



Investigasi Artefak Digital pada *Smartwatch* Berbasis *WearOS* *Android*

Rohsan Nur Marjianto
23917023

*Tesis diajukan sebagai syarat untuk meraih gelar Magister Komputer
Konsentrasi Forensika Digital
Program Studi Informatika Program Magister
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
2026*

Lembar Pengesahan Pembimbing

Analisis Artefak Digital pada *Internet of Things Smartwatch WearOS Android*




Dr. Ahmad Luthfi, S.Kom. M.Kom.

Lembar Pengesahan Penguji

Investigasi Artefak Digital pada *Smartwatch* Berbasis *WearOS Android*

Rohsan Nur Marjianto

23917023

Yogyakarta, April 2026

Tim Penguji,

Dr. Ahmad Luthfi, S.Kom. M.Kom

Ketua

Dr. Yudi Prayudi, S.Si., M. Kom.

Anggota I

Fietyata Yudha, S.Kom., M.Kom., Ph.D.

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Informatika Program Magister

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Irving Vitra Paputungan, S.T., M.Sc., Ph.D.

Abstrak

Investigasi Artefak Digital pada *Smartwatch* Berbasis *WearOS Android*

Internet of Things telah menjadi bagian dari banyak aspek kehidupan, transportasi, pemerintahan, pendidikan, layanan kesehatan, dan perkotaan. Salah satunya ialah IoT *wearable device* seperti *smartwatch*. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi artefak digital yang dihasilkan oleh perangkat *smartwatch* berbasis WearOS Android, dengan fokus utama pada proses koleksi data dan penerapan teknik forensik digital. Perangkat yang digunakan dalam studi ini adalah *smartwatch* Samsung Galaxy Watch 5 yang terhubung dengan *smartphone* Samsung S22. Prosedur akusisi menggunakan bantuan dari kerangka kerja investigasi forensik *Integrated Digital Forensic Investigation Framework for an IoT-Based Ecosystem* (IDFIF-IoT). Proses pengumpulan data dilakukan melalui beberapa metode yaitu: eksplorasi *file system* dengan *Android Debug Bridge* (ADB), *physical forensics*, dan koleksi data untuk memperoleh file log, database, dan konfigurasi sistem yang relevan. Data mentah yang diperoleh berbentuk file CSV dan JSON, yang kemudian dianalisis menggunakan pendekatan *data science* untuk mengidentifikasi hubungan antar data, aktivitas pengguna, serta potensi nilai forensik dari setiap artefak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berbagai jenis data seperti riwayat detak jantung, pola tidur, aktivitas fisik, dan log aplikasi dapat diakses dan dianalisis untuk kebutuhan investigasi digital. Berdasarkan artefak yang telah ditemukan dapat menjadi bahan penyusun untuk membangun linimasa yang cukup akurat terkait aktivitas terakhir pengguna dan lingkungan disekitarnya.

Kata kunci

Digital forensik, Forensik IoT, Forensik *Smartphone*, *Wearable Technology*, *Smartwatch*

Abstract

Investigasi Artefak Digital pada *Smartwatch* Berbasis *WearOS Android*

The Internet of Things (IoT) has become an integral part of various aspects of life, including transportation, government, education, healthcare, and urban environments. One of its applications is wearable IoT devices, such as smartwatches. This study aims to investigate the digital artifacts generated by Android-based WearOS smartwatches, with a primary focus on data collection processes and the application of digital forensic techniques. The device used in this study is a Samsung Galaxy Watch 5 connected to a Samsung S22 smartphone. The acquisition procedure is supported by the Integrated Digital Forensic Investigation Framework for an IoT-Based Ecosystem (IDFIF-IoT). Data collection was carried out using several methods, including file system exploration via Android Debug Bridge (ADB), physical forensics, and data extraction to obtain relevant log files, databases, and system configurations. The raw data retrieved was in CSV and JSON formats, which were then analyzed using data science approaches to identify relationships between data, user activities, and the potential forensic value of each artifact. The findings indicate that various types of data such as heart rate history, sleep patterns, physical activity records, and application logs can be accessed and analyzed for digital investigation purposes. The discovered artifacts can serve as the basis for constructing a relatively accurate timeline of the user's recent activities and surrounding environment.

Keywords

Digital forensics, Forensic IoT, Smartphone Forensics, Wearable Technology, Smartwatch

Pernyataan Keaslian Tulisan

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini merupakan tulisan asli dari penulis, dan tidak berisi material yang telah diterbitkan sebelumnya atau tulisan dari penulis lain terkecuali referensi atas material tersebut telah disebutkan dalam tesis. Apabila ada kontribusi dari penulis lain dalam tesis ini, maka penulis lain tersebut secara eksplisit telah disebutkan dalam tesis ini.

Dengan ini saya juga menyatakan bahwa segala kontribusi dari pihak lain terhadap tesis ini, termasuk bantuan analisis statistik, desain survei, analisis data, prosedur teknis yang bersifat signifikan, dan segala bentuk aktivitas penelitian yang dipergunakan atau dilaporkan dalam tesis ini telah secara eksplisit disebutkan dalam tesis ini.

Segala bentuk hak cipta yang terdapat dalam material dokumen tesis ini berada dalam kepemilikan pemilik hak cipta masing-masing. Apabila dibutuhkan, penulis juga telah mendapatkan izin dari pemilik hak cipta untuk menggunakan ulang materialnya dalam tesis ini.

Yogyakarta, Februari 2026



Rohsan Nur Marjianto, S.Pd.

Daftar Publikasi

Publikasi berikut menjadi bagian dari Bab 2, 3 dan 4

R. N. Marjianto and A. Luthfi, "Investigation of Digital Evidence on Android-Based WearOS Smartwatches," 2025 10th International Conference on Information Technology and Digital Application (ICITDA), Yogyakarta, Indonesia, 2025, pp. 1-8, doi: 10.1109/ICITDA68167.2025.11332493.

<https://ieeexplore.ieee.org/document/11332493>

Kontributor	Jenis Kontribusi
Rohsan Nur Marjianto, S.Pd.	Mendesain eksperimen (75%) Menulis paper (75%)
Dr. Ahmad Luthfi, S.Kom., M.Kom	Mendesain eksperimen (25%) Menulis dan mengedit paper (25%)

Halaman Persembahan

Dengan mengucap puji dan syukur ke hadirat Allah SWT, tesis ini penulis persembahkan sebagai bentuk ikhtiar dan tanggung jawab atas segala rahmat, nikmat, serta karunia-Nya yang tiada henti. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, suri teladan sepanjang zaman, yang telah membawa cahaya ilmu dan nilai-nilai kebenaran sebagai pedoman dalam kehidupan.

Tesis ini secara khusus penulis persembahkan kepada istri tercinta, Riza Atika yang dengan penuh kesabaran, ketulusan, dan pengorbanan senantiasa mendampingi penulis selama menjalani masa studi. Dukungan moral, doa yang tak pernah terputus, serta pengertian yang diberikan menjadi sumber kekuatan utama bagi penulis dalam menghadapi berbagai tantangan akademik maupun non-akademik. Tanpa kehadiran dan peran istri penulis, proses penyelesaian tesis ini tentu tidak akan berjalan sebagaimana mestinya.

Tak lupa ucapan terima kasih dan penghormatan yang setinggi-tingginya penulis persembahkan kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Rohadi dan Ibunda almarhumah Susan Violeta Setianingsih. Doa, kasih sayang, serta pengorbanan yang telah diberikan sejak awal kehidupan hingga saat ini merupakan fondasi utama yang mengantarkan penulis sampai pada tahap pendidikan ini.

Selanjutnya, tesis ini juga penulis persembahkan kepada teman-teman seangkatan MI UII angkatan 2023, khususnya dari Forensika Digital yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan akademik penulis. Kebersamaan dalam diskusi, saling berbagi ilmu, pengalaman, serta semangat juang selama masa perkuliahan telah memberikan warna dan makna tersendiri dalam proses pembelajaran.

Tidak lupa, penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan kepada seluruh dosen dan staf akademik yang telah memberikan bimbingan, arahan, ilmu pengetahuan, serta pelayanan yang profesional selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Islam Indonesia. Serta semua pihak yang tak dapat disebutkan satu per satu, atas segala bentuk dukungan, perhatian, dan masukan yang diberikan. Setiap sumbangsih, sekecil apa pun, menjadi bagian berharga dari proses ini..

Akhir kata, penulis berharap tesis ini dapat memberikan manfaat, baik bagi pengembangan ilmu pengetahuan maupun bagi pihak-pihak yang membutuhkan. Semoga segala bentuk dukungan, doa, dan kebaikan yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan balasan terbaik dari Allah SWT dan menjadi amal jariyah yang terus mengalir. Aamiin ya Rabbal ‘alamin.

Kata Pengantar

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis berjudul “*Investigasi Artefak Digital pada Smartwatch Berbasis WearOS Android*” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Komputer pada Program Studi Informatika Program Magister, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

Penyusunan tesis ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Dr. Ahmad Luthfi, S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dengan penuh perhatian, dan banyak memberi bantuan, arahan, serta motivasi terhadap penelitian yang telah penulis lakukan.
2. Bapak Fietyata Yudha, S.Kom., M.Kom., Ph.D. selaku Dosen Penguji, yang telah memberi masukan berupa perbaikan dan arahan pada sidang pendadaran.
3. Bapak Dr. Yudi Prayudi, S.Si., M.Kom., selaku Dosen Penguji yang telah memberi arahan dan masukan saat seminar proposal, seminar progres, hingga sidang pendadaran.
4. Ibu Erika Ramadhani, S.T., M.Eng, selaku dosen penguji yang telah memberi banyak dukungan, arahan, dan masukan saat seminar proposal dan seminar progres.
5. Seluruh Dosen, Staf dan Jajaran Prodi Informatika Program Magister, atas ilmu dan bantuan selama penulis menimba ilmu di Informatika Program Magister FTI-UII.
6. Teman-teman seperjuangan Magister Informatika angkatan 28, khususnya konsentrasi Forensika Digital dan rekan-rekan PUSFID. Terimakasih atas segala ilmu, wawasan, dan kebersamaannya.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran yang membangun guna penyempurnaan di masa yang akan datang. Semoga tesis ini dapat memberikan kontribusi ilmiah dan bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Yogyakarta, Maret 2026

Rohsan Nur Marjianto, S.Pd.

Daftar Isi

Lembar Pengesahan Pembimbing	i
Lembar Pengesahan Penguji.....	ii
Abstrak.....	iii
Pernyataan Keaslian Tulisan	v
Daftar Publikasi	vi
Halaman Persembahan	vii
Kata Pengantar.....	viii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel.....	xii
Daftar Gambar	xiii
Glosarium	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Batasan Masalah	6
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6 Metode Penelitian	6
1.7 Sistematika Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Permasalahan Umum.....	9
2.2 Penelitian Terdahulu.....	11
2.3 Framework Forensik.....	14
2.4 Smartwatch	20
2.5 Samsung Health.....	21
2.6 Android Debug Bridge (ADB)	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Kajian Pustaka	25
3.2 Persiapan Sistem.....	25
3.2.1 Smartphone Android Samsung Galaxy S22	26
3.2.2 Smartwatch Android Samsung Watch 5.....	27

3.2.3	Laptop/PC	27
3.2.4	Router Wireless	28
3.3	Skenario dan Simulasi Kasus	28
3.4	Proses Akusisi dan Forensik.....	29
3.4.1	Identifikasi “Things” (Perangkat).....	30
3.4.2	Konektivitas dan Jaringan	30
3.4.3	Persiapan Proses (Readiness Process Groups)	31
3.4.4	Proses Forensik IoT	31
3.4.5	Proses Identifikasi Barang Bukti (Digital Forensic Investigations)	32
3.4.6	Tahap Pengecekan (Concurrent Processes).....	33
3.4.7	Management IoT (IoT Management Platform)	34
3.4.8	Kebijakan Perangkat IoT (IoT Policy)	34
3.4.9	Standar dan Protokol IoT (IoT Standards and Protocols).....	34
3.5	Laporan Hasil	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		36
4.1	Proses Akusisi.....	36
4.1.1	Koneksi PC	36
4.1.2	PCB Service Port.....	39
4.1.3	Smartphone Forensics.....	43
4.1.4	Koleksi Data	44
4.2	Analisis Hasil dan Pembahasan	47
4.2.1	Integritas dan Keaslian Data.....	47
4.2.2	Interpretasi Data	52
4.2.3	Pemetaan Sumber Data.....	57
4.2.4	Analisis Artefak Digital pada Aktivitas Spesifik	57
4.2.5	Analisis Artefak Digital pada Aktivitas Harian.....	69
4.2.6	Skenario Relevansi Terhadap Kasus Nyata.....	95
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		99
5.1	Kesimpulan.....	99
5.2	Saran	100
DAFTAR PUSTAKA.....		101
LAMPIRAN A		107
LAMPIRAN B.....		109

Daftar Tabel

Tabel 2.1. Ulasan Kritis Metode Forensik Smartwatch.....	16
Tabel 2.2. Ulasan Kritis Framework IoT.....	18
Tabel 3.1. Spesifikasi Samsung S22.....	26
Tabel 3.2. Data Pengguna.....	27
Tabel 3.3. Spesifikasi Samsung Watch 5	27
Tabel 4.1. Nilai hash File CSV.....	48
Tabel 4.2. Deskripsi isi file CSV	53
Tabel 4.3. Nomor Indeks Perangkat	57
Tabel 4.4. Detail aktivitas pengujian	58
Tabel 4.5. Kolerasi file <i>exercise_id</i> a07f7983-e621-4a10-9c4d-7a2ed69fed73.....	59
Tabel 4.6. Data aktivitas dari com.samsung.shealth.exercise.20250620085130	60
Tabel 4.7. Data cuaca dari com.samsung.shealth.exercise.weather.20250620085130	61
Tabel 4.8. Perbandingan data aktivitas spesifik	69
Tabel 4.9. Rencana Aktivitas.....	70
Tabel 4.10. Koleksi Data Aktifitas Harian 4 Juni 2025.....	71
Tabel 4.11. Strukur file JSON Movement.....	74
Tabel 4.12. Distribusi Aktivitas per Jam	74
Tabel 4.13. Rangkuman file <i>com.samsung.health.movement.csv</i>	75
Tabel 4.14. Struktur JSON <i>3e969a02-1e28-4cba-9879-320367f6a4a4.extra_data.json</i> ...	76
Tabel 4.15. Rangkuman file <i>com.samsung.shealth.calories_burned.details.csv</i>	77
Tabel 4.16. Struktur JSON file <i>location_data.json</i>	78
Tabel 4.17. Rangkuman isi file <i>location_data.json</i>	79
Tabel 4.18. Struktur JSON file <i>live_data.json</i>	82
Tabel 4.19. Struktur JSON <i>step_daily_trend.json</i>	84
Tabel 4.20. Struktur JSON file <i>shealth.stress.json</i>	86
Tabel 4.21. Struktur JSON file <i>floors_climbed.json</i>	89
Tabel 4.22. Rangkuman aktivitas mendaki tangga.....	90
Tabel 4.23. Struktur JSON file <i>floors_day_summary.json</i>	90
Tabel 4.24. Ringkasan Aktivitas.....	92
Tabel 4.25. Informasi Skenario Kasus.....	95

Daftar Gambar

Gambar 1.1. Peningkatan Jumlah Pengguna <i>Smartwatch</i> (Statista, 2024).....	2
Gambar 1.2. Alur Metode Penelitian.....	6
Gambar 2.1. Topologi sinkronisasi pada <i>Smartwatch</i>	10
Gambar 2.2. Framework IDFIF-IoT (Kebande et al., 2018).....	14
Gambar 2.3. Aplikasi Samsung Health	21
Gambar 2.4. USB <i>Debugging</i> untuk koneksi ADB pada <i>smartphone</i>	24
Gambar 3.1. Metodologi Penelitian.....	25
Gambar 3.2. Skenario Kasus	29
Gambar 3.3. Diagram koneksi proses akusisi.....	32
Gambar 4.1. Mengaktifkan ADB dan Wireless Debugging.....	37
Gambar 4.2. Proses koneksi Samsung Watch 5 dengan ADB Shell	38
Gambar 4.3. Tidak dapat mengakses sebagai user	38
Gambar 4.4. Struktur data Samsung Watch 5	39
Gambar 4.5. PCB dan sensor dari Samsung Watch 5	40
Gambar 4.6. Pin <i>port service</i>	41
Gambar 4.7. Proses pencarian <i>pinout</i> dengan PCB <i>Workstation</i>	41
Gambar 4.8. <i>Pinout</i> telah disolder	42
Gambar 4.9. Diagram koneksi <i>pinout</i>	42
Gambar 4.10. Unduh data dari Samsung Health	45
Gambar 4.11. Detail file dalam format ZIP.....	45
Gambar 4.12. Detail setelah diekstrak.....	46
Gambar 4.13. Isi file setelah diekstraksi.....	46
Gambar 4.14. Diagram hubungan antar file	58
Gambar 4.15. Perbandingan titik koordinat pada <i>smartwatch</i> (kiri) dan GMaps (kanan) ..	62
Gambar 4.16. Data rekaman koordinat.....	62
Gambar 4.17. Ketinggian lokasi	63
Gambar 4.18. Rekaman koordinat rute aktivitas	63
Gambar 4.19. Data rekaman tubuh pengguna	64
Gambar 4.20. Data Cadance, Heart Rate, dan VO2	65
Gambar 4.21. Data pemulihan detak jantung	66

Gambar 4.22. Grafik detak jantung setelah aktivitas.....	66
Gambar 4.23. Data <i>sensing status</i>	67
Gambar 4.24. File <i>location_data_internal.json</i>	68
Gambar 4.25. File <i>live_data_internal.json</i>	68
Gambar 4.26. Grafik Distribusi Aktivitas per Jam.....	75
Gambar 4.27. Visualiasi sesi ID 01f6b4fa.....	80
Gambar 4.28. Visualiasi sesi ID 74a6cdae... dan ff4bb80c.....	80
Gambar 4.29. Visualiasi sesi ID e6abf6b7... dan 8f031cc4.....	81
Gambar 4.30. Visualiasi sesi ID 7d850adb... ..	81
Gambar 4.31. Rangkuman fisiologis per sesi pada <i>live_data.json</i>	83
Gambar 4.32. Grafik rekaman langkah, jarak, dan kalori pada aktivitas jalan kaki.....	85
Gambar 4.33. <i>Timeline</i> Tingkat Stress	87
Gambar 4.34. Timeline Detak jantung	88

Glosarium

ADB	- <i>Android Debug Bride</i>
IoT	- <i>Internet of Things</i>
GPS	- <i>Business Process Management System</i>
ISO	- <i>International Organization for Standardization</i>
IEC	- <i>International Electrotechnical Commission</i>
IDFIF-IoT	- <i>Integrated Digital Forensic Investigation Framework for an IoT</i>
PC	- <i>Personal Computer</i>
PCB	- <i>Printed Circuit Board</i>
OS	- <i>Operating System</i>
SMS	- <i>Short Message Service</i>
SNS	- <i>Social Networking Service</i>
UUID	- <i>Universally Unique Identifier</i>

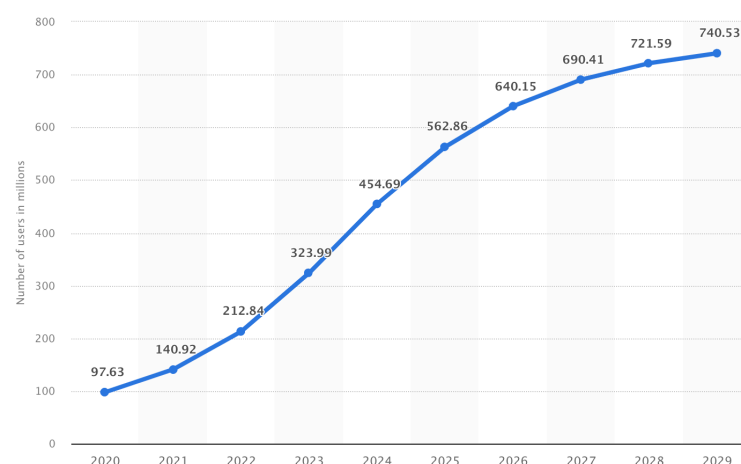
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Internet of Things ini telah hadir di hampir setiap sudut kehidupan, mulai dari transportasi, pendidikan, layanan kesehatan, hingga perkotaan. IoT merupakan bentuk paradigma yang menggambarkan lingkungan dinamis dari perangkat komputasi yang saling terkait dengan berbagai komponen untuk dapat terhubung dan transfer data (Stoyanova et al., 2020). IoT dapat berupa sistem perangkat komputasi yang saling terhubung, mesin mekanis dan digital, atau objek yang dilengkapi dengan pengenalan unik serta kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia-ke-manusia atau manusia-ke-komputer. Perangkat-perangkat ini tidak terbatas pada jenis media penyimpanan data atau format tertentu (Bell, 2022). Salah satu jenis perangkat IoT yang cukup dekat dengan kehidupan sehari-hari adalah IoT *wearable device*. Definisi dari *wearable device* sendiri adalah perangkat elektronik yang dapat dipakai sebagai aksesoris, ditempelkan pada pakaian, ditanamkan pada tubuh penggunanya, atau bahkan ditato pada kulit (Hayes, 2022). *Wearable device* yang cukup populer dimasyarakat saat ini adalah *smartwatch* dan *smartband* (Beckman, 2023).

Smartwatch merupakan salah satu perangkat yang memiliki popularitas tinggi di kalangan masyarakat, terutama karena kemampuannya untuk terhubung dengan berbagai aplikasi dan layanan digital. *Smartwatch* saat ini telah mampu terhubung dengan *smartphone* yang memungkinkan terjadi sinkronisasi sehingga pengguna dapat menggunakan *smartwatch* selayaknya fungsi dari *smartphone*. Lebih dari sekedar jam tangan *smartwatch* kini telah dilengkapi dengan berbagai sensor yang memungkinkan melakukan pemantauan terhadap aktifitas dalam tubuh penggunanya, seperti informasi detak jantung, tekanan darah, estimasi jumlah langkah kaki dan kalori yang terbakar, hingga rekaman durasi dan jenis olahraga (Saha et al., 2017). Berbagai macam kecanggihan yang ditawarkan tersebut membuat jumlah pengguna global dalam segmen *smartwatch* di pasar kesehatan digital diproyeksikan terus meningkat antara tahun 2024 dan 2029, dengan total penambahan 285,8 juta pengguna (+62,86 persen). Data ini muncul setelah sembilan tahun berturut-turut mengalami peningkatan, dan diperkirakan akan mencapai 740,53 juta pengguna dan mencapai puncak pada tahun 2029 (Statista, 2024).



Gambar 1.1. Peningkatan Jumlah Pengguna *Smartwatch* (Statista, 2024)

Smartwatch memiliki kemampuan selayaknya *smartphone*, dimana mampu berfungsi selayaknya fungsi dasar handphone seperti berkirim pesan, telepon, email, menyimpan kontak, navigasi GPS, dan monitoring kesehatan (Odom et al., 2019). Pada kasus tertentu banyaknya aktivitas dan informasi yang tersimpan dalam *smartwatch* dapat digunakan oleh pihak berwajib sebagai barang bukti petunjuk yang sangat berguna pada pengungkapan suatu kasus. Meningkatnya jumlah pengguna *smartwatch* berbanding lurus dengan meningkatnya potensi keterlibatan *smartwatch* dalam kasus kriminal, meskipun data dari *smartwatch* bisa memiliki ketidakakuratan, informasi tersebut sering digunakan untuk menyusun linimasa kejadian dan menentang klaim tersangka atau saksi (Fontaine, 2020). Sebagai contoh pada kasus dari Amerika Serikat, Richard Dabate dituduh membunuh istrinya, Connie Dabate, pada 23 Desember 2015. Data dari *smartwatch* Fitbit milik Connie menunjukkan aktivitas yang bertentangan dengan keterangan yang diberikan oleh Richard. Meskipun Richard mengklaim bahwa seorang penyusup membunuh istrinya, data Fitbit menunjukkan bahwa Connie masih bergerak selama hampir satu jam setelah waktu yang diklaim Richard sebagai waktu serangan (Lartey, 2017). Kasus lainnya dari Anthony Aiello dituduh membunuh menantunya, Karen Navarra, pada September 2018. Data dari *smartwatch* Fitbit milik Karen menunjukkan detak jantungnya berhenti sekitar 8 menit setelah Anthony terlihat meninggalkan rumahnya. Data ini bertentangan dengan klaim Anthony bahwa dia hanya mengunjungi Karen untuk waktu singkat dan meninggalkannya dalam keadaan baik-baik saja (Hanna & Chan, 2018). Contoh kasus terbaru tahun 2021 di Yunani, seorang istri dibunuh oleh seorang suami namun dapat dibantah dengan data yang diangkat dari *smartwatch* yang dikenakan istrinya (BBC, 2021). Data dari setiap *smartwatch* dalam kasus tersebut sangat penting digunakan untuk menyusun timeline kejadian dan membantah klaim tersangka, yang akhirnya membantu dalam investigasi kriminal.

Berdasarkan contoh kasus yang telah disebutkan ancaman kejahatan seperti kekerasan dalam rumah tangga, pelecehan seksual, dan *stalking* menjadi latar belakang bahwa *smartwatch* dapat sebagai "*silent witnesses*" atau saksi bisu atas suatu peristiwa, karena perangkat ini secara pasif dan terus-menerus merekam data aktivitas fisik, detak jantung, lokasi GPS, notifikasi, hingga data sensor gerak tanpa memerlukan interaksi aktif dari penggunanya. Bahwa data sensor seperti akselerometer dan giroskop yang tertanam pada *smartwatch* mampu merekam pola gerak secara konsisten karena posisi perangkat yang selalu menempel di pergelangan tangan, sehingga menghasilkan data yang lebih akurat dibandingkan perangkat lain. Keunggulan ini menjadikan *smartwatch* sebagai sumber bukti digital yang berpotensi krusial, tidak hanya untuk membuktikan keberadaan seseorang di suatu tempat, tetapi juga untuk memverifikasi atau membantah alibi dalam kasus hukum kejahatan konvensional (Ingemarsson et al., 2025).

Pemanfaatan data sensor gerak yang terekam secara kontinu pada *smartwatch* tidak hanya berguna untuk deteksi ancaman secara langsung, tetapi juga berpotensi menjadi bukti digital yang signifikan dalam investigasi pasca-kejadian. Dimana data sederhana tersebut dapat dikembangkan algoritma deteksi gerakan berbahaya secara real-time dengan memanfaatkan sensor akselerometer pada *Inertial Measurement Unit* (IMU) *smartwatch* (Oh & Yoo, 2025). Berdasarkan penelitian tersebut dengan menggunakan model *machine learning 1D Convolutional Neural Network* (1D-CNN), telah mampu mengklasifikasikan empat jenis aktivitas, yaitu berjalan, berlari, bekerja di meja, dan gerakan terancam, dengan tingkat akurasi mencapai 94% dalam pengujian real-time menggunakan analisis domain frekuensi. Pendekatan ini terbukti unggul dibandingkan metode *machine learning* konvensional seperti SVM, k-NN, Random Forest, dan SGD.

Smartwatch juga dapat dipandang sebagai pisau bermata dua, dimana tidak lagi sekadar perangkat penyimpan data pribadi yang bersifat pasif, melainkan berpotensi digunakan secara aktif sebagai alat kejahatan, khususnya dalam kasus kebocoran informasi rahasia perusahaan maupun individu (Jeon et al., 2023). Penelitian tersebut mengungkapkan bahwa *smartwatch* berbasis Wear OS, seperti seri Galaxy Watch 4 dan 5, memiliki kemampuan teknis yang memungkinkan transfer file ilegal melalui protokol FTP dan SFTP, serta pengendalian kamera tersembunyi dari jarak jauh. Kondisi ini diperparah oleh minimnya regulasi keamanan terhadap *smartwatch* di berbagai perusahaan, yang selama ini lebih memfokuskan kebijakan pengamanan pada perangkat *smartphone*.

Proses investigasi dalam penanganan barang bukti digital secara umum telah di jelaskan pada standarisasi ISO 27043:2015 (Valjarevic et al., 2016), namun dalam penanganan barang bukti *smartwatch* khususnya *Internet of Things* secara umum memiliki tantangan tersendiri dibanding perangkat digital lainnya. *Internet of Things* didesain dapat ini saling mensinkronisasi dan bertukar data dan menyimpan data di berbagai lokasi. Kecanggihan dari IoT ini merupakan tantangan baru bagi investigator, karena pencarian artefak digital tidak hanya berfokus pada satu device saja. Proses investigasi forensik IoT merupakan gabungan dari beberapa teknik forensik, yaitu *Cloud forensics* untuk analisis informasi yang disimpan di server vendor, *Network forensics* untuk analisis lalu lintas data yang terjadi antara perangkat IoT, dan *Device level forensics* yang berfokus pada perangkat IoT itu sendiri (Becirovic & Mrdovic, 2019). Pada *smartwatch* proses forensik cukup dapat dilakukan pada *device level*, namun bila investigator ingin mengetahui lebih dalam tentang pertukaran data yang terjadi dengan smartphone yang terhubung dapat dilakukan pula *network forensik*. Tantangan yang begitu banyak terkait forensik IoT dapat menghambat investigator dalam melakukan proses forensik, untuk itu diperlukan pedoman kerja yang sesuai dalam penanganan perangkat IoT, salah satu kerangka kerja yang relevan adalah *Integrated Digital Forensic Investigation Framework for an IoT-Based Ecosystem IDFIF-Iot* (Kebande et al., 2018). Kerangka kerja tersebut menjelaskan secara detail bagaimana penanganan perangkat IoT, dimulai dari penentuan metode forensik yang tepat berdasarkan jenis perangkat IoT yang ada, hingga pengelolaan barang bukti yang telah ditemukan.

Proses dan metode forensik pada *smartwatch* telah banyak berkembang dari beberapa penelitian terdahulu. Topik pembahasan mengenai metode forensik pada *smartwatch* menggunakan teknik ekstraksi logis melalui koneksi ke PC secara langsung dan metode berbasis *hardware* seperti port PCB, *port debugging* PCB, dan metode *chip-off* (Kim et al., 2021). Selanjutnya terdapat topik yang berkontribusi mengungkapkan lokasi dan petunjuk bagi penyelidik forensik mengenai data-data yang relevan secara forensik yang disimpan dalam aplikasi yang terinstall pada *smartwatch* dan *smartphone* yang tersinkronisasi (Hutchinson et al., 2022). Selain itu terdapat topik lain tentang kekhawatiran terkait dengan keamanan dan privasi data yang disimpan dan disinkronisasikan pada *smartwatch* dan *smartphone*. Terdapat temuan bahwa *smartwatch* memiliki beberapa mode kerja dan sinkronisasi dengan *smartphone* yang mempengaruhi data dan informasi yang disimpan, yaitu mode koneksi langsung dengan *smartphone*, mode koneksi tidak langsung dengan *smartphone*, mode *standalone* terkoneksi internet, dan terakhir mode *standalone* tanpa koneksi internet (Odom et al., 2019).

Tantangan forensik pada *smartwatch* kemungkinan besar masih banyak yang belum teridentifikasi akibat minimnya penelitian di bidang ini. Tidak adanya standar forensik yang baku untuk perangkat *wearable* menjadi kendala metodologis yang serius, karena penyidik tidak memiliki kerangka kerja yang diakui secara universal dalam melakukan investigasi terhadap *smartwatch*, sehingga berpotensi mengurangi akurasi dan integritas temuan. Selain itu, keterbatasan alat forensik komersial yang tidak mampu mengakses seluruh lokasi penyimpanan pada *smartwatch* menjadi hambatan teknis tersendiri. Keterbatasan yang ada membuat akusisi bersifat *volatile*, yang mana hanya tersimpan dalam rentang waktu sangat terbatas yakni sekitar 13 hingga 15 hari sebelum terhapus secara permanen, menciptakan urgensi tersendiri dalam proses pengumpulan bukti digital. Tantangan yang tidak kalah berat yaitu pada enkripsi data pada *smartwatch* modern, dimana setiap merek berlomba meningkatkan keamanan baik dari sisi *hardware* maupun *software*, meskipun berfungsi melindungi privasi pengguna, pada saat yang sama menjadi bertolak belakang karena justru dapat menghalangi akses penyidik terhadap bukti (Ingemarsson et al., 2025).

Penelitian mengenai investigasi artefak digital pada *smartwatch*, khususnya perangkat berbasis WearOS seperti Samsung Galaxy Watch 5, menjadi penting seiring dengan meningkatnya penggunaan perangkat *wearable* dalam kehidupan sehari-hari. *Smartwatch* tidak lagi sekadar perangkat pendukung gaya hidup, tetapi telah berkembang menjadi sistem komputasi mini yang secara kontinu merekam data aktivitas fisik, biometrik, serta pola perilaku pengguna. Data tersebut tersimpan dalam berbagai format yang berpotensi mengandung informasi krusial dalam konteks investigasi digital. Urgensi penelitian ini terletak pada masih terbatasnya kajian forensik yang secara khusus membahas artefak digital pada perangkat *smartwatch* berbasis Android WearOS, dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang masih berfokus pada sistem operasi bawaan vendor. Sementara karakteristik *smartwatch* terbaru saat ini telah memiliki sensor biometrik *real-time*, serta terhubung dengan ekosistem *cloud* menjadikannya sumber bukti digital yang unik dan kontekstual. Dalam banyak kasus kriminal modern, penentuan waktu kejadian, verifikasi alibi, atau rekonstruksi aktivitas korban maupun pelaku yang mengenakan *smartwatch* berpotensi memberikan informasi yang tidak dapat diperoleh dari perangkat lain. Selain itu, *smartwatch* menghadirkan tantangan tersendiri dalam proses akuisisi dan analisis data. Perbedaan sistem operasi, mekanisme keamanan, enkripsi, serta keterbatasan akses fisik perangkat menyebabkan metode investigasi tidak dapat disamakan dengan pendekatan pada *smartphone* atau *smartwatch* konvensional.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan data uraian pendahuluan, permasalahan yang akan diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana proses investigasi forensik artefak digital pada *wearable device*, khususnya pada *smartwatch* dengan sistem operasi WearOS Android dan apakah artefak yang telah berhasil diakusisi dapat digunakan sebagai barang bukti digital.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah mencari tahu bagaimana melakukan proses forensik pada *wearable device* khususnya smartwatch dengan system operasi Android WearOS dan dilakukan menggunakan *smarwatch* Samsung Watch 5 dan *smartphone* Android Samsung Galaxy S22.

1.4 Tujuan Penelitian

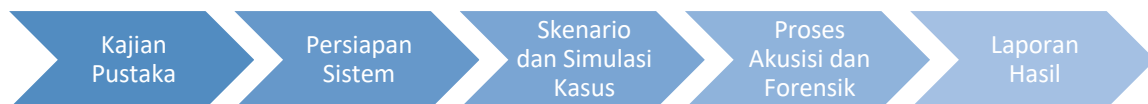
Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan diatas maka dapat diambil tujuan penelitian untuk menganalisis bagaimana teknik dan proses investigasi digital forensik pada *smartwatch* dengan sistem operasi WearOS Android.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumbangan wawasan dalam bidang forensika digital, khususnya pada *wearable device* berjenis *smartwatch*. Mengembangkan dan melanjutkan penelitian terdahulu yang belum menggunakan sistem operasi WearOS Android dan mengetahui data yang disimpan didalamnya.

1.6 Metode Penelitian

Framework yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan framework yang berfokus pada penanganan perangkat IoT, karena smartwatch merupakan salah satu bagian dari ekosistem IoT. Digunakan framework *Integrated Digital Forensic Investigation Framework for an IoT-Based Ecosystem* (IDFIF-IoT) (Kebande et al., 2018). Secara garis besar tahapan penelitian yang dilakukan sebagai berikut:



Gambar 1.2. Alur Metode Penelitian

a. Kajian Pustaka

Penelitian ini dimulai dari mengumpulkan berbagai jurnal dan makalah terbaru untuk mendapatkan topik pembahasan terkait masalah digital forensik IoT khususnya pada *smartwatch* terkini. Berfokus pada topik pembahasan pada masalah metode forensik pada *smartwatch* yang menggunakan sistem operasi Android WearOS terbaru dan analisis terkait data pengguna yang disimpan pada *smartwatch* tersebut.

b. Persiapan Sistem

Persiapan sistem yang dilakukan pada penelitian ini lebih fokus kepada perangkat *smartwatch* dan *smartphone* beserta aplikasi yang akan digunakan dalam proses penelitian. Dilakukan pula instalasi alat dan *software* forensik yang memadai agar penelitian bisa berjalan dengan lancar dan mendapatkan hasil akhir yang diinginkan.

c. Skenario dan Simulasi Kasus

Penelitian ini menggunakan data yang didapatkan dari hasil skenario simulasi dalam penggunaan *smartwatch* dalam kehidupan sehari-hari. Simulasi tersebut dirancang untuk dapat mengambil *sampling data* pada *smartwatch* dan dihubungkan dengan *smartphone* pendamping.

d. Proses Akusisi dan Forensik

Data yang telah berhasil dikumpulkan, selanjutnya dilakukan akusisi baik dari *smartwatch* maupun *smartphone*. Untuk memastikan proses akusisi berjalan sesuai dengan standar yang berlaku, maka proses akusisi dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan kerangka kerja dari *Integrated Digital Forensic Investigation Framework for IoT* (IDIF-IoT).

e. Laporan Hasil

Hasil analisis dikumpulkan dan dirangkum menjadi laporan hasil berdasarkan temuan yang telah didapatkan. Hasil laporan berupa daftar artefak yang dapat ditemukan beserta lokasinya dan relevan dengan data artefak yang dibutuhkan sebagai barang bukti dipersidangan.

1.7 Sistematika Penelitian

Penelitian ini menggunakan sistematika metodologi penelitian atau kerangka penelitian sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Bagian pendahuluan menjelaskan tentang akar masalah dan latar belakang mengapa penelitian tentang proses forensik pada *smartwatch* berbasis sistem operasi Android menjadi penting untuk dipahami. Berangkat dari meningkatnya jumlah pengguna *smartwatch* dimasyarakat, contoh kasus yang secara nyata telah terjadi, hingga solusi yang ditawarkan untuk mengetahui informasi yang dapat direkam oleh *smartwatch*.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bagian tinjauan pustaka berisikan informasi tentang penelitian terdahulu yang berkaitan dengan forensik pada *smartwatch*, khususnya berbasis sistem operasi Android atau sejenisnya. Pada bab ini membahas mengenai dasar teori dan kerangka kerja yang akan digunakan selama penelitian.

BAB III Metodologi

Bagian metodologi menjelaskan urutan proses penelitian yang akan dilakukan untuk proses forensik pada *smartwatch* berbasis sistem operasi Android. Penjelasan dimulai dari persiapan kebutuhan alat dan bahan, gambaran proses skenario forensik berdasarkan kerangka kerja IDIF-IoT, hingga format gambaran laporan hasil forensik.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Bagian hasil dan pembahasan menjelaskan proses dan hasil selama penelitian berlangsung. Memuat informasi mengenai proses apa saja yang dilakukan dalam penelitian dan dijelaskan pula tantangan dan kendala setiap proses tersebut. Hasil dari proses investigasi yang telah dilakukan selanjutnya akan dianalisis dan dikaji sesuai kaidah digital forensik.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Bagian kesimpulan dan saran menjelaskan rangkuman hasil penelitian dan memberikan jawaban dari rumusan masalah yang telah diidentifikasi pada awal penelitian. Dipaparkan pula saran sebagai bentuk proses perbaikan dan keberlangsungan penelitian dimasa yang akan datang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Permasalahan Umum

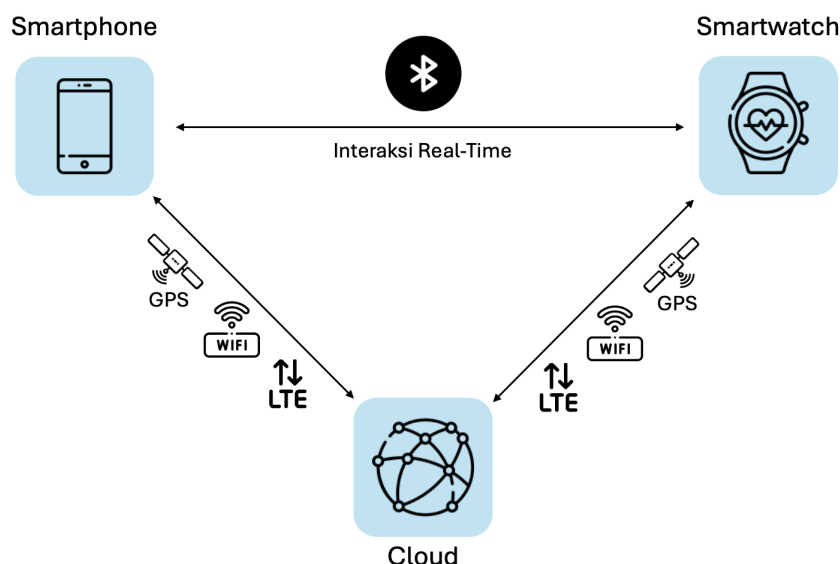
Smartwatch dilengkapi dengan sistem operasi khusus, seperti WearOS (Android) atau watchOS (Apple), yang mampu melakukan pengelolaan fungsi internal layaknya *smartphone* serta komunikasi dengan perangkat eksternal melalui protokol komunikasi tertentu, seperti bluetooth dan jaringan nirkabel lainnya (Hutchinson et al., 2022). Protokol bluetooth terkini mendukung sinkronisasi data secara *real-time* antara *smartwatch* dan *smartphone* pendamping, yang beroperasi dengan sistem operasi Android atau iOS. Sinkronisasi ini diimplementasikan melalui aplikasi khusus milik ekosistem suatu brand, seperti *Samsung Health* atau *Apple Health*, yang berfungsi sebagai penghubung utama untuk mengelola dan pemantauan data yang direkam oleh *smartwatch*.

Seiring dengan berkembangnya kebutuhan terhadap mobilitas dan kemandirian perangkat, *smartwatch* saat ini tidak hanya mengandalkan sinkronisasi data jarak dekat melalui *smartphone* pendamping. Banyak *smartwatch* model terbaru telah dilengkapi dengan fitur konektivitas langsung ke jaringan eksternal, yang memungkinkan *smartwatch* untuk secara independen melakukan pertukaran data, pembaruan aplikasi, serta sinkronisasi informasi ke *server cloud* tanpa perantara *smartphone*, termasuk Wi-Fi, 4G LTE, GPS, dan NFC. Koneksi ini memungkinkan *smartwatch* mengakses layanan berbasis jaringan, seperti navigasi berbasis lokasi, komunikasi data, dan transaksi digital. Selain itu, jaringan eksternal juga berperan dalam pengunggahan data ke penyimpanan berbasis *cloud*. Penggunaan *cloud* dalam ekosistem *Internet of Things* menjadi elemen penting dalam arsitektur data, menyediakan ruang penyimpanan tambahan untuk data aktivitas atau kesehatan pengguna yang dihasilkan oleh *smartwatch*. Data ini dapat diakses untuk keperluan analisis jangka panjang atau integrasi dengan layanan lain

Topologi pada Gambar 2.1 menggambarkan *smartwatch* sebagai perangkat multifungsi dalam ekosistem IoT (*Internet of Things*). Kombinasi antara komunikasi lokal dengan *smartphone* melalui protokol bluetooth dan integrasi dengan *cloud* melalui jaringan eksternal menciptakan sistem yang memungkinkan akuisisi, pengolahan, dan distribusi data yang sangat beragam. Dalam forensik digital, keterkaitan antara *smartwatch* dan perangkat pendampingnya, seperti *smartphone* dan *cloud storage*, menjadi aspek penting dalam proses akuisisi data. Data yang direkam dan disinkronkan oleh *smartwatch* tidak hanya tersimpan di dalam perangkat itu sendiri tetapi juga dapat ditemukan dalam sistem penyimpanan

eksternal, termasuk pada *smartphone* yang terhubung serta layanan *cloud*. Oleh karena itu, pendekatan forensik pada *smartwatch* sering kali tidak dapat dipisahkan dari analisis terhadap perangkat pendukung lainnya.

Keberagaman perangkat yang dapat tersinkronisasi dalam ekosistem IoT ini meningkatkan kemampuan *smartwatch* dalam membangun kelengkapan data yang dapat dikumpulkan dalam satu waktu. Keterbatasan sensor yang dimiliki oleh *smartwatch* tidak menjadi hambatan untuk mendapatkan data eksternal, seperti informasi cuaca, lokasi, dan rute aktivitas, *smartwatch* dapat melakukan kolaborasi dengan perangkat lainnya (Hassenfeldt et al., 2019). Kolaborasi dalam ekosistem IoT ini membuat peneliti perlu lebih teliti dalam mengetahui sumber data yang dikumpulkan apakah bersumber murni dari *smartwatch* atau dari koneksi eksternal.



Gambar 2.1. Topologi sinkronisasi pada Smartwatch

Forensik digital yang berfokus pada akusisi data dari *smartwatch* maupun *smartband* memiliki kemiripan dengan proses yang dilakukan pada *smartphone*. Kedua produk tersebut memiliki sistem operasi dan struktur file yang hampir mirip, namun hanya berbeda dalam segi spesifikasi, fungsi, dan antarmuka. Smartwatch memiliki basis sistem operasi dari Android selayaknya *smartphone*, namun tidak dapat dilakukan pendekatan forensik yang sama dalam penanganannya. Perbedaan tersebut disebabkan karena *smartwatch* masuk dalam klasifikasi produk IoT, sehingga dalam proses forensik perlu mematuhi standarisasi penanganan produk IoT (Bell, 2022). Penelitian terdahulu telah menghasilkan berbagai macam metode dan solusi dalam penanganan forensik pada *smartwatch*, baik menggunakan *tools* berbayar dan *open-source* untuk melakukan akusisi dan analisis untuk menemukan berbagai informasi pribadi yang terekam hingga data yang telah terhapus.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu pada tahun 2019 telah dilakukan menganalisis *smartwatch* dari brand Samsung Gear S3 Frontier berbasis TizenOS v.3.0.0.2 dan Apple Watch Series 3, serta *smartphone* Samsung Galaxy S8 dan Apple iPhone seri 6. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dimana lokasi data sensitif dan artefak forensik disimpan pada kedua ekosistem *smartwatch* tersebut berdasarkan metode koneksi antar kedua perangkat tersebut (Odom et al., 2019). Diketahui bahwa *smartwatch* memiliki beberapa mode kerja dan sinkronisasi dengan *smartphone* yang mempengaruhi data dan informasi yang disimpan, yaitu mode koneksi langsung dengan *smartphone*, mode koneksi tidak langsung dengan *smartphone*, mode *standalone* terkoneksi internet, dan terakhir mode *standalone* tanpa koneksi internet. Diketahui hasil akusisi pada kedua ekosistem perangkat tersebut dapat ditemukan informasi penting seperti SMS, email, alarm, dan informasi pribadi lainnya secara lengkap. Walaupun *smartwatch* bekerja secara *standalone* tanpa terhubung dengan *smartphone*, tetap mampu merekam aktivitas penggunanya, namun dengan jangka waktu penyimpanan yang lebih terbatas. Penelitian serupa yang lebih berfokus pada Samsung Gear S3 Frontier. Mengungkapkan bahwa dengan ukuran kapasitas memori dan penyimpanan yang terbatas, *smartwatch* mampu merekam aktivitas pengguna beberapa waktu terakhir dan dapat digunakan oleh investigator untuk menyusun timeline aktivitas terakhir pengguna (Becirovic & Mrdovic, 2019).

Penelitian lanjutan tahun 2021 pada *smartwatch* Samsung Galaxy, Apple Watch, dan Garmin Vivosport. Penelitian ini mencoba berbagai macam metode untuk melakukan akusisi pada *smartwatch*, seperti ekstraksi logis melalui koneksi PC dan metode berbasis *hardware* seperti port service PCB, port debugging PCB, dan metode *chip-off* (Kim et al., 2021). Ditemukan bahwa metode koneksi ke PC langsung merupakan metode yang paling baik untuk melakukan akusisi pada *smartwatch* Samsung dan Garmin. Sedangkan untuk *smartwatch* Apple hanya dapat dilakukan menggunakan *port service* pada PCB *internal* atau melalui *smartphone* yang terhubung dengan *smartwatch* tersebut. Pada metode port debugging PCB dan *chip-off* tidak memungkinkan dilakukan pada ketiga brand tersebut karena generasi *smartwatch* saat ini telah memiliki arsitektur yang lebih kompleks sehingga tidak memungkinkan bagi investigator untuk melakukan ekstraksi secara langsung pada chip semikonduktor *smartwatch* tersebut. Penelitian ini terbatas pada seri *smartwatch* yang belum bersistem operasi WearOS dari Andorid, namun dengan sistem operasi bawaan brand, seperti TizenOS dari Samsung dan SW v4.00 dari Garmin.

Pada tahun 2022, terdapat penelitian yang menganalisis *smartwatch* dari brand Amazon Halo, Garmin Connect, Mobvoi dan *smartphone* Samsung Galaxy A50. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lokasi data pengguna yang disimpan dan mengetahui data pribadi apa saja yang terekam pada ketiga *smartwatch* tersebut (Hutchinson et al., 2022). Akusisi dan analisis artefak dilakukan dengan bantuan *tools* Magnet Axiom, Celebrite UFED, dan Autopsy. Ditemukan bahwa ketiga *smartwatch* tersebut merekam dan menyimpan berbagai data dari aktivitas penggunanya. Data tersebut berupa informasi kesehatan seperti detak jantung, jumlah langkah, riwayat aktivitas olahraga, riwayat tidur, dan tingkat stress. Terdapat pula rekaman riwayat koordinat pengguna selama menggunakan *smartwatch* dan notifikasi aplikasi dari *smartwatch*. Data yang terekam tersebut masih tersimpan pada penyimpanan internal selama kurang lebih hingga 2 minggu, yang tentu data-data tersebut juga tersinkronisasi pada *smartphone* yang terhubung.

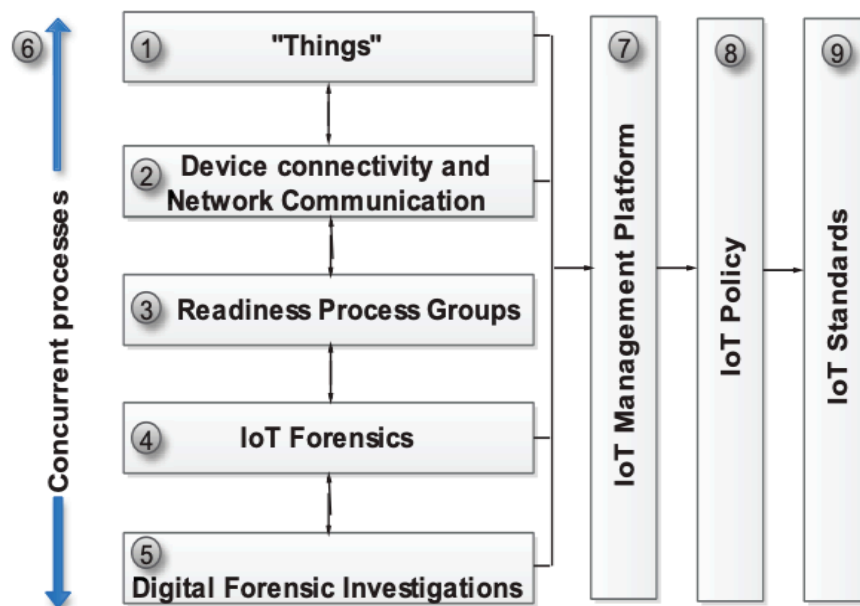
Penelitian terkait data yang disimpan pada aplikasi kesehatan pada *smartphone* telah dilakukan pada tahun 2019, dimana peneliti mencoba mengetahui data apa saja yang disimpan dalam aplikasi kesehatan dan *fitness tracking* pada *smartphone* dan bagaimana data tersebut disimpan untuk diketahui oleh investigator forensik dalam menganalisis barang bukti serupa (Hassenfeldt et al., 2019). Aplikasi kesehatan yang diteliti adalah 13 aplikasi terpopuler di Google Play Store dengan kata kunci “fitness” dan “health”, diantaranya MapMyRun, MapMyRide, MapMyWalk, MapMyHike, RunKeeper, Runtastic, JEFIT, Strava, Fitness Tracker, MyFitnessPal, Nike Training, Health Infinity, MapMyFitness. Ditemukan bahwa aplikasi tersebut perlu memasukkan beberapa data kesehatan seperti tinggi dan berat badan, riwayat penyakit, golongan darah, ukuran pinggang, dan informasi umum seperti nama, tanggal lahir, jenis kelamin, email, dan lokasi. Data informasi pribadi tersebut disimpan pada sebuah *database* dalam folder aplikasi tersebut, dan dapat diakses dengan bantuan aplikasi *database reader*. Proses akses dalam direktori aplikasi kesehatan tersebut memerlukan akses *root* pada *smartphone* yang digunakan. Aplikasi kesehatan dan *fitness tracking* tersebut juga mampu menyimpan koordinat lokasi selama pengguna berolahraga, data koordinat tersebut juga lengkap dengan jarak, jenis aktivitas, durasi, dan estimasi kalori yang terbakar. Untuk masalah keamanan data pribadi yang tersimpan, ditemukan bahwa beberapa aplikasi tidak melakukan enkripsi pada password akun dan membiarkan dalam bentuk *plain text*, yang tentunya akan menjadi masalah keamanan data yang serius. Penelitian ini hanya sebatas pada perangkat *smartphone* dan platform web aplikasi tersebut, belum melakukan investigasi lebih mendalam pada *smartwatch*.

Proses forensik dilakukan secara langsung atau *live forensics* memungkinkan dilakukan pada smartwatch dan smartphone android. Metode *live forensics* memiliki keunggulan dimana dapat mengekstrak informasi yang bersifat *volatile* atau dapat hilang ketika perangkat dimatikan dan mudah tertimpa data lain pada memori utama perangkat. Keunggulan ini dapat memudahkan investigator untuk mendapatkan informasi lebih banyak terkait aktivitas terakhir pengguna, namun metode forensik dengan mengakusisi informasi pada memori utama memiliki tantangan pada enkripsi dan membutuhkan akses *level root* pada perangkat. Penelitian yang dilakukan pada tahun 2017 tentang *live forensics* pada memori utama, melakukan pengembangan aplikasi *Android Main memory Dump* (AMD) yang mampu mengekstraksi dan membaca informasi pada memori utama perangkat android tanpa mematikan perangkat (Yang et al., 2017). Aplikasi tersebut dapat mengakses memori tanpa memerlukan akses *level root*, akses ke kernel, flashing custom firmware, dan mematikan password pengguna, dibandingkan aplikasi sejenis seperti LiME, AMExtractor, dan BMA. Penulis berpendapat bahwa bahwa terdapat beberapa kerugian dalam menggunakan pendekatan *live forensik* ini. Setiap perangkat android memiliki sistem operasi yang unik dan lingkungan yang berbeda pada setiap brand, yang dapat mengakibatkan perlunya analisis ulang terhadap setiap data mentah yang diperoleh. Selain itu, metode *live forensik* pada memori utama memiliki tantangan utama pada enkripsi yang dimiliki brand tersebut, seperti contoh SamsungKNOX milik brand Samsung yang mampu mengenkripsi memori perangkat dan Social Networking Service (SNS) conversation encryption yang mengenkripsi pesan aplikasi seperti WhatsApp, Instagram, WeChat, dan aplikasi perpesanan lainnya.

Berdasarkan penelitian terdahulu, pendekatan yang dapat diimplementasikan dalam penelitian ini adalah dengan metode *physical acquisition*, seperti akses ke PCB *service port* dan *debugging port*, dan metode *logical acquisition*, seperti ekstraksi logis melalui koneksi PC dengan *Android Debug Bridge* (ADB) maupun dengan bantuan tools forensic seperti Magnet Axiom, Oxygen Forensics, maupun Autopsy. *Android Debug Bridge* (ADB) menjadi tools utama yang akan penulis gunakan dalam penelitian ini, karena berdasarkan penelitian terdahulu (Kim et al., 2021), ADB menjadi tool yang mampu mengakses direktori dalam *smartwatch* dibandingkan dengan tool forensic lainnya. ADB merupakan tool berbasis *command-line* yang disediakan oleh Android SDK (*Software Development Kit*) dan berfungsi sebagai jembatan komunikasi antara PC dan perangkat Android (termasuk smartphone, tablet, atau smartwatch yang menggunakan Android seperti Wear OS).

2.3 Framework Forensik

Framework yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan framework yang berfokus pada IoT, karena smartwatch merupakan salah satu bagian dari ekosistem IoT. Penulis menggunakan framework *Integrated Digital Forensic Investigation Framework for an IoT-Based Ecosystem* (IDFIF-IoT) (Kebande et al., 2018). Kerangka kerja ini merupakan satu kerangka kerja yang paling lengkap karena mencakup sebagian besar tahap investigasi forensik digital, selain itu bertujuan untuk mengatasi kurangnya standarisasi investigasi forensik digital IoT. Namun, kerangka kerja ini kurang memiliki detail mendasar terhadap adaptasi skenario kasus serupa ke berbagai skenario lainnya tanpa mengubah komponen atau proses utama. (Janarthanan et al., 2021). Kerangka kerja IDFIF-IoT penulis pilih karena memiliki dasar pengembangan dari berbagai standar ISO/IEC yang merupakan standar internasional yang diakui banyak negara, diantaranya standar ISO/IEC 27037:2012, ISO/IEC 27042, ISO/IEC 3012, ISO/IEC 29100 dan ISO/IEC 27050: 2016 yang berfokus pada penanganan, pelestarian, dan penyimpanan barang elektronik, serta patuh pada standar ISO 27043:2015 yang mencakup proses dari persiapan pra-insiden hingga penutupan investigasi, serta saran dan peringatan umum tentang proses investigasi tersebut. Panduan standar tersebut menjelaskan proses dan prinsip yang berlaku untuk berbagai jenis investigasi, termasuk akses tidak sah, kerusakan data, kerusakan sistem, atau pelanggaran keamanan informasi perusahaan, serta investigasi digital lainnya (Valjarevic et al., 2016).



Gambar 2.2. Framework IDFIF-IoT (Kebande et al., 2018)

Pada Gambar 2.2 tersebut merupakan kerangka kerja konseptual IDFIF-IoT (*Integrated Digital Forensic Investigation Framework for IoT*), yang dirancang untuk menangani kompleksitas proses investigasi forensik pada ekosistem perangkat *Internet of Things* (Kebande et al., 2018). Diagram ini memetakan sembilan subproses utama yang saling terintegrasi dan mendukung proses investigasi digital secara sistematis. Dimulai dari identifikasi entitas fisik yang disebut “*Things*”, kerangka ini kemudian menguraikan tahapan konektivitas perangkat dan komunikasi jaringan, kesiapan insiden, hingga proses forensik dan investigasi digital yang dilakukan secara berurutan maupun paralel (*concurrent*). Selain itu, aspek manajerial seperti platform manajemen IoT, kebijakan, serta standar dan protokol juga disertakan untuk memastikan kerangka kerja ini relevan dengan teknologi IoT saat ini. Model ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai bagaimana proses forensik digital dapat dilakukan secara efektif terhadap perangkat IoT dalam berbagai skenario insiden.

Berdasarkan beberapa penelitian diatas, urgensi dari penelitian ini berfokus untuk mengetahui dan menganalisis bagaimana melakukan akusisi pada *smartwatch* Samsung Galaxy Watch 5 dengan system operasi Android WearOS terbaru dan terhubung dengan ekosistem perangkat *smartphone* Samsung S22. Setelah diketahui proses forensik tersebut dilakukan, penelitian dilanjutkan untuk menganalisis letak artefak dan informasi apa saja yang dapat ditemukan pada *smartwatch* tersebut. Dengan demikian, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana data pribadi disimpan, diakses, dan diolah oleh *smartwatch* dan *smartphone*, serta bagaimana melakukan investigasi digital forensik untuk menemukan artefak digital. Rangkuman literatur review yang telah dijelaskan diatas dirangkum Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.1. Ulasan Kritis Metode Forensik Smartwatch

No.	Penelitian	Tujuan	Hasil	Batasan Penelitian
1	Forensic Inspection of Sensitive User Data and Artifacts from Smartwatch Wearable Devices. (Odom et al., 2019)	Mengetahui dimana lokasi data sensitif dan artefak forensik disimpan berdasarkan cara koneksinya dengan smartphone, Menggunakan smartwatch Samsung Gear S3 Frontier dan Apple Watch Seri 3.	Diketahui bahwa pada kedua ekosistem perangkat tersebut dapat ditemukan informasi penting seperti aktivitas komunikasi dan informasi kesehatan secara lengkap. Walaupun smartwatch bekerja secara standalone tanpa terhubung dengan smartphone, tetap mampu merekam aktivitas penggunaanya	Menggunakan smartwatch tipe lama yaitu Samsung Gear S3 Frontier dengan OS Tizen v.3.0.0.2 dan Apple Watch Seri 3 dengan iOS v.4.0.1.
2	Manual IoT Forensics of a Samsung Gear S3 Frontier Smartwatch. (Becirovic & Mrdovic, 2019)	Untuk mengetahui dimana lokasi data sensitif dan artefak forensik pada smartwatch Samsung Gear S3 Frontier.	Diketahui bahwa informasi dalam smartwatch dapat diakusisi dan dianalisis hingga membuat linimasa yang sesuai dengan skenario pengujian.	Hanya berfokus pada informasi dalam smartwatch Samsung Gear S3 Frontier.
3	Security Analysis of Smart Watch and Band Devices. (Kim et al., 2021)	Untuk mengetahui metode terbaik untuk melakukan akusisi pada smartwatch, yaitu ekstraksi logis melalui koneksi PC dan metode berbasis hardware seperti port service PCB, port debugging PCB, dan metode chip-off.	Diketahui bahwa metode terbaik untuk mengakusisi smartwatch adalah ekstraksi logis dengan koneksi ke PC baik secara nirkabel maupun kabel.	Belum melakukan eksperimen pada smartwatch berbasis WearOS Android.
4	Investigating Wearable Fitness Applications: Data Privacy and Digital Forensics Analysis on Android (Hutchinson et al., 2022)	Untuk mengetahui lokasi data pengguna yang disimpan dan mengetahui data pribadi apa saja yang terekam pada ketiga smartwatch tanpa terhubung ke smartphone.	Ditemukan bahwa ketiga smartwatch tersebut merekam dan menyimpan berbagai data dari aktivitas penggunaanya. Data yang terekam masih tersimpan pada penyimpanan internal selama kurang lebih hingga 2 minggu.	Berfokus pada dua merek smartband dan satu smartwatch yang menggunakan OS milik brand.

No.	Penelitian	Tujuan	Hasil	Batasan Penelitian
5	Map My Murder! A Digital Forensic Study of Mobile Health and Fitness Applications. (Hassenfeldt et al., 2019)	Untuk mengetahui data apa saja yang disimpan dalam aplikasi kesehatan dan fitness tracking pada smartphone dan bagaimana data tersebut disimpan untuk diketahui oleh investigator forensik dalam menganalisis barang bukti serupa	Aplikasi kesehatan dan fitness tracking juga mampu menyimpan koordinat lokasi selama pengguna berolahraga, dan ditemukan bahwa beberapa aplikasi tidak melakukan enkripsi pada password akun dan membiarkan dalam bentuk plain text	Berfokus membandingkan setiap aplikasi yang terinstall pada smartphone tanpa data tambahan dari smartwatch.
6	Live acquisition of main memory data from Android smartphones and smartwatches (Yang et al., 2017)	Melakukan live forensics pada memori utama (RAM) smartphone dan smartwatch android dengan menggunakan aplikasi Android Main memory Dump (AMD) hasil pengembangan peneliti.	Aplikasi AMD dapat melakukan ekstraksi informasi yang tersimpan dan membaca informasi terenkripsi pada memori utama, aplikasi ini memiliki keunggulan tidak memerlukan akses root dan password perangkat dibandingkan aplikasi LiME, AMExtractor, dan BMA.	Uji coba live forensik pada perangkat tipe lama yang akan sangat berbeda dengan smartwatch berbasis OS WearOS Android.
7	Forensic Analysis of Wearable Devices: Fitbit, Garmin and HETP watches. (MacDermott et al., 2019)	Melakukan proses forensik untuk menemukan lokasi artefak digital pada smartwatch Garmin Forerunner 110, Fitbit Charge HR dan Generic low-cost HETP.	Setiap smartwatch memiliki struktur sistem file yang berbeda, sehingga setiap brand memiliki perbedaan lokasi dalam pencarian setiap informasi.	Menggunakan smartwatch dengan OS tipe lama dan perlu diuji ulang dengan smartwatch tipe baru.
8	Challenges and opportunities for wearable IoT forensics: TomTom Spark 3 as a case study. (Dawson & Akinbi, 2021)	Melakukan proses forensik pada smartwatch TomTom Spark 3.	Diketahui lokasi dan isi dari data dalam smartwatch TomTom Spark 3. Peneliti mampu mendapatkan seluruh informasi pribadi dan merekonstruksi linimasa lokasi berdasarkan rekaman koordinat GPS pengguna.	Berfokus hanya pada smartwatch TomTom Spark 3.

Tabel 2.2. Ulasan Kritis Framework IoT

No.	Penelitian	Tujuan	Hasil	Batasan Penelitian
1	<i>Integrated Digital Forensic Investigation Framework for an IoT-Based Ecosystem</i> (IDIF-IoT). (Kebande et al., 2018)	Pengembangan kerangka kerja forensik baru yang lebih fokus pada IoT, berdasarkan standar ISO 27043:2015 dan kerangka kerja forensik IoT lain.	Penggunaan kerangka kerja IDIF-IoT dapat menjadi salah satu solusi pedoman dalam forensik digital perangkat IoT secara umum, dengan menekankan identifikasi dan mengelompokkan jenis perangkat IoT sebelum dilakukan akusisi, sehingga dapat menentukan teknik akusisi yang tepat pada perangkat IoT tersebut.	Kurang memiliki detail mendasar terhadap adaptasi skenario kasus serupa ke berbagai skenario lainnya tanpa mengubah komponen atau proses utama.
2	<i>Forensic State Acquisition from Internet of Things</i> (FSAIoT). (Meffert et al., 2017)	Mengembangkan kerangka kerja yang terdiri dari <i>Forensics State Acquisition Controller</i> (FSAC) terpusat yang digunakan dalam tiga mode pengumpulan yang dikenal sebagai pengontrol perangkat IoT, pengontrol cloud, dan pengontrol ke pengontrol.	Forensik perangkat IoT dengan bantuan FSAC dapat mempercepat proses akusisi.	Peneliti tidak mengeksplorasi kemampuan forensik dari tools akuisisi IoT yang diimplementasikan dan tidak mempertimbangkan data historis dan data yang dihapus.
3	<i>Forensic Investigation Framework for IoT</i> (FIF-IoT). (Hossain et al., 2018)	Mengembangkan kerangka kerja berbasis <i>public digital ledger</i> (<i>public digital ledger</i> (block-chain) yang mengatasi masalah pengumpulan bukti dan menghindari kerusakan barang bukti untuk menyimpan bukti dengan cara yang lebih baik.	Penanganan dan pengumpulan bukti digital perangkat IoT dapat menggunakan implementasi block-chain untuk menjaga kelestarian barang bukti.	Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk dapat diimplementasikan pada skenario yang lebih umum.

4	Data Extraction and Forensic Analysis for Smartphone Paired Wearables and IoT Devices. (Dorai et al., 2020)	Melakukan proses forensik pada smartwatch dan perangkat IoT lain menggunakan kerangka kerja <i>Device Data Extraction and Forensic Analysis Model</i> (DEFA).	Penggunaan kerangka kerja DEFA dapat mengumpulkan Informasi penting mengenai linimasa kejadian dengan baik dan membantu investigator merekonstruksi kejadian.	Hanya menjelaskan bagaimana cara mengumpulkan, menyimpan, dan menganalisis linimasa hasil akusisi, namun tidak menjelaskan secara detail prosedur lengkap sebelum data tersebut dikumpulkan.
---	---	---	---	--

2.4 Smartwatch

Smartwatch merupakan perangkat wearable computing yang termasuk dalam ekosistem Internet of Things (IoT) dan dirancang untuk dikenakan di pergelangan tangan dengan kemampuan komputasi serta konektivitas yang berkelanjutan. Perangkat ini dilengkapi dengan berbagai sensor, seperti akselerometer, giroskop, sensor detak jantung, GPS, serta sensor biometrik lainnya, yang memungkinkan pencatatan aktivitas fisik, kondisi kesehatan, dan pola perilaku pengguna secara real-time. Penelitian oleh Swan menekankan bahwa perangkat wearable berperan penting dalam pengumpulan data personal yang bersifat kontinu dan kontekstual, sehingga mampu merepresentasikan aktivitas individu secara rinci dan kronologis (Swan, 2012). Selain itu, Arias et al. menjelaskan bahwa integrasi smartwatch dengan smartphone dan layanan cloud menyebabkan data tersebar di berbagai lapisan sistem, baik secara lokal pada perangkat maupun tersinkronisasi secara daring, yang memperluas ruang lingkup analisis dalam konteks forensik digital.

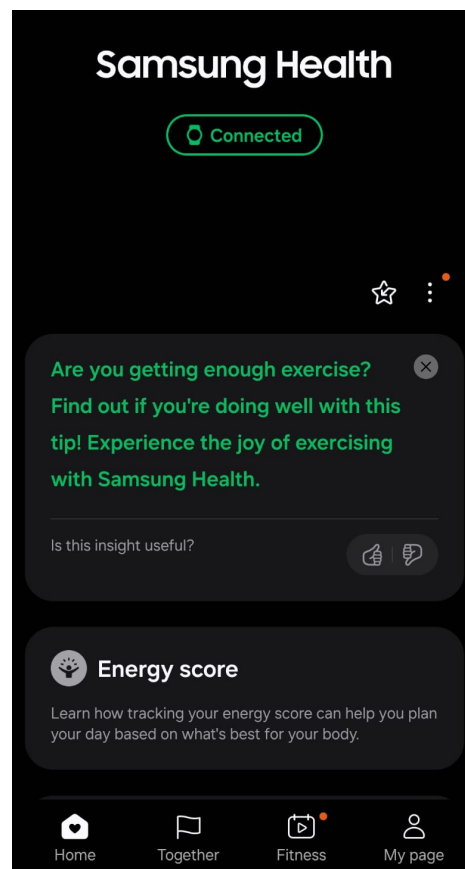
Dalam penelitian ini, Samsung Galaxy Watch 5 digunakan sebagai perangkat uji untuk merepresentasikan smartwatch modern berbasis *wearable IoT* yang digunakan secara luas dalam kehidupan sehari-hari. Samsung Galaxy Watch 5 dipilih karena mengadopsi sistem operasi Wear OS hasil kolaborasi Samsung dan Google, serta dilengkapi dengan berbagai sensor canggih seperti sensor detak jantung, oksigen darah (SpO₂), akselerometer, giroskop, dan GPS, yang secara aktif merekam data aktivitas dan biometrik pengguna. Selain itu, perangkat ini memiliki mekanisme sinkronisasi data dengan *smartphone* Android dan layanan *cloud*, sehingga memungkinkan terbentuknya artefak digital pada berbagai lapisan sistem. Karakteristik tersebut menjadikan Samsung Galaxy Watch 5 relevan sebagai objek penelitian forensik digital, khususnya untuk mengkaji jenis artefak yang dihasilkan, metode akuisisi data, serta potensi pemanfaatannya dalam proses investigasi digital, sebagaimana disoroti dalam studi-studi sebelumnya terkait forensik pada smartwatch Samsung dan perangkat *wearable* sejenis.

Dalam konteks forensik digital, smartwatch dipandang sebagai sumber artefak digital yang bernilai tinggi karena kemampuannya merekam data waktu, lokasi, aktivitas fisik, serta kondisi fisiologis pengguna. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa artefak dari perangkat wearable dapat digunakan untuk merekonstruksi kejadian, memvalidasi alibi, maupun menguatkan bukti digital lain dalam proses investigasi. Namun demikian, karakteristik smartwatch yang memiliki keterbatasan antarmuka, sistem operasi yang beragam, serta mekanisme keamanan tertentu menjadikan proses akuisisi dan analisis data lebih menantang dibandingkan perangkat smartphone konvensional (Dawson & Akinbi, 2021)

Salah satu perangkat smartwatch yang banyak dikaji dalam literatur forensik adalah Samsung Watch, termasuk seri Galaxy Watch dan Gear. Penelitian terkait Samsung Galaxy Watch 4 menunjukkan bahwa perangkat ini dapat menghasilkan artefak digital berupa file audio, log aktivitas, serta timestamp yang dapat dianalisis untuk keperluan autentikasi forensik. Studi tersebut mengusulkan metode analisis terhadap struktur dan karakteristik rekaman audio untuk memastikan integritas dan keaslian bukti digital yang dihasilkan oleh smartwatch

2.5 Samsung Health

Samsung Health adalah sebuah aplikasi resmi yang dikembangkan oleh Samsung Electronics sebagai bagian dari ekosistem *digital wellness* yang terintegrasi dengan perangkat *smartphone* dan *smartwatch* milik perusahaan tersebut. Aplikasi ini dirancang untuk memantau dan merekam berbagai parameter kesehatan dan kebugaran pengguna, seperti jumlah langkah, durasi aktivitas fisik, detak jantung, kualitas tidur, tingkat stres, kadar oksigen dalam darah (SpO₂), hingga konsumsi kalori. Dalam implementasinya, Samsung Health bekerja secara sinkronisasi dengan perangkat wearable seperti Samsung Galaxy Watch series, memanfaatkan berbagai sensor internal (misalnya akselerometer, gyroscope, PPG sensor) untuk mengumpulkan data secara real-time.



Gambar 2.3. Aplikasi Samsung Health

Samsung Health menyediakan berbagai fitur pemantauan kesehatan dan kebugaran yang terintegrasi dengan sensor perangkat wearable maupun smartphone. Fitur-fitur ini dirancang untuk memberikan data yang komprehensif kepada pengguna, sekaligus menyimpan informasi tersebut secara digital untuk analisis lanjutan. Adapun fitur-fitur utama yang ditawarkan antara lain:

a. Pemantauan Aktivitas Fisik (*Exercise Tracking*)

Samsung Health mencatat berbagai jenis aktivitas fisik seperti jalan kaki, lari, bersepeda, berenang, hingga latihan kekuatan. Setiap aktivitas direkam secara rinci mencakup:

1. Waktu mulai dan selesai
2. Durasi
3. Jarak yang ditempuh
4. Jumlah langkah
5. Kalori yang terbakar
6. Detak jantung selama aktivitas
7. Rute GPS (jika diaktifkan)

b. Pemantauan Detak Jantung (*Heart Rate Monitoring*)

Menggunakan sensor PPG (*photoplethysmography*) yang tersedia di perangkat wearable, aplikasi ini dapat mengukur detak jantung secara berkala atau terus-menerus. Data ini digunakan untuk memantau kebugaran dan mendeteksi potensi abnormalitas ritme jantung.

c. Pemantauan Tidur (*Sleep Tracking*)

Samsung Health mendeteksi pola tidur pengguna secara otomatis saat smartwatch digunakan saat tidur. Data yang dikumpulkan meliputi:

1. Total waktu tidur
2. Tahapan tidur (ringan, dalam, REM)
3. Waktu terjaga
4. Skor kualitas tidur

d. Pemantauan Kadar Stres (*Stress Monitoring*)

Dengan menggabungkan data detak jantung dan variabilitas detak jantung (HRV), aplikasi ini memperkirakan tingkat stres pengguna dan menyarankan teknik pernapasan untuk menurunkannya.

e. Pemantauan Kadar Oksigen dalam Darah (*SpO₂ Monitoring*)

Pada beberapa model Galaxy Watch, tersedia fitur untuk mengukur kadar saturasi oksigen dalam darah, yang penting untuk mendeteksi hipoksia atau kondisi fisik ekstrem.

f. Pencatatan Asupan Nutrisi dan Berat Badan

Pengguna dapat mencatat makanan dan minuman yang dikonsumsi, lengkap dengan estimasi kalori, serta memantau perubahan berat badan dan target kebugaran.

g. Pemantauan Suhu Kulit dan Menstruasi

Pada perangkat yang mendukung, Samsung Health menyediakan pelacakan suhu kulit serta kalender menstruasi untuk pengguna perempuan.

h. Integrasi Cloud dan Sinkronisasi Multi-Perangkat

Data dari Samsung Health dapat disinkronkan ke akun Samsung Cloud, sehingga pengguna dapat mengakses riwayat kesehatan dari berbagai perangkat. Sinkronisasi ini juga memungkinkan backup otomatis dan migrasi data.

Fitur-fitur yang ditawarkan dalam Samsung Health menciptakan jejak digital yang kaya akan informasi, sehingga sangat relevan untuk kebutuhan investigasi forensik. Dengan memahami fitur dan jenis data yang dikumpulkan, analis forensik dapat mengidentifikasi artefak digital yang relevan seperti lokasi, waktu kejadian, kondisi fisiologis pengguna, serta kebiasaan aktivitas harian. Dalam konteks investigasi, data ini dapat membantu menjawab pertanyaan "kapan" dan "apa yang dilakukan" oleh subjek pada waktu tertentu, yang relevan dalam analisis peristiwa atau rekonstruksi kejadian.

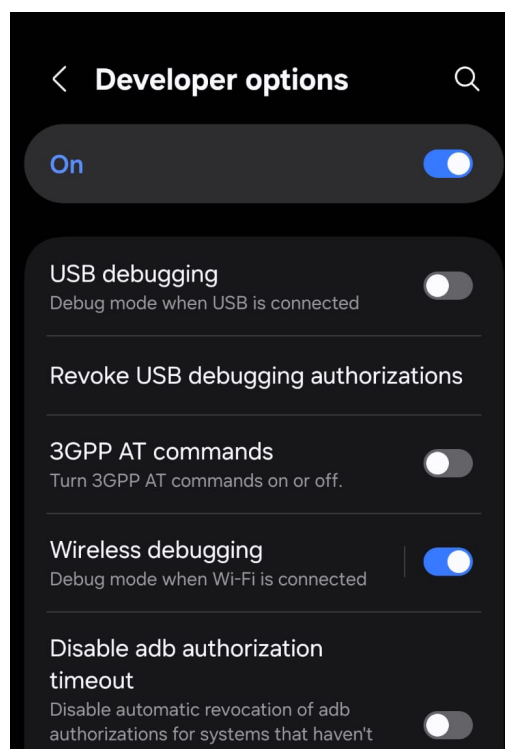
2.6 Android Debug Bridge (ADB)

Android Debug Bridge (ADB) adalah sebuah alat utilitas yang disediakan oleh Google sebagai bagian dari *Android Software Development Kit* (SDK), yang memungkinkan komunikasi antara komputer pengembang dan perangkat Android. ADB digunakan untuk berbagai keperluan seperti instalasi dan pengujian aplikasi, pengelolaan file, serta pemantauan sistem operasi secara real-time (Android Developer, 2025a). Melalui ADB, pengembang dapat menjalankan perintah shell, mengakses log sistem, menginstal atau menghapus aplikasi, serta mengatur pengaturan perangkat melalui baris perintah. Untuk menggunakan ADB, perangkat Android harus mengaktifkan opsi *Developer Mode* dan *USB Debugging*. Keberadaan ADB sangat penting dalam proses pengembangan aplikasi karena memberikan kontrol mendalam terhadap perangkat tanpa perlu antarmuka grafis. Di luar pengembangan, ADB juga menjadi alat bantu teknis dalam proses backup data, pemulihan sistem, hingga modifikasi lanjutan terhadap perangkat Android. Dalam kasus investigasi

forensik, ADB sangat berguna untuk melakukan ekstraksi logika (*logical acquisition*) dengan metode yang tidak merusak integritas fisik perangkat. ADB terdiri atas tiga komponen utama, yaitu:

- a. Client, berjalan di komputer dan mengirimkan perintah.
- b. Daemon (adbd), berjalan di perangkat Android untuk mengeksekusi perintah.
- c. Server, bertindak sebagai penghubung antara client dan daemon.

ADB dapat digunakan untuk melakukan ekstraksi data secara logikal (*logical acquisition*) tanpa harus melakukan *rooting*, meskipun akses terhadap beberapa direktori sistem tetap dibatasi. Melalui ADB, investigator dapat memperoleh artefak digital seperti riwayat aktivitas aplikasi, file konfigurasi, log sistem, hingga metadata dari perangkat Android (Kim et al., 2021). Penggunaan ADB memerlukan aktivasi opsi *USB Debugging* serta persetujuan dari perangkat, yang dapat menjadi kendala jika perangkat dalam keadaan terkunci.

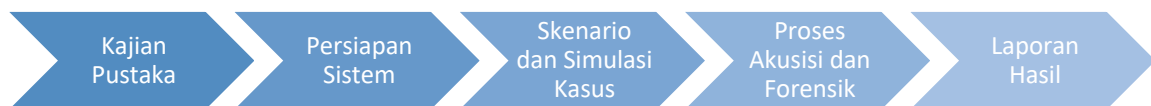


Gambar 2.4. *USB Debugging* untuk koneksi ADB pada *smartphone*

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian yang diusulkan menggunakan bantuan dari kerangka kerja investigasi forensik *Integrated Digital Forensic Investigation Framework for an IoT-Based Ecosystem* (IDFIF-IoT). Berdasarkan kerangka kerja tersebut penulis melakukan penelitian dengan menambahkan skenario yang relevan dengan analisis forensik digital pada smartwatch, sehingga dapat menggambarkan kasus pada dunia nyata. Untuk bisa lebih mudah memahami langkah demi langkah dilengkapi dengan gambar dan yang disusun secara sistematis agar menjadi pedoman dalam menyelesaikan permasalahan yang ada. Berikut langkah-langkah atau tahapan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1. Metodologi Penelitian

3.1 Kajian Pustaka

Penelitian ini dimulai dari mengumpulkan jurnal *review* dan makalah *conference* untuk menemukan topik pembahasan terkait masalah digital forensik IoT khususnya pada *smartwatch* terkini. Penulis mengambil topik pembahasan pada masalah metode forensik pada *smartwatch* yang menggunakan sistem operasi Android WearOS terbaru dan analisis terkait data pengguna yang disimpan pada *smartwatch* tersebut. Sedangkan kerangka kerja yang penulis gunakan adalah IDFIF-IoT sebagai pedoman dalam melakukan analisis bukti digital. Untuk memperkuat urgensi dan pemahaman dari masalah tersebut, penulis mengumpulkan berbagai jurnal terkait dari topik masalah dan menganalisis secara mendalam kekurangan dan hal-hal yang belum berhasil dilakukan pada penelitian sebelumnya.

3.2 Persiapan Sistem

Persiapan sistem yang dilakukan pada penelitian ini lebih fokus kepada perangkat *smartwatch* dan *smartphone* beserta aplikasi yang akan digunakan dalam proses penelitian. Untuk menunjang penelitian ini dibutuhkan alat dan tool forensik yang memadai agar penelitian bisa berjalan dengan lancar dan mendapatkan hasil akhir yang diinginkan. Perangkat dan tool yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

3.2.1 Smartphone Android Samsung Galaxy S22

Seri *smartphone* yang digunakan dalam penelitian ini adalah Samsung Galaxy S22. *Smartphone* Samsung dilakukan persiapan berupa instalasi dan inisialisasi awal akun Samsung Health dan Samsung Wearable agar data pada *smartwatch* dapat tersinkronisasi. instalasi aplikasi Samsung Health sebagai sinkronisasi data aktivitas pengguna di *smartwatch* dan aplikasi Samsung Wearable sebagai aplikasi pendukung untuk memudahkan memantau dan mengatur perangkat *smartwatch* dari *smartphone*. Perangkat yang digunakan dalam penelitian ini dalam keadaan normal bawaan pabrikan dan tidak dilakukan proses *rooting*.

Rooting pada perangkat Android memungkinkan pengguna untuk memperoleh kontrol administratif perangkat secara penuh. Melakukan *rooting* pada perangkat Android memberikan akses bagi pengguna untuk dapat menginstal aplikasi yang tidak resmi, memperbarui sistem operasi, menghapus aplikasi sistem yang tidak diinginkan, menurunkan atau meningkatkan kecepatan prosesor, mengganti firmware, dan mengakses direktori pribadi dari aplikasi. Namun, proses *rooting* kini semakin sulit karena produsen perangkat menciptakan berbagai cara untuk mencegah proses ini dilakukan oleh pengguna, sehingga *rooting* menjadi proses yang sulit dan berisiko, karena dapat menyebabkan perangkat mengalami kerusakan permanen (*bricked*) (Unuchek, 2017). Perangkat yang telah di *rooting* juga melanggar kelestarian barang bukti karena telah melakukan perubahan dari kondisi terakhirnya, sehingga penulis menghindari *rooting* dalam penelitian ini, kecuali terdapat kondisi yang mengharuskan dilakukan *rooting* untuk mendapatkan suatu informasi berharga. Informasi spesifikasi singkat perangkat *smartphone* yang digunakan dalam penelitian ini terdapat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1. Spesifikasi Samsung S22

Spesifikasi	Informasi
Brand	Samsung
Model	Galaxy S22 (SM-S901E/DS)
Versi Android	15
Penyimpanan internal	128 GB
RAM	8 GB
Chipset	Qualcomm SM8450 Snapdragon 8 Gen 1 (4 nm)
Tahun rilis	9 Februari 2022

3.2.2 Smartwatch Android Samsung Watch 5

Persiapan dilakukan dengan bantuan *smartphone* pendamping yang sebelumnya telah terinstal aplikasi Samsung Wearable dan mengaktifkan bluetooth. Dalam penelitian ini menggunakan merek perangkat yang sama sehingga memudahkan dalam melakukan persiapan awal pada *smartwatch*, sehingga akun yang ada pada *smartphone* akan otomatis tersinkronisasi di *smartwatch*. Pada inisialisasi awal perlu mengisi data pengguna, karena menggunakan ekosistem perangkat yang sama maka hanya perlu mengisi data tinggi dan berat badan, penulis mengisi data sesuai Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2. Data Pengguna

Data	Informasi	Satuan
Tinggi Badan	175	cm
Berat Badan	55	kg

Selesai proses inisialisasi awal, dilanjutkan dengan mengaktifkan seluruh fitur yang dimiliki *smartwatch*. Termasuk memastikan telah dapat mencatat posisi lokasi dan data telah dapat dimonitor di aplikasi Samsung Health. Berikut Tabel 3.3 spesifikasi singkat *smartwatch* yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3.3. Spesifikasi Samsung Watch 5

Spesifikasi	Informasi
Brand	Samsung
Model	Galaxy Watch 5
Versi Android	Wear OS 4
Penyimpanan internal	16 GB
RAM	1.5 GB
Chipset	Exynos W920 (5 nm)
Tahun rilis	10 Agustus 2022

3.2.3 Laptop/PC

Digunakan untuk melakukan akusisi *smartwatch* dan *smartphone* dengan bantuan *tools Android Debug Bridge (ADB)* melalui jalur jaringan komputer secara nirkabel. *Tools* forensik lain yang disiapkan seperti Magnet AXIOM, Autopsy, MobileEdit, dan Oxygen Forensics.

3.2.4 Router Wireless

Digunakan untuk membuat koneksi jaringan selama proses akusisi *smartwatch*. Proses akusisi dilakukan melalui jaringan nirkabel antara *smartwatch* dengan laptop/PC, karena pada *smartwatch* tidak terdapat koneksi fisik kabel.

3.3 Skenario dan Simulasi Kasus

Data dalam penelitian ini didapatkan dari hasil skenario simulasi dalam penggunaan *smartwatch* dalam kehidupan sehari-hari. Simulasi tersebut dirancang untuk dapat mengambil sampling data pada *smartwatch* dan dihubungkan dengan *smartphone* pendamping. Skenario ini dibuat dikarenakan penggunaan *smartwatch* yang semakin meningkat dikalangan masyarakat, namun pemanfaatan potensi tersebut masih kurang. Hal ini menyebabkan perlu adanya penelitian untuk mengetahui bagaimana metode akusisi yang tepat dalam penanganan barang bukti *smartwatch*. Pada penelitian ini menggunakan *smartwatch* dengan sistem operasi Android WearOS dari brand Samsung seri Galaxy Watch 5, dan sebagai perangkat pendukung menggunakan *smartphone* pendamping Samsung Galaxy S22.

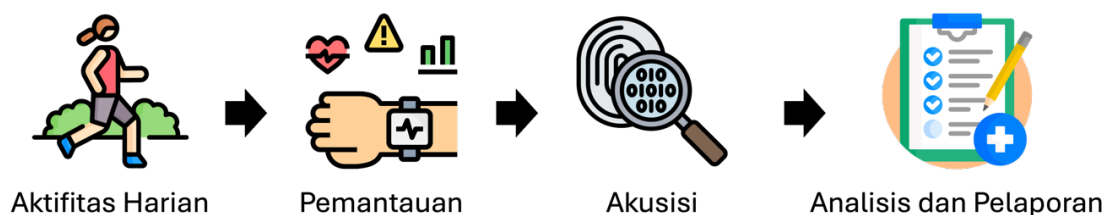
Perangkat *smartwatch* dan *smartphone* telah selesai disiapkan, penelitian dapat dimulai dengan fokus utama untuk mengumpulkan data sebanyak mungkin berdasarkan aktivitas pengguna dengan mengaktifkan semua fitur yang dimiliki oleh setiap perangkat. *Smartwatch* Samsung Watch 5 dilengkapi dengan berbagai sensor, seperti Accelerometer, Barometer, Bioelectrical Impedance Analysis Sensor, Electrical Heart Sensor, Gyro Sensor, Geomagnetic Sensor, Light Sensor, dan Optical Heart Rate Sensor (Samsung, 2022), diharapkan dapat memaksimalkan setiap sensor tersebut dan menjadi data uji tingkat keakuratan dalam membangun linimasa aktivitas.

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini berdasarkan aktivitas sehari-hari penulis, dengan mengaktifkan seluruh fitur yang ada pada *smartwatch* agar mengetahui sejauh mana informasi yang direkam *smartwatch* tersebut. Sampling data dilakukan dengan cara menggunakan *smartwatch* dan *smartphone* tersebut dalam kurun waktu beberapa bulan penggunaan. Dilakukan berbagai macam variasi aktivitas, seperti kegiatan sehari-hari secara normal, olahraga, istirahat, dan aktivitas lainnya. Untuk memantau aktivitas dan data yang berhasil direkam dapat dipantau pada aplikasi Samsung Health, dalam aplikasi ini mampu menampilkan visualisasi rekaman aktivitas, memilih manual mode olahraga, dan melihat kondisi terkini tubuh pengguna. Sinkronisasi data antara *smartwatch* dan *smartphone* terjadi secara otomatis selama kedua perangkat tersebut saling terhubung langsung melalui media bluetooth maupun tidak terhubung langsung melalui jaringan internet. Pengumpulan

data dilakukan dengan mengkolaborasikan berbagai fitur yang dimiliki oleh *smartwatch*, seperti berikut:

- a. Deteksi otomatis aktivitas (indoor dan outdoor)
- b. Pemantauan kualitas tidur
- c. Pemantauan kesehatan dan kebugaran
- d. Pemantauan tingkat dehidrasi (dilakukan manual)
- e. Mengatur mode olahraga (dilakukan manual)
- f. Notifikasi saran aktivitas

Setiap data aktivitas yang telah dikumpulkan akan dicatat dan dilakukan perbandingan dengan hasil akusisi. Berdasarkan kedua data tersebut dilakukan penilaian kesesuaian berdasarkan beberapa kriteria seperti waktu, lokasi, dan durasi aktivitas, serta mengetahui data apa saja yang direkam oleh *smartwatch* atau *smartphone* terkait aktivitas tersebut. Setiap aktivitas yang telah ditentukan dalam tabel uji akan dibandingkan dengan hasil akuisisi untuk mengevaluasi tingkat perbedaan pencatatan data pada perangkat. Selain itu, analisis juga akan dilakukan terhadap kemungkinan adanya perbedaan atau selisih waktu pencatatan antara perangkat *smartwatch*, *smartphone*, dan data yang tersimpan di cloud. Hasil evaluasi ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai sejauh mana keandalan *smartwatch* dalam merekam aktivitas pengguna serta potensi artefak digital yang dapat digunakan dalam proses investigasi forensik. Target dari hasil akusisi adalah dapat menemukan minimal semua informasi yang dapat dilihat user melalui aplikasi Samsung Health, dan harapannya dapat menemukan data lain yang mungkin terekam selama melakukan aktivitas sehari-hari. Ilustrasi skenario kasus dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2. Skenario Kasus

3.4 Proses Akusisi dan Forensik

Data yang telah berhasil dikumpulkan, selanjutnya dilakukan akusisi baik dari *smartwatch* maupun *smartphone*. Untuk memastikan proses akusisi berjalan sesuai dengan standar yang berlaku, maka proses akusisi dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan kerangka kerja dari *Integrated Digital Forensic Investigation Framework for IoT* (IDIF-IoT). Setiap tahapan

dalam IDFIF-IoT tidak hanya menekankan aspek teknis, seperti identifikasi perangkat dan konektivitas jaringan, tetapi juga mencakup kesiapan insiden, kebijakan, dan standar IoT yang mendukung proses forensik secara menyeluruh. Secara lengkap sebagai berikut:

3.4.1 Identifikasi “*Things*” (Perangkat)

Pada tahap pertama dalam proses forensik berbasis kerangka IDFIF-IoT, identifikasi perangkat atau “*Things*” menjadi langkah awal yang krusial. Dalam penelitian ini, perangkat yang menjadi subjek utama adalah *smartwatch* Samsung Galaxy Watch 5, yang beroperasi dengan sistem operasi WearOS, serta *smartphone* Samsung Galaxy S22 sebagai perangkat pendamping yang menjalankan sistem operasi Android 15. Kedua perangkat ini memiliki peran saling terhubung dalam ekosistem *Internet of Things*, di mana *smartwatch* bertindak sebagai pengumpul data aktivitas dan kesehatan pengguna, sementara *smartphone* berfungsi sebagai media penyimpanan sekunder melalui aplikasi Samsung Health.

3.4.2 Konektivitas dan Jaringan

Menekankan pada bagaimana perangkat terhubung dan berkomunikasi satu sama lain serta dengan jaringan eksternal. Dalam penelitian ini, Samsung Galaxy Watch 5 dan Samsung Galaxy S22 saling berkomunikasi melalui Bluetooth untuk melakukan sinkronisasi data secara rutin. Selain itu, kedua perangkat memiliki konektivitas tambahan berupa Wi-Fi, GPS, dan akses seluler (4G LTE) yang memungkinkan transmisi data ke *cloud* atau layanan lainnya secara *real-time*. Akses konektivitas ini juga membuka peluang adanya jejak digital yang tersebar di berbagai lokasi penyimpanan, seperti cloud server Samsung, log jaringan, atau aplikasi pihak ketiga.

Dalam penelitian ini, batasan akuisisi data difokuskan hanya pada dua perangkat utama, yaitu *smartwatch* Samsung Galaxy Watch 5 dan *smartphone* pendamping Samsung Galaxy S22. Pembatasan ini dilakukan untuk menjaga fokus kajian pada ekosistem sinkronisasi data antara dua perangkat yang paling berperan dalam aktivitas harian pengguna, terutama dalam pencatatan data kesehatan dan aktivitas melalui aplikasi Samsung Health. Meskipun dalam ekosistem IoT terdapat kemungkinan keterhubungan dengan perangkat lain seperti *cloud storage* dan *wearable* tambahan lainnya, namun untuk keperluan studi forensik ini, data yang diperoleh dan dianalisis hanya bersumber dari dua perangkat utama tersebut. Pendekatan ini dipilih untuk memudahkan proses analisis, meminimalisir tercampurnya dari data eksternal, dan mengutamakan validitas data yang dapat ditelusuri langsung ke sumber perangkat.

3.4.3 Persiapan Proses (*Readiness Process Groups*)

Langkah pertama sebelum melakukan proses akusisi adalah melakukan persiapan dan kesiapan personel dari peneliti untuk menguasai dasar keilmuan tentang penanganan barang bukti *wearable smartphone* dan *smartwatch*. Persiapan pengetahuan ini meliputi mengetahui jenis dan dukungan teknis dari perangkat yang akan diakusisi, dengan cara mencari informasi dari berbagai sumber seperti website resmi Samsung, forum XDA, jurnal, dan media lain yang memiliki fokus pembahasan tentang Android dan WearOS. Kesiapan lain yang perlu dilakukan adalah identifikasi bagaimana cara penanganan dan konektivitas yang tersedia untuk dapat dikoneksikan dengan laptop/PC investigator. Pada *smartwatch* tidak terdapat port fisik sehingga hanya dapat melalui media nirkabel, sedangkan *smartphone* terdapat opsi konektivitas melalui kabel melalui *port USB Type-C*. Selanjutnya dilakukan proses konektivitas antara perangkat dengan komputer forensik sebagai persiapan akusisi data.

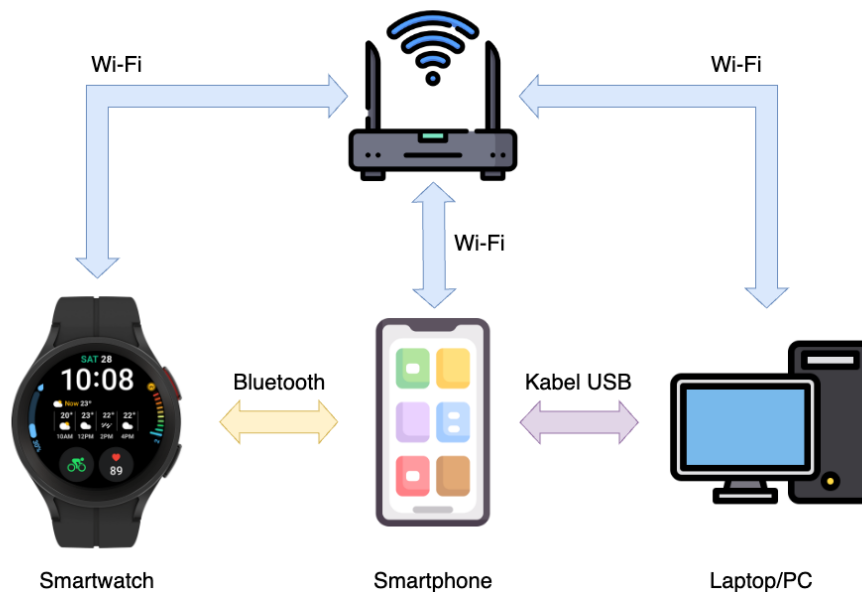
Koneksi fisik antara smartphone dan PC dilakukan menggunakan kabel USB, serta aktivasi mode pengembang (*developer mode*) dan fitur *USB debugging* untuk memungkinkan interaksi menggunakan Android Debug Bridge (ADB). Untuk *smartwatch*, pengujian dilakukan menggunakan mode *debug over Wi-Fi* karena keterbatasan port USB secara fisik. Selain ADB, digunakan pula beberapa tool forensik komersial seperti Magnet AXIOM dan Oxygen Forensic untuk memaksimalkan potensi akusisi data dari sistem file internal. Namun demikian, proses ini mengalami sejumlah kendala teknis terutama pada akses ke direktori sistem di *smartwatch*, sehingga fokus utama akusisi akhirnya diarahkan pada data sinkronisasi yang tersimpan di *smartphone* pendamping. Tahap ini merupakan bagian krusial karena menentukan sejauh mana data dapat diakses secara legal dan teknis untuk keperluan analisis forensik lebih lanjut.

3.4.4 Proses Forensik IoT

Pengumpulan bukti dimulai dengan melakukan proses akusisi pada *smartwatch* dengan bantuan tools *Android Debug Bridge* (ADB) dari laptop/PC. Akusisi dilakukan dengan mengkoneksikan *smartwatch* dengan laptop/PC melalui koneksi jaringan nirkabel yang diciptakan router tanpa terkoneksi ke internet dan kondisi *smartwatch* mode pesawat. Laptop/PC tidak terkoneksi langsung melalui kabel karena tidak adanya konektor fisik pada *smartwatch*. Pada saat akusisi *smartwatch*, mode *debugging* dihidupkan, dan WiFi diatur pada mode “selalu aktif”. Setelah menentukan alamat IP *smartwatch*, koneksi dilakukan menggunakan perintah ADB dengan port yang telah ditentukan. Perintah ADB digunakan untuk menghubungkan dan mengumpulkan data, karena tools ADB memiliki kemampuan

untuk mentransfer file dan folder yang tersembunyi. Penelitian ini mempertahankan agar *smartwatch* tidak di lakukan *jail-break* atau *rooting*, sehingga banyak folder dan file dengan hak istimewa root tidak tersedia. Sehingga perintah dari tools SDB dapat tidak dapat mengambil informasi yang letaknya memerlukan hak akses root. Semua file dan folder yang telah berhasil didapatkan, disimpan pada satu folder- khusus dan diberikan catatan informasi tentang barang bukti.

Proses akusisi dilanjutkan pada *smartphone* dengan bantuan *tools* forensik seperti Magnet AXIOM Examine, Autopsy, dan sejenisnya. *Smartphone* tetap dipertahankan pada kondisi standar tanpa dilakukan *jail-break* atau *rooting* untuk menjaga keutuhan barang bukti. Koneksi *smartphone* ke laptop/PC menggunakan kabel usb secara langsung, mode *debugging* dihidupkan, dan diakusisi dalam keadaan kunci terbuka. *Tools* forensik seperti Magnet AXIOM dapat melakukan akusisi secara *logical* dengan jumlah informasi yang terangkat cukup banyak. File hasil akusisi *smartphone* disimpan pada folder khusus dan diberikan catatan informasi. Koneksi selama proses akusisi dapat diamati pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3. Diagram koneksi proses akusisi

3.4.5 Proses Identifikasi Barang Bukti (*Digital Forensic Investigations*)

Dilakukan analisis berdasarkan hasil akusisi yang telah dilakukan dengan bantuan berbagai *tools* forensik. Proses analisis ini merupakan bagian inti dari penelitian ini, dimana proses pencarian artefak digital dan analisis lokasi serta penggunaan privasi data dilakukan. Analisis dilakukan dengan membandingkan data dari *smartwatch* dan *smartphone*. Poin data yang perlu dianalisis diantara lain adalah (1) data pribadi pengguna (nama, tanggal lahir,

alamat rumah, dan sebagainya), (2) data kesehatan pengguna, dan (3) data *tracking* lokasi GPS pengguna. Semua data tersebut dianalisis untuk mengetahui aplikasi apa saja yang menyimpan dan menggunakan data tersebut. Penelitian dapat dilanjutkan lebih mendalam dengan mencari tahu bagaimana proses dan sumber data tersebut didapatkan.

Setiap barang bukti yang telah diperoleh akan masuk dalam proses pelestarian barang bukti. Pelestarian bukti akan selalu dilakukan sebelum hingga selesai proses analisis bukti digital. Setiap langkah yang diambil dalam penanganan barang bukti harus didokumentasikan secara menyeluruh, termasuk siapa yang menanganinya, kapan, di mana, dan menjeda. Dokumentasi ini harus disimpan sejak bukti dikumpulkan hingga diajukan ke pengadilan. Barang bukti berupa *smartphone* dan *smartwatch* dalam penelitian ini akan didokumentasikan dan dicatat dengan pelabelan bukti yang tepat untuk menghindari kebingungan atau kesalahan penempatan. Label yang diberikan mencakup pengenalan unik, tanggal, dan nama individu yang terlibat dalam proses pengumpulan.

Proses terakhir dalam investigasi adalah dokumentasi dan pelaporan, kegiatan ini merupakan elemen penting yang memastikan proses investigasi dilakukan secara menyeluruh, transparan, dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Dokumentasi mencakup pencatatan rinci tentang setiap langkah dalam investigasi, mulai dari deteksi insiden hingga analisis data. Ini termasuk pembuatan catatan rantai penguasaan yang mendokumentasikan siapa yang menangani bukti, kapan, dan dalam kondisi apa, serta metodologi yang digunakan selama analisis.

3.4.6 Tahap Pengecekan (*Concurrent Processes*)

Pada kerangka kerja IDIF-IoT terdapat kegiatan yang selalu dilakukan dalam setiap tahapan investigasi. Dalam pelaksanaan proses forensik terhadap *smartwatch* Samsung Galaxy Watch 5 dan *smartphone* Samsung Galaxy S22, tahap ini melibatkan proses-proses yang berjalan secara paralel untuk mendukung integritas seluruh prosedur investigasi. Proses-proses ini meliputi dokumentasi setiap tahapan yang dilakukan, pencatatan detail teknis selama koneksi dan akuisisi data, serta penerapan metode verifikasi seperti perhitungan hash, misalnya MD5 atau SHA1 untuk menjaga integritas data. Selain itu, pengelolaan *chain of custody* juga dilakukan untuk memastikan bahwa setiap file dan hasil yang diperoleh tetap autentik dan tidak mengalami modifikasi selama proses berlangsung. Tahapan ini sangat penting dalam metodologi forensik karena mendukung pembuktian secara sah terhadap data yang diperoleh, serta memungkinkan audit dan evaluasi ulang jika dibutuhkan pada tahap analisis atau presentasi hasil.

3.4.7 Management IoT (*IoT Management Platform*)

Tahap ini berfokus pada bagaimana perangkat IoT, dalam hal ini Samsung Galaxy Watch 5 dan Samsung Galaxy S22, dikelola dan dikendalikan dalam ekosistem forensik digital. Platform manajemen IoT mencakup sistem dan aplikasi yang bertanggung jawab untuk pengaturan perangkat, pengumpulan data, serta kontrol terhadap konektivitas antar perangkat. Dalam penelitian ini, sinkronisasi dilakukan melalui aplikasi resmi seperti *Samsung Health* dan sistem pengaturan internal perangkat yang terhubung melalui protokol Bluetooth dan Wi-Fi. Selain itu, proses ini juga memperhatikan bagaimana perangkat dipantau secara sistematis guna memastikan bahwa semua data yang dikumpulkan berasal dari sumber yang sah dan dapat diverifikasi. Dengan pendekatan ini, perangkat dapat diintegrasikan secara efektif ke dalam arsitektur investigasi, memungkinkan identifikasi data yang relevan untuk analisis forensik lebih lanjut.

3.4.8 Kebijakan Perangkat IoT (*IoT Policy*)

Tahapan ini menyoroti pentingnya kebijakan yang mengatur proses investigasi forensik terhadap perangkat IoT. *IoT Policy* mencakup pedoman formal dan prosedur operasional yang harus diikuti selama akuisisi, analisis, dan pelaporan data digital dari perangkat seperti smartwatch dan smartphone. Dalam penelitian ini, kebijakan tersebut mencakup batasan akses data, prinsip privasi pengguna, serta standar etika dalam penanganan bukti digital. Penetapan kebijakan ini tidak hanya mendukung validitas dan legalitas dari proses forensik yang dilakukan, tetapi juga menjamin bahwa investigasi dilakukan sesuai dengan kerangka hukum dan peraturan yang berlaku. Dengan adanya kebijakan yang jelas, potensi pelanggaran hak privasi atau penyalahgunaan data dapat diminimalkan, sehingga hasil forensik yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan secara hukum dan profesional.

3.4.9 Standar dan Protokol IoT (*IoT Standards and Protocols*)

Pada tahap ini, proses forensik diperkuat dengan penerapan standar dan protokol yang berlaku dalam ekosistem *Internet of Things* (IoT). Standar dan protokol ini mencakup acuan teknis dan prosedural yang digunakan untuk memastikan interoperabilitas perangkat, keamanan komunikasi, serta integritas data selama proses akuisisi dan analisis forensik. Dalam penelitian ini, perangkat yang digunakan seperti Samsung Galaxy Watch 5 dan Samsung S22 beroperasi menggunakan protokol komunikasi seperti Bluetooth dan Wi-Fi, serta menyimpan data dalam format tertentu yang memerlukan pemahaman standar decoding dan parsing yang sesuai. Mengacu pada standar seperti ISO/IEC 27037 untuk penanganan bukti digital serta standar protokol komunikasi seperti MQTT, HTTP(S), dan

BLE (*Bluetooth Low Energy*), peneliti dapat memastikan bahwa prosedur forensik yang dilakukan berada dalam kerangka yang konsisten dan diakui secara internasional. Tahapan ini juga penting dalam mendukung replikasi proses forensik, audit, serta integrasi hasil analisis dengan sistem keamanan dan penegakan hukum yang lebih luas.

3.5 Laporan Hasil

Hasil analisis dikumpulkan dan dirangkum menjadi laporan hasil berdasarkan temuan yang telah didapatkan. Hasil laporan berupa daftar artefak yang dapat ditemukan beserta lokasinya dan relevan dengan data artefak yang dibutuhkan sebagai barang bukti dipersidangan. Selain itu, dilaporkan juga hasil analisis dari privasi data yang ada pada *smartwatch* dan *smartphone* tersebut. Laporan disusun secara terperinci untuk mengetahui bagaimana data tersebut didapatkan dan dipergunakan dalam ekosistem IoT tersebut.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses akuisisi data akan dilakukan menggunakan beberapa metode untuk memastikan cakupan data yang lebih luas dan akurat. Pendekatan awal yang digunakan adalah metode *logical acquisition* melalui koneksi langsung antara *smartwatch* dan PC menggunakan *Android Debug Bridge* (ADB), yang memungkinkan akses ke data *non-root* yang tersedia dalam direktori pengguna. Bila pendekatan *logical acquisition* tidak memungkinkan maka akan dicoba dengan metode *physical acquisition* melalui koneksi fisik yang tersedia pada *smartwatch*. Selain itu, akan digunakan juga *tools* forensik seperti Magnet Axiom dan Oxygen Forensic akan digunakan untuk melakukan ekstraksi data secara lebih komprehensif, termasuk metadata aktivitas, log sistem, dan data sinkronisasi dengan *smartphone*. Jika memungkinkan, metode akuisisi fisik juga akan dipertimbangkan untuk mendapatkan salinan lengkap dari sistem file *smartwatch*, terutama jika akses *root* dapat diperoleh tanpa merusak integritas perangkat. Kombinasi dari berbagai metode ini diharapkan dapat memberikan hasil akuisisi yang lebih menyeluruh serta meningkatkan validitas data yang dianalisis.

4.1 Proses Akuisisi

Penelitian ini berfokus pada akuisisi dan analisis data pada *smartwatch* Android Samsung Watch 5, dengan tujuan mendalami bagaimana melakukan koleksi data forensik digital. Samsung Watch 5 merupakan *smartwatch* berbasis android yang memiliki fitur konektifitas cukup lengkap yaitu Bluetooth, Wi-Fi, dan LTE. Konektifitas yang beragam menambah tantangan investigator untuk memiliki metode yang cocok untuk melakukan proses forensik. Penelitian ini dilakukan dengan berbagai metode forensik yang memungkinkan dilakukan pada *smartwatch*, namun tidak menutup kemungkinan dilakukan pula proses forensik pada perangkat *smartphone* Samsung S22 sebagai informasi pendukung.

4.1.1 Koneksi PC

Penelitian diawali dengan metode *logical acquisition* memanfaatkan konektifitas Wi-Fi yang tersedia pada *smartwatch* dengan bantuan tool *Android Debug Bridge* (ADB) untuk melakukan akuisisi data. Metode ini dipilih karena ADB memungkinkan komunikasi langsung antara laptop atau PC dengan *smartwatch* melalui koneksi wireless berbasis protokol 802.11 (Wi-Fi) atau jaringan nirkabel. Proses penghubungan perangkat dilakukan dengan mengaktifkan mode developer pada *smartwatch*, kemudian mengaktifkan mode *ADB Debugging* agar *ADB agent* diijinkan masuk. Selanjutnya masuk ke menu *Wireless*

Debugging untuk mengaktifkan komunikasi melalui Wi-Fi, setelah aktif laptop/PC telah dapat dilakukan proses koneksi ke *smartwatch* atau proses pairing dengan memasukkan kode autentifikasi. Koneksi antara *smartwatch* dan laptop telah berlangsung normal dan koneksi berhasil terjalin, sehingga perangkat *smartwatch* dapat dikenali oleh sistem pada laptop.



Gambar 4.1. Mengaktifkan ADB dan Wireless Debugging

Konektifitas antara *smartwatch* dan laptop melalui bantuan ADB shell memungkinkan untuk mengakses direktori dalam *smartwatch*. Secara umum struktur direktori dalam *smartwatch* Samsung Watch 5 cukup mirip dengan sistem operasi Android pada umumnya. Pada sistem penyimpanan Android terdapat dua kategori direktori penyimpanan yang digunakan oleh aplikasi, yaitu *internalstorage* dan *externalstorage* (Android Developer, 2025b). Secara umum, data yang dihasilkan oleh setiap aplikasi disimpan pada penyimpanan internal (*internalstorage*), yang bersifat privat dan hanya dapat diakses oleh aplikasi itu sendiri. Aplikasi lain maupun pengguna tidak dapat mengakses data tersebut kecuali memiliki akses *root*. Sebagaimana namanya, penyimpanan internal merupakan lokasi yang tepat untuk menyimpan data aplikasi yang tidak perlu diakses secara langsung oleh pengguna, seperti berkas basis data, log aplikasi, dan data terkait lainnya. Sedangkan data yang disimpan penyimpanan eksternal (*externalstorage*) akan bersifat dapat dibaca oleh semua pihak (*world-readable*) dan dapat dimodifikasi oleh pengguna ketika perangkat terhubung melalui port USB dan mengaktifkan fitur *USB mass storage* untuk mentransfer data melalui laptop.

Meskipun *smartwatch* berbasis WearOS dan *smartphone* Android sama-sama dibangun di atas fondasi sistem operasi Android, keduanya memiliki perbedaan karakteristik teknis yang cukup signifikan (Jeon et al., 2023). Berdasarkan penelitian tersebut diketahui bahwa *smartwatch* seri Galaxy Watch 4 dan 5 menjalankan Android 11 dengan arsitektur prosesor 32-bit berbasis ARMv7, berbeda dengan *smartphone* Android modern yang umumnya telah mengadopsi arsitektur prosesor 64-bit. Selain itu, versi Android pada

smartwatch tidak ditampilkan sebagai "*Android Version*" melainkan "*System Version*". Selain itu, perbedaan yang paling berdampak pada proses forensik digital terletak pada aspek konektivitas dan aksesibilitas data. Smartphone dilengkapi dengan port USB yang memungkinkan koneksi langsung ke komputer untuk akuisisi data forensik, sementara *smartwatch* tidak memiliki port USB sehingga hanya dapat terhubung secara nirkabel melalui fitur *wireless debugging* ADB.

```
(base) bsi-2-2200026@BSI-2-2200026s-MacBook-Pro adb % adb pair 192.168.3.9:35401
Enter pairing code: ^C
(base) bsi-2-2200026@BSI-2-2200026s-MacBook-Pro adb % adb pair 192.168.3.9:38967
Enter pairing code: 767411
Successfully paired to 192.168.3.9:38967 [guid=adb-RFAT811MK4X-0sS0Pr]
(base) bsi-2-2200026@BSI-2-2200026s-MacBook-Pro adb % adb connect 192.168.3.9:42991
connected to 192.168.3.9:42991
(base) bsi-2-2200026@BSI-2-2200026s-MacBook-Pro adb % adb shell
heartbs:/ $ ls
acct      config      dev          init.environ.rc  mnt          optics        sdcard          system_dklm
apex      d           dpolicy      lib              odm          postinstall   second_stage_resources system_ext
bin       data        efs          linkerconfig    odm_dklm     prism         storage         vendor
bugreports data_mirror etc          lost+found      oem          proc          sys             vendor_dklm
cache     debug_ramdisk init          metadata        omr          product       system
```

Gambar 4.2. Proses koneksi Samsung Watch 5 dengan ADB Shell

Setiap data yang direkam oleh *smartwatch* akan disimpan dalam kelompok file dalam direktori, namun secara umum sistem Android akan mengunci hak akses sebagai root dan hanya mengijinkan hak akses sebagai user untuk alasan keamanan (Zhang et al., 2014). Diketahui bahwa data yang dikumpulkan oleh *smartwatch* diklasifikasikan sebagai data pribadi yang perlu diamankan dan tidak sembarang orang dapat mengaksesnya, karena terkait privasi data pengguna (Saha et al., 2017). Klasifikasi tersebut membuat lokasi penyimpanan data disimpan dalam direktori penyimpanan internal, sehingga perlu hak akses sebagai *root* untuk dapat melihat isi dari data tersebut.

```
adb: warning: stat failed for path /proc/thread-self/root/proc/thread-self/root/bin/head: Permission denied
adb: warning: stat failed for path /proc/thread-self/root/proc/thread-self/root/bin/hostname: Permission denied
adb: warning: stat failed for path /proc/thread-self/root/proc/thread-self/root/bin/hwclock: Permission denied
adb: warning: stat failed for path /proc/thread-self/root/proc/thread-self/root/bin/i2cdetect: Permission denied
adb: warning: stat failed for path /proc/thread-self/root/proc/thread-self/root/bin/i2cdump: Permission denied
adb: warning: stat failed for path /proc/thread-self/root/proc/thread-self/root/bin/i2cget: Permission denied
adb: warning: stat failed for path /proc/thread-self/root/proc/thread-self/root/bin/i2cset: Permission denied
adb: warning: stat failed for path /proc/thread-self/root/proc/thread-self/root/bin/iconv: Permission denied
adb: warning: stat failed for path /proc/thread-self/root/proc/thread-self/root/bin/id: Permission denied
adb: warning: stat failed for path /proc/thread-self/root/proc/thread-self/root/bin/ifconfig: Permission denied
```

Gambar 4.3. Tidak dapat mengakses sebagai user

Keterbatasan hak akses tersebut memberikan dampak kendala yang signifikan terkait mengakses data yang dibutuhkan. Setelah perangkat *smartwatch* berhasil terkoneksi, hak akses yang diberikan hanya sebatas user biasa, bukan sebagai *root*. Kondisi ini membatasi kemampuan untuk mengakses direktori yang dimiliki oleh *root* yang menyimpan sebagian besar data penting yang relevan dengan penelitian. Hanya direktori dengan izin user yang dapat diakses, sedangkan direktori milik *root* tidak dapat diakses lebih dalam. Kendala ini menjadi hambatan utama dalam proses akuisisi data, mengingat sebagian besar informasi yang diperlukan untuk analisis terletak dalam direktori yang bersifat internal dan perlu akses sebagai *root* untuk dapat membukanya.

```

heartbs:/ $ ls -l
total 108
drwxr-xr-x  2 root  root    4096 2008-12-31 22:00 acct
drwxr-xr-x 27 root  root    560 2024-08-02 06:21 apex
lrw-r--r--  1 root  root     11 2008-12-31 22:00 bin -> /system/bin
lrw-r--r--  1 root  root     50 2008-12-31 22:00 bugreports -> /data/user_de/0/com.android.shell/files/bugreports
drwxrwx---  8 system cache   4096 2024-03-26 06:52 cache
drwxr-xr-x  3 root  root     0 1970-01-01 07:00 config
lrw-r--r--  1 root  root    17 2008-12-31 22:00 d -> /sys/kernel/debug
drwxrwx--- 57 system system  4096 2024-08-02 06:22 data
d????????  ? ?      ?      ?      ? data_mirror
drwxr-xr-x  2 root  root    4096 2008-12-31 22:00 debug_ramdisk
drwxr-xr-x 24 root  root    4720 2024-08-17 18:29 dev
-rw-r--r--  1 root  root   7844 2008-12-31 22:00 dpolicy
drwxrwx--- 15 system radio   4096 2022-08-11 05:28 efs
lrw-r--r--  1 root  root     11 2008-12-31 22:00 etc -> /system/etc
l????????  ? ?      ?      ?      ? init -> ?
-rwxr-x---  1 root  shell    463 2008-12-31 22:00 init.environ.rc
drwxr-xr-x  3 root  root    4096 2008-12-31 22:00 lib
d????????  ? ?      ?      ?      ? linkerconfig
drwx----- 2 root  root   16384 2008-12-31 22:00 lost+found
d????????  ? ?      ?      ?      ? metadata
drwxr-xr-x 15 root  system    340 2024-08-02 06:21 mnt
drwxr-xr-x  4 root  root    4096 2008-12-31 22:00 odm
drwxr-xr-x  2 root  root    4096 2008-12-31 22:00 odm_dkms
drwxr-xr-x  2 root  root    4096 2008-12-31 22:00 oem
drwxrwxr-x  3 radio system   4096 2022-08-11 05:38 omr
drwxr-xr-x  4 root  root    4096 2008-12-31 22:00 optics
d????????  ? ?      ?      ?      ? postinstall
drwxr-xr-x  7 root  root    4096 2008-12-31 22:00 prism
dr-xr-xr-x 333 root  root     0 1970-01-01 07:00 proc
drwxr-xr-x  9 root  root    4096 2008-12-31 22:00 product
lrw-r--r--  1 root  root     21 2008-12-31 22:00 sdcard -> /storage/self/primary
drwxr-xr-x  2 root  root    4096 2008-12-31 22:00 second_stage_resources
drwx-x---  4 shell everybody  80 2024-08-02 06:21 storage
dr-xr-xr-x 13 root  root     0 2024-08-02 06:21 sys
drwxr-xr-x 17 root  root    4096 2008-12-31 22:00 system
d????????  ? ?      ?      ?      ? system_dkms
lrw-r--r--  1 root  root     18 2008-12-31 22:00 system_ext -> /system/system_ext
drwxr-xr-x 11 root  shell    4096 2008-12-31 22:00 vendor
drwxr-xr-x  2 root  root    4096 2008-12-31 22:00 vendor_dkms

```

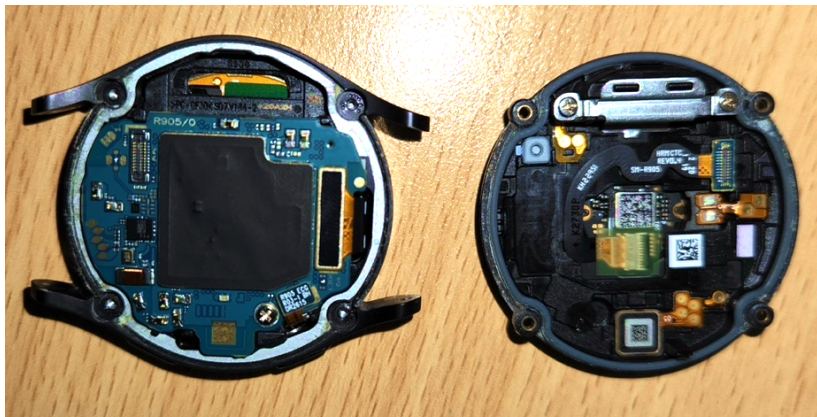
Gambar 4.4. Struktur data Samsung Watch 5

Untuk mengatasi masalah hak akses tersebut, penulis mempertimbangkan opsi untuk melakukan proses *root* pada perangkat *smartwatch*. Penelitian lain (Baggili et al., 2015) menggunakan metode *rooting* untuk mendapatkan akusisi lengkap pada *smartwatch* Samsung Gear 2 Neo. *Rooting* dapat memberikan akses penuh ke seluruh direktori dan data yang sebelumnya terkunci karena keterbatasan hak akses. Namun untuk melakukan proses *rooting* belum diambil karena mempertimbangkan aspek kelestarian barang bukti. Dalam forensik digital, menjaga integritas dan keaslian barang bukti adalah prinsip utama yang tidak boleh dilanggar. Oleh karena itu, opsi *rooting* hanya akan dipertimbangkan sebagai langkah terakhir apabila tidak ada metode lain yang memungkinkan pengambilan data secara lebih mendalam tanpa mengubah kondisi asli perangkat. Keterbatasan ini menjadi tantangan besar dalam tahapan awal penelitian.

4.1.2 PCB Service Port

Penelitian dilanjutkan dengan pendekatan metode *physical forensics*. Pendekatan ini berfokus pada pengambilan data secara langsung dari perangkat keras, yang secara teori memungkinkan akses ke data yang lebih mendalam, termasuk data yang tersimpan di direktori *root*. Secara konsep, metode ini dilakukan dengan koneksi langsung antara laptop atau PC dengan perangkat *smartwatch* melalui media fisik. Cara paling sederhana yang umumnya digunakan adalah dengan menghubungkan perangkat ke port USB yang tersedia. Namun pada Samsung Watch 5, tidak ditemukan port USB yang dapat diakses dengan

mudah oleh user. Ini menjadi tantangan baru dalam proses forensik karena metode koneksi fisik standar tidak dapat diterapkan secara langsung pada perangkat ini. Sebagai alternatif, penulis menemukan bahwa *smartwatch* ini memiliki port servis yang terletak pada papan PCB (*Printed Circuit Board*). Port ini biasanya dirancang untuk kebutuhan pengujian atau pemeliharaan teknis pabrikan, namun dalam beberapa kasus dapat dimanfaatkan dalam konteks forensik untuk menghubungkan perangkat dengan laptop. Berdasarkan dari penelitian (Kim et al., 2023) dan produk MOBILedit Forensics yang memanfaatkan port servis sebagai antarmuka forensik smartwatch (MOBILedit, n.d.).



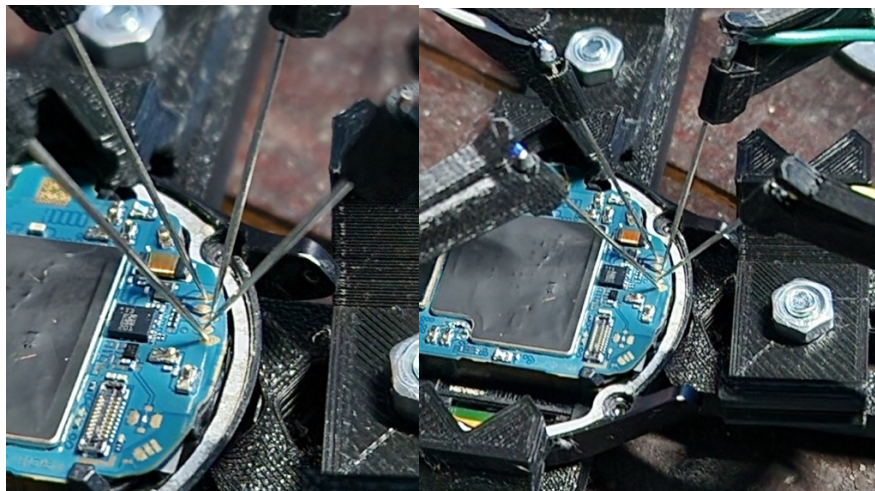
Gambar 4.5. PCB dan sensor dari Samsung Watch 5

Port servis di papan PCB Samsung Watch 5 memiliki lima pin, namun tidak ada dokumentasi resmi yang dapat ditemukan, baik di situs resmi Samsung maupun di forum-forum diskusi terkait seperti XDA ataupun semacamnya. Ketiadaan informasi ini menjadi tantangan tersendiri, karena konfigurasi pinout harus ditentukan secara mandiri untuk memastikan dapat terkoneksi dengan benar. Jumlah pin dan posisinya memiliki kesamaan dengan standar port USB mikro yang biasanya digunakan pada perangkat elektronik, mengasumsikan kelima pin tersebut memiliki fungsi sebagai berikut pin VCC 5+ untuk suplai daya, Data- dan Data+ untuk jalur data negatif dan positif, GND sebagai ground, serta ID yang dibiarkan tanpa koneksi. Asumsi ini didasarkan pada standar desain port USB mikro, yang sering kali diterapkan pada berbagai perangkat portabel. Namun, asumsi ini perlu diuji secara hati-hati, mengingat kesalahan dalam konfigurasi dapat berpotensi merusak perangkat atau menyebabkan kehilangan data.



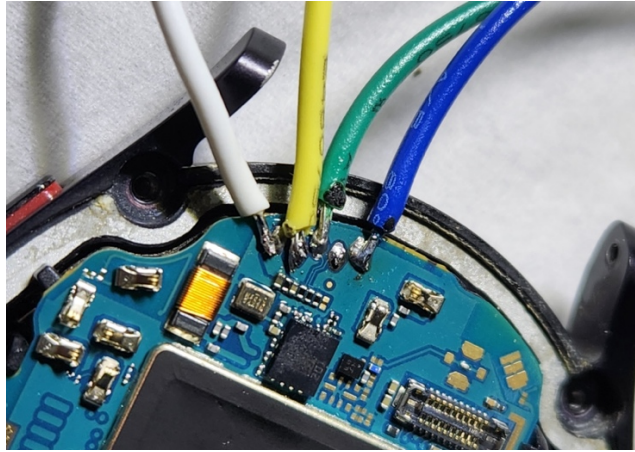
Gambar 4.6. Pin port service

Untuk memastikan konfigurasi *pinout*, diperlukan pengujian lebih lanjut dengan alat-alat seperti multimeter guna memverifikasi fungsi masing-masing pin. Penulis menggunakan alat bantu berupa *PCB Workstation* yang penulis buat sendiri dengan *3D printer* dan merakitnya sedemikian rupa untuk memudahkan dalam identifikasi port. Untuk mengetahui posisi pin menggunakan referensi dari fundamental datasheet USB (USB Implementers Forum, Inc, 2007), dicari karakteristik sinyal yang dihasilkan pada setiap pin ketika port dalam keadaan standby dengan bantuan multimeter, namun penggunaan osiloskop lebih disarankan. Pengujian pinout dilakukan dengan mengkoneksikan langsung ke laptop untuk dipastikan telah terdeteksi.

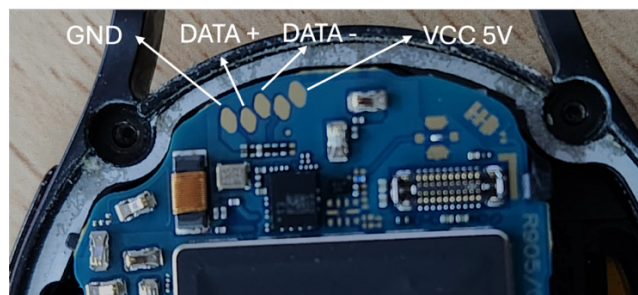


Gambar 4.7. Proses pencarian *pinout* dengan *PCB Workstation*

Setelah konfigurasi pinout ditemukan, proses melanjutkan ke tahap implementasi fisik dengan menyambungkan port servis *smartwatch* ke port USB. Proses ini dimulai dengan menyolder kabel ke masing-masing pin pada port servis di papan PCB *smartwatch*. Proses solder dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan setiap kabel terhubung dengan baik tanpa menyebabkan kerusakan pada jalur sirkuit atau komponen di sekitar port servis. Dilakukan solder ini perlu dilakukan karena ketika hanya mengandalkan koneksi dari *PCB Workstation* sering kali koneksi ke laptop terputus dan tidak stabil.



Gambar 4.8. *Pinout* telah disolder



Gambar 4.9. Diagram koneksi *pinout*

Hasil dari penyolderan port servis kemudian dihubungkan ke laptop untuk melanjutkan proses akuisisi data. Pada tahap awal, perangkat dinyalakan dalam mode *normal booting*, dan kabel USB dihubungkan ke laptop berbasis sistem operasi Windows. Namun, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa *smartwatch* tidak terdeteksi sebagai perangkat yang dikenali oleh sistem. Meskipun laptop menampilkan notifikasi adanya perangkat baru yang terhubung, ketika diperiksa melalui menu *Device Manager*, tidak ada perangkat baru yang terdaftar.

Percobaan dilanjutkan dengan masuk ke mode *download (USB)* pada *smartwatch*, sebuah mode yang dirancang untuk memungkinkan akses *firmware* atau *recovery* pada perangkat berbasis Android. Dalam mode ini, *smartwatch* akhirnya terdeteksi oleh laptop, tetapi hanya terdaftar sebagai "*Other Device*" di *Device Manager* Windows. Hal ini menunjukkan bahwa perangkat terhubung tetapi tidak memiliki driver yang sesuai untuk dikenali dan diakses sepenuhnya oleh sistem. Penulis mencoba mencari driver dan tools yang relevan untuk mendukung akses perangkat ini, terutama yang terkait dengan *custom image Android*. Pencarian dilakukan melalui berbagai sumber, termasuk situs resmi Samsung, forum diskusi forensik digital, dan repositori pengembang Android. Namun, hasilnya tidak ada driver atau tools yang dapat memberikan solusi untuk mengakses perangkat dalam mode ini.

Penelitian oleh (Kim et al., 2023) berhasil untuk dapat mengakses data melalui *port service* ini, namun dalam penelitian tersebut terdapat proses modifikasi *boot firmware smartwatch* dengan bantuan tools Odin pada Smartwatch Samsung seri Watch 3. Penulis mencoba mencari firmware serupa namun tetap tidak mendapatkannya, dimungkinkan karena seri Watch 5 yang digunakan masih tergolong baru dan belum banyak pengembangan *firmware* dari penggiat Android. Keterbatasan ini mengakibatkan proses akusisi dengan metode *physical forensics* tidak dapat dilakukan, sehingga perlu dilakukan percobaan dengan metode lainnya.

4.1.3 *Smartphone Forensics*

Penelitian dilanjutkan dengan pendekatan baru, yaitu melakukan forensik pada *smartphone* pendamping *smartwatch*. *Smartphone* yang digunakan dalam penelitian ini adalah Samsung Galaxy S22, yang menjadi perangkat pendamping utama Samsung Watch 5. Pendekatan ini dipilih karena adanya proses sinkronisasi data antara *smartwatch* dan *smartphone*. Proses sinkronisasi ini memungkinkan data aktivitas yang direkam oleh *smartwatch* dapat diakses secara *real-time* melalui aplikasi pada *smartphone*, menjadikannya sumber data alternatif yang berpotensi mendukung analisis lebih lanjut (Odom et al., 2019).

Dalam ekosistem Samsung, aplikasi *Samsung Health* merupakan platform utama yang digunakan untuk mengelola data kesehatan dan aktivitas pengguna. Aplikasi ini dirancang untuk menampilkan informasi seperti detak jantung, pola tidur, langkah harian, dan aktivitas olahraga yang direkam oleh *smartwatch*. Oleh karena itu, langkah pertama dalam pendekatan ini adalah melakukan akuisisi data dari Samsung Galaxy S22, dengan fokus utama pada direktori dan file yang terkait dengan aplikasi *Samsung Health*. Proses forensik dilakukan dengan metode *logical acquisition*, yang bertujuan untuk mengekstrak data tanpa memodifikasi perangkat. Tools yang penulis coba digunakan adalah Magnet Axiom Forensics, MobileEdit, dan Oxygen Forensics.

Proses akusisi *smartphone* Samsung S22 dengan menggunakan tools Magnet Axiom Forensics, MobileEdit, dan Oxygen Forensics membuahkan hasil yang nihil, tidak ditemukan berkas apapun pada aplikasi *Samsung Health*. Penulis juga mencoba mengulang beberapa kali proses akusisi dan dengan berbagai metode yang dapat dilakukan oleh tools tersebut, namun tetap tidak ditemukan berkas dan data apapun yang berkaitan dengan *smartwatch* maupun *Samsung Health*. Kendala tersebut penulis simpulkan karena sistem keamanan dari *smartphone* Samsung yang saat ini telah dilengkapi dengan fitur *Samsung Knox*. *Samsung Knox* adalah sistem keamanan bawaan pada perangkat Samsung yang melindungi data pengguna dengan enkripsi tingkat tinggi, mencegah akses tidak sah, dan

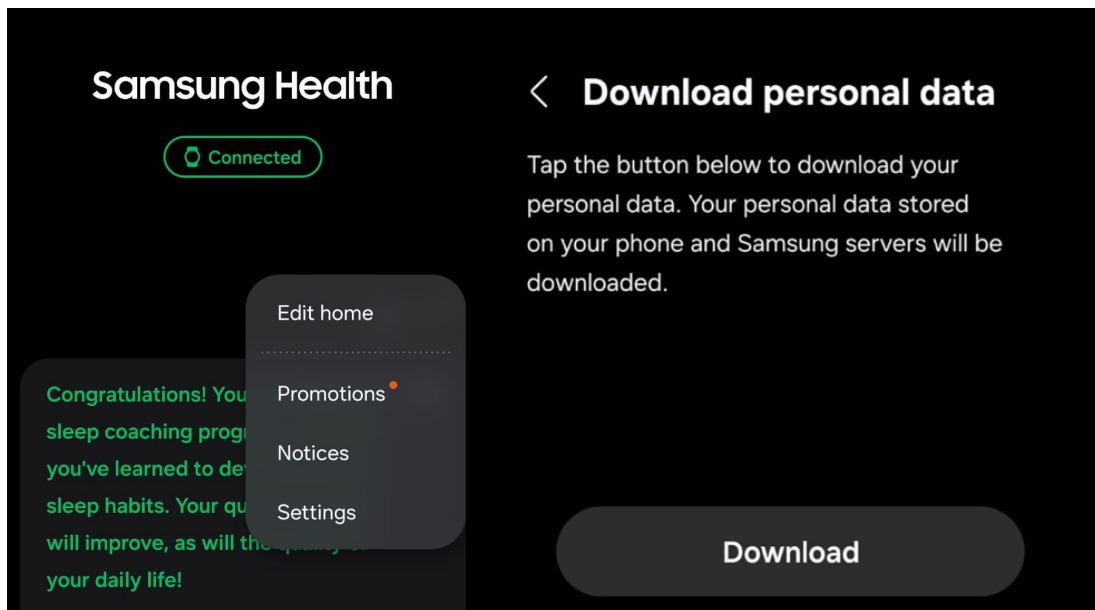
menjaga privasi serta keamanan perangkat dari ancaman malware atau peretasan (Samsung Knox, 2025). Fitur keamanan yang diberikan oleh Samsung kepada setiap *smartphone* dan *smartwatch* nya ini membuat penulis menghadapi tantangan besar karena tingkat keamanan yang tinggi yang diterapkan oleh Knox, seperti Secure Boot, Trusted Boot, Knox Vault, dan hardware-backed encryption secara efektif mencegah upaya untuk memodifikasi sistem, melakukan full-disk extraction, atau mengakses data tanpa autentikasi. Bahkan metode forensik tradisional seperti chip-off dan JTAG menjadi tidak efektif karena adanya enkripsi yang mengikat data dengan perangkat keras.

4.1.4 Koleksi Data

Dalam upaya memperoleh data forensik dari *smartwatch* Samsung Watch 5, berbagai metode telah diterapkan, termasuk koneksi PC menggunakan *Android Debug Bridge* (ADB), pemanfaatan port layanan PCB untuk akuisisi fisik, serta analisis forensik pada *smartphone* pendamping menggunakan tools seperti Magnet Axiom, MobileEdit dan Oxygen Forensic. Namun, setiap metode tersebut menghadapi kendala yang menghambat akses ke data yang dibutuhkan, baik karena keterbatasan hak akses, deteksi perangkat yang tidak stabil, maupun enkripsi data yang diterapkan oleh sistem. Untuk mengatasi hal tersebut penulis mencoba melakukan pendekatan koleksi data melalui proses akuisisi dari aplikasi Samsung Health yang secara otomatis oleh Samsung telah tersinkronisasi dengan *smartphone* pendamping.

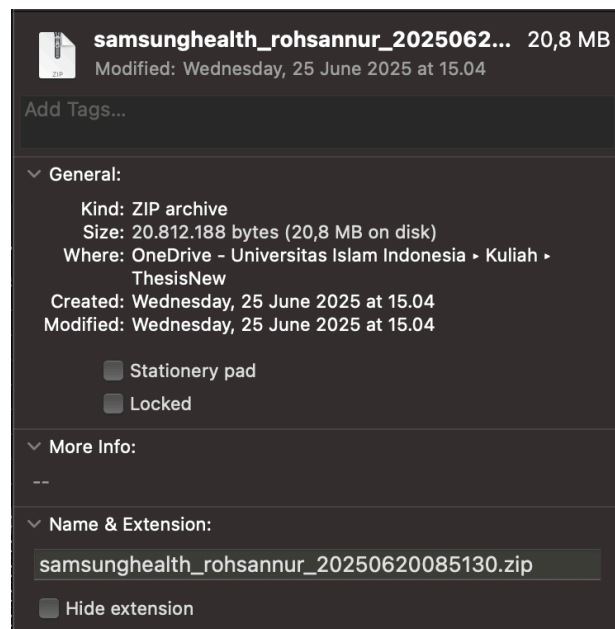
Metode koleksi data dipilih karena walaupun perangkat IoT umumnya tidak menyimpan banyak data secara lokal, perangkat ini tetap dapat memberikan petunjuk yang mengarah ke data yang tersimpan di lokasi lain, seperti pada layanan penyimpanan cloud, komputer pribadi, perangkat mobile, atau perangkat IoT lainnya. Data yang relevan dapat diperoleh melalui perangkat-perangkat tersebut (Bell, 2022). Perangkat yang paling dekat dengan *smartwatch* adalah *smartphone* pendamping, sehingga dapat diasumsikan terdapat data yang tersinkronisasi dan disimpan dalam *smartphone* tersebut.

Koleksi data berfokus pada aplikasi Samsung Health yang telah terinstall di *smartphone* Samsung S22. Dimulai masuk pada menu “Settings” dan untuk data dengan klik “Download Personal Data”, seperti pada **Error! Reference source not found.** berikut.

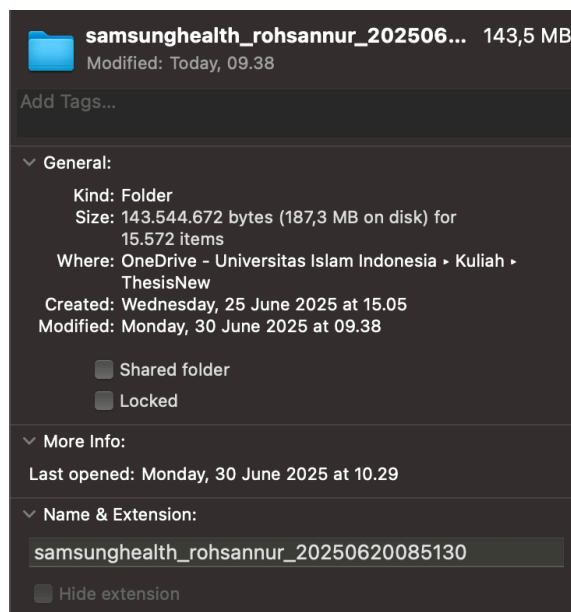


Gambar 4.10. Unduh data dari Samsung Health

Data yang telah berhasil di unduh dari aplikasi Samsung Health tersimpan dalam file terkompresi dengan format ZIP. File unduhan tersebut bernama `samsunghealth_rohsannur_20250620085130.zip` dengan ukuran asli 20.812.188 bytes atau sekitar 20.8 MB, kemudian dilakukan *extract* yang menghasilkan ukuran folder sebesar 143.554.672 bytes atau sekitar 187.3 MB. Berdasarkan file zip tersebut akan dilakukan duplikasi file yang akan digunakan sebagai *Original Copy*, *Working Copy*, dan *Backup File*.



Gambar 4.11. Detail file dalam format ZIP



Gambar 4.12. Detail setelah diekstrak

Proses koleksi data dilakukan dengan export data dari aplikasi Samsung Health, ditemukan hasil koleksi data terdiri dari kurang lebih 15250 file dalam format JSON dan CSV. Secara detail file dengan format JSON berisi data mentah dari berbagai aktivitas yang dicatat oleh *smartwatch* maupun *smartphone*, sementara file dengan format CSV merupakan hasil ekstraksi dan rangkuman dari setiap data pada file JSON tersebut. Secara keseluruhan, terdapat 45 file CSV yang telah dikelompokkan berdasarkan kategori tertentu, mencakup berbagai parameter kesehatan seperti detak jantung, aktivitas fisik, pola tidur, kadar oksigen dalam darah, serta data rekaman lainnya yang berkaitan dengan aktivitas pengguna. Struktur data ini memungkinkan analisis lebih lanjut untuk menelusuri pola aktivitas pengguna dan potensi artefak digital yang dapat digunakan dalam investigasi forensik.

Name	Date Modified	Size	Kind
com.samsung.shealt...20250620085130.csv	20 Jun 2025 at 08.51	488 bytes	CSV Document
com.samsung.shealt...20250620085130.csv	20 Jun 2025 at 08.51	10 KB	CSV Document
com.samsung.shealt...20250620085130.csv	20 Jun 2025 at 08.51	38 KB	CSV Document
com.samsung.shealt...20250620085130.csv	20 Jun 2025 at 08.51	488 bytes	CSV Document
com.samsung.shealt...20250620085130.csv	20 Jun 2025 at 08.51	15 KB	CSV Document
com.samsung.shealt...20250620085130.csv	20 Jun 2025 at 08.51	4 KB	CSV Document
com.samsung.shealt...20250620085130.csv	20 Jun 2025 at 08.51	4 KB	CSV Document
com.samsung.shealt...20250620085130.csv	20 Jun 2025 at 08.51	611 bytes	CSV Document
com.samsung.shealt...20250620085130.csv	20 Jun 2025 at 08.51	37 KB	CSV Document
com.samsung.shealt...20250620085130.csv	20 Jun 2025 at 08.51	517 bytes	CSV Document
com.samsung.shealt...20250620085130.csv	20 Jun 2025 at 08.51	371 KB	CSV Document
com.samsung.shealt...20250620085130.csv	20 Jun 2025 at 08.52	1,4 MB	CSV Document
com.samsung.shealt...20250620085130.csv	20 Jun 2025 at 08.51	326 bytes	CSV Document
com.samsung.shealt...20250620085130.csv	20 Jun 2025 at 08.51	58 KB	CSV Document
com.samsung.shealt...20250620085130.csv	20 Jun 2025 at 08.51	3,5 MB	CSV Document
com.samsung.shealt...20250620085130.csv	20 Jun 2025 at 08.51	30 KB	CSV Document
com.samsung.shealt...20250620085130.csv	20 Jun 2025 at 08.52	532 KB	CSV Document
com.samsung.shealt...20250620085130.csv	20 Jun 2025 at 08.51	2 MB	CSV Document
com.samsung.shealt...20250620085130.csv	20 Jun 2025 at 08.51	7 KB	CSV Document
jsons	25 Jun 2025 at 15.05	--	Folder

Gambar 4.13. Isi file setelah diekstraksi

Di antara seluruh metode yang telah diterapkan dalam proses akuisisi, hanya pendekatan koleksi data dari aplikasi Samsung Health yang terbukti mampu menghasilkan data yang paling lengkap dan relevan dengan kebutuhan penelitian ini. Metode ini berhasil mengumpulkan ribuan file dalam format JSON dan CSV yang mencakup informasi aktivitas secara detail, sementara metode lainnya seperti koneksi ADB, eksplorasi *port service* PCB, dan forensik smartphone pendamping tidak berhasil memperoleh data dengan kelengkapan serupa. Oleh karena itu, data hasil koleksi ini yang akan digunakan sebagai sumber utama dalam proses analisis lebih lanjut dalam penelitian ini.

4.2 Analisis Hasil dan Pembahasan

Setelah proses akuisisi data selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah menganalisis file CSV yang telah diperoleh untuk mengidentifikasi informasi apa saja yang terekam oleh aplikasi Samsung Health. Analisis ini bertujuan untuk memahami struktur data, keterkaitan antarfile, serta mengungkap informasi forensik yang dapat digunakan dalam investigasi lebih lanjut. Dengan total 45 file CSV yang telah dikelompokkan berdasarkan kategori tertentu, setiap file dianalisis untuk mencari artefak digital yang relevan, termasuk metadata perangkat, rekaman aktivitas pengguna, serta potensi informasi yang mengarah pada identitas perangkat dan pemiliknya.

4.2.1 Integritas dan Keaslian Data

Untuk memastikan integritas dan keaslian data yang telah diperoleh, setiap file CSV yang telah berhasil diakuisisi tersebut selanjutnya dilakukan proses hashing menggunakan algoritma MD5 dan SHA-256. Proses hashing ini bertujuan untuk memastikan bahwa tidak ada perubahan atau manipulasi data selama proses akuisisi, penyimpanan, maupun analisis. Penulis akan membuat beberapa file duplikat yang akan digunakan untuk proses analisis, sehingga tidak akan merusak keaslian file utama. Nilai hash dari 45 file CSV tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Nilai hash File CSV

No	Nama File	Hash	
		MD5	SHA256
1	com.samsung.shealth.tracker.pedometer_step_count.20250620085130.csv	430d87f8085a908dcf6483ed57158bca	74b97dfc72c1348cd744eda457b61a76c375bf32093743c21a4c8a562ffe47d9
2	com.samsung.shealth.sleep.20250620085130.csv	d8161cd247f75698a8c04d8455a3fe18	a493b9af4a11a929d35dcf8d50c7d4c157e715be70d50e1c2c9d64484186e418
3	com.samsung.shealth.tracker.floors_day_summary.20250620085130.csv	a7f489a5d798a42cc671c4ed7d80085b	921e55ff846739bea1d90ce2438381c147a703e679e81b023d2d48593ab913eb
4	com.samsung.shealth.report.20250620085130.csv	a4b35af7cddb78dc9020266b993c9729	cab09693f886faa8c32aae328a48461b7a3aa347fa6dbb2920fe0d008953a479
5	com.samsung.shealth.exercise.max_heart_rate.20250620085130.csv	9dcce7ab8bb00d8abc2beb8faeb4bee0	f62077f6ec1f5793681dd44b08f0cae1f2ad6ba52e25f7191a3b4e91e30181ac
6	com.samsung.shealth.breathing.20250620085130.csv	00d506f4bcaf07b343a29ec5e27f2a3a	8ea6e3303be585240cc42edbc57c8d9c440815ddb054a2d63b8e97f55c5f2e9a
7	com.samsung.health.respiratory_rate.20250620085130.csv	271c43b9480ef02c6b140188c51437fc	3cdbdc93061c756dd14e046f9c5583d23829ab42ef5bacc3dedac5c32e33efdf
8	com.samsung.shealth.sleep_combined.20250620085130.csv	6777a4d6188e530b0aa5a614088eba95	3240319b27c9e5f06e0e79b8b7d11ac0d10388e87ee58c9263abaf2983e44765
9	com.samsung.shealth.alerted_heart_rate.20250620085130.csv	fe3f0f02577f8268f9c59a60646cf28e	5dbe717de4bfc09b5c336248fbf571b7b952bfaa7275e0f1b0220c26ddf85997
10	com.samsung.shealth.tracker.oxygen_saturation.20250620085130.csv	0375f1a17d5499e9d20f5ca8f5b42b9a	a8f21d41c534a32513390d477a62db34064cd117b7cc21b43717b8a843201ed8

11	com.samsung.shealth.program.sleep_coaching.mission.20250620085130.csv	c0ab0aab29216a6a8782f456e7a1597a	f6702f19b03c8117b3f16e33a5a2569706b38ba65d4eb76e0fe046aeb7180676
12	com.samsung.shealth.activity_level.20250620085130.csv	8fefc92e35e0e438fbb81617921b9170	a70493f5ce5a369a7332666d523ed831c84d1afd3db8da1940461e695ac7a98e
13	com.samsung.health.movement.20250620085130.csv	e196cf1d0c5e809ebb2c0d72ae5174a1	08998e90faf1e840c4920d9027319f05a8b35d7e6a374f3662cb405dc02d97e4
14	com.samsung.shealth.insight_message.20250620085130.csv	da8fe8cf9f2412e3c29f46f131d861eb	f5177119c26c0b056b2f31afbdfdf6c5d39a06449c6ad71132bcf88b0ca9f82
15	com.samsung.health.oxygen_saturation.raw.20250620085130.csv	e28a64285f68b715a3dff32675ac9d77	12c1d552c72abaed76b5dba62ac61ac55e1077df3b605617ccc9a6ddb5149758
16	com.samsung.shealth.stress.histogram.20250620085130.csv	5e56a850cd519a61bb94ef88133b7aa2	08f5431f9fa321ad7012e91aacc31d9d533da0cb4635e9d99dd49aa35764a640a
17	com.samsung.health.weight.20250620085130.csv	9031c9abbf4f4e4a3b8290c9e443cde1	2227049628bdbfa8d5d0e55330cdc2d063f57f3bed34fec2896b3047dcb222d5
18	com.samsung.shealth.preferences.20250620085130.csv	f974e1d6da350b8f39e4d8694c67b7b2	304d1c3d2f98c6c975c5ba8f1883df0a251514a2e30bb4b1e47425398bdf684e
19	com.samsung.health.device_profile.20250620085130.csv	a341b5e39978273617741e9cded105a0	50fb6de52ff6bf3748306c57876ddf74da942d0c86c2b9e4302d87c576d557fb
20	com.samsung.shealth.cycle.daily_temperature.raw.20250620085130.csv	7fecb87dc3f243b0738cceaa1e70fb38	aa1ea673dd6b733aca5aa82c23825e263e39abc15168214d03d5d259af0acc99
21	com.samsung.health.hrv.20250620085130.csv	9e1f6602811294d1c70ead4e1e9f4996	373b9c6167c4fd65eac843390c369d262899a319cc6b5cc288df427fe1278100
22	com.samsung.shealth.service_preferences.20250620085130.csv	6cf0685b6fa6dd57b580eacb19cbcd84	9b383579be4bff379fb0974643ca55588793c1ce8e2640cb1177c359082d5856

23	com.samsung.shealth.exercise.program.20250620085130.csv	5c8c45cc760ee13a270eb09286941331	d361915fa1493e2896f48659bd76543d853898d69bee663f14ece30d3bf61a70
24	com.samsung.health.sleep_stage.20250620085130.csv	55f9295c73fc7e084d30f535e89fddfb	e613e85d56230712216f168fb14876fa70bfa0f8e9989f44f50e0116d3909e80
25	com.samsung.shealth.badge.20250620085130.csv	1ca48de41ca8fc92b06cf83082103799	5b4fd0eb61c5c681d4b4c54ec71ed2baa95a22ec60286b30d9ac77cb2a1cb606
26	com.samsung.shealth.insight.message_notification.20250620085130.csv	856dca429ef842ff591a19036f4a1e0c	6c78449cca1a6f439fc83ebb524a107436acde2d3d0c1c5dff6ddceb37f3dbc3
27	com.samsung.health.water_intake.20250620085130.csv	03affb8d4dd44cf8e5e17d5446cd56c1	fccbfe6160f8b6b4b32df2743ccc1f0eff2f06538eac1d3c6fe79fc414c90968
28	com.samsung.shealth.exercise.20250620085130.csv	e900f148a1c6f8aa9adc3575d8945fd0	f87c6b44de5d62e38df77d29aa303b7486c8b93aa9a604924427dd82159e0ec6
29	com.samsung.shealth.social.service_status.20250620085130.csv	452f71061f23c5e01264e2fd259fbd1e	92a17fbad76d49514a39b0690594cd8d81c92a6ab638e9e9093fdde879d945e6
30	com.samsung.shealth.tracker.heart_rate.20250620085130.csv	a56ee848b8444fbbf8a90baa8c4aff82	c62f8abe1627aed5e93b3b068203a97dc4c5b1ae5a2acec5d2ce8c1a7e53a39c
31	com.samsung.shealth.step_daily_trend.20250620085130.csv	2d3c1688006e561624ce601ed8a109ee	e71af191db29dba3090cd7eaf14c93b3bec5d4554ec4edf2c44ccececd354df4
32	com.samsung.shealth.exercise.weather.20250620085130.csv	db66800f0d5a358406b999bb71ef56bf	a69996f4e62420aacb8ba21dc38da5ef8de5e7eae7174871a2db34fa9c54150
33	com.samsung.shealth.program.sleep_coaching.session.20250620085130.csv	e2d2cdb808cdebb87a60c4b9ad179cd6	f7922b6bb0b8e68b042148566baffe169bd7b285e4ae8fecc058a8650b7547ee
34	com.samsung.health.height.20250620085130.csv	c125f5b3f318903b5606dcc30f579bd7	c2702cb412348f640b2a56bdc7de86ae5aa7033a86432fca7f5b2993363aff8e

35	com.samsung.shealth.sleep_raw_data.20250620085130.csv	a284cd28b96a6cfcd9c93065c08dd6ef	4d7180023f49197457edf68d42443760c7267498692048648d12b159d268c532
36	com.samsung.shealth.best_records.20250620085130.csv	9bb7b1dc97cf3f3a90621c4f33ef864e	d4c27713a12ed724065cf792847c9ffa95b9e9224e593fe7be02a71d86cac35d
37	com.samsung.shealth.tracker.pedometer_day_summary.20250620085130.csv	6b77656079c9088c942c2bb14190991b	a2dbd7c2009d8c7e445e4b806be915682c4fa46142b24655b7756a19842fb6b6
38	com.samsung.shealth.activity.day_summary.20250620085130.csv	e2da3dd7e723f950a7cba521987bf27a	7310e18841ea4274cf25e307b55e3013cec1ce41089ac6f6ce968170d51e797e
39	com.samsung.shealth.calories_burned.details.20250620085130.csv	eaff62d6c4b4d537bf11cf9fd4c7e1a6	38e35d2ba4dfc718bb7f6f84912dc720ddcc2fdf77fd008f4d9211608dd5c1d
40	com.samsung.shealth.stress.20250620085130.csv	0a1efa654e7ae0e4be3e05fa57fc0b35	d4a8eefae01122dfbd7480b0601ed0afcd60ff5663e4e0b2d4cd8197372525eb
41	com.samsung.health.floors_climbed.20250620085130.csv	c9105bff7c553a85db6729cef25d22db	1ba773a8ac93daddb71de6425f4ef21d5bd2416170c6348685002f3e334a737
42	com.samsung.health.skin_temperature.20250620085130.csv	6b10129568e272d8c86f6c5ea9b6785b	e6353256847f989bf5d69a15d58bd6e0351236ad1cea59866b1c08493026382f
43	com.samsung.health.user_profile.20250620085130.csv	b41c05cdd0dd150b4719b104d502a961	e24a4ba57e5b7f66774c0723822631b196acc63e9408de874c57d96405cf98ac
44	com.samsung.shealth.vitality_score.20250620085130.csv	6c93872f810e76504e5030e9d679c935	c36829aa9deafaa64d524bbb9905b345ca05a6317a19c54064c3d937a73f9de7
45	com.samsung.shealth.exercise.recovery_heart_rate.20250620085130.csv	0ba6adf711be830789b04031efcb29f1	2f3f9e6b2594b04b4d54c7ff070082ede1a70a3f079776b630ced80730f651b2

4.2.2 Interpretasi Data

Data yang telah berhasil diekstrak dari smartwatch tersimpan dalam format CSV (*Comma-Separated Values*) atau JSON (*JavaScript Object Notation*). Kedua format ini dipilih karena sifatnya yang human-readable, mudah diproses oleh berbagai software analisis, dan efisien dalam menyimpan data time-series yang terstruktur. Untuk memperdalam dan memudahkan dalam melakukan analisis, penulis mencoba memetakan isi dan fungsi dari setiap file CSV tersebut, sesuai pada Tabel 4.2. Ditemukan bahwa dari setiap data tersebut juga tercantum sumber data yang bervariasi dan tidak hanya terfokus pada *smartwatch* saja. File JSON tidak penulis tampilkan dalam tabel penelitian ini karena jumlahnya terlalu banyak dan setiap file CSV merupakan rangkuman dari file-file JSON tersebut. Sehingga untuk dapat melakukan pemetaan terhadap suatu data perlu mengetahui sesi UUID nya di dalam file CSV tersebut.

Tabel 4.2. Deskripsi isi file CSV

No	Nama File	Sumber Data	Keterangan
1	com.samsung.health.device_profile20250620085130.csv	-	Informasi seri smartwatch dan smartphone yang tersinkronisasi
2	com.samsung.health.floors_climbed.20250620085130.csv	Smartwatch	Informasi rekaman aktivitas naik-turun tangga
3	com.samsung.health.height.20250620085130.csv	Smartwatch	Informasi tinggi badan pengguna (Diisi manual oleh pengguna)
4	com.samsung.health.movement.20250620085130.csv	Smartwatch	Informasi kegiatan aktif pengguna
5	com.samsung.health.hrv.20250620085130.csv	Smartwatch	Informasi variabilitas denyut jantung (HRV) Measuring HRV: SDNN and RMSSD
6	com.samsung.health.oxygen_saturation.raw.20250620085130.csv	Smartwatch	Informasi saturasi oxygen
7	com.samsung.health.respiratory_rate.20250620085130.csv	Smartwatch	Informasi jumlah napas yang dihirup dan diembuskan dalam satu menit saat tubuh sedang istirahat
8	com.samsung.health.skin_temperature.20250620085130.csv	Smartwatch	Informasi temperatur kulit
9	com.samsung.health.sleep_stage.20250620085130.csv	Smartphone	Informasi pola tidur
10	com.samsung.health.user_profile.20250620085130.csv	Smartphone dan smartwatch	Informasi kesehatan pengguna

11	com.samsung.health.water_intake.20250620085130.csv	Smartphone dan smartwatch	Informasi tingkat dehidrasi
12	com.samsung.health.weight.20250620085130.csv	Smartwatch	Informasi <i>Body composition</i> , yaitu persentase lemak, otot, tulang, air, dan jaringan tubuh lainnya
13	com.samsung.shealth.activity.day_summary.20250620085130.csv	Smartphone	Informasi ringkasan aktivitas harian (waktu aktif, jumlah langkah, jarak, dan kalori)
14	com.samsung.shealth.alerted_heart_rate.20250620085130.csv	Smartwatch	Informasi detak jantung yang melebihi batas atas yang ditentukan
15	com.samsung.shealth.badge.20250620085130.csv	Smartphone dan smartwatch	Informasi penghargaan rekor kegiatan olahraga
16	com.samsung.shealth.best_records.20250620085130.csv	Kombinasi	Informasi rekor terbaik dalam kegiatan olahraga
17	com.samsung.shealth.breathing.20250620085130.csv	Smartwatch	Informasi kegiatan latihan pernapasan
18	com.samsung.shealth.calories_burned.details.20250620085130.csv	Smartwatch	Informasi kalori terbakar secara detail dari setiap aktivitas
19	com.samsung.shealth.exercise.20250620085130.csv	Smartphone dan smartwatch	Informasi rekaman olahraga yang telah dilakukan
20	com.samsung.shealth.exercise.max_heart_rate.20250620085130.csv	Smartwatch	Informasi rekaman nilai detak jantung tertinggi
21	com.samsung.shealth.exercise.program.20250620085130.csv	Smartphone	Informasi program olahraga yang telah direncanakan

22	com.samsung.shealth.exercise.recovery_heart_rate.20250620085130.csv	Smartwatch	Informasi data pemulihan detak jantung pasca melakukan olahraga
23	com.samsung.shealth.exercise.weather.20250620085130.csv	Smartwatch	Informasi cuaca selama melakukan olahraga luar ruangan
24	com.samsung.shealth.insight.message_notification.20250620085130.csv	Smartphone	Informasi laporan siklus tidur mingguan
25	com.samsung.shealth.preferences.20250620085130.csv	Smartphone dan smartwatch	Informasi referensi data kesehatan
26	com.samsung.shealth.program.sleep_coaching.mission.20250620085130.csv	Smartphone	Informasi progress program pemantauan siklus tidur
27	com.samsung.shealth.program.sleep_coaching.session.20250620085130.csv	Smartphone	Informasi kesimpulan dalam program pemantauan siklus tidur
28	com.samsung.shealth.report.20250620085130.csv	Smartphone	Informasi laporan singkat aktivitas harian
29	com.samsung.shealth.service_preferences.20250620085130.csv	Smartwatch	Informasi referensi aplikasi
30	com.samsung.shealth.sleep_combined.20250620085130.csv	Smartphone	Informasi aktivitas tidur kombinasi
31	com.samsung.shealth.sleep_raw_data.20250620085130.csv	Smartphone	Informasi aktivitas tidur dalam data mentah
32	com.samsung.shealth.sleep.20250620085130.csv	Smartphone dan smartwatch	Informasi aktifitas tidur lengkap
33	com.samsung.shealth.social.service_status.20250620085130.csv	Smartphone	Informasi status service pencatatan kesehatan

34	com.samsung.shealth.step_daily_trend.20250620085130.csv	Smartphone, smartwatch, dan kombinasi	Informasi rangkuman aktivitas harian
35	com.samsung.shealth.stress.20250620085130.csv	Smartwatch	Informasi tingkat stress harian
36	com.samsung.shealth.stress.histogram.20250620085130.csv	Smartwatch	Informasi tingkat stress dalam bentuk histogram
37	com.samsung.shealth.tracker.floors_day_summary.20250620085130.csv	Smartphone	Informasi rangkuman aktivitas naik-turun tangga
38	com.samsung.shealth.tracker.heart_rate.20250620085130.csv	Smartwatch	Informasi rekaman detak jantung
39	com.samsung.shealth.tracker.oxygen_saturation.20250620085130.csv	Smartwatch	Informasi rekaman saturasi oksigen
40	com.samsung.shealth.tracker.pedometer_day_summary.20250620085130.csv	Smartphone, smartwatch, dan kombinasi	Informasi rangkuman aktivitas berjalan harian
41	com.samsung.shealth.tracker.pedometer_step_count.20250620085130.csv	Smartphone dan smartwatch	Informasi aktivitas harian

4.2.3 Pemetaan Sumber Data

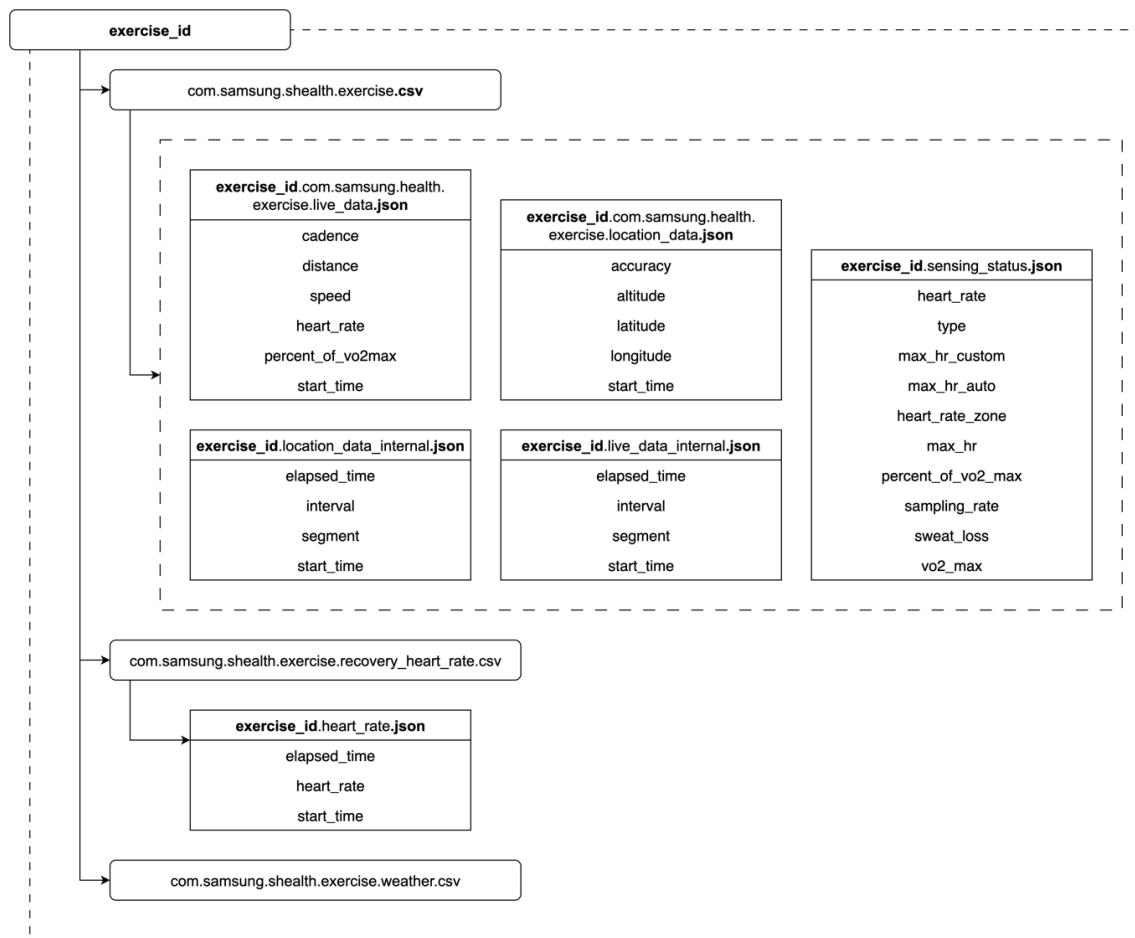
File CSV tersebut merupakan kumpulan data yang telah dikelompokkan berdasarkan relevansi dari setiap file JSON. Untuk dapat menemukan relevansi dari setiap data yang tersebar, Samsung Health menggunakan sistem penomoran berbasis indeks atau ID sebagai kata kunci dari sebuah data. Nomor indeks digunakan untuk memberikan nama pada setiap aktivitas dan data sampingannya, serta nama dari sebuah aktivitas yang berhasil direkam. Berdasarkan 45 file CSV tersebut ditemukan pada salah satu file bernama *com.samsung.health.device_profile.20250620085130.csv*. Dalam file ini ditemukan informasi penting berupa seri *smartwatch* dan *smartphone* yang digunakan. Selain itu, file ini juga memetakan indeks setiap perangkat dalam bentuk Device UUID seperti pada Tabel 4.3, sehingga dapat diketahui dengan pasti sumber data yang dikumpulkan berasal dari perangkat mana. Diketahui bahwa data yang dikumpulkan dapat berupa kombinasi dari kedua perangkat tersebut. Identifikasi ini menjadi langkah awal dalam memahami bagaimana data tersinkronisasi antarperangkat dalam ekosistem Samsung Health serta membantu dalam proses indeks data.

Tabel 4.3. Nomor Indeks Perangkat

Device UUID	Seri	Sumber Data
QluOZKjTTp	SM-R900	Smartwatch
N7bZOv4L2T	SM-S901E	Smartphone
VfS0qUERdZ	Combined	Kombinasi keduanya
Mk66SbFqK1	all_target	-

4.2.4 Analisis Artefak Digital pada Aktivitas Spesifik

Analisis terhadap aktivitas spesifik, seperti berjalan kaki, berlari, dan olahraga terencana lainnya, dilakukan dengan mengkaji data yang direkam oleh perangkat smartwatch. Setiap aktivitas terekam dalam beberapa file berbeda yang menyimpan parameter seperti durasi, jarak tempuh, jumlah langkah, detak jantung, hingga lintasan GPS. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan adanya keterkaitan antar file melalui nilai *exercise_id* yang berperan sebagai pengenal unik untuk setiap sesi aktivitas. Korelasi ini memungkinkan untuk melakukan menggabungkan informasi dari berbagai sumber file menjadi satu kesatuan data yang utuh, sehingga dapat merekonstruksi detail aktivitas secara akurat. Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas, Gambar 4.14 berikut menyajikan rincian parameter yang berhasil diidentifikasi untuk setiap sesi aktivitas berdasarkan *exercise_id* yang sama.



Gambar 4.14. Diagram hubungan antar file

Salah satu aktivitas yang digunakan sebagai sampel adalah aktivitas jalan kaki yang dilakukan pada tanggal 10 Januari 2025, dengan rute berangkat dari gedung Kuliah Umum UII hingga gedung OSCE Farmasi UII dengan detail pada Tabel 4.4. Aktivitas dilakukan dengan mengaktifkan secara manual mode olahraga “jalan kaki” pada *smartwatch*.

Tabel 4.4. Detail aktivitas pengujian

No	Parameter	Nilai
1	Lokasi mulai	Gedung Kuliah Umum UII
2	Lokasi akhir	Gedung OSCE Farmasi UII
3	Titik koordinat mulai	-7.6885003093016175, 110.41346129973705 (GMaps)
4	Titik koordinat akhir	-7.688560713852508, 110.4113836656658 (GMaps)
5	Waktu mulai	08:57 WIB (UTC +07:00)
6	Waktu akhir	09:01 WIB (UTC +07:00)
7	Cuaca	Berawan

Hasil data yang terkumpul terkait aktivitas tersebut dapat ditemukan dalam file *com.samsung.shealth.exercise.20250620085130.csv* dengan indeks aktivitas berupa *exercise_id* **a07f7983-e621-4a10-9c4d-7a2ed69fed73**. Seperti yang telah dijelaskan pada Gambar 4.14 setiap aktivitas akan memiliki *exercise_id* yang akan digunakan sebagai kata kunci ke berbagai file lain yang berhubungan dengan aktivitas tersebut seperti pada Tabel 4.5. Secara garis besar Samsung Health mampu merekam data durasi, lokasi berdasar GPS, ketinggian, jumlah langkah, kecepatan, detak jantung, respirasi, hingga cuaca. Semua data tersebut dapat menjadi gabungan struktur yang lengkap dalam membangun linimasa aktivitas penggunaanya.

Tabel 4.5. Kolerasi file *exercise_id* a07f7983-e621-4a10-9c4d-7a2ed69fed73

<i>exercise_id</i> a07f7983-e621-4a10-9c4d-7a2ed69fed73	
com.samsung.shealth.exercise.20250620085130.csv	
	a07f7983-e621-4a10-9c4d-7a2ed69fed73.com.samsung.health.exercise.live_data.json
	a07f7983-e621-4a10-9c4d-7a2ed69fed73.com.samsung.health.exercise.location_data.json
	a07f7983-e621-4a10-9c4d-7a2ed69fed73.live_data_internal.json
	a07f7983-e621-4a10-9c4d-7a2ed69fed73.location_data_internal.json
	a07f7983-e621-4a10-9c4d-7a2ed69fed73.sensing_status.json
com.samsung.shealth.exercise.recovery_heart_rate.20250620085130.csv	
	cb7fe777-2116-4925-99d0-5fa1b5cd33a0.heart_rate.json
com.samsung.shealth.exercise.weather.20250620085130	

Berdasarkan *exercise_id* tersebut dapat disaring informasi berdasarkan file *com.samsung.shealth.exercise.20250620085130.csv* terkait data aktivitas yang telah dikumpulkan seperti pada Tabel 4.6. Data aktivitas dalam file tersebut bersumber utama dari *smarwatch* berdasarkan indeks dari *deviceuuid* QIuOZKjTTP. Memuat informasi yang cukup lengkap terkait koordinat awal dan akhir, ketinggian lokasi, durasi, waktu mulai dan akhir aktivitas. Terkait informasi tubuh pengguna terdapat data jumlah kalori yang terbakar, detak jantung, oksigen dalam darah, dan kecepatan langkah.

Tabel 4.6. Data aktivitas dari com.samsung.shealth.exercise.20250620085130

Sumber Data	com.samsung.shealth.exercise.20250620085130	
Data	Nilai	Satuan
deviceuuid	QluOZKjTTp	(Smartwatch)
start_longitude	110,41339	
start_latitude	-7,688645	
min_altitude	303289	mm
max_altitude	306914	mm
altitude_gain	3003	mm
calorie	20085	
total_calorie	11489487	
start_time	2025-01-10 01:56:30.678	UTC0000
end_time	2025-01-10 02:01:27.523	UTC0000
duration	308972	ms
exercise_type	1001	walking
decline_distance	20992	mm
incline_distance	21343	mm
min_heart_rate	93	bpm
mean_heart_rate	99	bpm
max_heart_rate	106	bpm
mean_speed	1063	mm/s
max_cadence	1897	mm/s
mean_cadence	93	spm
max_cadence	126	spm
vo2_max	45,16	%

Selain data tubuh pengguna dan catatan aktivitas, terdapat pula rekaman data cuaca saat aktivitas dilakukan pada *com.samsung.shealth.exercise.weather.20250620085130.csv*. Data yang dikumpulkan cukup lengkap, berupa cuaca, titik koordinat lokasi, kecepatan dan arah angin, temperatur dan kelembaban udara seperti pada Tabel 4.7. Data informasi cuaca tersebut bersumber dari *smarwatch* dengan mengakusisi data dari *The Weather Channel*, kemampuan ini dimungkinkan karena *smarwatch* dapat terhubung langsung ke internet melalui jaringan nirkabel Wi-Fi atau koneksi tidak langsung melalui *bluetooth smartphone*.

Tabel 4.7. Data cuaca dari com.samsung.shealth.exercise.weather.20250620085130

Sumber Data	com.samsung.shealth.exercise.weather.20250620085130	
Data	Nilai	Satuan
deviceuuid	QluOZKjTTp	<i>Smartwatch</i>
content_provider	TWC	<i>The Weather Channel</i>
start_longitude	110,41339	
start_latitude	-7,688645	
temperature	27	C
humidity	84	%
wind_speed	5	km/h
wind_direction	110.ESE	
phrase	Mostly Cloudy	

Sebagai tahap lanjutan, dilakukan analisis lebih mendalam terhadap file CSV dan JSON yang telah teridentifikasi sebelumnya untuk memvalidasi akurasi data yang ditangkap setiap perangkat. Pendekatan ini mencakup mensinkronkan waktu antar data melalui *exercise_id* serta *timestamp* yang ada, diikuti penelusuran koordinat rute (*latitude–longitude*) guna memetakan lokasi aktivitas secara spasial. Validasi dilakukan dengan membandingkan jarak yang dihitung dari pasangan koordinat terhadap jarak yang direkam perangkat, mengevaluasi kecocokan kecepatan dan durasi, serta menandai outlier akibat pergeseran atau *drift* GPS atau jeda dari sensor.

Informasi terkait titik koordinat dimulainya aktivitas olahraga “jalan kaki” tersebut dapat ditemukan pada file *com.samsung.shealth.exercise.weather.20250620085130.csv* dengan format koordinat derajat desimal (DD) longitude 110,41339 dan latitude -7,688645. Titik koordinat tersebut divalidasi dengan bantuan Google Maps dan dilakukan penelusuran, sesuai dengan titik koordinat disesuaikan dengan format derajat menit detik (DMS) 7°41'19.1"S 110°24'48.2"E mendekati dengan lokasi aktual (Google Maps) ketika memulai aktivitas. Bila dibandingkan dengan titik koordinat aktual dengan persamaan Haversine dibawah maka terjadi perbedaan nilai sebesar ± 17.75 meter.

$$d = 2R \cdot \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{(\Delta\varphi)}{2} \right) + \cos(\varphi^1) \cdot \cos(\varphi^2) \cdot \sin^2 \left(\frac{(\Delta\lambda)}{2} \right)} \right)$$

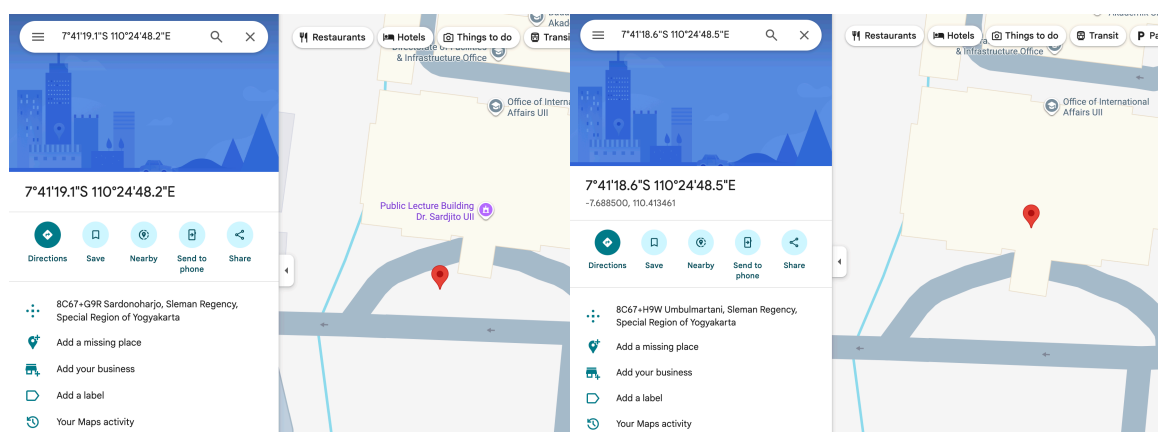
Keterangan

d = jarak antar dua titik (meter)

R = jari-jari bumi ($\approx 6.371.000$ meter)

ϕ_1, ϕ_2 = lintang titik pertama dan kedua (radian)

λ_1, λ_2 = bujur titik pertama dan kedua (radian)



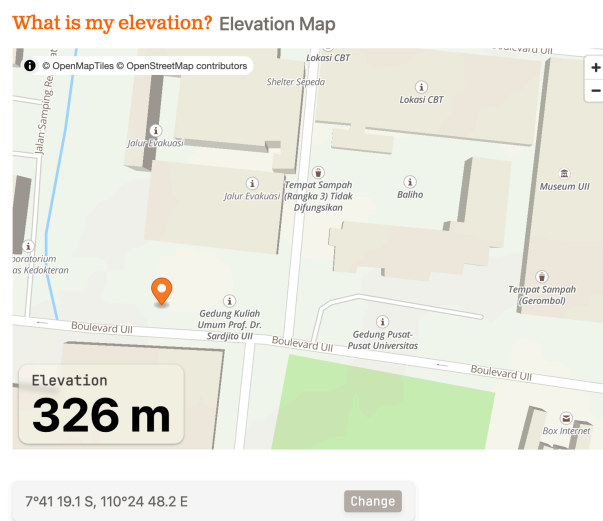
Gambar 4.15. Perbandingan titik koordinat pada *smartwatch* (kiri) dan GMaps (kanan)

Catatan rute perjalanan selama aktifitas dapat ditemukan pada file `a07f7983-e621-4a10-9c4d-7a2ed69fed73.com.samsung.health.exercise.location_data.json`. Pada format json tersebut terdapat variabel nilai akurasi (*accuracy*), ketinggian lokasi (*altitude*), titik koordinat (*latitude* dan *longitude*), dan catatan waktu (*start_time*) seperti pada Gambar 4.16. Berdasarkan data yang terekam pada file json tersebut, dapat dibaca sebagai berikut, titik koordinat lokasi yang memiliki akurasi GPS sebesar ± 15 meter. Titik pertama menunjukkan posisi pada lintang -7.6886449° dan bujur 110.4133931° dengan ketinggian 303,878 meter di atas permukaan laut, direkam pada 10 Januari 2025 pukul 8:57:24 WIB. Titik kedua berada pada lintang -7.688652° dan bujur 110.4133829° dengan ketinggian 303,827 meter, direkam satu detik kemudian, dan seterusnya.

```
{ "a07f7983-e621-4a10-9c4d-7a2ed69fed73.com.samsung.health.exercise.location_data.json"
nesia > Kuliah > ThesisNew > samsunghealth_rohsannur_20250620085130 > jsons > com.samsung.health.exercise > a > { "a07f7983-e621-
1  {"accuracy":15.0,"altitude":303.878,"latitude":-7.6886449,"longitude":110.4133931,"start_time":1736474244243},
2  {"accuracy":15.0,"altitude":303.827,"latitude":-7.688652,"longitude":110.4133829,"start_time":1736474245243},
3  {"accuracy":15.0,"altitude":303.73,"latitude":-7.688652,"longitude":110.4133829,"start_time":1736474246243},
4  {"accuracy":13.0,"altitude":303.706,"latitude":-7.6886274,"longitude":110.4133713,"start_time":1736474247243},
5  {"accuracy":12.0,"altitude":303.724,"latitude":-7.68866,"longitude":110.4133537,"start_time":1736474248244},
6  {"accuracy":13.0,"altitude":303.656,"latitude":-7.6886562,"longitude":110.4133362,"start_time":1736474249244},
7  {"accuracy":13.0,"altitude":303.628,"latitude":-7.688643,"longitude":110.4133327,"start_time":1736474250244},
8  {"accuracy":12.0,"altitude":303.527,"latitude":-7.6886349,"longitude":110.413319,"start_time":1736474251244},
9  {"accuracy":12.0,"altitude":303.538,"latitude":-7.6886503,"longitude":110.4133146,"start_time":1736474252244},
10 {"accuracy":12.0,"altitude":303.548,"latitude":-7.6886741,"longitude":110.4133026,"start_time":1736474253244},
11 {"accuracy":12.0,"altitude":303.496,"latitude":-7.688689,"longitude":110.4132923,"start_time":1736474254244},
12 {"accuracy":11.0,"altitude":303.415,"latitude":-7.6886928,"longitude":110.413275,"start_time":1736474255243},
```

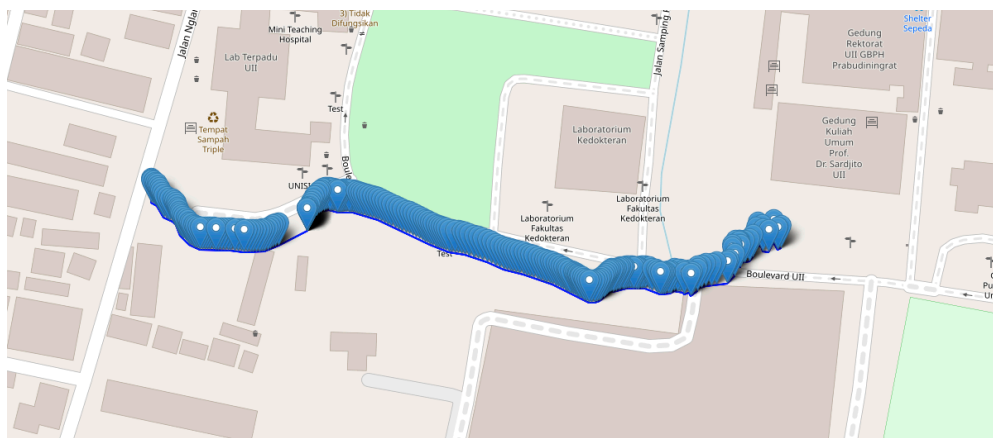
Gambar 4.16. Data rekaman koordinat

Berdasarkan data dari file *a07f7983-e621-4a10-9c4d-7a2ed69fed73.com.samsung.health.exercise.location_data.json* terdapat variabel *altitude* sebagai catatan ketinggian lokasi aktivitas yang cukup detail pada setiap perpindahan titik koordinat lokasi. Data ketinggian ini dapat menjadi data tambahan untuk memverifikasi kebenaran titik lokasi kejadian. Selain itu, pada file *com.samsung.shealth.exercise.20250620085130.csv* juga terdapat variabel ketinggian lokasi aktivitas dalam bentuk rangkuman rentang yang bernilai antara 303.28 meter (*min_altitude*) hingga 306.91 meter (*max_altitude*). Nilai tersebut divalidasi dengan bantuan dari website <https://whatismyelevation.com/>, ditemukan bahwa hasil ketinggian mendekati dengan yang tercatat oleh *smartwatch* sebesar 326 meter sesuai pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17. Ketinggian lokasi

Rekaman data koordinat diambil hampir setiap detiknya, dengan nilai akurasi rata-rata dibawah 15 meter. Data diambil berdasarkan data GPS yang dimiliki oleh *smartwatch*, dan kemudian dibuat simulasinya dengan bantuan program dari bahasa Python seperti pada Gambar 4.18 berikut.



Gambar 4.18. Rekaman koordinat rute aktivitas

Data terhadap lingkungan pengguna saat melakukan aktivitas telah dapat terekam cukup lengkap oleh *smartwatch*, maka lanjutkan analisis terkait data rekaman tubuh pengguna. Data tubuh pengguna selama aktivitas berlangsung dapat ditemukan pada file *com.samsung.shealth.exercise.20250620085130.csv*, namun dalam file tersebut hanya berupa nilai rangkuman. Rekaman data yang lebih detail dapat ditemukan pada file *a07f7983-e621-4a10-9c4d-7a2ed69fed73.com.samsung.health.exercise.live_data.json*. Pada file tersebut terekam data kecepatan langkah, detak jantung, dan kadar vo2 secara *real-time* yang diambil sampelnya hampir setiap 1 detik.



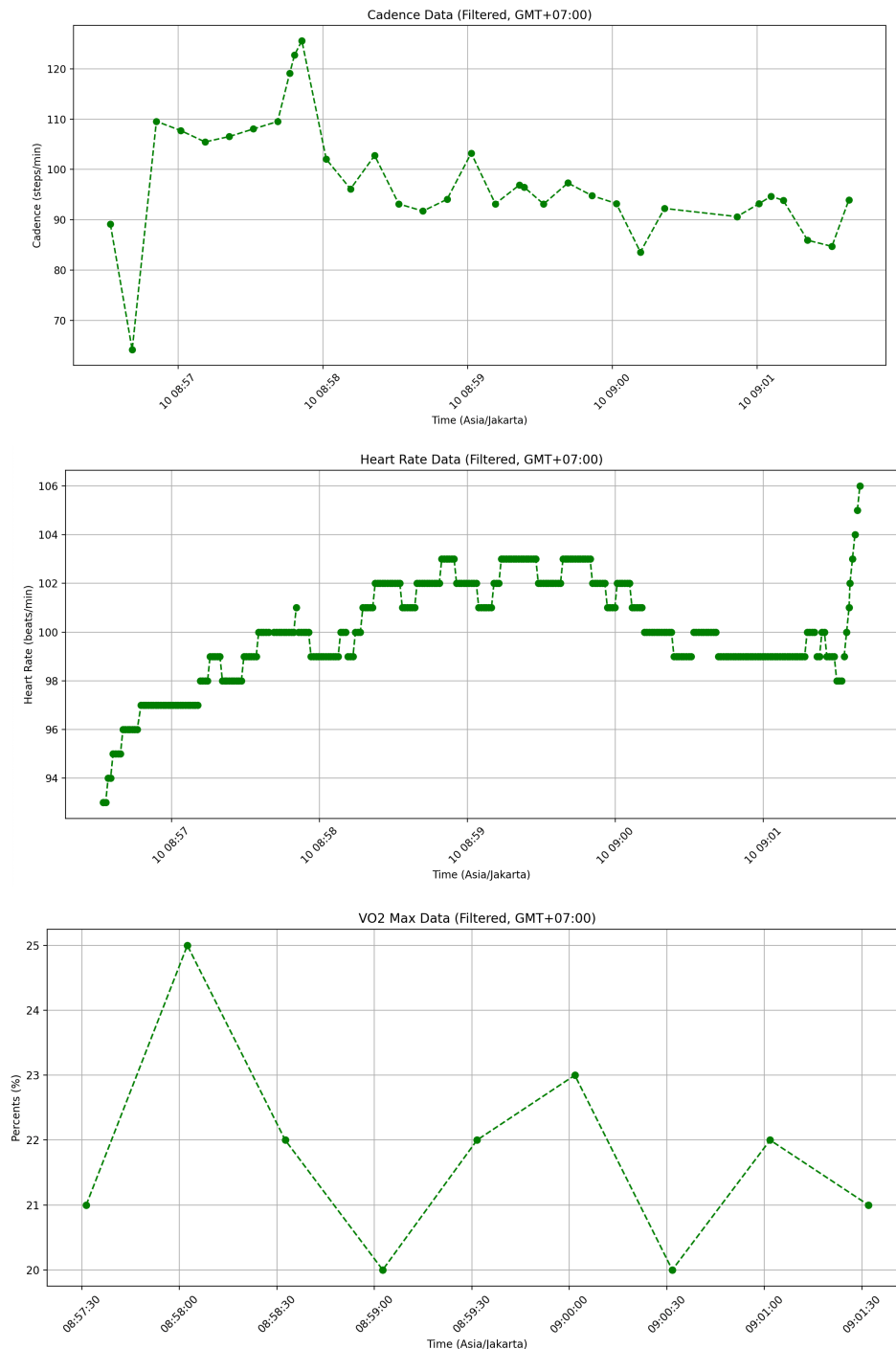
```

a07f7983-e621-4a10-9c4d-7a2ed69fed73.com.samsung.health.exercise.live_data.json
slamIndonesia > Kuliah > ThesisNew > samsunghealth_rohsannur_20250620085130 > jsons > com.samsung.sh
1 [{"cadence":89.157,"distance":0.0,"speed":1.186,"start_time":1736474191945},
2 {"cadence":64.178,"distance":5.043,"speed":1.234,"start_time":1736474201005},
3 {"cadence":109.559,"distance":18.440998,"speed":1.732,"start_time":1736474211031},
4 {"cadence":107.73,"distance":14.546,"speed":1.525,"start_time":1736474221102},
5 {"cadence":105.462,"distance":12.787003,"speed":1.41,"start_time":1736474231190},
6 {"cadence":106.538,"distance":13.683998,"speed":1.531,"start_time":1736474241244},
7 {"cadence":108.046,"distance":14.522003,"speed":1.473,"start_time":1736474251244},
8 {"cadence":109.513,"distance":13.75,"speed":1.572,"start_time":1736474261240},
9 {"cadence":119.088,"distance":9.903999,"speed":1.883,"start_time":1736474266268},
10 {"cadence":125.564,"distance":7.9420013,"speed":1.773,"start_time":1736474271318},
11 {"cadence":102.044,"distance":10.559998,"speed":1.38,"start_time":1736474281414},
12 {"cadence":96.122,"distance":9.020996,"speed":1.311,"start_time":1736474291469},
13 {"cadence":102.766,"distance":7.227997,"speed":1.433,"start_time":1736474301472},
14 {"cadence":93.145,"distance":6.576004,"speed":1.246,"start_time":1736474311479},
15 {"cadence":91.73,"distance":8.882996,"speed":1.259,"start_time":1736474321479},
16 {"cadence":94.063,"distance":6.875,"speed":1.305,"start_time":1736474331478},
17 {"cadence":103.237,"distance":9.847,"speed":1.42,"start_time":1736474341480},
18 {"cadence":93.173,"distance":12.692001,"speed":1.264,"start_time":1736474351483},

```

Gambar 4.19. Data rekaman tubuh pengguna

Data yang terekam merupakan rangkaian informasi terkait aktivitas fisik yang dilakukan pengguna dalam rentang waktu tertentu seperti pada Gambar 4.19. Setiap entri data berisi informasi seperti waktu perekaman, detak jantung, kecepatan, jarak tempuh kumulatif, dan *cadence* (irama langkah). Aktivitas tercatat dimulai pada pukul 08:56:31 WIB hingga pukul 9:01:32 WIB, dengan detak jantung pengguna tercatat secara kontinu dengan rata-rata sekitar 100 bpm, menunjukkan aktivitas fisik dengan intensitas ringan hingga sedang. Kecepatan tertinggi yang dicapai adalah 1,897 m/s, sedangkan jarak tempuh bertambah secara bertahap sesuai dengan progres aktivitas. Pencatatan *cadence* menunjukkan jumlah langkah per menit yang konsisten dengan pola aktivitas berjalan atau jogging santai. Berdasarkan data tersebut dapat divisualisasikan dalam bentuk grafik berdasarkan waktu, sehingga dapat menampilkan data secara *real-time* untuk meningkatkan akurasi analisis seperti pada Gambar 4.20 dibawah.



Gambar 4.20. Data Cadance, Heart Rate, dan VO2

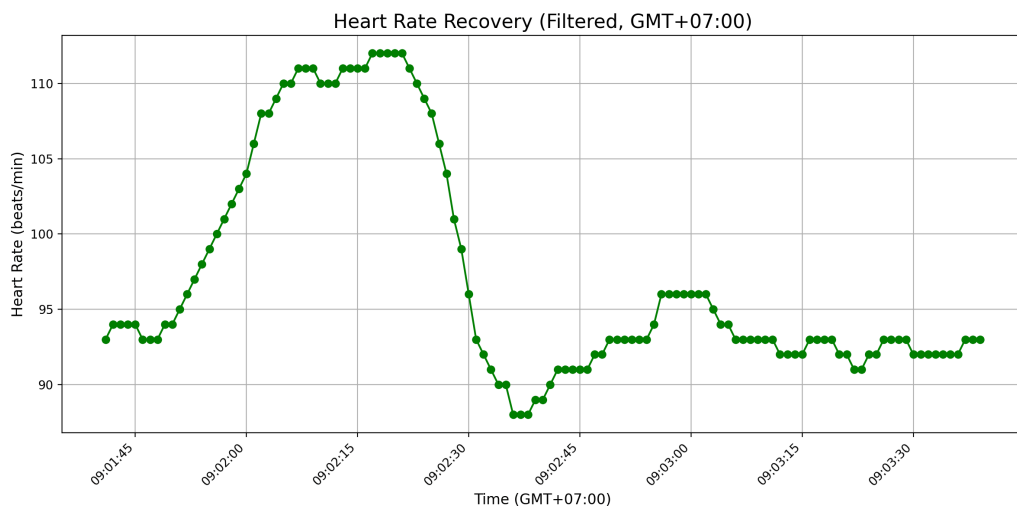
Paska aktivitas selesai di gedung OSCE Farmasi UII masih terdapat data tambahan berupa data pemulihan detak jantung (*heart rate recovery*), selama kurang lebih dua menit dilakukan pemantauan detak jantung setelah selesai berolahraga. Data tersebut dapat ditemukan pada `com.samsung.shealth.exercise.recovery_heart_rate.20250620085130.csv` yang kemudian merujuk pada file `cb7fe777-2116-4925-99d0-5fa1b5cd33a0.heart_rate.json` seperti pada Gambar 4.21 dan dapat di visualisasikan dalam bentuk grafik berdasarkan waktu dari setiap data sesuai dengan Gambar 4.22.

```

{} cb7fe777-2116-4925-99d0-5fa1b5cd33a0.heart_rate.json X
Users > bsi-2-2200026 > Downloads > {} cb7fe777-2116-4925-99d0-5fa1b5cd33a0.heart_rate.json > [ ] chart_data
1  {
2    "chart_data": [
3      {
4        "elapsed_time": 626,
5        "heart_rate": 93.0,
6        "start_time": 1736474501000
7      },
8      {
9        "elapsed_time": 1630,
10       "heart_rate": 94.0,
11       "start_time": 1736479829377
12     },
13     {
14       "elapsed_time": 2630,
15       "heart_rate": 94.0,
16       "start_time": 1736479830377
17     },
18     {
19       "elapsed_time": 3631,
20       "heart_rate": 94.0,
21       "start_time": 1736479831378
22     },
23   ],
24 }

```

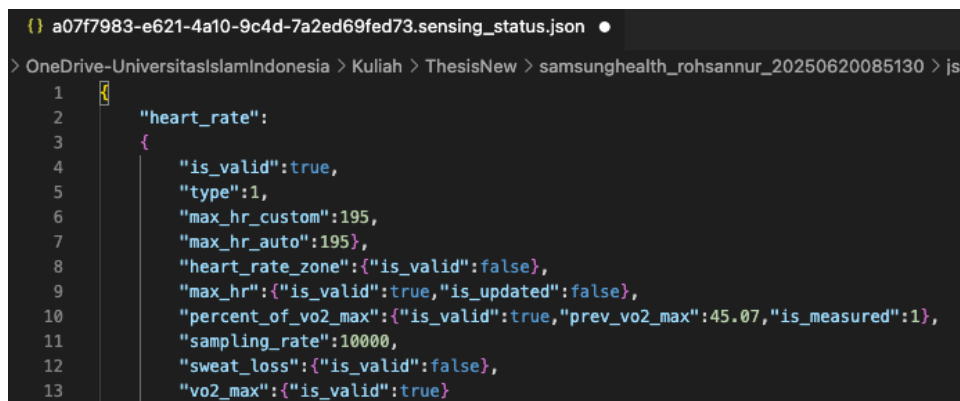
Gambar 4.21. Data pemulihan detak jantung



Gambar 4.22. Grafik detak jantung setelah aktivitas

Tidak semua data yang berhubungan dengan *exercise_id* akan memuat data aktivitas, terdapat pula file yang berisi tentang informasi status dan konfigurasi sensor yang digunakan selama sesi perekaman aktivitas pada *smartwatch*, seperti yang dapat ditemukan pada file *a07f7983-e621-4a10-9c4d-7a2ed69fed73.sensing_status.json*. Data di dalamnya mencakup validitas pengukuran detak jantung (*heart_rate*) dengan nilai maksimum yang diatur pada 195 bpm, baik secara *custom* dalam aplikasi Samsung Health maupun otomatis, serta status fitur zona detak jantung (*heart_rate_zone*) yang tidak diaktifkan. Parameter detak jantung maksimum (*max_hr*) dinyatakan valid namun belum diperbarui selama sesi. Selain itu, terdapat informasi terkait persentase VO2 max (*percent_of_vo2_max*) dengan nilai sebelumnya 45,07 yang dinyatakan valid dan terukur, serta status VO2 max (*vo2_max*) yang juga valid. Interval pengambilan sampel sensor ditetapkan sebesar 10 detik (*sampling_rate:10000*), sementara fitur estimasi kehilangan cairan (*sweat_loss*) tidak

digunakan pada sesi ini. File ini tidak menyimpan data pengukuran mentah, melainkan memberikan konteks, validitas, dan konfigurasi pengukuran fisiologis yang dapat digunakan untuk mendukung interpretasi dan validasi data pada file pengukuran utama yang berkaitan dengan file `a07f7983-e621-4a10-9c4d-7a2ed69fed73.com.samsung.health.exercise.live_data.json` dengan file `a07f7983-e621-4a10-9c4d-7a2ed69fed73.live_data_internal.json`.



```
{
  "heart_rate": {
    "is_valid": true,
    "type": 1,
    "max_hr_custom": 195,
    "max_hr_auto": 195,
    "heart_rate_zone": {"is_valid": false},
    "max_hr": {"is_valid": true, "is_updated": false},
    "percent_of_vo2_max": {"is_valid": true, "prev_vo2_max": 45.07, "is_measured": 1},
    "sampling_rate": 10000,
    "sweat_loss": {"is_valid": false},
    "vo2_max": {"is_valid": true}
  }
}
```

Gambar 4.23. Data *sensing status*

File lain yang berisi deretan objek data yang merekam parameter urutan waktu dan memetakan hubungan antar data yang berasal dari sumber sensor berbeda selama aktivitas berlangsung adalah file `a07f7983-e621-4a10-9c4d-7a2ed69fed73.live_data_internal.json` dan `a07f7983-e621-4a10-9c4d-7a2ed69fed73.location_data_internal.json`. Setiap entri memiliki beberapa atribut utama, yaitu *elapsed_time* yang menunjukkan durasi kumulatif aktivitas dalam milidetik sejak awal perekaman, *interval* yang menunjukkan jeda antar pengambilan data (dalam kasus ini bernilai 1 detik), *segment* yang kemungkinan digunakan untuk menandai fase atau bagian tertentu dari aktivitas, serta *start_time* yang direpresentasikan dalam format *epoch time* untuk menandai waktu absolut setiap titik data direkam. Data ini merepresentasikan alur waktu aktivitas secara berurutan, sehingga berfungsi sebagai kerangka referensi temporal bagi file lain yang menyimpan detail metrik spesifik, seperti detak jantung, kecepatan, atau langkah, agar dapat disinkronkan berdasarkan *start_time* atau *elapsed_time*. Dengan demikian, file ini berperan penting dalam menjaga konsistensi urutan waktu dan memetakan hubungan antar data yang berasal dari sumber sensor berbeda selama aktivitas berlangsung.


```

{} a07f7983-e621-4a10-9c4d-7a2ed69fed73.location_data_internal.json •
samsunghealth_rohsannur_20250620085130 > jsons > com.samsung.shealth.exercise > a > {} a07f7983-e621-4a10
1 [{"elapsed_time":53565,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474244243},
2 {"elapsed_time":54565,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474245243},
3 {"elapsed_time":55565,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474246243},
4 {"elapsed_time":56565,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474247243},
5 {"elapsed_time":57566,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474248244},
6 {"elapsed_time":58566,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474249244},
7 {"elapsed_time":59566,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474250244},
8 {"elapsed_time":60566,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474251244},
9 {"elapsed_time":61566,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474252244},
10 {"elapsed_time":62566,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474253244},

```

Gambar 4.24. File *location_data_internal.json*

```

Welcome {} a07f7983-e621-4a10-9c4d-7a2ed69fed73.live_data_internal.json •
OneDrive-UniversitasIslamIndonesia > Kuliah > ThesisNew > samsunghealth_rohsannur_20250620085130 > jsons > com
1 [
2 {
3     "elapsed_time":1267,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474191945},
4     {"elapsed_time":10327,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474201005},
5     {"elapsed_time":20353,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474211031},
6     {"elapsed_time":30424,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474221102},
7     {"elapsed_time":40512,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474231190},
8     {"elapsed_time":50566,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474241244},
9     {"elapsed_time":60566,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474251244},
10    {"elapsed_time":70562,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474261240},
11    {"elapsed_time":75590,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474266268},
12    {"elapsed_time":80640,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474271318},
13    {"elapsed_time":90736,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474281414},
14    {"elapsed_time":100791,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474291469},
15    {"elapsed_time":110794,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474301472},
16    {"elapsed_time":120801,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474311479},
17    {"elapsed_time":130801,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474321479},
18    {"elapsed_time":140800,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474331478},
19    {"elapsed_time":150802,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474341480},
20    {"elapsed_time":160805,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474351483},
21    {"elapsed_time":170820,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474361498},
22    {"elapsed_time":172820,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474363498},
23    {"elapsed_time":180817,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474371495},
24    {"elapsed_time":190864,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474381542},
25    {"elapsed_time":200920,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474391598},
26    {"elapsed_time":210918,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474401596},
27    {"elapsed_time":220916,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474411594},
28    {"elapsed_time":230912,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474421590},
29    {"elapsed_time":240909,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474431587},
30    {"elapsed_time":250904,"interval":1,"segment":1,"start_time":1736474441582},

```

Gambar 4.25. File *live_data_internal.json*

Berdasarkan rangkaian proses yang telah dilakukan, analisis terhadap aktivitas spesifik jalan kaki yang dilakukan dengan *smartwatch* Samsung Watch 5 dan *smartphone* pendampingnya mampu merekam beragam artefak digital yang relevan untuk kepentingan forensik. Melalui metode koleksi data, diperoleh file dalam format CSV dan JSON yang saling berkaitan, mencakup data aktivitas fisik seperti berjalan kaki, lari, detak jantung, VO₂ max, serta kondisi lingkungan selama aktivitas. Analisis mendalam menunjukkan adanya keterkaitan antar file melalui *exercise_id*, yang memungkinkan rekonstruksi linimasa aktivitas dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi. Selain itu, integrasi antara data fisiologis, data sensor, dan informasi lokasi memberikan gambaran menyeluruh tentang perilaku pengguna serta konteks lingkungan saat aktivitas berlangsung. Perbandingan antara data aktual di lapangan dengan data yang terekam dalam Samsung Health, dapat diamati dan

dibandingkan pada Tabel 4.8. Secara garis besar data yang didapatkan memiliki tingkat margin kesalahan yang kecil, contohnya pada titik koordinat lokasi hanya memiliki selisih kesalahan sebesar kurang 17.75 meter. Perbedaan ini menjadi indikator penting untuk menilai akurasi perekaman data perangkat, sekaligus memberikan gambaran mengenai potensi pemanfaatan teknologi dalam investigasi digital berbasis IoT *wearable device*.

Tabel 4.8. Perbandingan data aktivitas spesifik

	Nilai Pembanding (GMaps)	Rekaman Data (Smartwatch)
Titik koordinat mulai	-7.6885003093016175, 110.41346129973705	-7,688645, 110,41339
Titik koordinat akhir	-7.688560713852508, 110.4113836656658	-7.6884935, 110.4113523
Waktu mulai	08:57 WIB (UTC +07:00)	08:56:30 WIB
Waktu akhir	09:01 WIB (UTC +07:00)	09:01:27 WIB
Ketinggian lokasi	326 meter	303 – 306 meter
Cuaca	Berawan	Berawan
Total kalori	-	11489487 kalori
Detak jantung rata-rata	-	99 bpm
<i>Cadance</i> rata-rata	-	93 bpm
Kadar VO2	-	45,16 %

4.2.5 Analisis Artefak Digital pada Aktivitas Harian

Aktivitas harian pengguna merupakan salah satu sumber data penting yang direkam secara otomatis oleh smartwatch melalui berbagai sensor internal, seperti akselerometer, giroskop, sensor detak jantung, dan GPS. Pada penelitian ini, data aktivitas harian yang dianalisis diperoleh dari aplikasi Samsung Health yang terpasang pada perangkat smartphone. Analisis ini bertujuan untuk menilai sejauh mana cakupan data yang dapat dikoleksi oleh smartwatch dalam kondisi penggunaan sehari-hari, serta mengevaluasi tingkat akurasi hasil pencatatan dibandingkan dengan nilai referensi aktual. Dengan memahami karakteristik dan keakuratan data ini, penelitian dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai potensi nilai forensik dari artefak digital yang dihasilkan.

Jenis data yang direkam oleh smartwatch dalam aktivitas harian mencakup data fisiologis seperti detak jantung (rata-rata, maksimum, minimum, dan zona latihan), estimasi

kalori yang terbakar, serta tingkat VO₂ max. Selain itu, terdapat data aktivitas fisik seperti jumlah langkah yang diambil, jarak tempuh, durasi aktivitas fisik, dan klasifikasi jenis aktivitas (misalnya jalan kaki, lari, atau bersepeda). Data pendukung juga tercatat, meliputi koordinat lokasi GPS, informasi cuaca saat aktivitas berlangsung, serta penanda waktu mulai dan berakhirnya aktivitas. Keseluruhan data ini diperoleh melalui aplikasi Samsung Health pada smartphone pendamping yang terhubung ke smartwatch, disimpan dalam format CSV dan JSON.

Penelitian akan berfokus pada analisis artefak harian dalam rentang waktu satu hari pada tanggal 4 juni 2025, dengan gambaran rencana aktivitas yang akan dilakukan tercantum pada Tabel 4.9. Secara garis besar aktivitas yang dilakukan adalah aktivitas fisik diluar ruangan yang dilakukan di negara Taiwan dengan zona waktu UTC+8. Aktivitas tersebut diharapkan dapat memicu berbagai sensor yang dimiliki smartwatch sehingga dapat mengetahui data apa saja yang mampu direkam oleh smartwatch.

Tabel 4.9. Rencana Aktivitas

No	Waktu (UTC+8)	Jenis kegiatan	Deskripsi (Koordinat GMaps)
1	08.30	Berangkat dari penginapan ke halte bus terdekat dengan sepeda.	Lokasi halte di dalam Universitas National Chung Yang sisi selatan. (24.96676, 121.19169)
2	09.30 - 11.00	Tiba dan mengunjungi Taiwan High Speed Rail Museum.	Kunjungan dilakukan dalam gedung musium tertutup . (25.01202, 121.21365)
3	11.00 - 13.00	Perjalanan dengan bus ke lokasi lainnya	Lokasi halte di Taiwan High Speed Rail Taoyuan Station (25.01276, 121.21399)
4	13.00 - 15.00	Tiba dan mengunjungi Daxi Old Street.	Kunjungan dilakukan diluar ruangan dengan berjalan kaki. (24.88284, 121.28756)
5	15.00 – 15.45	Perjalanan dengan bus ke lokasi lainnya	Lokasi halte di Taoyuan Bus Daxi Terminal (24.88120, 121.28792)

6	15.45-17.00	Tiba dan mengunjungi Shihmen Reservoir.	Kunjungan dilakukan diluar ruangan dengan berjalan kaki. (24.82097, 121.25595)
7	17.00 – 19.45	Perjalanan dengan bus ke lokasi lainnya	Lokasi halte di Pinglin (24.82178, 121.25749)
8	19.45 – 21.30	Tiba dan mengunjungi pusat kota Taoyuan dari Zhongli Rear Station.	Kunjungan dilakukan diluar ruangan dengan berjalan kaki. (24.95243, 121.22462)
9	21.30 - 22.00	Pulang kembali ke penginapan	Berangkat dari Taoyuan Bus Station. (24.99030, 121.31203)
10	22.00	Tiba di halte dekat penginapan	Lokasi halte di Universitas National Chung Yang sisi selatan. (24.96676, 121.19169)

Pada proses akuisisi digital forensik terhadap Samsung Galaxy Watch 5 pada aktivitas harian ini tetap menggunakan metode koleksi data, dimana ditemukan berbagai data yang tersebar dibanyak file CSV selama kurun waktu 24 jam pada tanggal 4 Juni 2025 yang terlampir pada Tabel 4.10. Setiap data dipisahkan berdasarkan kategori dan dirangkum pada file CSV, dimana terdapat beberapa file JSON sebagai catatan detail terkait data aktivitas tersebut.

Tabel 4.10. Koleksi Data Aktifitas Harian 4 Juni 2025

Data Tanggal 4 Juni 2025	
com.samsung.health.movement.20250620085130.csv	
	a03c0ce5-cdce-4fe9-87f1-44309c863fa0.binning_data.json
	e4110387-1a3b-42f4-ac2e-8d44acb2a758.binning_data.json
	76db2c67-19ec-48a9-905d-50ef95ba6e8c.binning_data.json
	3875314d-7b16-4b41-a7c7-1f404537fcf5.binning_data.json
	28aeeclf-a97d-4982-b2b3-a736e13179ac.binning_data.json
	2a77a644-0406-4f8d-9906-81594b08ba16.binning_data.json
	19383059-6a65-4c65-972c-fc73c991ca87.binning_data.json
	64e71dab-ea7a-451b-8294-b2d7b94ef4d5.binning_data.json
	341099f7-f9ce-4b48-ab47-fcb9f7af8b78.binning_data.json
	345e59dc-3f7c-445c-9a71-a97752503b36.binning_data.json

	a2e5b4bb-b314-40f2-aaf3-37a93e2474e2.binning_data.json
	56ab6fc2-cd2a-404a-bfc3-a14a77e722cc.binning_data.json
	9cb0901c-a2da-4ef2-9de2-434862c89b3d.binning_data.json
	db1465c0-abd7-487a-9e35-563ee9e531f4.binning_data.json
com.samsung.shealth.calories_burned.details.20250620085130.csv	
	3e969a02-1e28-4cba-9879-320367f6a4a4.extra_data.json
com.samsung.shealth.exercise.20250620085130.csv	
	01f6b4fa-24fc-4e24-a39f-aa8289487a89.com.samsung.health.exercise. location_data.json
	01f6b4fa-24fc-4e24-a39f-aa8289487a89.com.samsung.health.exercise.live_data.json
	74a6cdae-ff21-4008-aec4-2b7e0d304b53.com.samsung.health.exercise. location_data.json
	74a6cdae-ff21-4008-aec4-2b7e0d304b53.com.samsung.health.exercise. live_data.json
	ff4bb80c-7ef3-4ad6-b2b0-464ef9b595c1.com.samsung.health.exercise. location_data.json
	ff4bb80c-7ef3-4ad6-b2b0-464ef9b595c1.com.samsung.health.exercise.live_data.json
	e6abf6b7-f302-4200-90cd-a7a6baa439c9.com.samsung.health.exercise. location_data.json
	e6abf6b7-f302-4200-90cd-a7a6baa439c9.com.samsung.health.exercise. live_data.json
	8f031cc4-d4ea-4f8f-9609-a9ede0c5e1cb.com.samsung.health.exercise. location_data.json
	8f031cc4-d4ea-4f8f-9609-a9ede0c5e1cb.com.samsung.health.exercise.live_data.json
	7d850adb-cfa4-4aa2-a41e-48d8e567d28e.com.samsung.health.exercise. location_data.json
	7d850adb-cfa4-4aa2-a41e-48d8e567d28e.com.samsung.health.exercise. live_data.json
com.samsung.shealth.step_daily_trend	
	69c23056-a49b-4b27-8fb0-11153d10c5eb.binning_data.json
	8dce6ad8-ef2c-45f7-a5ca-cd42ec3fbf29.binning_data.json
com.samsung.shealth.stress	
	341f655b-b42f-4080-822a-a20f163ea911.binning_data.json

e06396f5-ea24-4e3e-9d62-186124d18238.binning_data.json
840c619a-1bc4-496c-aac3-016409183abf.binning_data.json
50c08019-eafc-44d0-b1fd-9ffed3585121.binning_data.json
d79e22f5-ad45-45ec-a82e-02b6faf11649.binning_data.json
7356b63d-4a1d-4b85-b1e9-5e91890bdf6c.binning_data.json
4601bb4d-03b5-4f94-a110-94e4a2ea2da5.binning_data.json
c2dd39ac-9eda-45fd-8978-9eb873b8badd.binning_data.json
e91b1bca-accf-4f9a-a7b8-199bde145ce7.binning_data.json
180064fd-dc26-4c9e-91b1-b3cb93afeaaa.binning_data.json
df44ffce-f0f5-40d1-bd19-9a8a75be5031.binning_data.json
5f44dbe1-503c-4f21-8681-c9a876f706b7.binning_data.json
c70c79d0-a25f-4d8e-adf0-828ef670526e.binning_data.json
com.samsung.shealth.tracker.heart_rate
com.samsung.health.floors_climbed
922ea68d-a805-4d7a-ad34-06df3f73e92a.raw_data.json
aeb5cc71-cbb0-4dcc-a692-bb989772dbef.raw_data.json
bc5eb48-b6fc-4668-91cc-c62b80e33857.raw_data.json
a0e91a06-1a67-407a-85fb-c4811335791a.raw_data.json
f2d643d9-bd4b-4620-b2ad-6d7a022e9ca5.raw_data.json
ae4ab1db-123d-4b72-96b9-89b33ad70c2e.raw_data.json
014558c7-c854-426a-a98a-a6a7a15cc958.raw_data.json
com.samsung.shealth.tracker.floors_day_summary
9aeca43b-bef9-4a14-a40f-b9e4fa385863.binning_data.json
com.samsung.shealth.activity.day_summary
ddbfee49-ac4f-488a-aae0-28f9fedb6ecb.extra_data.json

a. Analisis file *com.samsung.health.movement.20250620085130.csv*

File *com.samsung.health.movement.20250620085130.csv* merupakan rangkuman daftar file JSON dari seluruh rekaman informasi tingkat aktivitas fisik pengguna yang dikumpulkan oleh smartwatch dalam interval waktu tertentu, file JSON tersebut berlabel *com.samsung.health.movement.binning_data.json*. Pada file JSON tersebut berisi data waktu mulai (*start_time*) dan waktu berakhir (*end_time*) pengukuran, yang disajikan dalam format epoch milliseconds, serta nilai *activity_level* yang merepresentasikan intensitas

pergerakan selama periode tersebut seperti pada Tabel 4.11. Nilai ini dihasilkan berdasarkan data sensor gerakan, seperti akselerometer dan giroskop, yang kemudian diolah oleh algoritma internal perangkat. Semakin tinggi nilai *activity_level*, semakin besar intensitas aktivitas yang dilakukan pengguna pada rentang waktu tersebut, sementara nilai yang rendah mengindikasikan aktivitas ringan atau minim pergerakan. Data ini dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi pola aktivitas harian, mendeteksi puncak aktivitas, serta mengevaluasi durasi dan intensitas gerakan pengguna secara kuantitatif.

Tabel 4.11. Strukur file JSON Movement

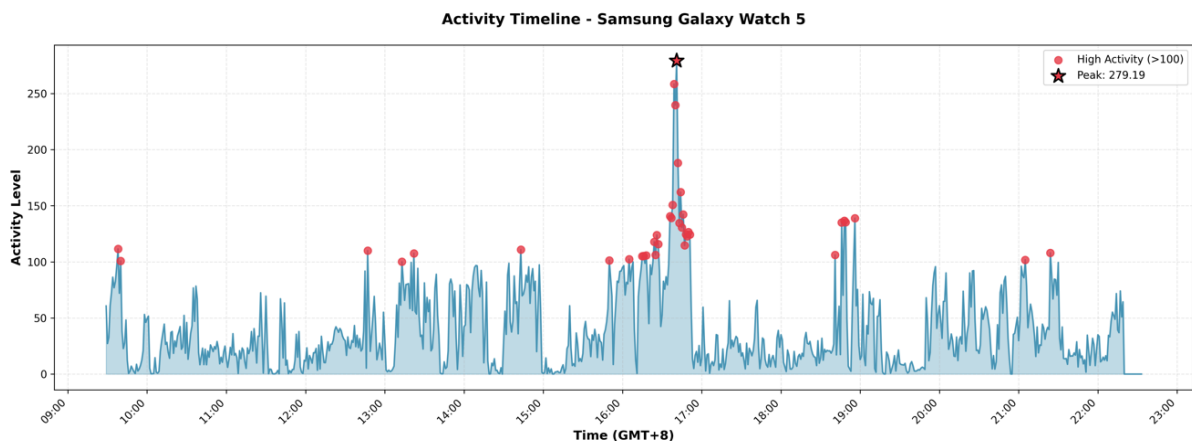
Field	Tipe	Deskripsi
start_time	integer	Unix timestamp (ms) dalam UTC+0 - waktu mulai interval
end_time	integer	Unix timestamp (ms) dalam UTC+0 - waktu selesai interval
activity_level	float	Tingkat aktivitas fisik
<pre>{ "start_time": 1749000540000, "end_time": 1749000599999, "activity_level": 60.67274}</pre>		

Analisis forensik dilakukan dengan lebih detail pada 14 file JSON, di mana masing-masing file menyimpan komponen data aktivitas untuk periode waktu yang berbeda-beda. Setiap file JSON tersebut berisi data binning yang mencakup rentang waktu spesifik sepanjang hari pada tanggal 4 Juni 2025, yang mendeteksi aktivitas mulai dari pukul 09:29 hingga 22:33 WIB (UTC+8). Seluruh komponen data dari 14 file JSON tersebut berisi total 780 record aktivitas secara kronologis terkait nilai tingkat level aktifitas, sehingga verifikasi dan validasi data dapat dilakukan secara granular per jam. Analisis lebih detail terkait persebaran data pada file JSON tersebut terlampir pada Tabel 4.12 dan Gambar 4.26, dimana setiap file menyimpan data setiap satu jam. dengan Puncak aktivitas tertinggi terjadi pada jam 16:41 (sore hari) dengan nilai 279.19, mengindikasikan kemungkinan aktivitas olahraga intensif seperti berlari atau exercise di sore hari.

Tabel 4.12. Distribusi Aktivitas per Jam

Waktu (UTC+8)	Rata-rata Aktivitas	Aktivitas Maksimum	Jumlah Sample Data	Kategori
09:00	39.94	111.49	30	Sedang
10:00	25.75	78.38	60	Sedang
11:00	18.69	72.44	60	Rendah/Istirahat
12:00	29.30	109.98	59	Sedang
13:00	46.03	107.57	60	Sedang
14:00	54.98	110.80	60	Tinggi

15:00	27.15	101.26	59	Sedang
16:00	95.63	279.19	60	Sangat Tinggi
17:00	21.04	65.67	60	Sedang
18:00	33.64	138.84	59	Sedang
19:00	24.33	95.70	60	Sedang
20:00	42.03	92.21	60	Sedang
21:00	39.00	107.95	59	Sedang
22:00	22.22	74.08	34	Sedang



Gambar 4.26. Grafik Distribusi Aktivitas per Jam

Secara garis besar rangkuman temuan pada file *com.samsung.health.movement.20250620085130.csv* beserta file JSON pendukungnya terlampir pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13. Rangkuman file *com.samsung.health.movement.csv*

Sumber data	<i>com.samsung.health.movement.20250620085130.csv</i>
Parameter	Data
Total rekaman aktivitas	780 records
Rata-rata tingkat aktivitas	38.22
Puncak aktivitas	279.19 pada pukul 16:41:00
Interval sampling data	60 detik
Periode aktivitas	Pagi pukul 09:29 hingga malam pukul 23:33

b. Analisis file *com.samsung.shealth.calories_burned.details.20250620085130.csv*

File *com.samsung.shealth.calories_burned.details.20250620085130.csv* merupakan file metadata yang berisi ringkasan keseluruhan aktivitas dan informasi profil pengguna perangkat Samsung Galaxy Watch. File CSV tersebut merupakan rangkuman file *3e969a02-1e28-4cba-9879-320367f6a4a4.extra_data.json*, yang mana terdiri dari beberapa komponen utama, seperti usia, jenis kelamin, tinggi badan, dan berat badan, serta parameter aktivitas harian yang meliputi jumlah langkah, tingkat aktivitas, durasi aktivitas aktif, jarak tempuh,

dan estimasi kalori yang terbakar. File tersebut menyimpan rangkuman total jumlah kalori yang terbakar berdasarkan data jumlah langkah, akumulasi level aktifitas, dan dipadukan dengan profil berat serta tinggi pengguna. Namun data profil pengguna tidak secara otomatis diketahui oleh smartwatch, namun mengambil data yang telah dimasukkan manual ketika konfigurasi awal perangkat.

Tabel 4.14. Struktur JSON *3e969a02-1e28-4cba-9879-320367f6a4a4.extra_data.json*

Field	Tipe	Deskripsi
age	integer	Usia pengguna perangkat
gender	string	Jenis kelamin (M=Male, F=Female)
height	float	Tinggi badan pengguna
weight	float	Berat badan pengguna
stepCount	integer	Total jumlah langkah
activityLevel	integer	Total akumulasi <i>activity level</i>
activityTime	array	Total durasi aktifitas
calorie	float	Total kalori terbakar
distance	float	Total jarak aktivitas
<pre>{ "activityLevel":180003, "activityList": [{ "activeTime":3972437, "calorie":197.65999, "distance":4578.8306, "type":1}], "age":26, "gender":"M", "height":178.0, "stepCount":6151, "weight":55.0 }</pre>		

Nilai *stepCount* sebesar 6151 langkah menunjukkan aktivitas berjalan pengguna dalam satu periode pencatatan, yang dapat digunakan untuk merekonstruksi tingkat mobilitas harian. Selain itu, data *activityList* mencatat waktu aktif (*activeTime*) sebesar 66 menit (3972437 milidetik), jarak tempuh sekitar 4.58 km, serta estimasi pembakaran kalori

sebesar 197.66 kkal. Pada parameter *activityLevel* yang bernilai numerik menunjukkan tingkat aktivitas pengguna berdasarkan klasifikasi internal sistem Samsung Watch, meskipun tidak secara eksplisit dijelaskan rentang nilai yang digunakan.

Tabel 4.15. Rangkuman file *com.samsung.shealth.calories_burned.details.csv*

Sumber data	<i>com.samsung.shealth.calories_burned.details.20250620085130.csv</i>
Parameter	Data
age	26
genset	M (<i>male</i> /laki-laki)
height	178.0 cm
weight	55.0 kg
stepCount	6151 langkah
activityLevel	180003
activityTime	3972437 ms (66 menit)
calorie	197.66 kkal
distance	4578,83 m (4,6 km)

c. Analisis file *com.samsung.shealth.exercise.20250620085130.csv*

Hasil analisis dari file *com.samsung.shealth.exercise.20250620085130.csv* menghasilkan dua kategori file JSON yang berkaitan dengan aktivitas olahraga (*exercise*), yaitu file *location_data* dan file *live_data*. Berbeda dengan file *binning_data* sebelumnya yang merekam aktivitas umum secara otomatis, file-file *exercise* ini spesifik merekam sesi olahraga yang secara otomatis terdeteksi oleh *smartwatch* maupun diinisiasi secara manual oleh pengguna melalui aplikasi Samsung Health pada *smartwatch*.

Dari proses akuisisi, ditemukan 6 pasangan file (total 12 file) yang masing-masing mewakili satu sesi olahraga. Setiap sesi memiliki dua file terkait: satu file *location_data* yang berisi data GPS dan lokasi, serta satu file *live_data* yang berisi metrik *real-time* seperti *heart rate*, *speed*, *distance*, dan *cadence*. Kedua file dalam satu pasangan memiliki session ID yang sama, yang terlihat dari prefix nama file (contoh: 01f6b4fa-24fc-4e24-a39f-aa8289487a89). Session ID ini berfungsi sebagai identifiier unik untuk menghubungkan data lokasi dengan data metrik live pada sesi olahraga yang sama. Data yang tercatat dalam file-file ini mencakup periode dari 4 Juni 2025 pukul 09:41 hingga 20:06 WIB (UTC+8), dengan total 6 sesi olahraga terpisah yang memiliki durasi bervariasi dari 0,2 menit hingga 38,4 menit.

File *location_data* dan *live_data* dalam satu pasangan sesi memiliki hubungan data yang kuat melalui field *start_time* yang sama. Dengan melakukan *timestamp matching*, dimungkinkan untuk merekonstruksi aktivitas exercise secara komprehensif: menggabungkan data "di mana" (*location_data*) dengan data "bagaimana" (*live_data*). Sebagai contoh pada *timestamp* tertentu dapat digunakan untuk mengetahui bahwa pengguna berada di koordinat tertentu, bergerak dengan kecepatan X m/s, dengan heart rate Y bpm. Contoh lain adalah jika terdapat *spike heart rate* yang abnormal pada waktu tertentu, data location dapat mengungkapkan apakah ini terjadi di area menanjak yang meningkatkan beban fisik, atau di lokasi spesifik yang mungkin relevan dengan investigasi. Sebaliknya, jika claim adalah bahwa seseorang berada di lokasi X pada waktu Y, namun data heart rate menunjukkan values yang tidak konsisten dengan aktivitas yang diklaim (misalnya terlalu rendah untuk "berlari" atau terlalu tinggi untuk "berjalan santai") dapat menjadi bahan data pendukung bagi tim forensik.

Tabel 4.16. Struktur JSON file *location_data.json*

Field	Tipe Data	Satuan	Deskripsi
latitude	float	desimal deg	Koordinat lintang geografis
longitude	float	desimal deg	Koordinat bujur geografis
start_time	integer	milidetik	Unix timestamp UTC waktu perekaman
accuracy	float	meter	Estimasi akurasi posisi GPS
altitude	float	meter	Ketinggian dari permukaan laut
<pre>{ "accuracy":10.0, "altitude":162.527, "latitude":24.8181819, "longitude":121.2503051, "start_time":1749024376890 }</pre>			

File *location_data* merupakan file JSON yang menyimpan data lokasi geografis pengguna selama sesi olahraga berlangsung. File ini merekam posisi GPS dengan interval waktu. Setiap record dalam file ini merepresentasikan satu titik lokasi pada waktu tertentu, dengan koordinat latitude dan longitude yang cukup presisi hingga 6-7 digit desimal, memberikan akurasi lokasi dalam rentang beberapa meter. Struktur data dalam file

location_data tidak seragam untuk semua record. Record awal dalam suatu sesi biasanya hanya memiliki field dasar yaitu latitude, longitude, dan *start_time*. Namun, setelah GPS lock diperoleh dan stabilisasi sinyal tercapai, record berikutnya akan memiliki *field* tambahan berupa *accuracy* dan *altitude*. *Field accuracy* menunjukkan estimasi akurasi posisi GPS dalam satuan meter, di mana nilai yang lebih rendah mengindikasikan akurasi yang lebih baik. Sementara field *altitude* merekam ketinggian posisi dari permukaan laut dalam satuan meter.

Tabel 4.17. Rangkuman isi file *location_data.json*

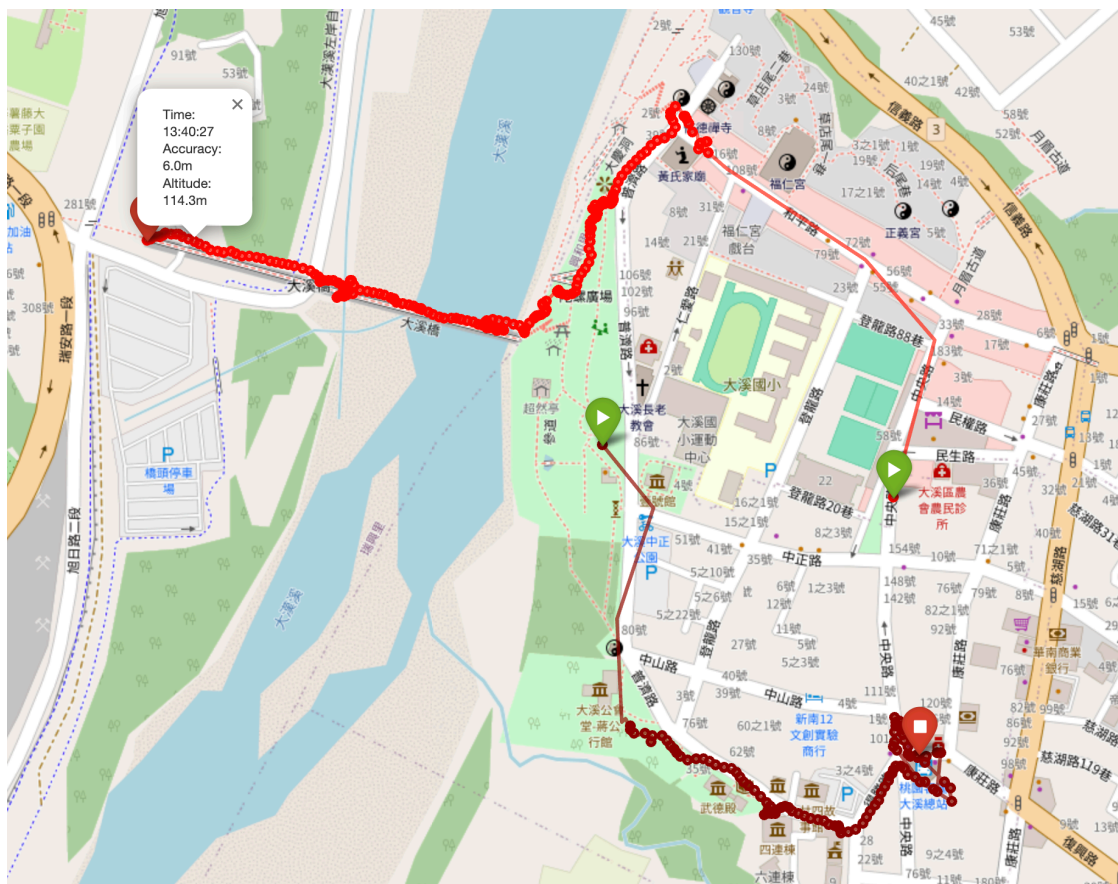
Session ID	Total Records	Waktu Mulai (UTC+8)	Waktu Akhir (UTC+8)	Durasi	Koordinat Awal	Koordinat Akhir
01f6b4fa...	11	09:41:10	09:41:20	0.2 min	24.967 121.191	24.967 121.191
74a6cdae...	982	13:11:33	13:41:17	29.8 min	24.883 121.287	24.885 121.281
7d850adb...	68	19:57:57	20:06:46	8.8 min	24.953 121.224	24.954 121.226
8f031cc4...	1781	16:14:47	16:53:12	38.4 min	24.953 121.187	24.971 121.192
e6abf6b7...	311	15:57:46	16:10:59	13.2 min	24.960 121.187	24.971 121.192
ff4bb80c...	495	14:40:13	14:59:00	18.8 min	24.960 121.187	24.971 121.193

Berdasarkan Tabel 4.17 distribusi jumlah GPS points per sesi sangat bervariasi, dari minimum 11 points (sesi 01f6b4fa...) hingga maksimum 1.781 points (sesi 8f031cc4). Variasi ini berkorelasi langsung dengan durasi sesi: sesi dengan durasi lebih panjang memiliki lebih banyak GPS points. Sesi 01f6b4fa yang hanya memiliki 11 points dalam 0,2 menit kemungkinan merupakan sesi otomatis yang terdeteksi sesaat dan dihentikan segera setelah dimulai, sehingga tidak merekam aktivitas signifikan. Sebaliknya, sesi 8f031cc4 dengan 1.781 points dalam 38,4 menit menunjukkan tracking yang sangat detail dengan interval rata-rata sekitar 1,3 detik per point.

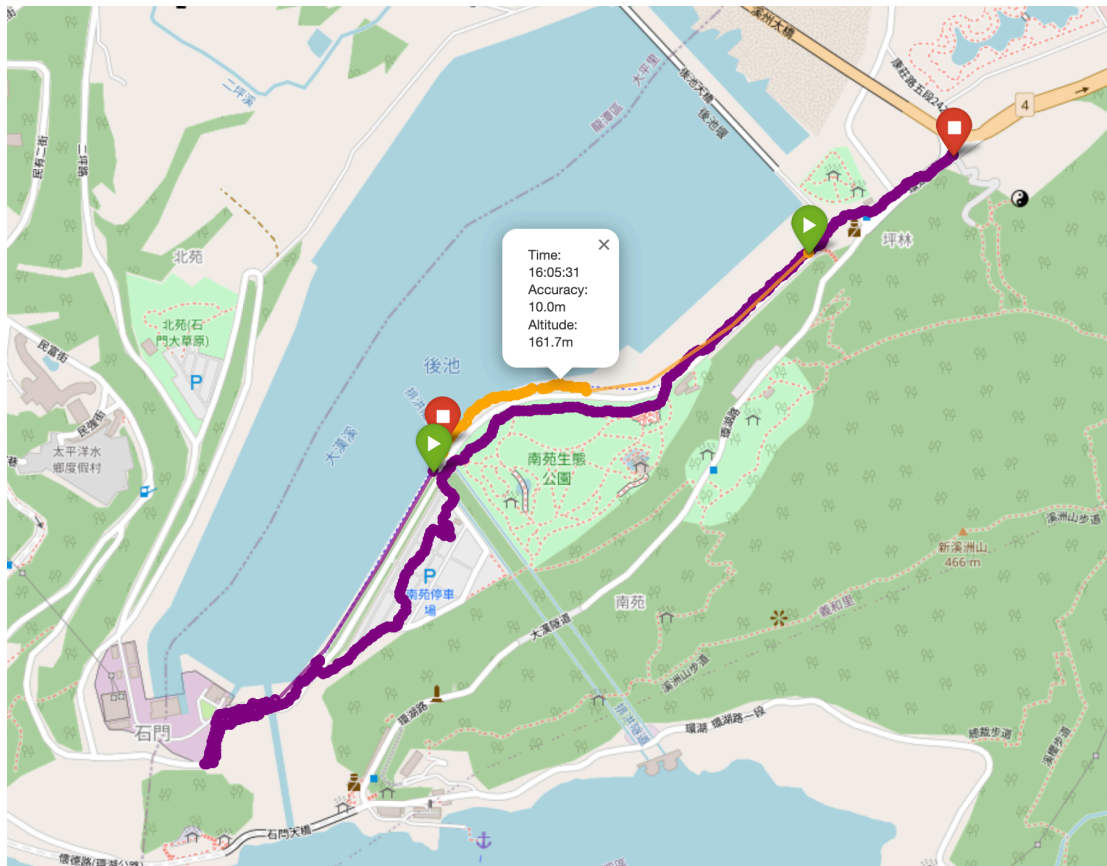
Data yang tersimpan dalam file JSON tersebut sangat lengkap untuk dapat divisualisasikan dalam bentuk rute di peta. Data berupa waktu, titik koordinat awal hingga akhir, tingkat akurasi, dan ketinggian sudah sangat cukup untuk dapat membangun rekonstruksi linimasa suatu kegiatan. Hasil visualisasi tersebut dapat di lihat pada Gambar 4.27 hingga Gambar 4.30 berikut.



Gambar 4.27. Visualiasi sesi ID 01f6b4fa...



Gambar 4.28. Visualiasi sesi ID 74a6cdae... dan ff4bb80c...



Gambar 4.29. Visualiasi sesi ID e6abf6b7... dan 8f031cc4...



Gambar 4.30. Visualiasi sesi ID 7d850adb...

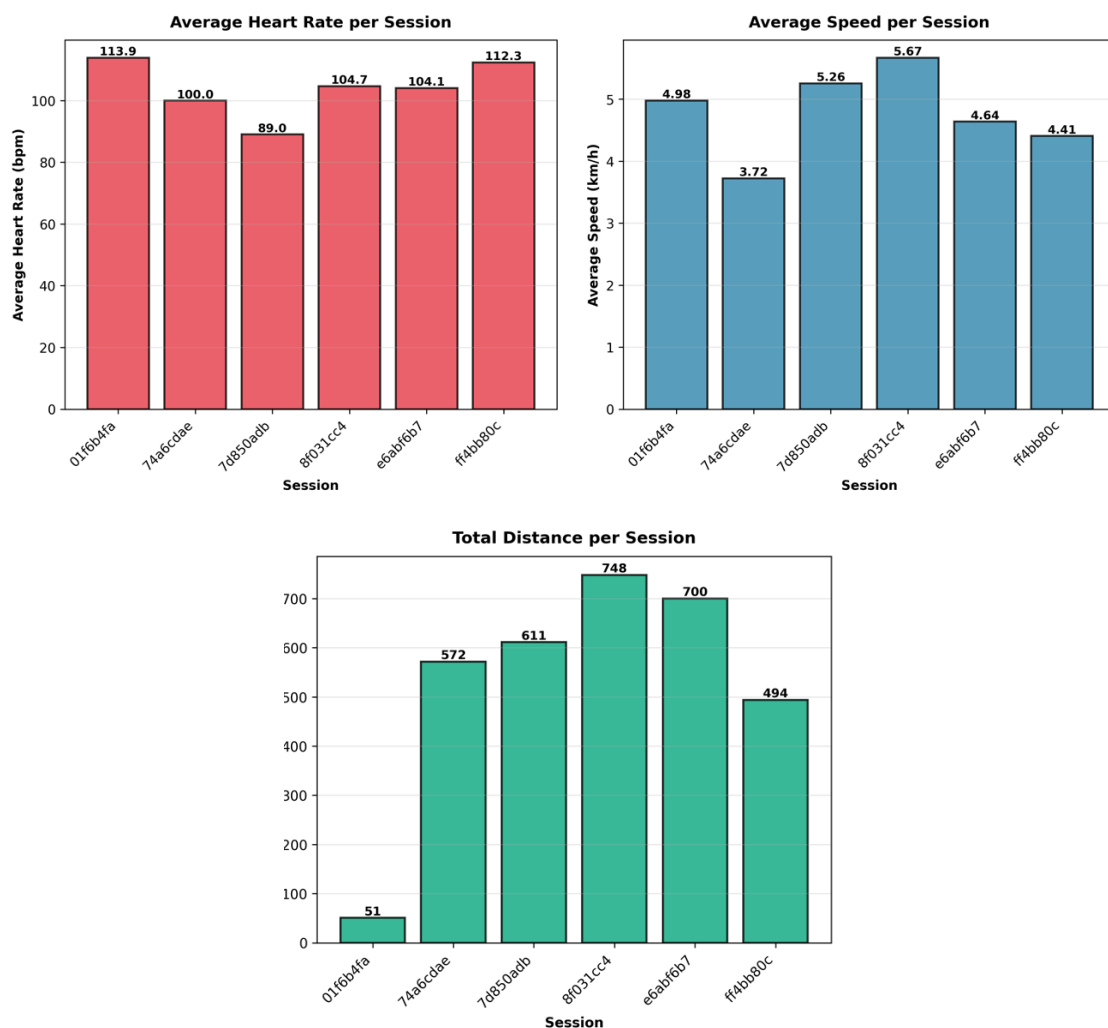
File pasangan dari *location_data* adalah *live_data* yang merupakan file JSON yang menyimpan metrik *real-time* aktivitas fisik pengguna selama sesi olahraga. Berbeda dengan *location_data* yang fokus pada posisi geografis, *live_data* merekam parameter fisiologis dan performa seperti *heart rate*, *speed*, *distance*, *cadence*, dan *percent_of_vo2max*. File ini memiliki struktur yang lebih kompleks karena tidak semua metrik direkam pada setiap *timestamp*, metrik yang berbeda memiliki interval sampling yang berbeda sesuai dengan karakteristik sensor dan kebutuhan tracking seperti pada Tabel 4.18.

Setiap record dalam *live_data* minimal memiliki field *start_time* yang menggunakan format *Unix epoch milliseconds* (UTC), dan satu atau lebih field metrik. Tidak ada record yang memiliki semua metrik sekaligus, namun sebaliknya setiap record biasanya hanya berisi satu atau dua metrik yang di-sample pada timestamp tersebut. Sebagai contoh, *heart rate* umumnya direkam dengan interval 1 detik, sementara *distance* dan *speed* mungkin direkam dengan interval yang berbeda atau hanya pada event tertentu seperti perubahan kecepatan signifikan.

Tabel 4.18. Struktur JSON file *live_data.json*

Field	Tipe data	Satuan	Deskripsi
<i>start_time</i>	integer	milidetik	Unix timestamp UTC waktu pengukuran
<i>heart_rate</i>	float	bpm	Detak jantung (beats per minute)
<i>speed</i>	float	m/s	Kecepatan pergerakan (meter per second)
<i>distance</i>	float	meter	Jarak akumulatif yang ditempuh
<i>cadence</i>	float	steps/min	Frekuensi langkah (steps per minute)
<i>percent_of_vo2max</i>	float	persen	Persentase dari VO2 max (kapasitas aerobik maksimal)
<pre>{ "cadence":103.069, "distance":1.4689941, "speed":1.36, "start_time":1749024285154} { "heart_rate":98.0, "start_time":1749024323316} { "percent_of_vo2max":23, "start_time":1749024308728}</pre>			

Rangkuman terhadap kondisi fisiologis pengguna selama aktifitas dapat dilihat pada Gambar 4.31. Pada metrik *speed* (kecepatan) yang terekam menunjukkan rentang dari 0 hingga 2,101 m/s, dengan rata-rata 1,382 m/s atau setara dengan 4,98 km/jam. Sementara *cadence* (jumlah langkah per menit) normal untuk aktivitas berjalan berkisar 100-120 steps/min, sementara running biasanya 160-180 steps/min. Pada nilai heart rate konsisten berkisar antara 102 hingga 127 *beats per minute* (bpm), dengan rata-rata sekitar 89 hingga 113.9 bpm pada setiap sesi. Rentang heart rate ini mengindikasikan aktivitas dengan intensitas *moderate* hingga *moderate-high*, sesuai dengan klasifikasi *American Heart Association* yang mendefinisikan *moderate intensity* sebagai 50-70% dari maximum heart rate dan *vigorous intensity* sebagai 70-85% (Heart, 2024). Sehingga berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan semua aktivitas setiap sesi masuk dalam kategori aktivitas berjalan cepat atau jogging sangat ringan. Nilai 0 m/s mengindikasikan momen ketika pengguna berhenti, kemungkinan di persimpangan jalan, istirahat sejenak, atau menunggu.



Gambar 4.31. Rangkuman fisiologis per sesi pada live_data.json

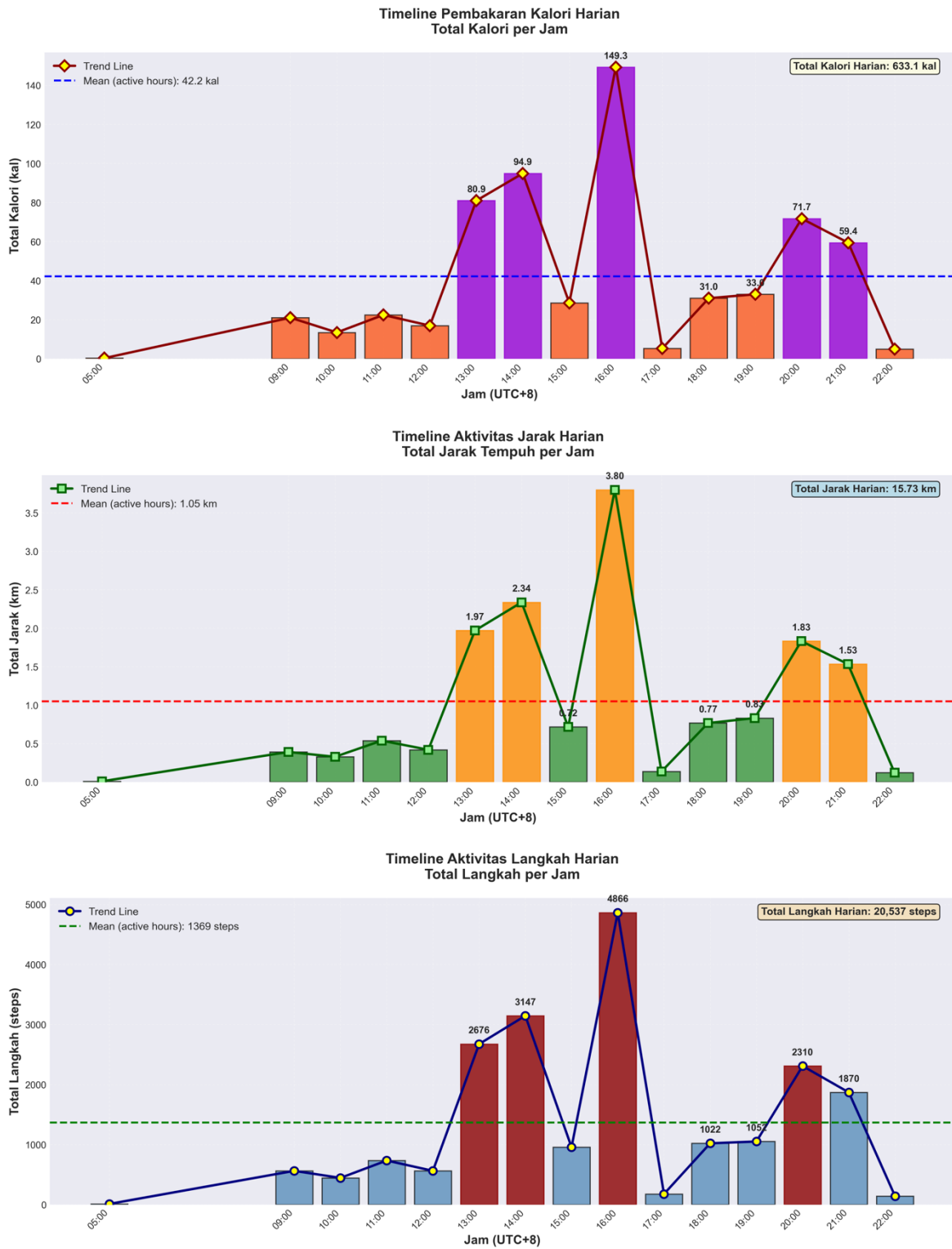
d. Analisis file *com.samsung.shealth.step_daily_trend.20250620085130.csv*

Analisis dari file *com.samsung.shealth.step_daily_trend.20250620085130.csv* pada tanggal 24 juni 2025 terdapat satu file JSON yang mencatat aktivitas langkah harian (*step daily*) dari smartwatch dalam format *binning data*. Masing-masing file berisi 144 bins yang merepresentasikan periode 24 jam penuh, dengan setiap bin merekam data aktivitas dalam interval 10 menit. Kedua file menunjukkan pola aktivitas yang serupa namun dengan perbedaan dalam intensitas dan distribusi langkah. File JSON *69c23056-a49b-4b27-8fb0-11153d10c5eb.binning_data.json* berisi array dengan 144 objek JSON, dimana masing-masing objek merepresentasikan satu bin aktivitas 10 menit. Struktur setiap bin adalah sebagai berikut

Tabel 4.19. Struktur JSON *step_daily_trend.json*

Field	Tipe Data	Satuan	Deskripsi
calorie	float	Kalori	Jumlah kalori yang terbakar
count	integer	Langkah	Jumlah langkah yang tercatat
distance	float	Meter	Jarak yang ditempuh
speed	float	Km/jam	Kecepatan rata-rata
<pre>{ "calorie": <float>, "count": <integer>, "distance": <float>, "speed": <float> }</pre>			

Tercatat total aktivitas harian menunjukkan angka yang tergolong sangat baik dengan 20.537 langkah, setara dengan jarak tempuh 15,73 km dan pembakaran kalori sebesar 633,08 kalori. Kecepatan rata-rata adalah 4,53 km/h, yang konsisten dengan kecepatan berjalan normal hingga sedikit cepat. Dari 63 data aktif, rata-rata setiap data mencatat 326 langkah dengan jarak rata-rata 249,65 meter per 10 menit. Bila dianalisis terhadap distribusi aktivitas sepanjang hari menunjukkan pola yang jelas dengan periode puncak aktivitas terjadi pada sore hari seperti pada Gambar 4.32. Grafik rekaman langkah, jarak, dan kalori pada aktivitas jalan kaki. Aktivitas dimulai sangat minimal di pagi hari (05:00) dengan hanya 12 langkah, kemudian meningkat bertahap mulai jam 09:00. Periode paling aktif terkonsentrasi pada jam 13:00-16:00 (siang hingga sore), dengan puncak tertinggi pada jam 16:00 yang mencatat 4.866 langkah dalam satu jam. Terdapat juga aktivitas signifikan di malam hari (20:00-21:00) dengan total 4.180 langkah dalam dua jam tersebut.



Gambar 4.32. Grafik rekaman langkah, jarak, dan kalori pada aktivitas jalan kaki

e. Analisis file *com.samsung.shealth.stress.20250620085130.csv*

Hasil akuisisi dari file *com.samsung.shealth.stress.20250620085130.csv* terdapat 13 file JSON dengan format *binning_data* yang merekam data tingkat stress (stress level) pengguna. File-file ini memiliki struktur yang lebih kompleks dibandingkan file *binning_data* aktivitas, mencakup nilai stress utama beserta nilai maksimum dan minimum dalam setiap interval perekaman. Data tercatat pada tanggal 4 Juni 2025, dimulai dari pukul 09:31 hingga 22:20 waktu lokal (UTC+8), dengan total durasi perekaman sekitar 10,15 jam.

File JSON tersebut merekam nilai atau *score* yang merepresentasikan tingkat stress dalam rentang 0-100, di mana nilai 0 mengindikasikan kondisi relaksasi penuh dan nilai 100 mengindikasikan stress maksimal. Setiap record tidak hanya menyimpan stress level rata-rata, tetapi juga mencatat nilai *score_max* (stress tertinggi) dan *score_min* (stress terendah) yang terjadi dalam interval tersebut, memberikan gambaran fluktuasi stress yang sangat detail dan berguna untuk analisis kondisi psikofisiologis pengguna.

Data yang direkam memiliki tujuh *field* yang dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu *field stress level* (*score*, *score_max*, *score_min*), *field temporal* (*start_time*, *end_time*), dan *field metadata* (*flag*, *level*). Urutan record dalam file adalah dari waktu terbaru ke waktu terlama, sehingga record pertama merupakan data terakhir dan record terakhir adalah data paling awal.

Field *score* merepresentasikan tingkat stress rata-rata atau representatif dalam interval 60 detik. Nilai ini berada dalam rentang 0-100, di mana 0 mengindikasikan kondisi relaksasi penuh tanpa stress, dan 100 mengindikasikan stress maksimal atau kondisi stress akut yang sangat tinggi. Samsung Health menghitung stress level berdasarkan *Heart Rate Variability* (HRV), di mana variabilitas rendah mengindikasikan stress tinggi dan variabilitas tinggi mengindikasikan kondisi relaks.

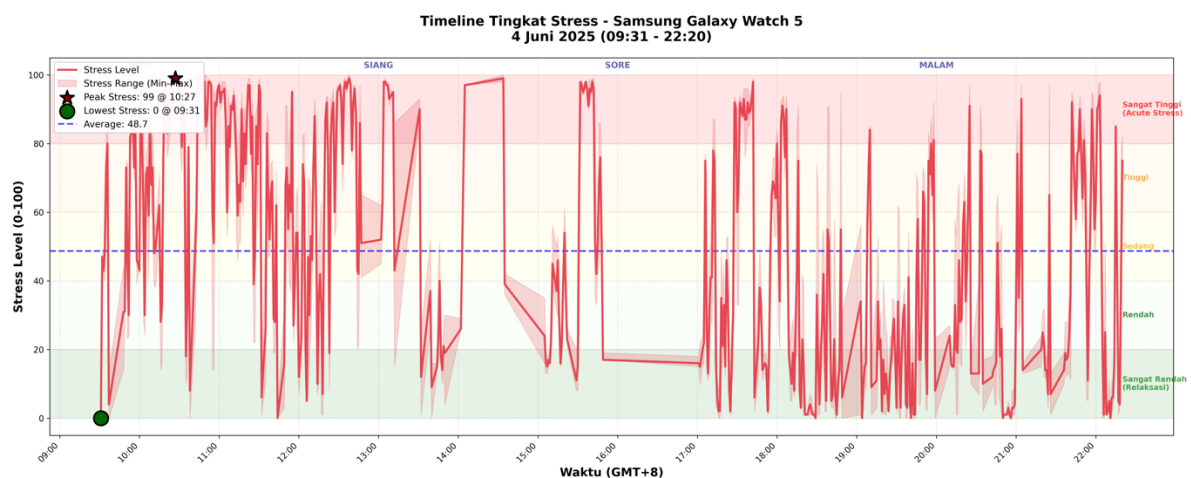
Tabel 4.20. Struktur JSON file *shealth.stress.json*

Field	Tipe Data	Satuan	Deskripsi
<i>score</i>	integer	Stress level	Tingkat stress rata-rata (0-100)
<i>score_max</i>	integer	Stress level	Tingkat stress maksimum dalam interval
<i>score_min</i>	integer	Stress level	Tingkat stress minimum dalam interval
<i>start_time</i>	integer	Milidetik	Timestamp UTC+0 waktu mulai interval
<i>end_time</i>	integer	Milidetik	Timestamp UTC+0 waktu akhir interval
<i>flag</i>	integer	-	Flag status atau tipe data
<i>level</i>	integer	-	Level atau tingkatan data

```
{
  "score":36,
  "score_max":76,
  "score_min":11,
  "flag":1,
  "level":1,
  "start_time":1749042000000,
  "end_time":1749042059000
}
```

Berdasarkan analisis data dalam file JSON tersebut, distribusi sesi sepanjang hari menunjukkan pola dengan jeda yang teridentifikasi di beberapa periode. Pada Gambar 4.33 dapat diperhatikan bahwa terdapat jeda pertama terjadi antara pukul 14:35 hingga 15:05 (30 menit), jeda kedua antara 15:49 hingga 17:01 (72 menit atau 1,2 jam), dan jeda minor antara 12:47 hingga 13:02 (15 menit). Jeda terpanjang 72 menit di sore hari kemungkinan merepresentasikan periode di mana smartwatch tidak dipakai, baterai discharge, atau pengguna melakukan aktivitas di mana stress tracking tidak aktif.

Analisis stress level berdasarkan periode hari menunjukkan pola tingkat stress yang dialami pengguna dalam keadaan aktivitas normal sehari-hari seperti Gambar 4.33. Periode pagi hingga siang (09:31-12:47) menunjukkan stress level mean yang tinggi berkisar 53-76, dengan puncak tertinggi pada jam 10:00-10:59 (mean 76,2). Periode siang hingga sore (13:00-17:59) menunjukkan stress level yang mulai menurun dengan mean 45-53, mengikuti pola penurunan stress alami sepanjang hari. Periode malam (18:00-22:20) menunjukkan stress level mean terendah berkisar 25-48, dengan nilai minimum terjadi pada 19:03-20:59 (mean 25-27).

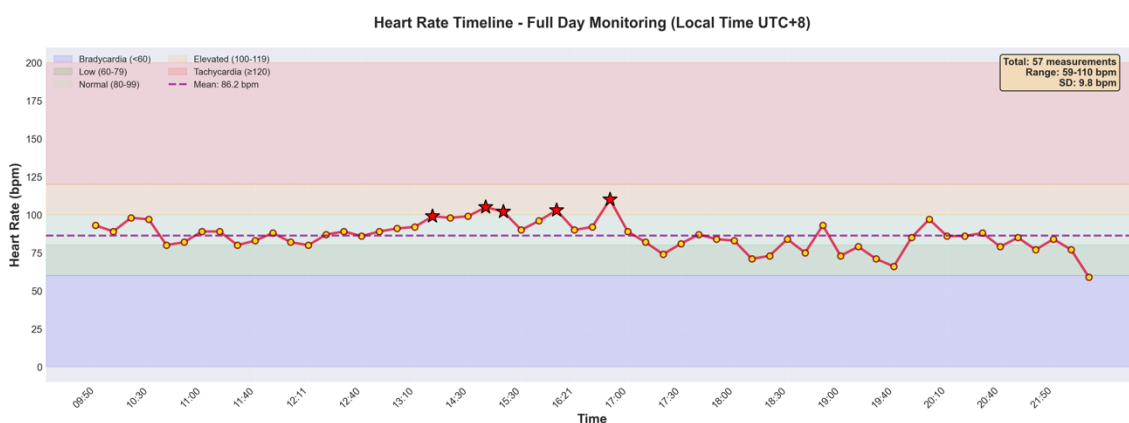


Gambar 4.33. *Timeline Tingkat Stress*

f. Analisis *com.samsung.health.tracker.heart_rate.20250620085130.csv*

File CSV *com.samsung.health.tracker.heart_rate.20250620085130.csv* ini berisi data pengukuran *heart rate* (detak jantung) yang direkam oleh Samsung Health melalui *smartwatch* selama periode 12 jam 20 menit pada tanggal 4 Juni 2025, dari pukul 09:50:29 hingga 22:10:34 (UTC+8). Dataset terdiri dari 57 record pengukuran dengan *heart rate* berkisar antara 59 hingga 110 *beats per minute* (bpm). File CSV tersebut memiliki 4 field utama untuk merekam detak jantung, yaitu *heart_rate* yang merupakan nilai detak jantung dalam bpm, *start_time* yang menandai waktu awal pengukuran dengan format YYYY-MM-DD HH:MM:SS, *time_offset* yang merupakan penanda zona waktu, dan *deviceuuid* yang merupakan kode unik sebagai penanda perangkat yang merekam data tersebut. Berdasarkan Tabel 4.3 *deviceuuid* yang tercatat adalah QluOZKjTTp yang berarti data tersebut direkam oleh *smartwatch*.

Dari 57 rekaman data dengan total durasi 740 menit (12.33 jam), pengukuran terekam sepanjang periode dengan jeda antar data yang wajar. Tidak ada pengukuran secara kontinyu per jamnya, melainkan pengukuran berdasarkan kejadian yang kemungkinan dipicu oleh jadwal otomatis dan terdeteksi sedang melakukan aktivitas tertentu. Rangkuman data dapat dilihat pada Gambar 4.34, yang berdasarkan klasifikasi *heart rate* (Heart, 2024) hasil analisis menunjukkan *heart rate* rata-rata sebesar 85,81 bpm dengan mayoritas pengukuran 70,7% berada dalam kategori normal *resting heart rate* 80-99 bpm. Tidak terdapat kategori *tachycardia* (≥ 120 bpm) dan hanya 1 rekaman data yang menunjukkan *bradycardia* ringan (< 60 bpm). Pola menunjukkan *heart rate* lebih tinggi di sore hari pada pukul 14:00 hingga 16:00 dengan nilai rata-rata sekitar 97-110 bpm dan menurun di malam hari ada pukul 17:00-22:00 dengan nilai rata-rata sekitar 68-87 bpm, yang konsisten dengan pola aktivitas harian normal.



Gambar 4.34. Timeline Detak jantung

g. Analisis *com.samsung.health.floors_climbed.20250620085130.csv*

File *com.samsung.health.floors_climbed.20250620085130.csv* merupakan catatan aktivitas naik lantai (*floors climbed*) dari smartwatch. Secara garis besar file ini berisikan riwayat kapan dan seberapa banyak melakukan aktivitas menaiki atau menuruni tangga untuk mencapai lantai berbeda. Data ini direkam secara otomatis oleh *smartwatch*, karena tidak ada menu untuk pengguna dapat memasukkan data secara manual. Terdapat 7 record aktivitas naik lantai yang tersebar sepanjang hari dari pukul 09:36 pagi hingga 22:17 malam. Secara keseluruhan, pengguna tercatat naik total 11 lantai dalam satu hari tersebut, dengan distribusi yang tidak merata sepanjang periode waktu yang terekam.

Dataset ini terdiri dari 7 file JSON, setiap record dalam dataset memiliki dua *field* utama, yaitu *end_time* yang merupakan timestamp dalam format *epoch milliseconds* yang menandai waktu selesai aktivitas naik lantai, dan *floor* yang merepresentasikan jumlah lantai yang berhasil didaki pada *record* tersebut. Semua nilai *floor* dalam dataset adalah 1.0, yang mengindikasikan bahwa setiap record merepresentasikan satu lantai yang didaki secara individual. Dimana setiap file dapat berisi antara 1 hingga 3 record aktivitas, dengan format data dalam setiap file adalah array dari objek JSON dengan struktur seperti pada Tabel 4.21 berikut.

Tabel 4.21. Struktur JSON file *floors_climbed.json*

Field	Tipe Data	Satuan	Deskripsi
<i>end_time</i>	integer	milidetik	Timestamp UTC+0 waktu akhir aktivitas
<i>floor</i>	integer	float	Jumlah lantai
<pre>{ "end_time":1749000989000, "floor":1.0 }</pre>			

Field *end_time* menggunakan format Unix epoch timestamp dalam satuan milidetik, dan field *floor* menggunakan tipe data *floating point* (1.0) meskipun dalam praktiknya selalu bernilai integer, kemungkinan untuk mengakomodasi sistem pengukuran yang lebih presisi seperti lantai mezanin dalam kondisi tertentu. Aktivitas naik lantai tercatat dalam total rentang waktu 12 jam 41 menit, dimulai dari pukul 09:36:09 dan berakhir pada pukul 22:17:41 (UTC+8). Namun, aktivitas tidak terdistribusi secara merata sepanjang hari. Terdapat jeda waktu yang signifikan antara beberapa aktivitas, yang mengindikasikan bahwa naik lantai bukanlah aktivitas kontinyu melainkan terjadi pada momen-momen tertentu

Analisis menunjukkan korelasi menunjukkan bahwa kedua dataset *s9aeca43b-bef9-4a14-a40f-b9e4fa385863.binning_data.json* dan *floors_climbed.json* (*com.samsung.health.floors_climbed.20250620085130.csv*) berasal dari hari yang sama, 4 Juni 2025 dan memiliki kemiripan yang identik. Semua 11 record dari data raw floors climbed berhasil dimapping ke dalam 7 bins yang aktif dalam binning data, dengan agregasi yang akurat berdasarkan window waktu 10 menit.

i. Analisis *com.samsung.shealth.activity.day_summary.20250620085130.csv*

File *com.samsung.shealth.activity.day_summary.20250620085130.csv* merupakan data ringkasan aktivitas harian dari smartwatch pada 4 Juni 2025. Data ini mencakup aktivitas pengguna yang terekam sepanjang hari dengan interval per 10 menit (600.000 milidetik). Sistem pencatatan menggunakan timestamp dalam format epoch milliseconds sejak tengah malam (midnight) untuk menandai setiap periode pengukuran. Secara keseluruhan, data menunjukkan bahwa pengguna memiliki hari yang cukup aktif dengan total 6 sesi aktivitas yang tercatat, menghasilkan jarak tempuh total 7,72 kilometer dan pembakaran kalori sebesar 560,47 kalori. Waktu aktif berjalan mencapai 230,18 menit (sekitar 3,8 jam) dengan total 20.537 langkah yang terhitung. File CSV ini merupakan rangkuman dari seluruh kegiatan yang dilakukan pengguna pada hari tersebut, sehingga data yang dimilikinya sebagian besar diambil dari file CSV atau JSON lainnya.

Dari file CSV tersebut terdapat file JSON yang membawa data lebih lengkap dengan nama *ddbfee49-ac4f-488a-aae0-28f9fedb6ecb.extra_data.json*. File JSON ini terdiri dari beberapa komponen utama yang saling melengkapi untuk memberikan gambaran komprehensif tentang aktivitas pengguna, yaitu (1) *Hourly Data List*, berisi 14 entri data per jam yang mencatat apakah pada jam tersebut pengguna bergerak atau tidak. Setiap entri memiliki *startTime* dalam format epoch milliseconds yang menandai awal periode pencatatan. (2) *ActivityList*, berisi catatan 6 sesi aktivitas yang terdeteksi oleh smartwatch. Setiap aktivitas memiliki informasi detail meliputi durasi, jarak, kalori yang terbakar, waktu mulai dan selesai, serta tipe aktivitas. Terdapat dua tipe aktivitas utama yang teridentifikasi: tipe 11007 (bersepeda) dan tipe 1001 (jalan kaki) (Samsung API, 2025), yang mana data ini pernah disinggung sebelumnya pada file *com.samsung.shealth.exercise.20250620085130.csv*. (3) *UnitDataList*, merupakan bagian paling detail dengan 63 unit data yang masing-masing merepresentasikan interval 10 menit (*TimeUnit*: 600.000 ms). Setiap unit mencatat berbagai metrik termasuk jarak, langkah berjalan, langkah berlari, waktu berjalan, waktu berlari, kalori, dan waktu olahraga. Data ini memungkinkan analisis pola

aktivitas dengan interval tinggi sepanjang hari. Dan terakhir (4) *Goal dan Achievement Metrics*, mencakup informasi tentang apakah pengguna dapat mencapai target aktif harian, seperti target adaptif (*mAdaptiveGoal*), status pencapaian target (*mIsGoalAchieved*), menit paling aktif (*MostActiveMinutes*), dan streak hari aktif (*StreakDayCount*).

Tabel 4.24. Ringkasan Aktivitas

Sumber Data	com.samsung.shealth.activity.day_summary		
Tanggal	4 Juni 2025		
Data	Nilai	Satuan	Normalisasi
deviceuuid	N7bZOv4L2T	Smartphone	-
exercise_time	7205000	Milidetik	120 menit
step_count	20537	Langkah	20537 langkah
active_time	14013470	Milidetik	170 menit
floor_count	11	Lantai	11 lantai
longest_active_time	2406482	Milidetik	40 menit
score	258		
move_hourly_count	14	Jam	14 jam
distance	15875.396	Meter	15.9 km
dynamic_active_time	770000	Milidetik	12,83 menit
calorie	891.17194	Kalori	891 kalori
run_time	681	Milidetik	0.01 menit
walk_time	13810964	Milidetik	130.1 menit

j. Analisis Hasil dan Kesimpulan

Hasil akuisisi digital forensik dari Samsung Galaxy Watch 5 terkait aktivitas harian telah menghasilkan sembilan kategori data yang saling melengkapi, seluruh aktifitas pada tanggal 4 Juni 2025 di Taiwan berhasil terekam dengan cukup lengkap, sehingga mampu memberikan gambaran komprehensif tentang aktivitas harian, kondisi fisiologis, dan pola perilaku pengguna. Data diperoleh dari file CSV yang dilengkapi file pendukung berupa file JSON sebagai detail terhadap suatu aktivitas. Sumber rekaman data berdasarkan *deviceuuid* pada setiap file cukup bervariasi, baik dari *smartwatch*, *smartphone* maupun kombinasi dari keduanya, namun data lebih mendominasi bersumber dari *smartwatch*.

Tidak ada data yang tercatat pada pukul 00:00 hingga 09:00 mengindikasikan belum adanya kegiatan atau *smartwatch* belum dikenakan. Sesuai dengan rencana, aktivitas mulai dilakukan selama pukul 09:00 hingga 23:00 mengindikasikan *smartwatch* telah dikenakan pengguna dan terus memantau aktivitas yang dilakukan sepanjang hari. Setiap data memiliki integritas yang baik dengan konsistensi nilai *Universally Unique Identifier* (UUID) antar metrik yang dapat diverifikasi setiap filenya. Keberadaan UUID untuk setiap aktivitas memungkinkan dapat ditelusuri dengan baik untuk keperluan investigasi lebih lanjut. Selain itu, *smartwatch* mampu mendeteksi lokasi dengan sangat presisi hingga berapa ketinggian diwilayah tersebut dengan fitur GPS bawaannya. Format *timestamp* dalam *epoch milliseconds* memberikan presisi yang tinggi sehingga memungkinkan rekonstruksi *timeline* aktivitas dengan detail yang memadai.

Data-data yang terekam mencakup aktivitas fisik, profil pengguna, data exercise terstruktur dengan GPS *tracking*, jumlah langkah, estimasi kalori, durasi aktifitas, tingkat stres, dan rangkaman aktivitas harian. Profil pengguna yang teridentifikasi adalah seorang laki-laki berusia 26 tahun dengan tinggi badan 178 cm dan berat badan 55 kg, menghasilkan *Body Mass Index* sebesar 17,36. Secara garis besar aktivitas pada tanggal 4 juni 2025 terdapat tingkat aktivitas fisik yang cukup tinggi dengan enam sesi *exercise* yang tercatat sepanjang hari. Data *activity day summary* dari smartwatch ini menunjukkan pola aktivitas harian yang terstruktur dengan dua puncak aktivitas utama pada siang hari sekitar pukul 13:00 hingga 14:00 dan sore hari sekitar pukul 16:00 hingga 17:00. Pengguna menunjukkan tingkat aktivitas yang cukup baik dengan 20.537 langkah dan estimasi jarak tempuh sekitar 15.9 km sepanjang hari. Tipe aktivitas yang tercatat dominan adalah berjalan kaki, sementara aktivitas bersepeda hanya muncul sekali dalam waktu singkat.

Berbeda dengan data dari analisis artefak pada aktivitas spesifik, pada analisis aktivitas harian ini tidak ada data mengenai catatan cuaca. Pada file *com.samsung.shealth.exercise.weather.20250620085130.csv* tidak memuat data cuaca pada tanggal 4 Juni 2025, walaupun tercatat ada aktivitas olahraga pada file *com.samsung.shealth.exercise.20250620085130.csv*. Hal ini dimungkinkan karena pada aktivitas spesifik dilakukan konfigurasi manual aktivitas berjalan pada *smartwatch*, sedangkan pada aktivitas harian ini tidak, sehingga data cuaca tidak terekam secara otomatis. Selain itu, terdapat data lain yang tak terekam adalah data *heart rate recovery*, yaitu detak jantung setelah melakukan aktivitas olahraga yang tercatat pada file *com.samsung.shealth.exercise.recovery_heart_rate.20250620085130.csv*.

Keterkaitan jadwal rencana aktivitas pada Tabel 4.9 dengan realita rekaman data pada *smartwatch* menunjukkan hasil yang positif. Secara garis besar hampir semua aktivitas luar ruangan berhasil di deteksi dan di rekam secara otomatis, karena selama aktivitas penulis tidak melakukan konfigurasi manual apapun pada *smartwatch*, sehingga apapun yang terekam dalam *smartwatch* adalah murni deteksi otomatis. Terdapat aktivitas yang tak terekam secara lengkap jenis aktivitasnya, seperti naik sepeda pada pukul 8.30 pagi untuk menapai halte di dalam Universitas National Chung Yang sisi selatan, dimana hanya sebagian kecil data yang terekam pada sesi ID *01f6b4fa-24fc-4e24-a39f-aa8289487a89*. Selain itu data pada malam hari ketika mengunjungi pusat kota Taoyuan dari Zhongli Rear Station pada pukul 19.45 hingga 21.30 tidak terekam secara utuh pada sesi ID *7d850adb-cfa4-4aa2-a41e-48d8e567d28e*. Terdapat aktivitas yang tidak terekam sama sekali selama pukul 9.30 hingga 13.00 ketika mengunjungi museum dan perjalanan, kemungkinan hal tersebut terjadi karena ruang lingkup aktivitas cukup sempit dan tidak melakukan gerakan fisik yang cukup intens. Namun data rekaman aktivitas yang tidak lengkap maupun tidak ada tersebut tetap terekam dalam bentuk data lain, seperti jumlah langkah, detak jantung, kalori, naik tangga, dan tingkat stress, sehingga tetap ada data untuk melakukan rekonstruksi linimasi pengguna *smartwatch*.

Aktivitas terekam dengan baik dan lengkap pada aktivitas luar ruangan, yaitu pada pukul 13.00 hingga 17.00 yang ketika melakukan aktivitas di Daxi Old Street dan Shihmen Reservoir. Selama aktivitas tersebut data aktivitas berjalan kaki, waktu, jumlah langkah, posisi GPS, ketinggian lokasi, dan data fisiologis lainnya dapat direkam secara lengkap dan otomatis oleh *smartwatch*. Namun dalam perekaman otomatis tersebut *smartwatch* tetap perlu waktu untuk mendeteksi jenis kegiatan, sehingga terdapat jeda pada titik GPS diawal posisi mulai berjalan dengan posisi aktual melakukan aktivitas.

Berdasarkan analisis data rekaman aktivitas harian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa *smartwatch* mampu mendeteksi secara otomatis dan lengkap terhadap setiap aktivitas yang dilakukan oleh penggunanya. Data yang bersifat *real-time* seperti jumlah langkah, detak jantung, tingkat stress, dan data fisiologis lainnya mampu direkam sepanjang hari dengan cukup akurat, sedangkan aktivitas fisik yang spesifik perlu dilakukan manual oleh pengguna untuk dapat merekam data yang lebih lengkap.

4.2.6 Skenario Relevansi Terhadap Kasus Nyata

Analisis terhadap artefak digital kegiatan harian telah berhasil dilakukan dan mendapatkan data yang cukup lengkap berdasarkan skenario yang telah direncanakan. Berdasarkan data tersebut, dilakukan pengembangan dan penyesuaian data agar dapat menggambarkan skenario nyata yang mungkin terjadi di keadaan sebenarnya. Untuk memberikan gambaran terhadap data *smartwatch* yang telah berhasil diakusisi dapat simulasi skenario kasus nyata seperti Tabel 4.25 berikut.

Tabel 4.25. Informasi Skenario Kasus

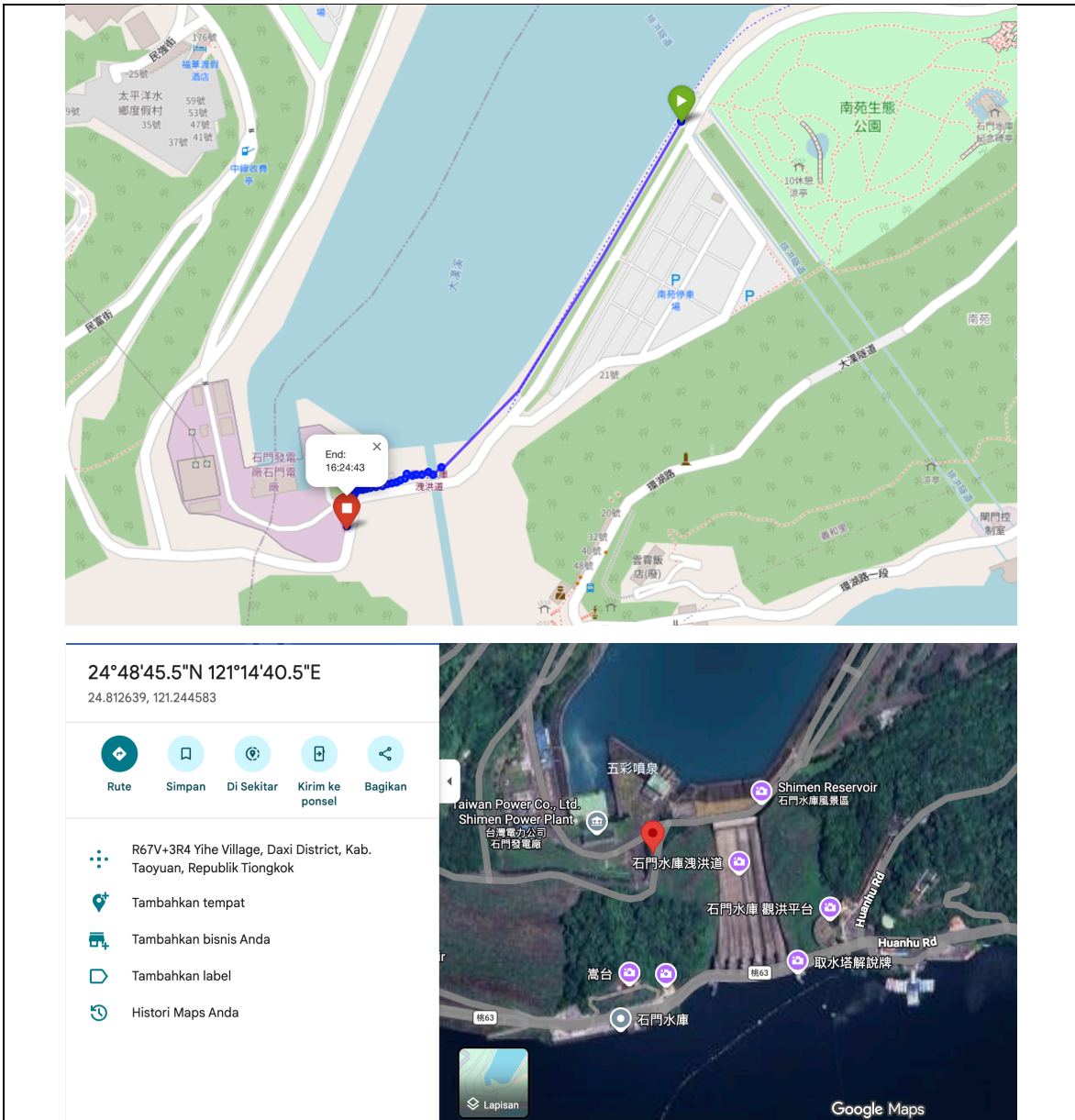
Tanggal Insiden	4 Juni 2025
Waktu Penemuan	16:30 WIB (GMT+8)
Lokasi Penemuan	Jalan umum, Taiwan (Koordinat: 24.8126301, 121.2445939)
Kondisi Korban	Ditemukan tergeletak tidak sadarkan diri, masih mengenakan smartwatch
Device	<i>Smartwatch</i> Samsung Galaxy Watch 5 dan <i>smartphone</i> Samsung S22
Status Device	Aktif, data dapat diekstrak
Penyebab Kejadian	Serangan jantung

a. Rangkuman Analisis

Analisis forensik digital terhadap data *smartwatch* Samsung Galaxy Watch 5 yang dikenakan korban pada saat penemuan telah berhasil mengidentifikasi keadaan yang mirip dengan serangan jantung mendadak. Ditemukan data detak jantung menunjukkan lonjakan tiba-tiba yang sangat tajam dari kondisi normal pada pukul 16:24, diikuti oleh penurunan detak jantung yang signifikan pada pukul 16:26. Timeline ini konsisten dengan penemuan korban 4 menit kemudian pada pukul 16:30. Analisis komprehensif terhadap riwayat tingkat aktifitas, pelacakan GPS, indikator tingkat stres, dan riwayat olahraga mendukung kesimpulan bahwa korban mengalami henti jantung yang dipicu oleh aktivitas yang terlalu berat dalam kondisi tubuh yang tidak sehat. Dilokasi kejadian tidak ditemukan indikasi aktivitas kriminal, penyeragan fisik, atau trauma berdasarkan pola data yang terekam.

b. Analisis 5W1H

WHAT
Pertanyaan : Apa kejadian yang dialami korban?
Penjelasan : Korban mengalami serangan jantung mendadak yang bersifat fatal. Data detak jantung dari <code>com.samsung.shealth.tracker.heart_rate.20250620085130.csv</code> menunjukkan pola yang sangat jelas, pada pukul 16:24:00 detak jantung korban tiba-tiba melonjak dari kondisi normal 110 <i>beats per minute</i> (bpm) menjadi 150 bpm dalam waktu kurang dari 60 detik. Lonjakan yang sangat cepat ini merupakan indikator kuat dari <i>ventricular tachycardia</i> atau <i>ventricular fibrillation</i>, yaitu kondisi di mana ruang jantung bagian bawah berkontraksi secara tidak teratur dan sangat cepat sehingga tidak mampu memompa darah secara efektif (Heart, 2024). Dalam waktu dua menit setelah detak jantung naik, pada pukul 16:26:00 detak jantung turun menjadi 0 bpm yang menandakan kondisi di mana jantung berhenti berdetak sama sekali.
WHO
Pertanyaan: Siapa yang korban dalam peristiwa tersebut?
Penjelasan: Berdasarkan data <code>com.samsung.shealth.calories_burned.details.20250620085130.csv</code> yang diakusisi dari <i>smartwatch</i>, dapat digali informasi profil fisiologis korban secara akurat. Korban adalah seorang laki-laki berusia 26 tahun dengan tinggi badan 178 cm dan berat badan 55 kg.
WHERE
Pertanyaan: Dimana lokasi kejadian?
Penjelasan: Berdasarkan data rekaman GPS terakhir yang didapatkan dari file <code>com.samsung.shealth.exercise.20250620085130.csv</code> menunjukkan korban berada di koordinat latitude 24.8126301 dan longitude 121.2445939 pada saat kejadian. Dimana bila dibandingkan dengan data Google Maps, lokasi ini berada di jalan umum yang sesuai dengan penemuan korban. Tingkat akurasi GPS yang ada pada timestamp tersebut berada pada nilai 6 meter dan berada diketinggian 168.44 meter dari permukaan laut. <pre>{"accuracy":7.0,"altitude":168.006,"latitude":24.8126564,"longitude":121.2445984,"start_time":1749025481821}, {"accuracy":7.0,"altitude":168.153,"latitude":24.8126428,"longitude":121.2445963,"start_time":1749025482833}, {"accuracy":6.0,"altitude":168.44,"latitude":24.8126301,"longitude":121.2445939,"start_time":1749025483842}]</pre>



WHEN

Pertanyaan : Kapan peristiwa tersebut terjadi?

Penjelasan :

Informasi tentang waktu terakhir dapat ditemukan pada file *com.samsung.health.movement.20250620085130.csv*, *com.samsung.shealth.stress.20250620085130.csv*, *com.samsung.shealth.step_daily_trend.20250620085130.csv*, *com.samsung.shealth.tracker.heart_rate.20250620085130.csv*, dan *com.samsung.shealth.exercise.20250620085130.csv* yang mencantumkan nilai waktu aktivitas terakhir dalam epoch 1749025483842, yang mana bila dikonversi menjadi hari Kamis, 4 Juni 2025 pukul 6:43:43.842 UTC+8.

WHY

Pertanyaan : Mengapa hal tersebut bisa terjadi?

Penjelasan :

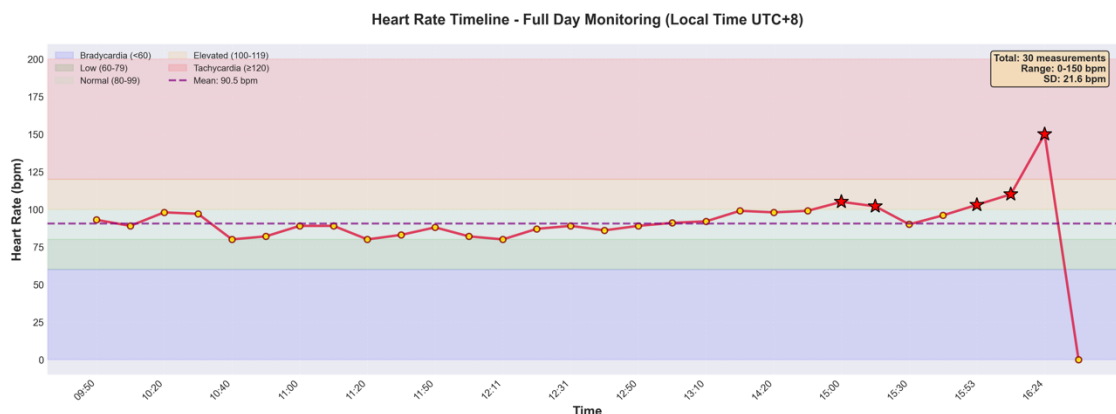
Menurut data aktivitas harian pada *com.samsung.health.movement.20250620085130.csv* dan *com.samsung.shealth.exercise.20250620085130.csv* menunjukkan bahwa korban memiliki riwayat aktivitas yang sangat aktif secara fisik, dengan lima sesi olahraga berjenis “jalan kaki” terekam pada tanggal 4 Juni 2025. Total durasi olahraga mencapai 109,4 menit (hampir 2 jam) dengan jarak tempuh kumulatif 7,72 kilometer. Kalori yang terbakar selama seluruh sesi olahraga mencapai 560,5 kkal. Ada kemungkinan korban memiliki riwayat penyakit jantung yang kemudian terpicu karena aktivitas fisik yang terlalu berat.

HOW

Pertanyaan : Bagaimana kronologi kejadian tersebut?

Penjelasan:

Berdasarkan data *com.samsung.shealth.tracker.heart_rate.20250620085130.csv* ditemukan bahwa menunjukkan pola yang sangat jelas, pada pukul 16:24:00 detak jantung korban tiba-tiba melonjak dari kondisi normal 110 *beats per minute* (bpm) menjadi 150 bpm dalam waktu kurang dari 60 detik. Diketahui nilai detak jantung yang terekam sebelum kejadian dinilai normal direntang 75 hingga 105 bpm, namun mulai naik pada sekitar pukul 15.00 yang kemudian kembali turun normal pada pukul 15.30.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Proses investigasi forensik artefak digital pada *wearable device*, khususnya pada *smartwatch* dengan sistem operasi WearOS Android telah berhasil dilakukan dengan proses koleksi data. Metode koleksi data tidak langsung pada *smartwatch*, namun pada aplikasi Samsung Health pada *smartphone*. Metode tersebut menjadi pilihan terbaik karena keterbatasan dalam mengakses data pada *smartwatch*. Keterbatasan ini disebabkan karena *smartwatch* Samsung Watch 5 yang telah bersistem operasi Android memiliki sistem keamanan yang lebih baik dibanding *smartwatch* Samsung lain sebelumnya. Terdapat sistem keamanan yang mengharuskan dilakukan proses *rooting* pada *smartwatch*, untuk dapat mengakses informasi lebih mendalam. Digital forensik mengedepankan integritas barang bukti, sehingga proses *rooting* tersebut sangat tidak direkomendasikan untuk dilakukan.

Pada penelitian terdahulu telah berhasil melakukan akusisi data di beberapa jenis merk *smartwatch* dengan data teknis yang lengkap, namun masih masih terbatas pada *smartwatch* yang belum menggunakan sistem operasi Android WearOS. Selain itu, dalam penelitian tersebut dilakukan proses *rooting* dengan melakukan manipulasi sistem operasi yang akan mempengaruhi integritas barang bukti. Pada penelitian ini penulis mendapatkan data yang cukup lengkap dari *smartwatch* Samsung Watch 5 tanpa melakukan proses *rooting* dan mampu digunakan sebagai barang bukti digital, dibuktikan dengan berbagai skenario kasus yang telah diuji sebelumnya. Penelitian ini selaras dengan peneltian sebelumnya dimana menyimpulkan bahwa forensik *smartwatch* masih berada pada tahap awal perkembangan dan memerlukan perhatian penelitian yang lebih serius. Seiring meningkatnya kemampuan teknis *smartwatch* dan semakin luasnya adopsi perangkat ini di masyarakat, kebutuhan akan metode forensik yang terstandarisasi, alat investigasi yang lebih canggih, serta kerangka hukum yang adaptif (Ingemarsson et al., 2025).

5.2 Saran

Analisis data pada penelitian ini sebagian besar dilakukan secara manual dengan mencocokkan waktu dan UUID setiap sesi aktivitas. Sehingga kedepan perlu adanya pengembangan metode baru untuk melakukan pengolahan data CSV dan JSON secara lebih efisien dan tetap mempertahankan integritasnya, mengingat bahwa jumlah data dari proses akusisi sangat banyak dan perlu kecermatan dalam memilah setiap datanya. Sedangkan pada sisi analisis forensik atau penelitian yang lebih lengkap, sangat disarankan untuk penelitian selanjutnya dapat mengintegrasikan hasil koleksi data dari aplikasi *Samsung Health* dengan sumber informasi lain. Data teknis seperti GPS, *call logs*, *message history*, log *network connection*, atau log *bluetooth* dapat memberikan konteks dan informasi tambahan untuk validasi aktivitas yang mungkin tidak tercatat secara lengkap. Selain itu, data terkait sistem Android pada *smartwatch* belum hadir dalam penelitian ini, sehingga perlu adanya penelitian lebih mendalam terkait metode akusisi data lainnya pada *smartwatch* bersistem operasi Android, sehingga data yang didapatkan bisa lebih lengkap dan mendalam.

Sebagai upaya untuk memperbanyak data dan informasi bagi pembaca, perlu menambahkan penelitian lanjutan dengan device merek lain yang menggunakan sistem operasi Android. Sehingga dapat diketahui apakah ada perbedaan metode akusisi dan data yang didapatkan dari merek lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Android Developer. (2025a, July 27). Android Debug Bridge (adb). *Android Debug Bridge (Adb)*. <https://developer.android.com/tools/adb?hl=id>
- Android Developer. (2025b, July 31). App data and files. *Data and File Storage Overview*. <https://developer.android.com/training/data-storage>
- Baggili, I., Oduro, J., Anthony, K., Breitinger, F., & McGee, G. (2015). Watch What You Wear: Preliminary Forensic Analysis of Smart Watches. *2015 10th International Conference on Availability, Reliability and Security*, 303–311. <https://doi.org/10.1109/ARES.2015.39>
- BBC. (2021, June 18). *Greece killing: Husband confesses to Caroline Crouch death*. <https://bbc.com/news/world-europe-57523469>
- Becirovic, S., & Mrdovic, S. (2019). Manual IoT Forensics of a Samsung Gear S3 Frontier Smartwatch. *2019 International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM)*, 1–5. <https://doi.org/10.23919/SOFTCOM.2019.8903845>
- Beckman, J. (2023, August 17). *15 Wearable Technology Statistics [2023 Edition]*. <https://techreport.com/statistics/wearable-technology-statistics/>
- Bell, C. (2022). Best Practices for On-Scene Identification, Seizure, and Preservation of Internet of Things (IoT) Devices. *Internet of Things*.
- Dawson, L., & Akinbi, A. (2021). Challenges and opportunities for wearable IoT forensics: TomTom Spark 3 as a case study. *Forensic Science International: Reports*, 3, 100198. <https://doi.org/10.1016/j.fsir.2021.100198>
- Dorai, G., Houshmand, S., & Aggarwal, S. (2020). *Data Extraction and Forensic Analysis for Smartphone Paired Wearables and IoT Devices*. Hawaii International Conference on System Sciences. <https://doi.org/10.24251/HICSS.2020.172>

- Fontaine, H. (2020). *The Rise of Smartwatch Data in Criminal Cases*. Harvard Undergraduate Law Review. <https://hulr.org/law-in-the-news/the-rise-of-smartwatch-data-in-criminal-cases>
- Hanna, J., & Chan, S. (2018, October 4). *The murder suspect denies it. The victim's Fitbit tells another story, police say*. <https://edition.cnn.com/2018/10/04/us/california-fitbit-killing/index.html>
- Hassenfeldt, C., Baig, S., Baggili, I., & Zhang, X. (2019). Map My Murder: A Digital Forensic Study of Mobile Health and Fitness Applications. *Proceedings of the 14th International Conference on Availability, Reliability and Security*, 1–12. <https://doi.org/10.1145/3339252.3340515>
- Hayes, A. (2022, July 10). *What Is Wearable Technology (Wearables)? Definition and Examples*. <https://www.investopedia.com/terms/w/wearable-technology.asp>
- Heart. (2024, August 12). Target Heart Rates Chart. *Target Heart Rates Chart*. <https://www.heart.org/en/healthy-living/fitness/fitness-basics/target-heart-rates>
- Hutchinson, S., Mirza, M. M., West, N., Karabiyik, U., Rogers, M. K., Mukherjee, T., Aggarwal, S., Chung, H., & Pettus-Davis, C. (2022). Investigating Wearable Fitness Applications: Data Privacy and Digital Forensics Analysis on Android. *Applied Sciences*, 12(19), 9747. <https://doi.org/10.3390/app12199747>
- Ingemarsson, J., Andersson, E., Kävrestad, J., & Birath, M. (2025). *A socio-technical perspective on forensic challenges in smartphones and smartwatches: A systematic literature review*.
- Janarthanan, T., Bagheri, M., & Zargari, S. (2021). IoT Forensics: An Overview of the Current Issues and Challenges. In R. Montasari, H. Jahankhani, R. Hill, & S. Parkinson (Eds.), *Digital Forensic Investigation of Internet of Things (IoT) Devices*

- (pp. 223–254). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60425-7_10
- Jeon, S., Chung, J., & Jeong, D. (2023). *Watch Out! Smartwatches as criminal tool and digital forensic investigations* (arXiv:2308.09092). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2308.09092>
- Kebande, V. R., Karie, N. M., Michael, A., Malapane, S., Kigwana, I., Venter, H. S., & Wario, R. D. (2018). Towards an Integrated Digital Forensic Investigation Framework for an IoT-Based Ecosystem. *2018 IEEE International Conference on Smart Internet of Things (SmartIoT)*, 93–98. <https://doi.org/10.1109/SmartIoT.2018.00-19>
- Kim, M., Shin, Y., Jo, W., & Shon, T. (2021). Security Analysis of Smart Watch and Band Devices. *2021 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*, 655–658. <https://doi.org/10.1109/CSCI54926.2021.00172>
- Kim, M., Shin, Y., Jo, W., & Shon, T. (2023). Digital forensic analysis of intelligent and smart IoT devices. *The Journal of Supercomputing*, 79(1), 973–997. <https://doi.org/10.1007/s11227-022-04639-5>
- Lartey, J. (2017, April 25). *This article is more than 7 years old Man suspected in wife's murder after her Fitbit data doesn't match his alibi.* <https://www.theguardian.com/technology/2017/apr/25/fitbit-data-murder-suspect-richard-dabate>
- MacDermott, A., Lea, S., Iqbal, F., Idowu, I., & Shah, B. (2019). Forensic Analysis of Wearable Devices: Fitbit, Garmin and HETP Watches. *2019 10th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/NTMS.2019.8763834>

- Meffert, C., Clark, D., Baggili, I., & Breitinger, F. (2017). Forensic State Acquisition from Internet of Things (FSAIoT): A general framework and practical approach for IoT forensics through IoT device state acquisition. *Proceedings of the 12th International Conference on Availability, Reliability and Security*, 1–11. <https://doi.org/10.1145/3098954.3104053>
- MOBILedit, Mobil. (n.d.). MOBILedit Smartwatch Kit. *MOBILedit Smartwatch Kit*.
- Odom, N. R., Lindmar, J. M., Hirt, J., & Brunty, J. (2019). Forensic Inspection of Sensitive User Data and Artifacts from Smartwatch Wearable Devices. *Journal of Forensic Sciences*, 64(6), 1673–1686. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14109>
- Oh, H., & Yoo, J. (2025). Real-Time Detection of At-Risk Movements Using Smartwatch IMU Sensors. *Applied Sciences*, 15(4), 1842. <https://doi.org/10.3390/app15041842>
- Saha, R., Sarkar, S., & Datta, S. K. (2017). Balancing security & sharing of fitness trackers' data. *2017 1st International Conference on Electronics, Materials Engineering and Nano-Technology (IEMENTech)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/IEMENTECH.2017.8076942>
- Samsung. (2022, June). Samsung Galaxy Watch 5. *Galaxy Watch 5 Specification*. <https://www.samsung.com/id/watches/galaxy-watch/galaxy-watch5-44mm-sapphire-bluetooth-sm-r910nzbaxse/>
- Samsung API. (2025). Predefined Exercise Type. *Predefined Exercise Type*. https://developer.samsung.com/health/android/data/api-reference/EXERCISE_TYPE.html
- Samsung Knox. (2025). About Samsung Knox. *About Samsung Knox*. <https://www.samsungknox.com/en/about-knox>

- Statista. (2024, July 5). *Number of users of smartwatches worldwide from 2020 to 2029*. Statista. <https://www.statista.com/forecasts/1314339/worldwide-users-of-smartwatches>
- Stoyanova, M., Nikoloudakis, Y., Panagiotakis, S., Pallis, E., & Markakis, E. K. (2020). A Survey on the Internet of Things (IoT) Forensics: Challenges, Approaches, and Open Issues. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 22(2), 1191–1221. <https://doi.org/10.1109/COMST.2019.2962586>
- Swan, M. (2012). Sensor Mania! The Internet of Things, Wearable Computing, Objective Metrics, and the Quantified Self 2.0. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 1(3), 217–253. <https://doi.org/10.3390/jsan1030217>
- Unuchek, R. (2017, June 21). Rooting your Android: Advantages, disadvantages, and snags. *Rooting Your Android: Advantages, Disadvantages, and Snags*. <https://www.kaspersky.com/blog/android-root-faq/17135/>
- USB Implementers Forum. Inc. (2007, April 4). *Universal Serial Bus Micro-USB Cables and Connectors Specification*.
- Valjarevic, A., Venter, H., & Petrovic, R. (2016). ISO/IEC 27043:2015—Role and application. *2016 24th Telecommunications Forum (TELFOR)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/TELFOR.2016.7818718>
- Yang, S. J., Choi, J. H., Kim, K. B., Bhatia, R., Saltaformaggio, B., & Xu, D. (2017). Live acquisition of main memory data from Android smartphones and smartwatches. *Digital Investigation*, 23, 50–62. <https://doi.org/10.1016/j.diin.2017.09.003>
- Zhang, Z., Wang, Y., Jing, J., Wang, Q., & Lei, L. (2014). Once Root Always a Threat: Analyzing the Security Threats of Android Permission System. In W. Susilo & Y. Mu (Eds.), *Information Security and Privacy* (Vol. 8544, pp. 354–369). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08344-5_23

LAMPIRAN A

Spesifikasi *Smartwatch* Samsung Watch 5

Jenis

Wearable

Smartwatch



<i>Jaringan</i>	Teknologi	GSM / HSPA / LTE
	2G bands	GSM 850 / 900 / 1800 / 1900
	3G bands	HSDPA 850 / 900 / 2100
	4G bands	LTE
	Speed	HSPA, LTE
<i>Tahun peluncuran</i>	Diumumkan	10 Agustus 2022
<i>Body</i>	Dimensi	4.4 x 43.3 x 9.8 mm
	Berat	33.5g (44mm), 28.7g (40mm)
	Kerangka	Glass front (Sapphire crystal), aluminum frame
	SIM	eSIM
	Standar	MIL-STD-810H compliant* 50m water resistant (IP68) Compatible with standard 20mm straps ECG certified Blood pressure monitor
<i>Display</i>	Tipe	Super AMOLED
	Ukuran	1.4 Inch
	Resolusi	450 x 450 pixels
	Jenis kaca	Sapphire crystal
<i>Platform</i>	OS	Android Wear OS 4, One UI Watch 5
	Chipset	Exynos W920 (5 nm)
	CPU	Dual-core 1.18 GHz Cortex-A55
	GPU	Mali-G68

<i>Memori</i>	Internal	16 GB
	RAM	1.5 GB
<i>Sound</i>	Loudspeaker	Ya
	3.5 mm jack	Tidak ada
<i>Konektifitas</i>	WLAN	Wi-Fi 802.11 a/b/g/n, dual-band
	Bluetooth	5.2, A2DP, LE
	Positioning	GPS, GLONASS, GALILEO, BDS
	NFC	Yes
	Radio	No
	USB	No
<i>Fitur</i>	Sensor	<i>Accelerometer, gyro, heart rate, barometer, thermometer (skin temperature)</i>
<i>Baterai</i>	Tipe	Li-Ion 410 mAh, non-removable
	Charging	10W wireless (Qi)

Sumber : https://www.gsmarena.com/samsung_galaxy_watch5-11748.php

LAMPIRAN B

Spesifikasi *Smartphone* Samsung S22

Jenis

Smartphone



<i>Jaringan</i>	Teknologi	GSM / CDMA / HSPA / EVDO / LTE / 5G
	2G bands	GSM 850 / 900 / 1800 / 1900 - SIM 1 & SIM 2 (Dual SIM model only) CDMA 800 / 1900 & TD-SCDMA
	3G bands	HSDPA 850 / 900 / 1700(AWS) / 1900 / 2100 CDMA2000 1xEV-DO
	4G bands	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 12, 13, 17, 18, 19, 20, 25, 26, 28, 32, 38, 39, 40, 41, 66 - International
	5G Bands	1, 2, 3, 5, 7, 8, 12, 20, 25, 28, 38, 40, 41, 66, 75, 77, 78 SA/NSA/Sub6 - International
	Speed	HSPA 42.2/5.76 Mbps, LTE (7CA) Cat20 2000/200 Mbps, 5G (5+ Gbps DL)
<i>Tahun peluncuran</i>	Diumumkan	9 Februari 2022
<i>Body</i>	Dimensi	146 x 70.6 x 7.6 mm
	Berat	167 g / 168 g
	Kerangka	Glass front (Gorilla Glass Victus+), glass back (Gorilla Glass Victus+), aluminum frame
	SIM	Nano-SIM and eSIM or Dual SIM (2 Nano-SIMs and eSIM, dual stand-by)
	Standar	IP68 dust/water resistant (up to 1.5m for 30 min)

<i>Display</i>	Type	Dynamic AMOLED 2X, 120Hz, HDR10+, 1300 nits (peak)
	Ukuran	6.1 inches, 90.1 cm ² (~87.4% screen-to-body ratio)
	Resolusi	1080 x 2340 pixels, 19.5:9 ratio (~425 ppi density)
	Jenis kaca	Corning Gorilla Glass Victus+
<i>Platform</i>	OS	Android 12, upgradable to Android 14, One UI 6.1
	Chipset	Qualcomm SM8450 Snapdragon 8 Gen 1 (4 nm)
	CPU	Octa-core (1x3.00 GHz Cortex-X2 & 3x2.50 GHz Cortex-A710 & 4x1.80 GHz Cortex-A510)
	GPU	Adreno 730
<i>Memori</i>	Internal	128 GB
	RAM	8 GB
<i>Kamera Utama</i>	Triple	50 MP, f/1.8, 23mm (wide), 1/1.56", 1.0µm, dual pixel PDAF, OIS 10 MP, f/2.4, 70mm (telephoto), 1/3.94", 1.0µm, PDAF, OIS, 3x optical zoom 12 MP, f/2.2, 13mm, 120° (ultrawide), 1/2.55" 1.4µm, Super Steady video
	Fitur	LED flash, auto-HDR, panorama
	Resolusi Video	8K@24fps, 4K@30/60fps, 1080p@30/60/240fps, 720p@960fps, HDR10+, stereo sound rec., gyro-EIS
<i>Kamera Depan</i>	Single	10 MP, f/2.2, 26mm (wide), 1/3.24", 1.22µm, dual pixel PDAF
	Fitur	Dual video call, Auto-HDR
	Resolusi Video	4K@30/60fps, 1080p@30fps
<i>Sound</i>	Loudspeaker	Yes, with stereo speakers
	3.5 mm jack	No 32-bit/384kHz audio Tuned by AKG

<i>Konektifitas</i>	WLAN	Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac/6, dual-band, Wi-Fi Direct
	Bluetooth	5.2, A2DP, LE
	Positioning	GPS, GLONASS, BDS, GALILEO
	NFC	Ya
	Radio	Tidak
	USB	USB Type-C 3.2, OTG
<i>Fitur</i>	Sensor	Fingerprint (under display, ultrasonic), accelerometer, gyro, proximity, compass, barometer
	Multitask	Samsung DeX, Samsung Wireless DeX (desktop experience support)
<i>Baterai</i>	Tipe	Li-Ion 3700 mAh, non-removable
	Charging	25W wired, PD3.0 15W wireless (Qi/PMA) 4.5W reverse wireless

Sumber : https://www.gsmarena.com/samsung_galaxy_s22_5g-11253.php