

MANUAL PEMAKAIAN



SISTEM DETEKSI GERAKAN TANGAN BERBASIS ANDROID LOLIPOP DAN WEAR OS: ACTRACK DETECTION APP (AcTrack class v.1)

PENYUSUN

HAPNES TOBA
AGUNG WIJAYA AL HALIM
ELIZABETH WIAN TO
MAYA MALINDA

FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS SENI RUPA DAN DESAIN
FAKULTAS BISNIS
UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA
BANDUNG
2023

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	1
PENDAHULUAN	2
PERSYARATAN	3
Metode Umum	3
Gambaran Kegunaan Aplikasi	3
Pengembangan Aplikasi	4
Pengumpulan Data Awal	4
Ekstraksi Data dan Seleksi Fitur	5
Input Algoritma Model	7
Menentukan Jenis Gerakan dan Durasi	7
Menyimpan Hasil Prediksi Gerakan ke Server	7
Menampilkan Summary	8
SYSTEM REQUIREMENT	9
DEVELOPMENT REQUIREMENT	9
PANDUAN INSTALASI APLIKASI PADA SMARTWATCH	9
PANDUAN INSTALASI APLIKASI PADA SMARTPHONE	9
Panduan disable play protect	9
PANDUAN PENGGUNAAN APLIKASI	10
PANDUAN RESTORE DATA SERVER KE CSV/XLSX	12
LINK SOURCE CODE	15
REFERENSI	16

PENDAHULUAN

Populasi menua telah menjadi tren global. Indonesia termasuk sebagai salah satu negara yang sejak tahun 2015 telah meningkatkan nilai median usia manusia (Jones, 2016). Sehubungan dengan hal itu, WHO mengutarakan konsep healthy aging yang mendukung tetap dimilikinya tingkat kesehatan yang optimal sehingga mereka dapat menikmati hidup independen dan kualitas hidup yang baik selama mungkin sepanjang hayatnya (Gil-Lacruz dkk., 2020).

Melalui pemanfaatan keberadaan smartphone yang sekarang serba hadir karena harga komponen dan implementasi teknologi yang semakin terjangkau (Berenguer dkk., 2017; Birenboim & Shoal, 2016), serta perhatian masyarakat yang lebih memperhatikan kesejahteraan (Meegahapola & Gatica-Perez, 2021), maka ketersediaan sensor dalam gadget dimanfaatkan beberapa tahun terakhir untuk mengenali gerakan aktivitas manusia (Human Activity Recognition), termasuk didalamnya untuk mengeksplorasi lebih jauh mengenai perilaku manusia (Ramanujam dkk., 2021; Ronao & Cho, 2016; Tsapeli & Musolesi, 2015).

Sebagai kelanjutan dari perancangan Sistem Input Gerakan Tangan Berbasis Android Lollipop dan Wear OS: AcTrack yang dicatat oleh Kementrian Hukum dan Hak Asasi Manusia dengan nomor 000500521 (tanggal pengumuman pertama kali 4 Mei 2023 di Bandung), maka program komputer final yang berguna untuk mendeteksi secara otomatis sembilan gerakan inti fitness ini dibakukan melalui perancangan aplikasi AcTrack class (kepanjangan dari classification) ini.

AcTrack class merupakan program komputer berupa aplikasi yang ditanamkan pada perangkat smartwatch Android berbasis Wear OS. Adapun tujuan dirancangnya aplikasi ini adalah untuk mendeteksi sembilan data gerakan fitness dasar sebagai berikut: 1) over head press, 2) bicep curls, 3) lateral raise, 4) overhead tricep, 5) diagonal shoulder raise, 6) forward punches, 7) reverse flyes, 8) seated rows, dan 9) modifies skull crusher, sesuai dengan panduan pada video Upper Body Exercises for Seniors and the Elderly, Strength training for Seniors arahan Schrif (2019).

Dengan diketahui secara otomatis jenis-jenis gerakan fitness dasar tersebut, maka pada saat olahraga beban berakhir, maka aplikasi secara otomatis melalui kalkulasi pada server, akan menampilkan durasi dan jenis gerakan yang dilakukan pada saat berolahraga.

Fitur ini diciptakan untuk memenuhi kebutuhan pengguna yang perlu menyadari efektivitas gerakan yang telah dilakukan ketika berolahraga secara mandiri, serta mencatat log olahraga yang telah dilakukan, agar selanjutnya dapat tercatat secara otomatis pada smartphone yang disinkronkan dengan smartwatch.



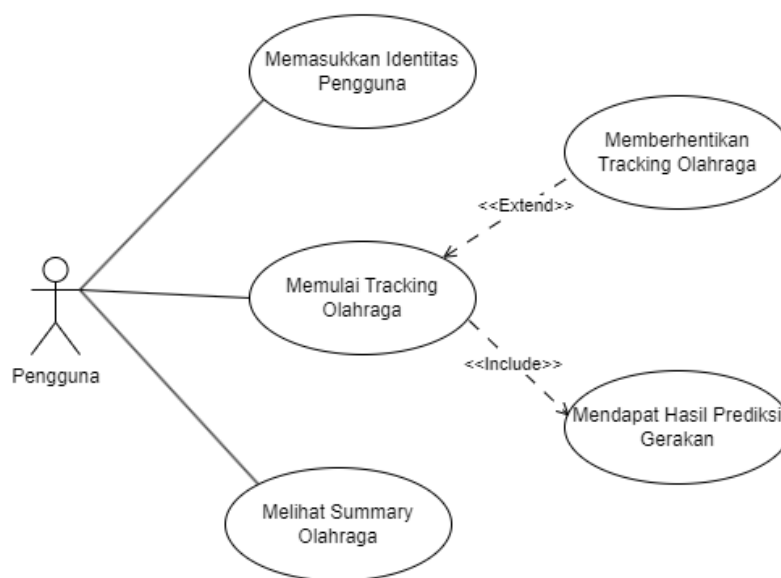
Gambar 1. Icon Aplikasi AcTrack class pada smartwatch wear OS based.

PERSYARATAN

Metode Umum

Perancangan AcTrack class dilakukan dengan alur kerja sebagai berikut: (1) Pengembangan perangkat lunak untuk pengumpulan data gerakan; (2) Pengumpulan data yang terkontrol; (3) Ekstraksi data dan seleksi fitur untuk menciptakan model prediksi; (4) Pengembangan model prediksi menggunakan Pembelajaran Mesin Long Short-Term Memory (LSTM); (5) Input algoritma model; (6) Menangkap gerakan yang dilakukan pada smartwatch; (7) Menentukan jenis gerakan yang dilakukan dan mencatat durasi gerakan yang ditentukan; (8) Mengirim klasifikasi gerakan pada server; (9) Server mengkalkulasi durasi masing-masing gerakan; (10) Aplikasi menarik data dari server; (11) Aplikasi menampilkan summary olahraga.

Gambaran Kegunaan Aplikasi



Gambar 1 Usecase ACTrack Detection App

Kegunaan utama dari aplikasi ini adalah mendeteksi gerakan olahraga pengguna. Dapat dilihat pada Gambar 1 yang merupakan keseluruhan fungsionalitas aplikasi ini. Setiap kegiatan yang digambarkan pada Gambar 1 memiliki kegunaannya masing-masing. Berikut ini merupakan rincian kegunaan tiap kegiatan pada diagram diatas.

Nama	Memasukkan identitas pengguna
Deskripsi	Memasukkan identitas sehingga hasil prediksi dapat disimpan dan dilihat kembali
Aktor	Pengguna
Pre-condition	Memasukkan identitas sesuai dengan formulir yang disediakan
Post-condition	Mendapatkan izin untuk menggunakan keseluruhan fungsionalitas aplikasi

Nama	Memulai tracking olahraga
Deskripsi	Memulai tracking olahraga untuk melihat hasil deteksi gerakan olahraga pengguna
Aktor	Pengguna
Pre-condition	State tracking sedang tidak berjalan
Post-condition	Mengubah state tracking aplikasi

Nama	Memberhentikan tracking olahraga
Deskripsi	Berhenti mentracking olahraga
Aktor	Pengguna
<i>Pre-condition</i>	State tracking sedang berjalan
<i>Post-condition</i>	Memberhentikan state tracking aplikasi & mengirim hasil tracking ke server

Nama	Mendapat hasil prediksi gerakan
Deskripsi	Melihat prediksi gerakan terakhir yang dilakukan pengguna
Aktor	Pengguna
<i>Pre-condition</i>	State tracking sedang tidak berjalan
<i>Post-condition</i>	-

Nama	Melihat summary olahraga
Deskripsi	Melihat hasil olahraga yang telah dilakukan pengguna selama sehabian ini
Aktor	Pengguna
<i>Pre-condition</i>	-
<i>Post-condition</i>	-

Pengembangan Aplikasi

Proses pengembangan perangkat lunak/ aplikasi dilakukan dengan pendekatan yang menggunakan data yang telah diperoleh sebelumnya berdasarkan data 41 orang responden, baik pada tangan kanan dan kiri yang diinput secara terpisah pada software/ perangkat lunak AcTrack sistem input gerakan.

Adapun pemanfaatan data yang telah dimiliki, pada AcTrack class memiliki persyaratan fungsional utama dari perangkat lunak sebagai berikut

1. Identitas pengguna dapat diinput setiap akan berolahraga (atau saat aplikasi diaktifkan)
2. Keterangan tangan kiri (L) dan kanan (R) dapat diinput setiap akan memulai berolahraga
3. Pengguna menekan tombol 'mulai/ start' ketika memulai olahraga
4. Pengguna menekan tombol 'berhenti/ stop' ketika selesai berolahraga
5. Tombol khusus (S) untuk mengirim data gerakan ke server disediakan (dan ditekan) setelah pengguna menekan tombol 'berhenti/stop' untuk merelay data ke basis data terpusat
6. Rekapitulasi masing-masing gerakan dapat diakumulasi untuk satu hari (tanggal yang sama)
7. Interface pada smartwatch (dan smartphone sebagai penampil sekunder) dapat menunjukkan durasi setiap gerakan terklasifikasi yang telah dilakukan.
8. Data yang terkumpul di server, dapat diekspor dalam format lain (contoh: .txt dan .csv) untuk pembuatan model melalui pembelajaran mesin.

Pengumpulan Data Awal

Proses pengumpulan data klasifikasi gerakan, dilakukan dalam kondisi terkontrol, melibatkan 41 orang mahasiswa dan dosen dari Fakultas Seni Rupa dan Desain. Untuk memastikan keseragaman dalam penginputan data, panduan dan observasi video, dipilih dari video Eldergym yang diunggah di YouTube (Schrift, 2019). Tabel 1 menunjukkan keterangan umum para partisipan.

Table 1. Data Partisipan

CODE	UMUR	ARAH	TINGGI (CM)	TANGAN DOMINAN	BB (KG)	L/P	TGL
------	------	------	----------------	-------------------	---------	-----	-----

P01	23	Timur	183	Kanan	102	L	4/5/23
P02	21	Timur	160	Kanan	49	P	4/5/23
P03	22	Timur	178	Kanan	54	L	4/5/23
P04	25	Timur	170	Kanan	58	P	4/5/23
P05	21	Utara	165	Kanan	52	P	5/22/23
P06	44	Utara	156	Kanan	59	P	5/9/23
P07	26	Timur	172	Kanan	53	L	5/10/23
P08	21	Timur	163	Kanan	58	P	5/10/23
P09	23	Utara	170	Kanan	54	L	5/10/23
P10	22	Timur	165	Kanan	55	P	5/10/23
P11	21	Utara	160	Kanan	49	P	5/10/23
P12	47	Timur	155	Kanan	70	P	5/16/23
P13	39	Timur	168	Kanan	69	L	5/16/23
P14	44	Timur	163	Kanan	51	P	5/16/23
P15	21	Utara	153	Kanan	40	P	5/16/23
P16	23	Timur	180	Kiri	64	L	5/16/23
P17	22	Timur	158	Kanan	54	P	5/16/23
P18	20	Timur	154	Kanan	68	P	5/16/23
P19	25	Utara	170	Kanan	58	P	5/16/23
P20	26	Utara	172	Kanan	53	L	5/16/23
P21	22	Utara	162	Kanan	68	P	5/17/23
P22	22	Utara	162	Kanan	48	P	5/22/23
P23	22	Selatan	164	Kanan	50	P	5/17/23
P24	21	Selatan	155	Kanan	48	P	5/17/23
P25	26	Selatan	172	Kanan	53	L	5/17/23
P26	23	Selatan	180	Kiri	64	L	5/17/23
P27	25	Selatan	170	Kanan	58	P	5/17/23
P28	21	Selatan	165	Kanan	55	P	5/17/23
P29	21	Selatan	153	Kanan	40	P	5/19/23
P30	26	Selatan	172	Kanan	53	L	5/19/23
P31	23	Timur	180	Kiri	64	L	5/19/23
P32	25	Timur	170	Kanan	58	p	5/19/23
P33	21	Selatan	163	Kanan	58	P	6/13/23
P34	25	Selatan	170	Kanan	56	P	6/13/23
P35	23	Selatan	171	Kanan	55	L	6/13/23
P36	21	Barat	163	Kanan	58	P	6/13/23
P37	23	Selatan	170	Kanan	51	L	6/13/23
P38	23	Selatan	179	Kiri	62	L	6/13/23
P39	26	Timur	172	Kanan	53	L	6/13/23
P40	21	Timur	163	Kanan	58	P	6/27/23
P41	23	Timur	170	Kanan	54	L	6/27/23

Ekstraksi Data dan Seleksi Fitur

Data yang dikumpulkan, kemudian disinkron dalam server dan tersimpan dalam basis data terpusat, dengan fitur sebagaimana ditampilkan pada Tabel 2.

Table 2. Fitur Dataset

Column Name	Data Type	Description	Technical Description
Respondent name	text	respondent's identification	To distinguish individuals who perform the motions in anonymous code.
Timestamp	datenum	timestamp of the data acquisition	Unix format timestamp, i.e., representing the number of seconds passed since Jan 1st, 1970, UTC at midnight
Accelerometer	numeric	axis x, y, and z	A sensor that measures acceleration forces, detect motion orientation, and vibration in 3D.
Magnetometer	numeric	axis x, y, and z	A sensor that measures strength and direction of magnetic fields.
Gyroscope	numeric	axis x, y, and z	A sensor that measures and detects rotational motion or angular velocity
Linear accelerometer	numeric	axis x, y, and z	A subset of accelerometers specifically measures linear acceleration along a single axis/direction.
Gravity	numeric	axis x, y, and z	Provide device's orientation relative to the Earth's gravity vector and is used for applications such as screen rotation & virtual reality systems.
Euler	numeric	axis x, y, and z	A sensor that provides information about the device's orientation using Euler angles.
Quaternion	numeric	axis x, y, z, and w	A sensor that provides orientation information using quaternion representation.
Inverse quaternion	numeric	axis x, y, z, and w	A mathematical operation that produces the reciprocal of the original quaternion
Relative orientation	numeric	axis x, y, and z	Identify device's physical orientation disregard of the Earth's reference coordinate system
Motion type	text	nine types of motion	Overhead press, bicep curls, lateral raise, overhead triceps, diagonal shoulder raise, forward punches, reverse fly, seated rows, and modified skull crushers,
Side	numeric	right & left hand	Options: right and left

Setelah mengumpulkan data dari responden di server, langkah berikutnya adalah melakukan analisis fitur-fitur penting. Untuk analisis fitur, digunakan proses seleksi fitur menggunakan metode filtering berdasarkan perhitungan korelasi Pearson (Liu, 2019). Analisis Pearson membantu mengidentifikasi kolom-kolom yang memiliki korelasi yang kuat. Kami memanfaatkan atribut accelerometer pada sumbu-x sebagai fitur penentu awal untuk memulai suatu gerakan. Pilihan ini didasarkan pada karakteristik bawaan dari sensor, yang beroperasi pada tingkat rendah dan tertanam pada perangkat smartwatch berbasis WearOS.

Pengembangan Model Prediksi

Model prediksi gerakan dikembangkan berdasarkan algoritma Long Short-Term Memory (LSTM). LSTM adalah algoritma Deep Learning populer yang cocok untuk melakukan prediksi dan klasifikasi terkait dengan urutan waktu. Struktur algoritma LSTM terdiri dari jaringan saraf dan beberapa blok memori yang berbeda yang dikenal sebagai sel. Status tersembunyi dari sel-sel ini disampaikan ke sel berikutnya, menciptakan rentang urutan tertentu. Fitur ini sangat berguna untuk memprediksi data urutan waktu sebagai indikator untuk memprediksi kelas-kelas tertentu (Siami-Namini dkk., 2019). Pada klasifikasi yang dilakukan, data diambil berdasarkan 30 baris data berurut satu dimensi waktu terhadap 13 fitur data pada Tabel 2.

Input Algoritma Model

Model yang telah dikembangkan seperti pada sub bab sebelumnya akan meminta input yang berupa array 2D. Array tersebut nantinya akan berisikan 70 baris array dengan setiap baris array yang berisikan nilai-nilai seperti dibawah ini.

1. Axis x accelerometer
2. Axis x linear accelerometer
3. Axis x gravity
4. Axis x euler
5. Axis z euler
6. Axis x quaternion
7. Axis z quaternion
8. Axis x inverse quaternion
9. Axis z inverse quaternion
10. Axis z relative orientation
11. Axis x magnetometer

Untuk mendapatkan nilai-nilai tersebut aplikasi perlu untuk mengakses sensor-sensor generik pada perangkat. Jika aplikasi berhasil mengakses sensor-sensor generik, maka aplikasi akan mengambil nilai-nilai sensor sebanyak 7 kali di setiap detiknya. Hal tersebut bertujuan agar hasil prediksi model optimal. Sehingga 70 baris array yang telah disebutkan sebelumnya merepresentasikan input model meminta nilai-nilai sensor dalam kurun waktu 10 detik.

Menentukan Jenis Gerakan dan Durasi

Aplikasi akan memberikan input ke model setiap kali panjang array input terpenuhi. Nanti nya model akan memberikan hasil yang berupa timestamp, prediksi gerakan, dan probabilitas prediksi. Sesuai dengan yang telah disebutkan sebelumnya input model meminta array 2D dengan panjang 70 baris dan aplikasi akan mengambil nilai-nilai sensor sebanyak 7 kali setiap detiknya. Maka durasi untuk setiap gerakan adalah 10 detik. Jika nantinya input model meminta panjang input yang berbeda atau diubah, maka durasi model dapat ditentukan dengan panjang input dibagi dengan 7.

Menyimpan Hasil Prediksi Gerakan ke Server

Proses penyimpanan hasil prediksi gerakan ke server akan dilakukan setelah pengguna tidak lagi melakukan tracking gerakan. Jika proses penyimpanan hasil prediksi gerakan ke server gagal pengguna tidak perlu khawatir. Hasil prediksi gerakan akan disimpan terlebih dahulu secara lokal pada perangkatnya dan baru akan dihapus ketika telah berhasil dikirimkan ke server. Proses penyimpanan juga sangat sederhana aplikasi nanti akan memanggil API untuk melakukan insert hasil prediksi dan juga input yang dipakai untuk mendapatkan hasil prediksi tersebut.

Data hasil prediksi akan disimpan kedalam tabel yang memiliki struktur sebagai berikut

Column Name	Data Type	Description	Technical Description
Name	text	User's name	A value to identify these predictions belongs to
Timestamp	datenum	timestamp of the data acquisition	Unix format timestamp, i.e., representing the number of seconds passed since Jan 1st, 1970, UTC at midnight
Result	text	prediction result	Prediction result that consist one of nine types of motion
Probability	numeric	result probability	A value to indicate the confidence of prediction result
Hand	numeric	right & left hand	Options: right and left
Input Length	numeric	right & left hand	Options: right and left

Data input model akan disimpan kedalam tabel yang memiliki struktur sebagai berikut

Column Name	Data Type	Description	Technical Description
Id	Numeric	Auto increment Id	A unique value to every record that enter into an SQL table
Timestamp	datenum	timestamp of the data acquisition	Unix format timestamp, i.e., representing the number of seconds passed since Jan 1st, 1970, UTC at midnight
Accelerometer	numeric	axis x	A sensor that measures acceleration forces, detect motion orientation, and vibration in 3D.
Linear accelerometer	numeric	axis x	A subset of accelerometers specifically measures linear acceleration along a single axis/direction.
Gravity	numeric	axis x	Provide device's orientation relative to the Earth's gravity vector and is used for applications such as screen rotation & virtual reality systems.
Euler	numeric	axis x, z	A sensor that provides information about the device's orientation using Euler angles.
Quaternion	numeric	axis x, z	A sensor that provides orientation information using quaternion representation.
Inverse quaternion	numeric	axis x, z	A mathematical operation that produces the reciprocal of the original quaternion
Relative orientation	numeric	axis z	Identify device's physical orientation disregard of the Earth's reference coordinate system
Magnetometer	numeric	axis x	A sensor that measures strength and direction of magnetic fields.

Menampilkan Summary

Untuk memudahkan dan menghindari kesalahan perhitungan kalkulasi summary olahraga pengguna, perhitungan summary dilakukan di server. Data prediksi yang telah dikirimkan ke server tadi akan di hitung dengan menggunakan syntax SQL seperti SUM dan GROUP. untuk mendapatkan data summary ini nantinya aplikasi hanya perlu memanggil API untuk mendapatkan summary dengan memberikan parameter nama dan rentang waktu summary mana yang akan diminta.

SYSTEM REQUIREMENT

- Minimal API 21 / Android Lollipop (Smartphone), Minimal Wear OS 3 (Smartwatch).
- Terdapat sensor generic.
- Minimal empty storage capacity 100 MB

DEVELOPMENT REQUIREMENT

- Dart (Flutter SDK: >=2.18.1 <3.0.0)
- Php Laravel
- MySQL

PANDUAN INSTALASI APLIKASI PADA SMARTWATCH

1. Build project dengan menjalankan command “flutter build apk” di CLI.
2. Nyalakan opsi Wi-Fi debugging melalui setting di smartwatch (Cari “Developer Options”, pilih “Debug over Wi-Fi”), setelah berhasil nanti akan tampil IP untuk disambungkan ke perangkat lain.
3. Sambungkan smartwatch dengan Perangkat yang digunakan untuk build project dengan mengetikkan command “adb connect <IP yang ditampilkan pada smarwatch>” pada CLI.
4. Tunggu hingga muncul “connected to <IP yang ditampilkan pada smarwatch>” pada CLI
5. Jalankan perintah “adb push <lokasi aplikasi yang telah di build> <direktori penyimpanan aplikasi pada smartwatch>”. Tunggu hingga muncul “<nama aplikasi> 1 file pushed, 0 skipped <ukuran aplikasi>”.
6. Jalankan perintah “adb -e install <nama aplikasi>” pada CLI. Tunggu hingga muncul success pada CLI.
7. Jalankan aplikasi pada smartwatch.

PANDUAN INSTALASI APLIKASI PADA SMARTPHONE

1. Build project dengan menjalankan command “flutter build apk” di CLI.
2. Unggah aplikasi yang telah berhasil di build ke cloud storage yang dapat diakses melalui smartphone (default lokasi aplikasi : {project name}\build\app\outputs\flutter-apk\apprelease.apk).
3. Unduh aplikasi dari cloud storage (Pastikan google play protect telah di disable).
4. Jalankan aplikasi.

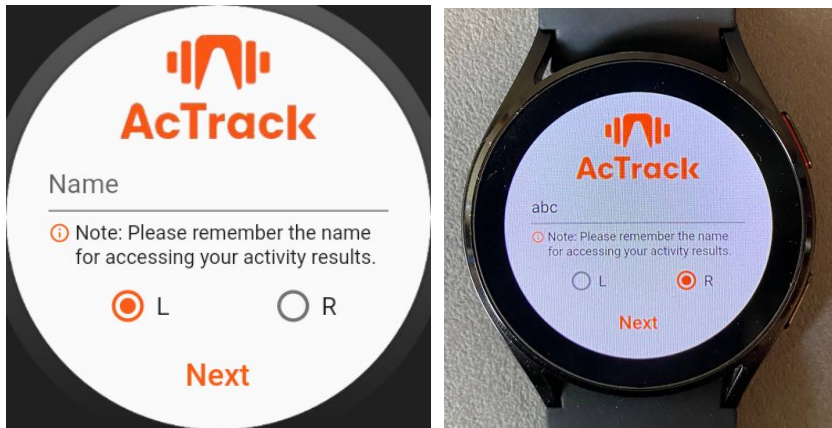
Panduan disable play protect

1. Buka Google Play Store.
2. Masuk ke profile (ketuk ikon profile picture).

3. Tekan ikon setting dikanan atas.
4. Matikan opsi Scan apps with Play Protect & Improve harmful app detection.
5. Lanjutkan proses instalasi aplikasi pada smartphone.

PANDUAN PENGGUNAAN APLIKASI

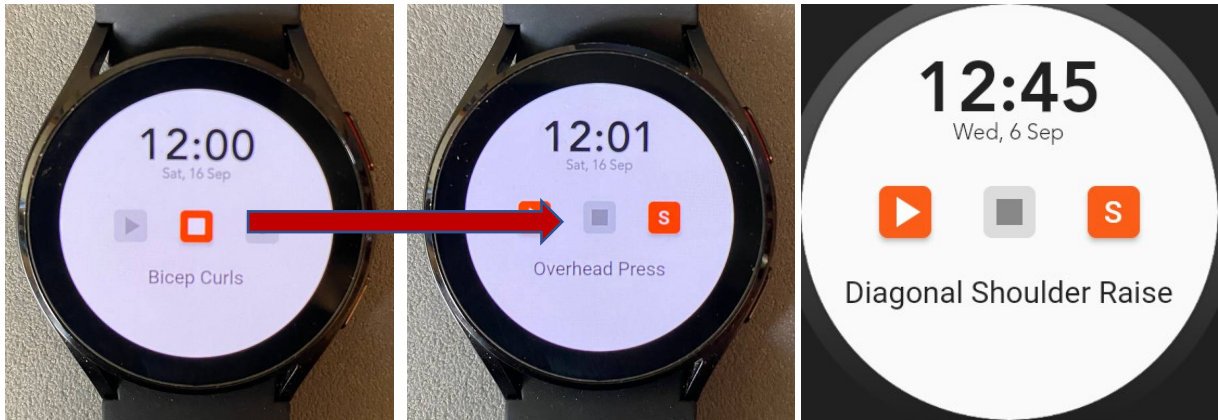
1. Isi identitas [name], dan keterangan dimana smartwatch digunakan [L untuk tangan kiri], R untuk tangan kanan]



2. Tekan tombol play untuk memulai kegiatan olahraga beban (setelah ditekan, tombol play berubah warna dari orange menjadi abu-abu)



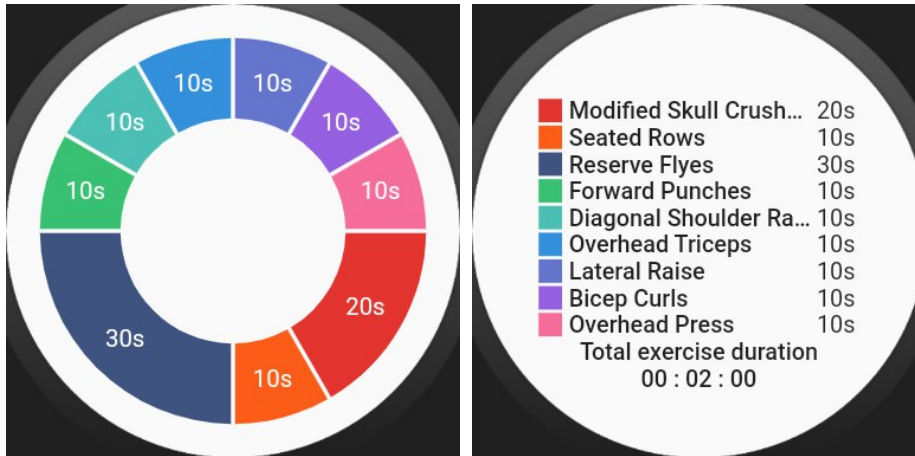
3. Tekan tombol stop untuk mengakhiri kegiatan olahraga beban (setelah ditekan, tombol stop berubah warna dari orange menjadi abu-abu)



4. Untuk mendapatkan summary/ rekapitulasi gerakan yang telah dilakukan, tekan tombol S (tombol akan berubah warna dari orange menjadi abu-abu)



Total gerakan yang dapat terdeteksi: 9 gerakan, dengan penanda warna yang berbeda sbb:



Catatan:

Apabila belum ada gerakan yang dideteksi, maka tidak terdeteksi gerakan aktual yang sedang dilakukan (lihat a), dan apabila demikian maka kondisi summary tidak dapat memunculkan data gerakan (lihat b).

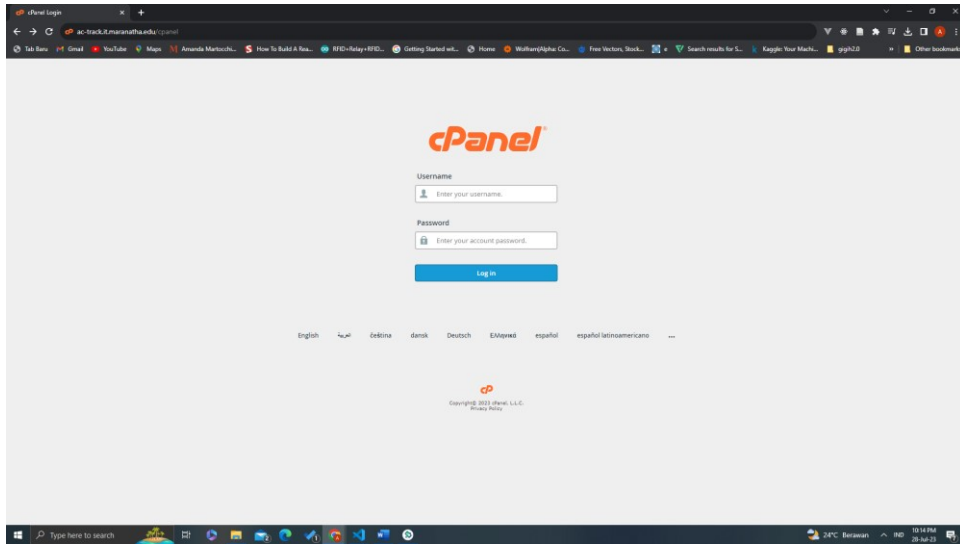


A (tidak terdeteksi gerakan)

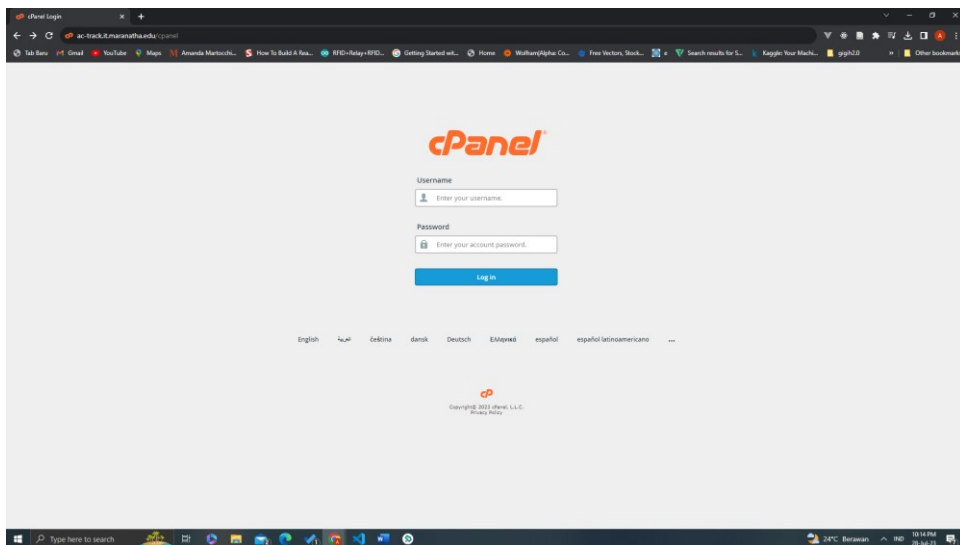
B (tidak ada rekapitulasi gerakan)

PANDUAN RESTORE DATA SERVER KE CSV/xlsx

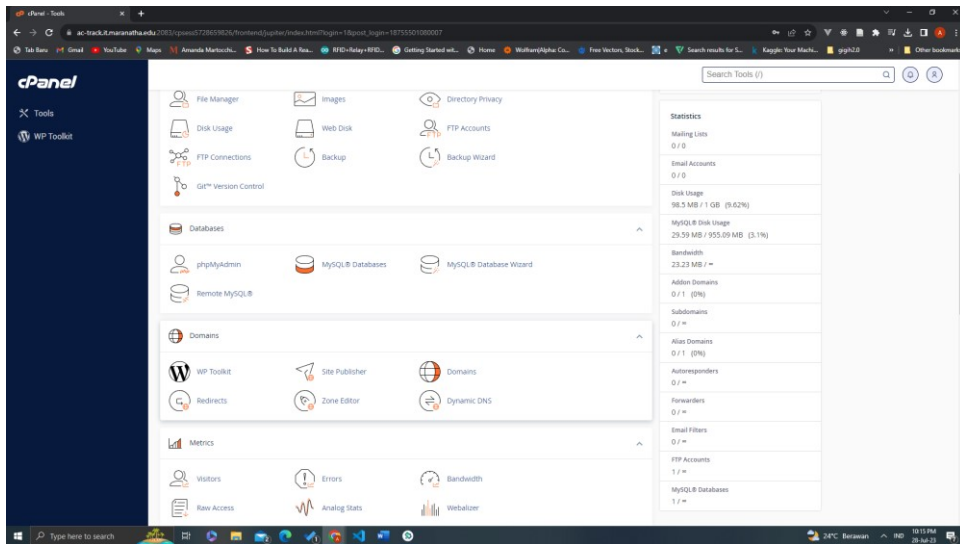
1. Masuk ke cpanel server (<https://ac-track.it.maranatha.edu/cpanel>)



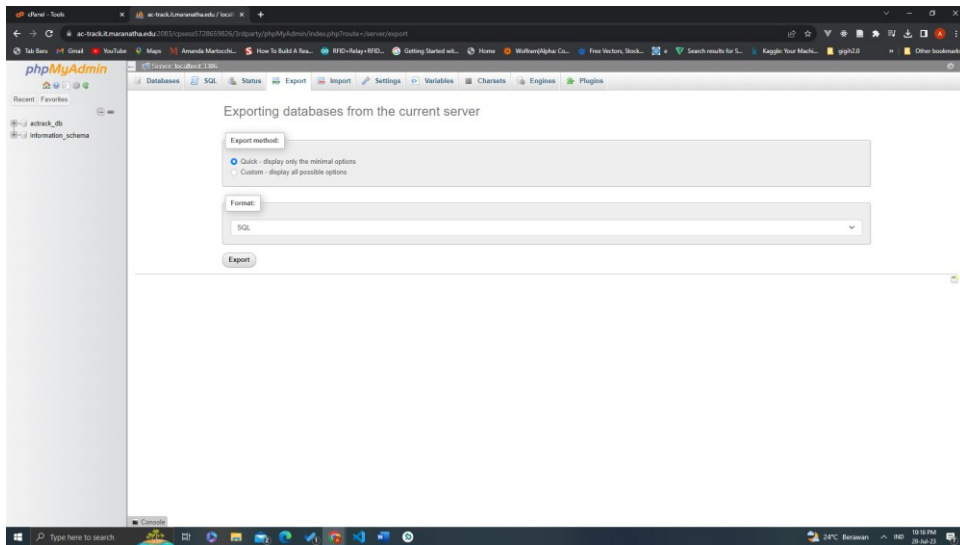
2. Masukkan informasi login cpanel.



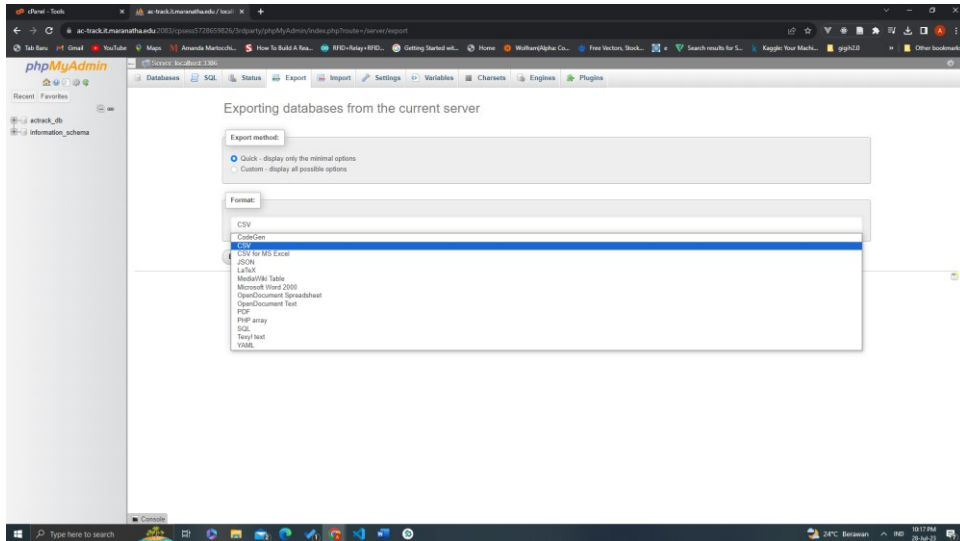
3. Buka panel phpMyAdmin melalui opsi phpMyAdmin di bagian database.



4. Masuk ke laman Export phpMyAdmin, pilih Quick pada Export method.



- Pilih format yang diinginkan (CSV untuk CSV, CSV for Ms Excel untuk xlsx).



- Tekan tombol export, setelah selesai mengunduh file akan dapat dilihat di folder download.

LINK SOURCE CODE

https://github.com/agung-w/ac_recog_app

REFERENSI

- Berenguer, A., Goncalves, J., Hosio, S., Ferreira, D., Anagnostopoulos, T., & Kostakos, V. (2017). Are smartphones ubiquitous? An in-depth survey of smartphone adoption by seniors *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 6(2), 104-110. <https://doi.org/https://10.1109/MCE.2016.2614524>
- Birenboim, A., & Shoval, N. (2016). Mobility Research in the Age of the Smartphone. *Annals of the American Association of Geographers*, 106(2), 283-291. <https://doi.org/10.1080/00045608.2015.1100058>
- Gil-Lacruz, A., Gil-Lacruz, M., & Saz-Gil, M. I. (2020). Socially Active Aging and Self-Reported Health: Building a Sustainable Solidarity Ecosystem [Special Issue: The Contribution of the Social Economy to the Sustainable Development Goals]. *Sustainability*, 12(7), 2665. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su12072665>
- Jones, G. W. (2016). Contemporary Demographic Transformations in China, India and Indonesia. Demographic Transformation and Socio-Economic Development. In C. Z. Guilmoto & G. W. Jones (Eds.), *Ageing in China, India and Indonesia: an Overview* (Vol. 5). Springer, Cham. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-24783-0_21
- Liu, X. S. (2019). A probabilistic explanation of Pearson's correlation. *Teaching Statistics*, 41(3), 115-117. <https://doi.org/doi.org/10.1111/test.12204>
- Meegahapola, L., & Gatica-Perez, D. (2021). Smartphone Sensing for the Well-Being of Young Adults: A Review. *IEEE Access*, 9, 3374-3399. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3045935>
- Ramanujam, E., Perumal, T., & Padmavathi, S. (2021). Human Activity Recognition With Smartphone and Wearable Sensors Using Deep Learning Techniques: A Review. *IEEE Sensors Journal*, 21, 13029-13040.
- Ronao, C. A., & Cho, S.-B. (2016). Human activity recognition with smartphone sensors using deep learning neural networks. *Expert Systems with Applications*, 59, 235-244. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.04.032>
- Schrift, D. (2019, April 4 2019). *Upper Body Exercises for Seniors and the Elderly, Strength training for Seniors*. https://youtu.be/PBMi4Gr_9ls
- Siami-Namini, S., Tavakoli, N., & Namin, A. S. (2019). *The performance of LSTM and BiLSTM in forecasting time series* 2019 IEEE International Conference on Big Data, Los Angeles, Unites States of America.
- Tsapeli, F., & Musolesi, M. (2015). Investigating causality in human behavior from smartphone sensor data: a quasi-experimental approach. *EPJ Data Science*, 4(1), 24. <https://doi.org/10.1140/epjds/s13688-015-0061-1>