personal trainer*. Sistem menggunakan model dengan enam fitur akselerometer untuk menilai kesesuaian gerakan berdasarkan bunyi buzzer. Sesuai dengan Tabel 3, hasil evaluasi menunjukkan nilai *True Positive* (TP) sebanyak 8, *True Negative* (TN) sebanyak 12, *False Positive* (FP) sebanyak 0, dan *False Negative* (FN) sebanyak 4, dengan akurasi keseluruhan sebesar 83,33%. Oleh karena itu, dihitung juga nilai *recall* yaitu 67%, *precision* 100%, dan *F1 Score* mencapai 80,24%, yang menunjukkan bahwa sistem cukup efektif dalam mengklasifikasikan gerakan *deadlift* meskipun ada beberapa kesalahan dalam mendeteksi gerakan benar.

Tabel 3. Pengujian Akurasi Keseluruhan Sistem

Uji Ke-	Gerakan yang Dilakukan	Hasil Klasifikasi Gerakan	Kesesuaian
1	Salah	Salah	Sesuai
2	Salah	Salah	Sesuai
3	Benar	Salah	Tidak Sesuai
4	Benar	Salah	Tidak Sesuai
5	Salah	Salah	Sesuai
...			
20	Benar	Benar	Sesuai
21	Salah	Salah	Sesuai
22	Salah	Salah	Sesuai
23	Benar	Salah	Tidak Sesuai
24	Benar	Benar	Sesuai

### 7. KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil membangun sistem *wearable* untuk deteksi klasifikasi postur *lockout* dalam *mixed-grip deadlift* menggunakan sensor MPU6050 dan metode *random forest* dengan

performa optimal. Waktu komputasi rata-rata model adalah 395,8  $\mu$ s, dengan kecocokan pembacaan data antara node mencapai 80%, dan komunikasi data antar node berjalan lancar. Pengujian model dengan dua skenario fitur menunjukkan bahwa model enam fitur akselerometer mencapai akurasi 100% dengan ukuran lebih kecil yaitu 313 kB, dibandingkan model 12 fitur yaitu 625 kB, tanpa mengorbankan performa. Pengujian sistem secara keseluruhan terhadap beberapa subjek menghasilkan tingkat akurasi 83%, menunjukkan kemampuan sistem untuk mengklasifikasikan postur *lockout* dengan baik.

Saran ditujukan kepada penelitian selanjutnya yang bertujuan mengembangkan penelitian yang serupa. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan penambahan kelas dalam dataset, seperti kelas *idle* atau kelas lainnya, guna meningkatkan kemampuan sistem dalam mengklasifikasikan berbagai jenis postur selama latihan *mixed-grip deadlift*. Selain itu, penambahan atau perubahan peletakan node sensor juga dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan akurasi dan kualitas data.

## 8. DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal, Y., Shah, Y., & Sharma, A. (2020). Implementation of Machine Learning Technique for Identification of Yoga Poses. IEEE 9th International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT), 40-43.
- Bolton, A., & Tsatsouline, P. (2013). *Deadlift Dynamite: How to Master the King of All Strength Exercises*. Dragon Door Publications.
- Chopra, A., & Singhal, A. (2021). Understanding the Wearable Technology. Proceedings of the International Conference on Innovative Computing & Communication (ICICC). <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3833316>
- Lyons, M., Burnie, L., Pearson, L. T., & Barry, G. (2024). The effect of the conventional deadlift and Romanian deadlift on muscle activation and joint angles at submaximal intensity. BASES Student Conference 2024 Abstracts, 1(3). <https://doi.org/10.19164/gjsscmr.v1i3.1524>
- Gupta, R., Gupta, S. H., Agarwal, A., Choudhary, P., Bansal, N., & Sen, S. (2020). A Wearable Multisensor Posture Detection System. 4th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS), 818-822. 10.1109/ICICCS48265.2020.9121082
- Handayani, P., Fauzan, A. C., & Harliana. (2024). Machine Learning Klasifikasi Status Gizi Balita Menggunakan Algoritma Random Forest. KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer, 4(6), 3064-3072. 10.30865/klik.v4i6.1909
- Howe, L., & Lehman, G. (2021). Getting out of neutral: the risks and rewards of lumbar spine flexion during lifting exercises. Strength & Conditioning Journal. <https://www.researchgate.net/publication/349768129>
- Iqbal, S. M. A., Mahgoub, I., Du, E., Leavitt, M. A., & Asghar, W. (2021). Advances in healthcare wearable devices. Flex Electron, 5(9). <https://doi.org/10.1038/s41528-021-00107-x>
- Kapicioglu, M., Bilgin, E., Guven, N., Pulatkan, A., & Bilsel, K. (2021). The Role of Deadlifts in Distal Biceps Brachii Tendon Ruptures An Alternative Mechanism Described With YouTube Videos. Orthopedic Journal of Sports Medicine, 9(3). 10.1177/2325967121991811