

Pengembangan Wearable Heart Rate Monitoring System Berbasis IoT

Ade Ismail^{1*}, Vipkas Al Hadid Firdaus², Elok Nur Hamdana³

^{1,2,3}Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No.9, Malang, 65141

aismail@polinema.ac.id^{1*}, vipkas@polinema.ac.id², elok@polinema.ac.id³

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan detak jantung berbasis Internet of Things (IoT) yang diterapkan pada olahraga balap sepeda, memungkinkan pemantauan kondisi atlet secara real-time tanpa ketergantungan pada perangkat tambahan yang mahal. Teknologi yang digunakan meliputi sensor detak jantung Coospo HW 706 yang terhubung melalui Bluetooth dengan perangkat keras LilyGO T-Call serta protokol komunikasi MQTT yang mengirimkan data ke server untuk ditampilkan melalui platform Node-RED. Sistem ini dirancang sebagai solusi yang lebih hemat biaya dan akurat dibandingkan perangkat pemantauan konvensional. Pengujian menunjukkan bahwa perangkat yang dikembangkan memiliki tingkat akurasi tinggi dalam mendeteksi detak jantung dan stabilitas koneksi Bluetooth yang memadai, menjadikannya solusi yang andal untuk pemantauan kesehatan atlet selama latihan dan perlombaan. Sistem ini diharapkan dapat mendukung optimasi pelatihan atlet dengan memberikan data kebugaran yang real-time dan mudah diakses.

Kata kunci: Heart Rate Monitor, IoT, Wearable Device, MQTT, Node-RED

A. Pendahuluan

Dalam dunia olahraga, pemantauan kondisi fisik atlet menjadi kunci dalam proses pelatihan dan evaluasi performa. Salah satu indikator yang sering digunakan untuk menilai kondisi fisik atlet adalah detak jantung, yang dapat menggambarkan kebugaran, tingkat kelelahan, serta respon tubuh terhadap latihan. Teknologi pemantauan detak jantung, terutama perangkat wearable, telah banyak digunakan karena mampu memberikan data secara langsung tanpa mengganggu aktivitas atlet. Namun, perangkat konvensional umumnya mengandalkan koneksi Bluetooth yang memerlukan perangkat tambahan untuk mengirim data, sehingga biaya operasional menjadi lebih tinggi (Bishop et al., 2018; Han, 2021).

Penelitian ini berfokus pada pengembangan *Wearable Heart Rate Monitoring System* berbasis *Internet of Things* (IoT) sebagai alternatif dari perangkat konvensional. IoT memungkinkan perangkat berkomunikasi langsung dengan server tanpa perantara tambahan, menjadikannya solusi yang lebih efisien dalam hal biaya dan konsumsi energi. Dalam konteks ini, protokol komunikasi MQTT digunakan untuk mentransmisikan data detak jantung secara real-time ke server, yang kemudian divisualisasikan pada platform Node-RED (Heikenfeld et al., 2018; Karmakar, 2021). Dengan perangkat ini, diharapkan atlet, pelatih, dan tim medis dapat memantau kondisi atlet secara akurat dan responsif selama latihan maupun perlombaan.

Berdasarkan kajian pustaka sebelumnya, teknologi IoT telah diterapkan secara luas dalam pemantauan kesehatan, namun penerapannya khusus untuk balap sepeda dan dalam konteks detak jantung masih terbatas. Beberapa penelitian menunjukkan potensi MQTT dalam aplikasi IoT karena konsumsi dayanya yang rendah dan stabilitas koneksinya yang tinggi (Gajda et al., 2018; Wan et al., 2018). Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan perangkat monitoring yang memanfaatkan teknologi IoT dengan biaya lebih rendah dan tingkat akurasi yang memadai.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji prototipe Wearable Heart Rate Monitoring System berbasis IoT, yang memungkinkan pemantauan detak jantung secara real-time tanpa memerlukan perangkat tambahan seperti smartphone atau speedometer. Luaran dari penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan perangkat monitoring kesehatan yang efektif dan efisien, khususnya untuk cabang olahraga balap sepeda.

B. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model incremental yang memanfaatkan alur waterfall pada setiap tahapan pengembangan. Tahapan penelitian dilakukan selama 8 bulan dan meliputi beberapa tahap utama: analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian, serta evaluasi sistem. Tahapan penelitian ini dirancang untuk memastikan pengembangan prototipe Wearable Heart Rate Monitoring System berbasis IoT yang dapat memantau detak jantung secara real-time.

Identifikasi Masalah dan Kebutuhan

Tahap ini dimulai dengan mengidentifikasi masalah utama dalam pemantauan detak jantung pada atlet, khususnya kebutuhan pemantauan jarak jauh yang akurat dan ekonomis. Kebutuhan pengguna juga diidentifikasi, seperti atlet, pelatih, dan profesional medis (He, 2020; Temko, 2017).

Studi Literatur dan Riset Awal

Riset awal dilakukan untuk mengkaji teknologi terbaru dalam sensor detak jantung, komunikasi Bluetooth, dan protokol MQTT. Literatur tentang pengalaman dari penelitian serupa juga dianalisis untuk menentukan keunggulan teknologi yang akan diterapkan (Akhbarifar et al., 2020; Rahaman et al., 2019).

Perencanaan dan Pengembangan Prototipe

Tahap ini meliputi pemilihan sensor detak jantung yang sesuai, yaitu Coospo HW 706, dan penggunaan LilyGO T-Call sebagai perangkat keras utama. Sensor ini terhubung dengan perangkat melalui bluetooth untuk mengumpulkan data detak jantung, yang kemudian dikirimkan ke server menggunakan protokol MQTT (Huifeng et al., 2020; Schneider et al., 2018).



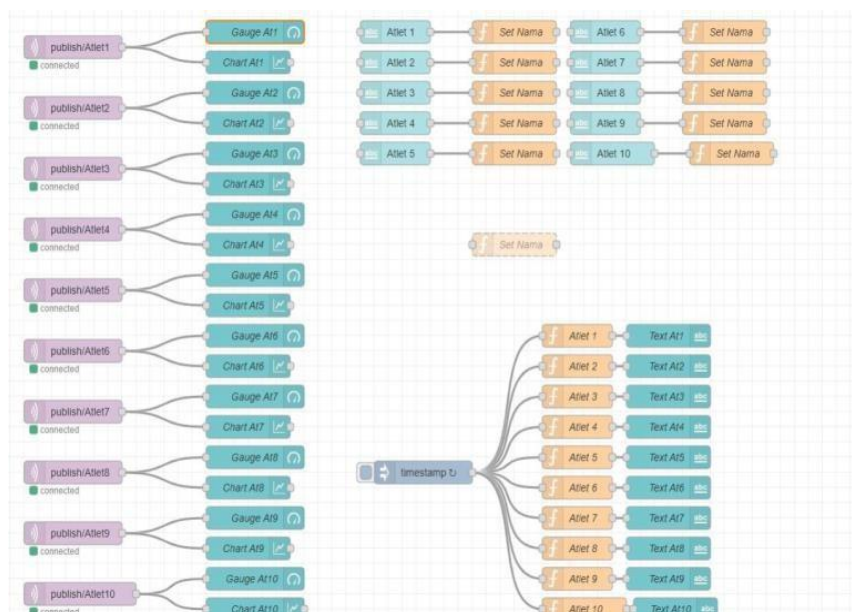
Gambar 1. Coospo HW-706 heart rate sensor

Integrasi dan Uji Coba Awal

Sensor detak jantung diintegrasikan dengan perangkat keras ESP32 untuk memastikan data dapat diterima dan diolah dengan akurat. Proses ini mencakup uji coba awal yang memastikan komunikasi Bluetooth berjalan stabil, serta penerimaan data yang sesuai dengan spesifikasi perangkat (Gavrilova, 2016; Makhdoom et al., 2019).

Pengembangan Aplikasi MQTT dan Node-RED

Data detak jantung yang diterima oleh perangkat keras dikirimkan melalui protokol MQTT ke server untuk divisualisasikan melalui platform Node-RED. Tahap ini memastikan data dapat diakses secara real-time dan divisualisasikan dengan format yang mudah dimengerti oleh pengguna (Heikenfeld et al., 2018; Zhang et al., 2019).

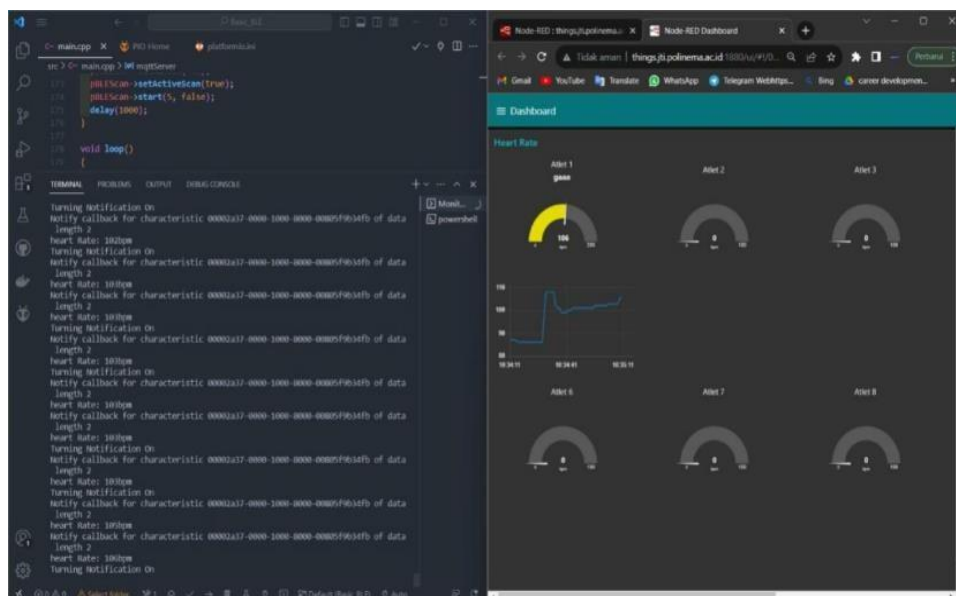


Gambar 2. Node pada Node-red

Pengujian dan Evaluasi Sistem

Uji coba dilakukan dalam lingkungan terkendali untuk menilai performa sistem secara keseluruhan. Evaluasi dilakukan berdasarkan stabilitas koneksi bluetooth, keakuratan data detak jantung, serta konsumsi daya perangkat.

Penggunaan protokol MQTT memungkinkan sistem mengirimkan data dengan konsumsi daya rendah, sedangkan platform Node-RED menyediakan visualisasi yang intuitif, mendukung analisis data secara langsung. Dengan demikian, metode yang digunakan dalam penelitian ini diharapkan dapat menjawab kebutuhan pemantauan kesehatan yang efisien, akurat, dan ekonomis.



Gambar 3. Pengujian integrasi sistem

C. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini berhasil mengembangkan prototipe *Wearable Heart Rate Monitoring System* berbasis IoT yang menggunakan sensor detak jantung Coospo HW 706 dan perangkat keras LilyGO T-Call. Sistem ini memungkinkan pemantauan kondisi atlet secara real-time dengan biaya yang lebih rendah dibandingkan sistem konvensional yang membutuhkan perangkat tambahan seperti smartphone. Berikut adalah hasil dan pembahasan dari uji coba yang telah dilakukan.

Integrasi Sensor dan Perangkat Keras

Pada tahap awal, sensor detak jantung berhasil diintegrasikan dengan perangkat keras LilyGO T-Call melalui koneksi Bluetooth. Sensor Coospo HW 706 secara konsisten mengirimkan data detak jantung ke LilyGO T-Call, yang kemudian meneruskan data tersebut ke server melalui protokol MQTT. Hasil uji coba menunjukkan bahwa integrasi ini berjalan dengan stabil, tanpa gangguan koneksi yang signifikan (Gambar 4.1-4.4). Hasil ini menunjukkan bahwa perangkat keras yang digunakan mampu memberikan performa yang optimal dalam kondisi pengujian yang terkendali.

Akurasi Pengukuran Detak Jantung

Akurasi sensor detak jantung diuji dengan membandingkan data dari perangkat dengan hasil pengukuran manual dan perangkat standar lain seperti Garmin. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perangkat dapat mengukur detak jantung dengan perbedaan yang minimal, yaitu ± 1 bpm dari perangkat Garmin (Gambar 4.9 - 4.10). Tingkat akurasi ini sesuai dengan standar industri dan mendukung sistem dalam memberikan data yang dapat diandalkan untuk pemantauan kesehatan atlet secara akurat.



Gambar 4. Pengujian akurasi dengan perangkat Garmin

Stabilitas Koneksi Bluetooth

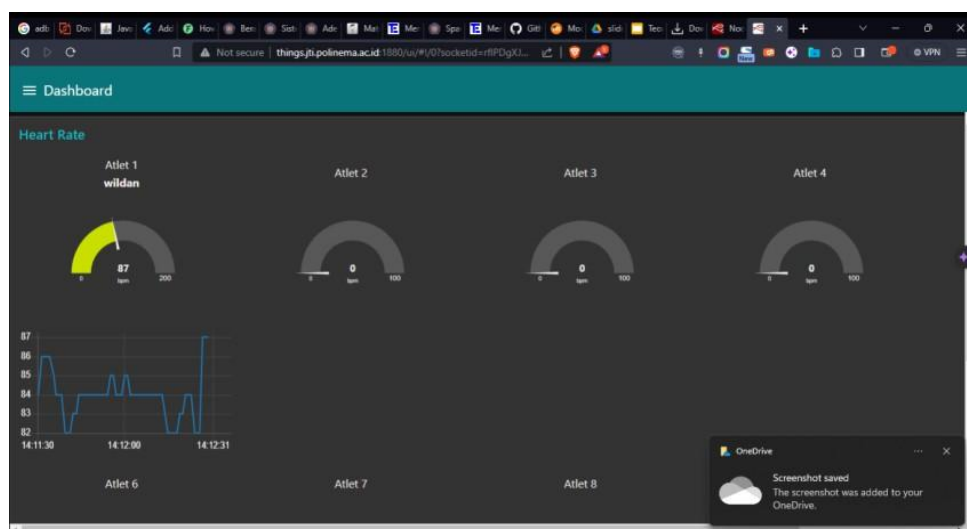
Pengujian stabilitas koneksi Bluetooth antara sensor dan perangkat keras menunjukkan hasil yang memadai. Data detak jantung berhasil dikirimkan secara konsisten tanpa adanya gangguan koneksi yang signifikan selama sesi pengujian berlangsung (Gambar 4.11). Stabilitas koneksi ini penting untuk memastikan bahwa sistem dapat diandalkan, terutama dalam kondisi latihan atau perlombaan di mana pemantauan terus-menerus dibutuhkan. Stabilitas ini juga berkontribusi terhadap akurasi data yang dikirimkan secara real-time.

 Home Heart Rate Chart Nama			
ID Data	Nama	Data	Created at
1	Ahmad	96	2023-10-02 17:44:35
2	Wildan	92	2023-10-02 17:44:35
3	Fahri	90	2023-10-02 17:44:35
4	Amelia	80	2023-10-02 17:44:35
5	Ahmad	81	2023-10-02 17:45:04
6	Wildan	86	2023-10-02 17:45:04
7	Fahri	97	2023-10-02 17:45:04
8	Amelia	89	2023-10-02 17:45:04
9	Ahmad	95	2023-10-02 17:45:11
10	Wildan	85	2023-10-02 17:45:11
11	Fahri	96	2023-10-02 17:45:11
12	Amelia	85	2023-10-02 17:45:11
13	Wildan	85	2023-10-02 19:34:48

Gambar 5. Data histori detak jantung

Pengembangan Aplikasi MQTT dan Visualisasi Node-RED

Data yang dikirimkan dari sensor detak jantung melalui protokol MQTT berhasil diterima oleh server dan divisualisasikan pada platform Node-RED. Visualisasi ini menyediakan tampilan real-time dari detak jantung atlet, yang mudah dipahami oleh pelatih atau tim medis. Penggunaan Node-RED sebagai platform visualisasi memungkinkan sistem memberikan data yang dapat segera diakses dan dimanfaatkan untuk analisis (Gambar 4.6). Platform ini juga memungkinkan fleksibilitas dalam penyesuaian tampilan sesuai kebutuhan pengguna, mendukung analisis data secara langsung dan memfasilitasi evaluasi kondisi fisik atlet selama.



Gambar 6. Dashboard monitoring sistem

Evaluasi Konsumsi Daya

Prototipe ini memiliki keunggulan dalam konsumsi daya yang rendah berkat penggunaan protokol MQTT, yang secara efisien mengurangi overhead data dan memperpanjang masa pakai baterai perangkat. Hal ini penting dalam pemantauan atlet yang membutuhkan perangkat wearable dengan daya tahan tinggi untuk memastikan pemantauan berkelanjutan selama latihan dan perlombaan. Dengan demikian, penggunaan MQTT terbukti efektif untuk aplikasi IoT yang hemat daya.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan IoT dalam pemantauan detak jantung atlet memiliki potensi besar untuk meningkatkan efektivitas pelatihan. Akurasi data yang tinggi, stabilitas koneksi Bluetooth, serta visualisasi real-time membuat sistem ini menjadi solusi yang dapat diandalkan dan ekonomis.

Dengan adanya sistem ini, pelatih dan tim medis dapat mengatur intensitas latihan berdasarkan data fisiologis atlet secara langsung, mengoptimalkan proses pelatihan, dan mengurangi risiko cedera akibat overtraining. Selain itu, pengurangan kebutuhan

perangkat tambahan seperti smartphone atau speedometer menjadikan sistem ini lebih terjangkau, mendukung penggunaan luas di kalangan atlet.



Gambar 7. Grafik heart rate

Pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan dengan menambahkan sensor tambahan, seperti akselerometer, untuk mengumpulkan data yang lebih lengkap tentang kondisi atlet. Selain itu, optimalisasi efisiensi energi dan penyempurnaan antarmuka pengguna diharapkan dapat meningkatkan kenyamanan dan kegunaan sistem ini dalam berbagai kondisi latihan.

Pembahasan merupakan bagian terpenting dari keseluruhan isi artikel ilmiah. Tujuan pembahasan adalah: Menjawab masalah penelitian, menafsirkan temuan-temuan, mengintegrasikan temuan dari penelitian ke dalam kumpulan pengetahuan yang telah ada dan menyusun teori baru atau memodifikasi teori yang sudah ada.

D. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan prototipe Wearable Heart Rate Monitoring System berbasis IoT yang menggunakan sensor detak jantung Coospo HW 706 dan perangkat keras LilyGO T-Call. Sistem ini memungkinkan pemantauan detak jantung atlet secara real-time dengan keunggulan utama pada akurasi, stabilitas koneksi, dan efisiensi konsumsi daya. Penggunaan protokol MQTT untuk pengiriman data detak jantung serta platform visualisasi Node-RED memberikan kemudahan akses dan analisis data bagi pelatih dan tim medis.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu menyediakan data detak jantung dengan akurasi yang tinggi, perbedaan hasil hanya ± 1 bpm dibandingkan perangkat referensi lainnya. Selain itu, stabilitas koneksi Bluetooth yang baik menjadikan sistem ini andal untuk pemantauan berkelanjutan. Penggunaan protokol MQTT juga efektif dalam mengurangi konsumsi daya, sehingga mendukung pemakaian perangkat dalam jangka waktu yang lebih lama tanpa sering mengganti baterai.

Pengembangan sistem ini diharapkan dapat mendukung optimalisasi pelatihan atlet dengan memberikan data fisiologis yang dapat diakses secara langsung, memungkinkan penyesuaian intensitas latihan sesuai kondisi fisik atlet. Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya mencakup penambahan sensor tambahan seperti akselerometer, serta peningkatan efisiensi energi untuk memperpanjang masa pakai baterai perangkat wearable. Dengan demikian, prototipe ini berpotensi menjadi solusi pemantauan kesehatan yang efektif, efisien, dan ekonomis bagi para atlet, khususnya dalam cabang olahraga balap sepeda.

Daftar Pustaka

- Akhbarifar, S., Javadi, H. H. S., Rahmani, A. M., & Hosseinzadeh, M. (2020). A secure remote health monitoring model for early disease diagnosis in cloud-based IoT environment.
- Personal and Ubiquitous Computing*. <https://doi.org/10.1007/s00779-020-01475-3> Bishop, S. A., Dech, R. T., Guzik, P., & Neary, J. P. (2018). Heart rate variability and implication for sport concussion. In *Clinical Physiology and Functional Imaging* (Vol. 38, Issue 5). <https://doi.org/10.1111/cpf.12487>
- Gajda, R., Biernacka, E. K., & Drygas, W. (2018). The problem of arrhythmias in endurance athletes: Are heart rate monitors valuable tools for diagnosing arrhythmias? In *Horizons in World Cardiovascular Research* (Vol. 15, pp. 1–64). Nova Science Publishers, Inc.
- Gavrilova, E. A. (2016). Heart rate variability and sports. In *Human Physiology* (Vol. 42, Issue 5). <https://doi.org/10.1134/S036211971605008X>
- Han, Z. (2021). Using Adaptive Wireless Transmission of Wearable Sensor Device for Target Heart Rate Monitoring of Sports Information. *IEEE Sensors Journal*, 21(22), 25027–25034. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2020.3034434>
- He, L. (2020). Application of Biomedical Signal Acquisition Equipment in Human Sport Heart Rate Monitoring. *Journal of Medical Imaging and Health Informatics*, 10(4). <https://doi.org/10.1166/jmihi.2020.2948>
- Heikenfeld, J., Jajack, A., Rogers, J., Gutruf, P., Tian, L., Pan, T., Li, R., Khine, M., Kim, J., Wang, J., & Kim, J. (2018). Wearable sensors: Modalities, challenges, and prospects. In *Lab on a Chip* (Vol. 18, Issue 2, pp. 217–248). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/c7lc00914c>
- Huifeng, W., Kadry, S. N., & Raj, E. D. (2020). Continuous health monitoring of sportsperson using IoT devices based wearable technology. *Computer Communications*, 160, 588–595. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.04.025>
- Karmakar, S. (2021). Internet Of Things (IOT) Based Smart Health Monitoring System. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 9(VII),

1733–1737. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2021.36715>

- Makhdoom, I., Abolhasan, M., Lipman, J., Liu, R. P., & Ni, W. (2019). Anatomy of Threats to the Internet of Things. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 21(2). <https://doi.org/10.1109/COMST.2018.2874978>
- Rahaman, A., Islam, M. M., Islam, M. R., Sadi, M. S., & Nooruddin, S. (2019). Developing iot based smart health monitoring systems: A review. In *Revue d'Intelligence Artificielle* (Vol. 33, Issue 6, pp. 435–440). International Information and Engineering Technology Association. <https://doi.org/10.18280/ria.330605>
- Schneider, C., Hanakam, F., Wiewelhove, T., Döweling, A., Kellmann, M., Meyer, T., Pfeiffer, M., & Ferrauti, A. (2018). Heart rate monitoring in team sports-A conceptual framework for contextualizing heart rate measures for training and recovery prescription. *Frontiers in Physiology*, 9(MAY). <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00639>
- Temko, A. (2017). Accurate Heart Rate Monitoring during Physical Exercises Using PPG. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 64(9). <https://doi.org/10.1109/TBME.2017.2676243>
- Wan, J., A. A. H. Al-awlaqi, M., Li, M. S., O'Grady, M., Gu, X., Wang, J., & Cao, N. (2018). Wearable IoT enabled real-time health monitoring system. *Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking*, 2018(1). <https://doi.org/10.1186/s13638-018-1308-x>
- Zhang, R., Xue, R., & Liu, L. (2019). Security and privacy on blockchain. *ACM Computing Surveys*, 52(3). <https://doi.org/10.1145/3316481>