

Forensic Analysis of Artifacts on the Latest Generation of Smartwatch using NIST Method for Alibi Verification and User Activity Reconstruction

[Analisis Artefak Forensik pada Smartwatch Generasi Terbaru menggunakan Metode NIST untuk Pembuktian Alibi dan Rekonstruksi Aktivitas Pengguna]

Mohammad Krisna Rifkiansyah¹⁾, Azmuri Wahyu Azinar ^{*,2)}

¹⁾Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: azmuri@umsida.ac.id

Abstract. *Advances in wearable technology have positioned smartwatches as a potential source of digital evidence in forensic investigations. This study analyzes forensic artifacts generated by a latest-generation smartwatch and evaluates their role in supporting digital forensic investigations using the NIST framework (collection, examination, analysis, and reporting). An experimental simulation was conducted on a Redmi Watch 5 Lite connected to a smartphone and cloud services. The results show that GPS location data, activity logs, and biometric data can be temporally and spatially correlated to reconstruct user activities and verify alibis. These findings highlight the potential of smartwatches as valuable sources of digital forensic evidence.*

Keywords – digital forensic, smartwatch, NIST, digital artefact, activity reconstruction

Abstrak. *Perkembangan dalam teknologi wearable telah menempatkan smartwatch sebagai sumber potensial bukti digital dalam penyelidikan forensik. Studi yang saya lakukan menganalisis artefak forensik yang dihasilkan oleh smartwatch generasi terbaru dan mengevaluasi perannya dalam mendukung penyelidikan forensik digital menggunakan kerangka kerja NIST (pengumpulan, pemeriksaan, analisis, dan pelaporan). Simulasi eksperimental dilakukan pada Redmi Watch 5 Lite yang terhubung ke smartphone dan layanan cloud. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa data lokasi GPS, catatan aktivitas, dan data biometrik dapat dikorelasikan secara temporal dan spasial untuk merekonstruksi aktivitas pengguna dan memverifikasi alibi. Temuan ini menyoroti potensi jam tangan pintar sebagai sumber bukti forensik digital yang berharga.*

Kata Kunci - forensik digital, smartwatch, NIST, artefak digital, alibi, rekonstruksi aktivitas

I. PENDAHULUAN

Era digital sekarang ini, bukti digital telah menjadi elemen yang sangat penting dalam proses investigasi forensik. Penelitian menunjukkan bahwa data digital seperti surat elektronik, metadata, serta log lokasi digunakan dalam sebagian besar kasus kriminal modern, sehingga menegaskan peran dominan bukti digital dalam proses pembuktian hukum [1]. Bukti digital tidak lagi berfungsi sebagai pelengkap, melainkan telah menjadi komponen utama dalam penegakan hukum berbasis teknologi.

Perkembangan teknologi pada perangkat wearable seperti smartwatch semakin berpotensi menjadi sumber bukti digital yang bernilai forensik. Aplikasi pendukung smartwatch seperti Fitbit mampu merekam berbagai data aktivitas pengguna, termasuk lokasi GPS, aktivitas olahraga, pola tidur, notifikasi, serta interaksi pengguna dengan asisten suara seperti Alexa atau Google Assistant [2]. Informasi tersebut memiliki nilai forensik yang signifikan dan dapat dimanfaatkan untuk mendukung pembuktian alibi maupun penyusunan kronologi kejadian secara temporal dan spasial [3].

Analisis artefak digital pada smartwatch generasi terbaru menghadapi sejumlah tantangan teknis. Perangkat ini umumnya menggunakan sistem operasi seperti Wear OS, watchOS, dan sistem operasi sejenis yang menerapkan mekanisme keamanan tingkat tinggi, termasuk enkripsi data dan manajemen sistem file yang kompleks [4]. Proses ekstraksi data menjadi lebih terbatas, di mana beberapa artefak hanya dapat diperoleh melalui pendekatan analisis tidak langsung akibat keterbatasan akses terhadap sistem penyimpanan internal perangkat [2]. Permasalahan yang

muncul adalah bagaimana cara menganalisis artefak digital dari smartwatch generasi terbaru secara sistematis dan valid untuk kepentingan pembuktian forensik.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis artefak forensik yang dihasilkan oleh smartwatch generasi terbaru menggunakan metode NIST. Penelitian difokuskan pada identifikasi jenis artefak digital yang dapat diperoleh serta pemanfaatannya dalam pembuktian alibi dan rekonstruksi aktivitas pengguna.

Kerangka kerja yang banyak digunakan dalam forensik digital adalah metode yang dikembangkan oleh NIST. Metode ini mencakup tahapan collection, examination, analysis, dan reporting yang dirancang untuk menjaga integritas data serta meningkatkan konsistensi dan validitas hasil investigasi digital [5]. Penerapan metode NIST juga telah digunakan dalam pengujian alat dan teknik forensik digital guna memastikan reliabilitas serta keterulangan hasil analisis [6].

Permasalahan dalam penelitian ini diselesaikan melalui penerapan metode NIST pada analisis artefak forensik smartwatch menggunakan skenario simulasi aktivitas pengguna. Hasil pada penelitian yang dilakukan dapat diharapkan memberi kontribusi untuk pengembangan kajian forensik digital pada perangkat wearable, khususnya smartwatch, serta menjadi referensi bagi penelitian dan investigasi forensik selanjutnya.

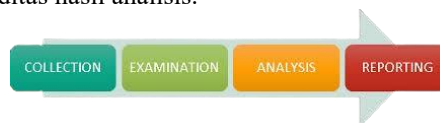
II. METODE

2.1 Pendekatan Penelitian

Pendekatan eksperimental dan analitis dalam bidang forensik digital dengan skenario simulasi aktivitas digunakan dalam penelitian ini, objek penelitian berupa smartwatch generasi terbaru. Pendekatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis artefak digital yang dihasilkan oleh perangkat smartwatch serta mengevaluasi pemanfaatannya dalam pembuktian alibi dan rekonstruksi aktivitas pengguna [7].

2.2 Kerangka Kerja Forensik (Metode NIST)

Penelitian ini menerapkan metode forensik digital yang merujuk kepada kerangka kerja NIST. Metode NIST dipilih karena menyediakan tahapan investigasi yang sistematis dan terstandar, sehingga mampu menjaga integritas bukti digital serta meningkatkan validitas hasil analisis.



Gambar 1. Alur metode NIST

Tahapan metode NIST yang diterapkan dalam penelitian ini meliputi Collection, Examination, Analysis, dan Reporting ditunjukkan pada Gambar 1.

2.3 Tahapan Penelitian

a. Collection

Tahap collection, dilakukan pembuatan skenario aktivitas, proses pengumpulan data forensik. Akuisisi data mencakup artefak yang tersimpan pada perangkat smartwatch, aplikasi pendukung, serta data hasil sinkronisasi yang tersedia. Proses pengumpulan data dilakukan dengan tetap menjaga keutuhan data dan meminimalkan perubahan terhadap bukti digital.

b. Examination

Tahap examination dilakukan untuk menyeleksi dan mengekstraksi artefak digital yang relevan dengan tujuan penelitian. Artefak yang dianalisis meliputi data aktivitas pengguna, informasi lokasi, timestamp, log aktivitas, serta data biometrik.

c. Analysis

Tahap analysis bertujuan untuk menginterpretasikan artefak digital yang telah diekstraksi guna menyusun alibi dan merekonstruksi aktivitas pengguna. Analisis dilakukan dengan mengkorelasikan berbagai artefak

berdasarkan aspek waktu dan aktivitas, sehingga diperoleh gambaran kronologi kejadian yang konsisten. Hasil analisis dievaluasi untuk menilai relevansi dan keandalan artefak dalam konteks pembuktian forensik.

d. **Reporting**

Tahap reporting merupakan proses pelaporan dari hasil forensik yang didapat. Pelaporan dilakukan sesuai prinsip forensik digital untuk memastikan transparansi, keterulangan, dan keterterimaan hasil.

2.4 **Lingkup dan Batasan Penelitian**

Artefak digital pada penelitian ini dihasilkan oleh smartwatch Redmi Watch 5 Lite yang terhubung dengan smartphone pendamping melalui bluetooth sebagai objek penelitian. Perangkat ini dipilih berdasarkan pada karakteristik smartwatch generasi terbaru dengan sistem operasi dan mekanisme keamanan modern. Analisis forensik dalam penelitian ini dilakukan dengan memperhatikan aspek legalitas penggunaan data. User agreement Xiaomi memiliki ketentuan, pengguna yang menggunakan produk Xiaomi telah menyetujui ketentuan dukungan teknis, termasuk kemungkinan pemberian akses terbatas terhadap data tertentu kepada pihak ketiga dalam rangka dukungan teknis dan layanan terkait. Penelitian ini berada dalam batasan legalitas yang telah disepakati antara pengguna dan pihak penyedia perangkat. Penelitian ini tidak membahas eksploitasi keamanan, pelanggaran privasi, maupun pengambilan data diluar ketentuan yang diizinkan oleh kebijakan resmi perangkat. Alat forensik yang digunakan terbatas hanya yang dapat diakses saja, sehingga pemaparan lebih detail tidak diterapkan. Metode forensik yang digunakan terbatas pada kerangka kerja NIST, tanpa melakukan perbandingan dengan metode forensik lainnya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 **Fase 1: Collection (Pengumpulan)**

a. **Persiapan Skenario**

Penelitian ini menggunakan skenario simulasi investigasi forensik berbasis kasus hipotetis untuk mengevaluasi pemanfaatan artefak digital dari *smartwatch* dalam pembuktian alibi dan rekonstruksi aktivitas pengguna. Skenario ini dirancang secara terkontrol tanpa merujuk pada kasus nyata dan hanya digunakan sebagai konteks eksperimental.

Skenario ini meliputi, seorang pengguna *smartwatch* diasumsikan menjadi subjek investigasi terkait suatu peristiwa yang sedang diselidiki pada rentang waktu 8 Desember 2025 pukul 04:45 WIB. Subjek mengklaim melakukan aktivitas rutin berupa olahraga pagi yang melibatkan perpindahan lokasi dan aktivitas fisik. Subjek dalam skenario simulasi mengajukan klaim alibi berupa “saya melakukan kegiatan rutin saya pada hari itu, berolahraga seperti biasanya, kalau tidak salah pada persimpangan jalan bohar dan ganting, ada sepeda motor yang melewati saya berbelok ke arah ganting, pengemudinya sama seperti yang ada diciri-ciri, jika tidak percaya bisa cek *smartwatch* saya, ada catatan aktivitas saya pada hari itu lengkap dengan lokasi saya”,

Aktivitas simulasi dilakukan pada pagi hari pukul 04.31 WIB dengan rute pergerakan yang melibatkan beberapa ruas jalan berbeda. *Smartwatch* mencatat berbagai artefak digital, termasuk data lokasi GPS, langkah kaki, detak jantung, durasi aktivitas, serta log waktu.

Skenario ini digunakan sebagai dasar untuk menguji sejauh mana artefak digital dari smartwatch dapat mendukung atau menyangkal alibi pengguna melalui korelasi data temporal dan spasial menggunakan kerangka kerja NIST.

- b. Identifikasi Sumber Bukti
1. *Smartwatch*



Gambar 2. *Smartwatch* xiaomi redmi watch 5 lite

Gambar 2 merupakan *smartwatch* yang terhubung dengan *smartphone* pendamping, berisi data-data yang akan diekstraksi pada penelitian ini.

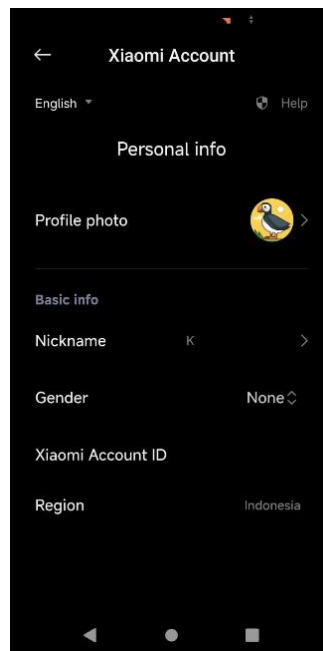
2. *Smartphone* pendamping



Gambar 3. *Smartphone* pendamping

Smartphone pendamping yang terkoneksi dengan *smartwatch* lewat *bluetooth* pada Gambar 3 yang memungkinkan data *smartwatch* saling terhubung.

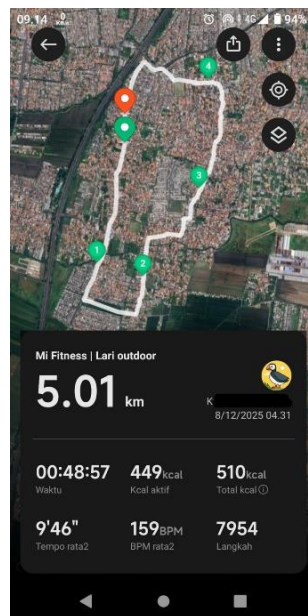
3. Sinkronisasi dengan akun *cloud* (Xiaomi Cloud)



Gambar 4. Akun xiaomi

Akun Xiaomi subjek yang terhubung ke *cloud* pada Gambar 4 merupakan akun *cloud* yang dapat digunakan untuk ekstraksi data *smartwatch*

- c. Akuisisi Data
 - 1. Aplikasi pihak ketiga (Mi Fitness)



Gambar 5. Data dari aplikasi

Tampilan data olahraga pada Gambar 5 yang menampilkan data paling penting yaitu waktu data itu dibuat, GPS, hingga kapan pengguna menyelesaikan aktivitasnya.



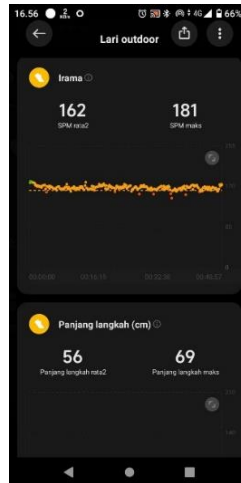
Gambar 6. Data lanjutan

Peningkatan irama detak jantung oleh pengguna dapat dilihat pada Gambar 6, ini bisa mengindikasikan pengguna melakukan aktivitas yang membuat detak jantung berdetak dengan cepat, seperti berolahraga atau melakukan kejahatan.



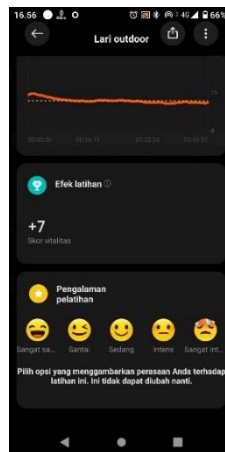
Gambar 7. Data lanjutan ke-2

Tempo atau kecepatan pengguna bergerak, grafik tempo menunjukkan penurunan yang ditampilkan pada Gambar 7, artinya pengguna berlari dengan cepat pada awal dan melambat lalu stabil hingga akhir.



Gambar 8. Data lanjutan ke-3

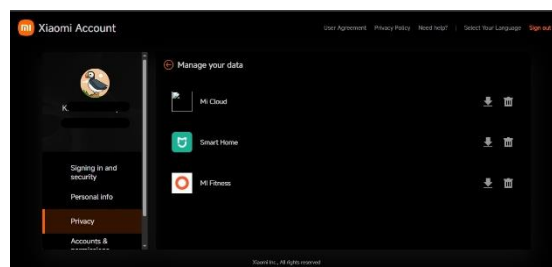
Irama atau cepatnya langkah kaki yang ada pada Gambar 8 mengindikasikan langkah kaki pengguna terlihat stabil, menunjukkan pengguna sedang berlari.



Gambar 9. Data lanjutan ke-4

Grafik panjang langkah terlihat stabil diangka 50 an seperti pada Gambar 9, ini menunjukkan pengguna sedang berlari pada saat itu.

2. Unduhan data dari *cloud*



Gambar 10. Data dari *cloud*

Data dari *cloud* didapat dengan cara diunduh dari *website*, terlihat pada Gambar 10 menampilkan halaman unduhan.

Name	Date modified	Type	Size
20251214_6809180038_MiFitness_hlth_center_sport_record.csv	12/14/2025 5:50 PM	Microsoft Excel C...	100 KB

Gambar 11. Data hasil unduhan

File data hasil unduhan pada Gambar 11 merupakan data yang didapat dari *website*, data tersebut berupa excel.

152	6.81E+09	8.54E+08	core_train	1.76E+09	core_train	("avg_hrm": 1.76E+09
153	6.81E+09	8.54E+08	outdoor_r	1.76E+09	running	("avg_cad": 1.76E+09
154	6.81E+09	8.54E+08	outdoor_r	1.76E+09	running	("avg_cad": 1.76E+09
155	6.81E+09	8.54E+08	outdoor_r	1.77E+09	running	("avg_cad": 1.77E+09
156	6.81E+09	8.54E+08	outdoor_r	1.77E+09	running	("avg_cad": 1.77E+09
157	6.81E+09	8.54E+08	outdoor_r	1.77E+09	running	("avg_cad": 1.77E+09
158	6.81E+09	8.54E+08	core_train	1.77E+09	core_train	("avg_hrm": 1.77E+09
159	6.81E+09	8.54E+08	outdoor_r	1.77E+09	running	("avg_cad": 1.77E+09
160	6.81E+09	8.54E+08	outdoor_r	1.77E+09	running	("avg_cad": 1.77E+09
161	6.81E+09	8.54E+08	outdoor_r	1.77E+09	running	("avg_cad": 1.77E+09

Gambar 12. Isi data unduhan

Data-data yang terekstrak dari *smartwatch* yang terlihat pada Gambar 12, data mulai dari awal pemakaian *smartwatch* hingga terakhir digunakan, kolom berwarna hijau merupakan data yang cocok dengan skenario yang telah dibuat.

Tabel 1. Isi data unduhan

Uid	Sid	Key	Time
6809180038	853629198	outdoor running	1765143088

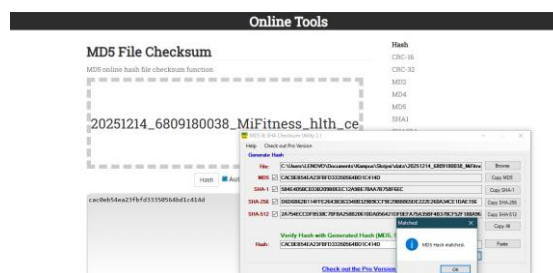
Data unduhan berisi Uid, Sid, Key, Time, pada Tabel 1 menggunakan format value yang tersimpan pada sistem *cloud*.

Tabel 2. Lanjutan isi data unduhan

Category	Value	UpdateTime
running	{"avg_cadence":162,"avg_hrm":159,"avg_pace":586,"avg_speed":6.13,"avg_stride":56,"calories":449,"distance":5008,"duration":2937,"end_time":1765146036,"hrm_aerobic_duration":972,"hrm_anaerobic_duration":1932,"hrm_extreme_duration":0,"hrm_fat_burning_duration":21,"hrm_warm_up_duration":12,"max_cadence":181,"max_hrm":176,"max_pace":435,"max_speed":8.26,"min_hrm":103,"min_pace":1500,"proto_type":22,"sport_type":1,"start_time":1765143088,"steps":7954,"target_value":{"3":5000},"time":1765143088,"total_cal":510,"timezone":28,"version":5,"vitality":7}	1765229892

Data berisi Category, Value, Update Time, dari Tabel 2 dapat dilihat isi value pada data tersebut sesuai dengan data dari aplikasi, menunjukkan data unduhan tersinkron dengan *smartwatch*.

- d. Preservasi Integritas
1. Hashing Data



Gambar 13. MD5 checksum

File data unduhan dicek MD5 nya, didapat MD5 sesuai, ditunjukkan pada Gambar 13 dari *website* maupun dari alat forensik, sehingga ini menunjukkan keaslian data.

3.2 Fase 2: Examination (Pemeriksaan)

a. Ekstaraksi Artefak

Tabel 3. Artefak *Smartwatch*

Log	Aktivitas	Biometrik	Lokasi
04:31	Berolahraga	Detak jantung 115 BPM, Panjang langkah 67cm	Ketapang
04:40	Berolahraga	Detak jantung 158 BPM, Panjang langkah 58cm	Suko
04:50	Berolahraga	Detak jantung, 158 BPM, Panjang langkah 57cm	Bohar
05:00	Berolahraga	Detak jantung, 161 BPM, Panjang langkah 56cm	Wage
05:10	Berolahraga	Detak jantung, 158 BPM, Panjang langkah 51cm	Wage
05:20	Berolahraga	Detak jantung 166 BPM, Panjang langkah 52cm	Ketapang

Artefak yang didapat dari *smartwatch* berisi data-data antara lain log, aktivitas, biometrik, dan juga lokasi, sesuai Tabel 3 artefak ini yang digunakan nanti untuk pembuktian alibi dan rekonstruksi aktivitas pengguna.

3.3 Fase 3: Analysis (Analisis)

a. Analisis Skenario Alibi

1. Pengguna berlokasi di Tempat Kejadian Perkara (TKP) disaat terjadinya aksi, terlihat dari korelasi waktu dan lokasi kejadian, lalu pengguna berpindah melewati jalan bohar, wage, lalu kembali ke tempat awal aktivitas dimulai.
2. Pola aktivitas sesuai dengan apa yang subjek katakan, subjek berolahraga, dapat dilihat dari artefak biometrik nya, detak jantung pengguna dan langkah kakinya berada dikisaran seseorang pada saat berolahraga lari.

b. Rekonstruksi Aktivitas

1. Subjek memulai kegiatan berolahraga pada pukul 04:31 WIB, lokasi awal menunjukkan berada pada jalan ketapang dengan detak jantung diangka 115 *Bit Per Minute* (BPM) dan panjang langkah 67cm, pada pukul 04:40 subjek sudah bergerak sejauh 1 kilometer, lokasi berada pada jalan suko dengan detak jantung diangka 158 BPM dan panjang langkah 58cm, pada pukul 04:50 subjek sudah bergerak sejauh 2 kilometer, berada pada jalan bohar, pada kisaran waktu ini subjek melewati TKP, detak jantung diangka 158 BPM dan panjang langkah 57cm, pada pukul 05:00 subjek sudah bergerak sejauh 3 kilometer, berada pada jalan wage, detak jantung diangka 161 BPM dan panjang langkah 56cm, pada pukul 05:10 subjek sudah bergerak sejauh 4 kilometer, berada pada jalan wage, detak jantung 158 BPM

panjang langkah 51cm, pada pukul 05:20 subjek sudah bergerak sejauh 5 kilometer dan mengakhiri aktivitasnya, berada pada jalan ketapang, detak jantung 166 BPM dan panjang langkah 52cm.

2. Hasil rekonstruksi aktivitas menunjukkan, alibi subjek sesuai dengan apa yang data-data artefak keluaran, mulai dari log aktivitas, lokasi, dan juga biometrik, subjek juga mengatakan melihat seseorang dengan ciri-ciri sama mengendarai sepeda motor melewatinya lalu pergi ke arah jalan ganting, ini sesuai dengan artefak biometrik nya, dimana jika seseorang mengendarai sepeda motor maka kecepatannya tidak sama dengan aktivitas berolahraga, dan juga lokasi orang bermotor menuju ke arah jalan ganting sedangkan data artefak tidak menunjukkan lokasi jalan ganting, dan juga nilai detak jantung yang terekam berada dalam rentang aktivitas fisik intensitas sedang hingga tinggi, yang konsisten dengan pola olahraga lari.

3.4 Fase 4: Reporting (Pelaporan)

Laporan forensik disusun dengan hasil kesimpulan : “Hasil pemeriksaan digital forensik yang dianalisis, tidak ada data-data yang menunjukkan bahwa pengguna *smartwatch* melakukan tindak kejahatan melainkan sesuai dengan alibinya”.

IV. SIMPULAN

Penelitian ini memiliki kesimpulan, smartwatch merupakan barang elektronik dengan fungsi menyimpan berbagai artefak digital yang dapat digunakan sebagai bukti untuk membantu proses penyelidikan sehingga mempermudah jalannya penyelidikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah menyediakan fasilitas laboratorium serta fasilitas lainnya, sehingga penelitian yang sudah saya lakukan dapat berjalan dengan lancar. Terimakasih juga diucapkan kepada dosen pembimbing yang selalu mendampingi dan memberi masukan-masukan yang sangat berharga dalam penyusunan artikel ini.

REFERENSI

- [1] Y. Naseeb and S. M. Zarkoon, “Revolutionizing Murder Investigations Through Digital Forensics: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17758579>,” Pakistan’s Multidiscip. J. Arts Sci., pp. 30–39, 2025.
- [2] S. Hutchinson et al., “Investigating wearable fitness applications: Data privacy and digital forensics analysis on android,” Appl. Sci., vol. 12, no. 19, p. 9747, 2022.
- [3] M. Kim, Y. Shin, W. Jo, and T. Shon, “Digital forensic analysis of intelligent and smart IoT devices,” J. Supercomput., vol. 79, no. 1, pp. 973–997, 2023.
- [4] S. Jeon, J. Chung, and D. Jeong, “Watch Out! Smartwatches as criminal tool and digital forensic investigations,” arXiv Prepr. arXiv2308.09092, 2023.
- [5] W. Agustiono, D. W. Suci, and N. Prastiti, “Analisis Forensik Digital Menggunakan Metode NIST untuk Memulihkan Barang Bukti yang Dihapus,” J. Teknol. dan Inf., vol. 14, no. 2, pp. 174–185, 2024.
- [6] J. Brunty, “Validation of forensic tools and methods: A primer for the digital forensics examiner,” Wiley Interdiscip. Rev. Forensic Sci., vol. 5, no. 2, p. e1474, 2023.
- [7] L. Dawson and A. Akinbi, “Challenges and opportunities for wearable IoT forensics: TomTom Spark 3 as a case study,” Forensic Sci. Int. Reports, vol. 3, p. 100198, 2021.
- [8] N. A. Almubairik and F. A. Khan, “Systematic Literature Review on Wearable Digital Forensics: Acquisition Methods, Analysis Techniques, Tools, and Future Directions,” IEEE Internet Things J., 2024.
- [9] B. Fakiha, “Unlocking Digital Evidence: Recent Challenges and Strategies in Mobile Device Forensic Analysis,” J. Internet Serv. Inf. Secur., vol. 14, no. 2, pp. 68–84, 2024.
- [10] N. Almubairik, F. A. Khan, and R. Mohammad, “Wristsense: Unveiling the Potential of Wrist-Wear Devices Digital Forensics,” Available SSRN 4783421, 2024.
- [11] P. Donaire-Calleja, A. Robles-Gómez, L. Tobarra, and R. Pastor-Vargas, “Forensic analysis laboratory for sport devices: A practical use case,” Electronics, vol. 12, no. 12, p. 2710, 2023.
- [12] P. Hegde, “Forensic Insights: Analyzing and Visualizing Fitbit Cloud Data,” 2023, Purdue University.
- [13] H. Mahmood, M. Arshad, I. Ahmed, S. Fatima, and H. ur Rehman, “Comparative study of IoT forensic frameworks,” Forensic Sci. Int. Digit. Investig., vol. 49, p. 301748, 2024.

- [14] J. M. Castelo Gómez, J. Carrillo-Mondéjar, J. Roldán-Gómez, and J. L. Martínez Martínez, "A concept forensic methodology for the investigation of IoT Cyberincidents," *Comput. J.*, vol. 67, no. 4, pp. 1324–1345, 2024.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.