

# Pemanfaatan Sensor Curah Hujan Dan Debit Air Sungai Untuk Monitoring Banjir Berbasis Internet Of Things

Rudi Hermawan<sup>\*)</sup>, Dewanto Rosian Adhy<sup>2</sup>, Arip<sup>3</sup>, Siti Maesaroh<sup>4</sup>, Akpil Mauhib<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi YBS Internasional, Tasikmalaya

<sup>1,2,3,4,5</sup> Komplek Mayasari Plaza, Jl. Pasar Wetan, Argasari, Kec Cihideung, Kota Tasikmalaya

email: <sup>1</sup>rudihermawan567@gmail.com, <sup>2</sup>dewanto72@gmail.com, <sup>3</sup>aripethem@gmail.com, <sup>4</sup>sitimaesaroh40@gmail.com, <sup>5</sup>akpilmauhib@gmail.com,

**Abstract** — *The impact of the flood disaster in Indonesia has caused a lot of losses both morally and materially. Losses are caused by a lack of mitigation of floods that will occur, one of the mitigation efforts can be done by knowing information on rainfall and river water discharge in real-time. Currently, in several areas, there are many rainfall monitoring posts owned by BMKG but they are still limited, besides that the monitoring posts are still uneven and the community cannot install them independently because the current rainfall monitoring equipment still has a high price. This research builds an internet of a things-based system that can be a solution for mitigation efforts, the system is equipped with rainfall and river water discharge sensors whose job is to retrieve the latest data to be sent via a server and processed into information that can be accessed by the public. Design Science Research Methodology (DSRM) is the method used in this study, DSRM has concrete steps to complete research based on new knowledge, new technology, or the development of both. This study utilizes rainfall sensors and river water discharge which are regulated by the Arduino uno and ESP8222 microcontrollers, the process of sending data from the sensing sensors used uses Arduino serial communication with ESP8266 to be forwarded and stored on a database server. From the tests that have been carried out, this system can be used in river basins and can be used as a solution for flood disaster mitigation efforts for river basin communities.*

**Keywords:** Flood, Rainfall, River Water Debit, DSRM, Internet of Things

**Abstrak** Dampak dari bencana banjir di Indonesia telah menyebabkan banyak kerugian baik moril ataupun materil. Kerugian disebabkan karena kurangnya mitigasi terhadap bencana banjir yang akan terjadi, salah satu upaya mitigasi dapat dilakukan dengan mengetahui informasi curah hujan dan debit air sungai secara realtime. Saat ini, di beberapa daerah telah banyak terdapat pos pemantau curah hujan milik BMKG tetapi masih terbatas, selain itu pos pantau masih belum merata dan masyarakat tidak bisa memasang secara swadaya karena perangkat pemantauan curah hujan saat ini terbilang masih memiliki harga yang tinggi. Penelitian ini membangun sebuah sistem berbasis *Internet of Things* yang dapat menjadi solusi untuk upaya mitigasi, sistem dilengkapi dengan sensor curah hujan dan debit air sungai yang bertugas untuk mengambil data terkini untuk dikirim melalui server dan diolah menjadi sebuah informasi yang dapat diakses oleh masyarakat. *Design Science Research Methodology (DSRM)* adalah metode yang digunakan dalam penelitian ini, *DSRM* memiliki langkah yang konkrit untuk menyelesaikan sebuah penelitian yang berbasis pengetahuan baru, teknologi baru atau perkembangan dari keduanya. Penelitian ini memanfaatkan sensor curah hujan dan debit air sungai yang diatur oleh mikrokontroler Arduino uno dan ESP8222, proses pengiriman data hasil *sensing* sensor yang digunakan menggunakan komunikasi serial Arduino dengan ESP8266 untuk selanjutnya diteruskan dan disimpan pada sebuah *database* server. Dari pengujian yang telah dilakukan, sistem ini bisa digunakan di wilayah

sungai dan dapat digunakan menjadi salah satu solusi untuk upaya mitigasi bencana banjir bagi masyarakat daerah aliran sungai.

**Kata Kunci** – Banjir, Curah Hujan, Debit Air Sungai, *DSRM*, *Internet Of Things*

## I. PENDAHULUAN

Bencana banjir di Indonesia merupakan bencana yang sampai saat ini masih terjadi di setiap wilayahnya, Banjir telah banyak memberikan dampak di wilayah perkotaan di Indonesia [1], kerugian akibat banjir tersebut berdampak pada kehidupan manusia baik kerugian moril ataupun materil. 27% dari total populasi di Indonesia menghadapi risiko banjir yang sangat signifikan [2]. Pengurangan terhadap resiko bencana salah satunya bencana banjir telah menjadi isu dalam tujuan *Sustainable Development Goals (SDGS)* [3].

Beberapa wilayah di Indonesia tidak memiliki perangkat untuk memantau curah hujan dan debit sungai disetiap saatnya, hal ini menyebabkan masyarakat tidak bisa mengantisipasi kapan akan terjadi banjir di wilayahnya sehingga tidak dapat meminimalisir akibat yang disebabkan oleh banjir yang terjadi.

Tidak meratanya pos pemantauan curah hujan dan debit air sungai adalah salah satu permasalahan yang terjadi dan menimbulkan permasalahan yang telah diuraikan diatas. Pos pemantauan curah hujan dan debit air sungai saat ini hanya bisa diakses oleh dinas – dinas terkait dan tidak dapat diakses oleh masyarakat secara *real-time*. Disamping itu, untuk mengurangi dampak yang disebabkan oleh banjir, masyarakat perlu akses terhadap informasi sungai khususnya curah hujan dan debit air sungai di wilayahnya untuk dapat memantau dan melakukan mitigasi sebelum terjadinya banjir. Dalam penelitian ini, dibuat sebuah sistem yang memanfaatkan sensor curah hujan dan debit air sungai untuk monitoring kemungkinan terjadinya banjir berbasis *Internet Of Things*. Sistem yang dibuat bekerja secara *real-time* terhubung ke jaringan internet dan dapat diakses melalui *website* sehingga dapat menghasilkan informasi curah hujan yang terjadi dan debit air sungai untuk masyarakat sekitar wilayah sungai.

---

**\*) penulis korespondensi:** Rudi Hermawan  
Email: rudihermawan567@gmail.com

## II. LITERATURE REVIEW

Berbagai penelitian mengenai monitoring banjir dengan menggunakan teknologi *Internet Of Things* telah banyak dilakukan, oleh beberapa peneliti. Salah satunya adalah yang dilakukan Kavitha chaduvula, dkk. Dalam penelitian ini digunakan mikrokontroler 8051 yang dikeluarkan oleh intel

dan memanfaatkan sensor *flow switch* untuk mendeteksi kenaikan permukaan air yang diteruskan melalui jaringan GSM, Tujuan dari penelitian ini adalah mendeteksi dini terjadinya banjir kepada masyarakat yang membutuhkan informasi tersebut [4].

Dalam penelitian ini variabel yang digunakan untuk monitoring banjir salah satunya menggunakan sensor curah hujan, sensor yang digunakan untuk mengukur intensitas curah hujan adalah *Rainfall Tipping Bucket*, Sensor ini bekerja dengan sistem jungkat jungkit dan menghitung setiap pergerakan terjadi. Metode kalibrasi untuk mendapatkan akurasi sensor yang tepat, sangat dibutuhkan dalam pemanfaatan penggunaan *Rainfall Tipping Bucket* ini, seperti penelitian yang telah dilakukan mengenai metode untuk mempercepat proses kalibrasi sensor yang mendapatkan hasil rata – rata kesalahan kurang dari 0,32% [5].

Variabel lainnya yang digunakan untuk monitoring banjir adalah debit dari air sungai, proses monitoring menggunakan sensor debit air. Debit air merupakan salah satu variabel yang penting untuk proses mitigasi banjir. Dalam penelitian ini sensor debit air menggunakan Water Flow HF-S201, sensor ini memiliki akurasi yang baik dapat mencapai 99% dalam pengujian yang dilakukan dalam skala lab [6] .

Mikrokontroler yang digunakan dalam penelitian ini, menggunakan 2 mikrokontroler yang saling berhubungan satu sama lainnya, yaitu menggunakan Arduino UNO R3 dan ESP8266, kedua mikrokontroler ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan sensor curah hujan dan debit air yang membutuhkan masing – masing 1 pin interrupt untuk melakukan sensing data. Untuk pengiriman data, esp8266 diatur untuk dapat berkomunikasi serial dengan Arduino UNO agar data yang disensing oleh Arduino uno disimpan juga kedalam database [7], [8].

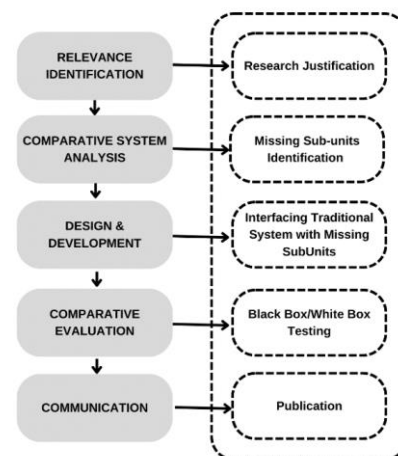
Proses penelitian yang dilakukan adalah Langkah awal untuk penelitian selanjutnya, sistem yang saat ini dibuat merupakan suatu rangkaian sistem yang digunakan untuk mengumpulkan data, data yang terkumpul selanjutnya digunakan untuk proses analisis dan pemilihan model algoritma Machine learning yang dapat memprediksi terjadinya banjir [9], [10].

### III.METODE PENELITIAN

*Design science research methodology (DSRM)* [11] adalah metode yang digunakan dalam menyelesaikan tahapan penelitian, Tujuan dari *DSRM* adalah memecahkan masalah dengan membuat produk baru atau pengetahuan baru yang relevan dalam konteks penelitian. *Output* dari *DSRM* dikategorikan sebagai, konstruksi, model, metode, dan teori yang lebih baik[12]. Paradigma Metode ini sangat baik digunakan untuk menjadi acuan melaksanakan penelitian terutama dalam bidang *engineering*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini mengadopsi metode *DSRM* dengan mengadaptasi beberapa perubahan disesuaikan dengan kebutuhan penelitian.

Metode yang digunakan dimulai dari mengidentifikasi relevansi penelitian yang dilakukan dengan penelitian – penelitian sebelumnya untuk menghasilkan sebuah *Research*

*Justification* untuk selanjutnya dilakukan analisis secara *comparative* untuk menemukan gap atau *missing sub units identification*, setelah ditemukan gap, selanjutnya dilaksanakan tahapan *Design and Development* untuk menghasilkan sebuah solusi produk teknologi baru berdasarkan gap yang telah ditemukan. Langkah selanjutnya dalam penelitian ini dilakukan komparatif evaluasi dari solusi produk teknologi yang baru menggunakan tools pengujian *black box testing*. Langkah terakhir dalam metode ini adalah proses publikasi atau komunikasi, tahapan ini merupakan tahapan inti dari metode *DSRM*. Proses publikasi dapat dilakukan dengan melaksanakan publikasi ilmiah atau seminar mengenai produk yang dibuat, Fungsi dan *Novelty* atau kebaruannya sampai pada efektifitas produk dalam menyelesaikan sebuah permasalahan.



Gambar. 1 Metode Penelitian DSRM.

### IV.HASIL DAN PEMBAHASAN

#### *Relevance Identification*

Pemantauan curah hujan dan debit air sungai pada saat ini banyak digunakan dengan teknologi yang terpisah, Curah hujan dan debit air biasanya dipantau di beberapa titik dengan sebaran pos pemantauannya, saat ini system monitoring curah hujan di Indonesia terdapat sekitar +- 1000 sensor yang dapat mengirimkan data secara *real-time* yang dimiliki oleh BMKG [13]. Dengan luasnya wilayah di Indonesia, jumlah pos pantau curah hujan masih harus ditingkatkan sesuai rekomendasi minimal kerapatan pos pantau dari WMO yaitu minimum sebesar 100-250 km<sup>2</sup> [14] [15]. Dalam situs resmi BMKG data yang diperoleh bersama dengan pos pantau curah hujan adalah data suhu udara dan kelembaban *relative*. Saat ini, dari beberapa sumber yang diperoleh penggunaan sensor penakar hujan selain yang digunakan di pos pantau hujan atau *portable* menggunakan *Automatic Rain Gauge*, sensor ini bekerja dengan tenaga matahari dan menyimpan data *logger* untuk menghitung dan mencatat data curah hujan [16]. Sensor ini tidak include dengan sebuah sistem yang dapat mengirimkan data *logger* pada server.

#### *Comparative System Analysis*

Analisis sistem dilakukan berdasarkan identifikasi relevansi yang diuraikan dalam tahapan sebelumnya, sistem yang

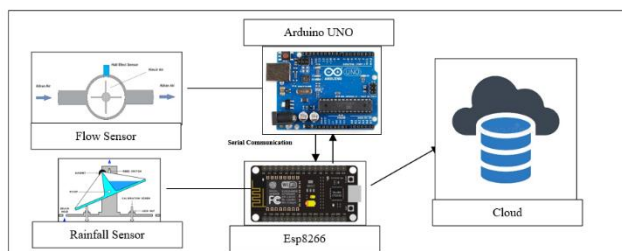
digunakan saat ini monitoring curah hujan dan debit air di sungai dilakukan secara terpisah, selain itu sensor yang digunakan untuk monitoring curah hujan masih memerlukan instalasi tambahan agar mendapatkan data secara *real-time* khususnya sensor yang dibuat *portable*. Dalam usaha partisipatif untuk dapat mengurangi kekhawatiran terjadinya banjir bagi masyarakat yang tinggal di wilayah sungai diperlukan sebuah sistem yang dapat memonitoring curah hujan dan debit air sungai secara bersamaan, selain itu diperlukan data yang *real-time* agar dapat menjadi sebuah informasi yang berguna dan dapat dimanfaatkan masyarakat untuk melaksanakan mitigasi bencana. Upaya ini juga yang dilakukan oleh Pemerintah Kabupaten Luwu Utara dan beberapa unit fungsionalnya didukung oleh Sustainable Farming in Tropical Asian Landscapes (SFITAL) [17].

### Design And Development

Berdasarkan gap yang ditemukan dalam dua poin sebelumnya, dalam penelitian ini dibuat sebuah sistem monitoring curah hujan dan debit air sungai yang dapat terhubung ke server dan dapat diakses secara *real-time* menggunakan *website*. Sistem yang dibuat berbasis *Internet Of Things* sehingga perangkat saling terhubung dan diproses menggunakan sebuah mikrokontroler. Perangkat Internet Of Things (Mikrokontroler dengan sensor dan perangkat lainnya) disimpan di Daerah aliran sungai yang rentan terjadi bencana banjir, sehingga diharapkan dapat membantu upaya mitigasi bencana banjir.

#### A.

#### Desain Perangkat Sensing & Komunikasi Data



Gambar. 2 Desain Perangkat Sensing & Komunikasi Data

TABEL I

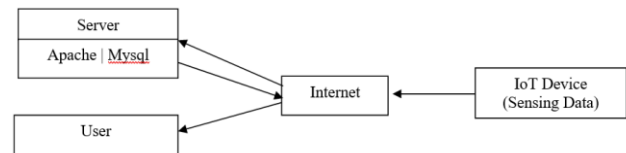
PENGUNAAN PINGGIRAN PIN MIKROKONTROLER

No	Perangkat	Pin terhubung
1	Arduino Uno to Flow Sensor	2, 5V & GND
2	Arduino to ESP8266	3,4 (Rx-Tx) Serial Communication
3	ESP8266 to Rainfaal Sensor	D5,3V & GND
4	ESP8266 to Arduino	D1,D2

Dalam spesifikasinya ESP8266 dan Arduino memiliki banyak pin input yang dapat digunakan, tetapi dalam penelitian ini kedua mikrokontroler tersebut digunakan, hal ini disebabkan karena masing – masing mikrokontroler hanya terdapat 1 pin *interrupt*. Pin *Interrupt* ini merupakan mekanisme untuk memprioritaskan sinyal yang masuk dari masing – masing sensor yang digunakan [18]. Selain digunakan untuk *rainfall* sensor, ESP8266 digunakan sebagai perantara atau meneruskan hasil *sensing* data Arduino ke

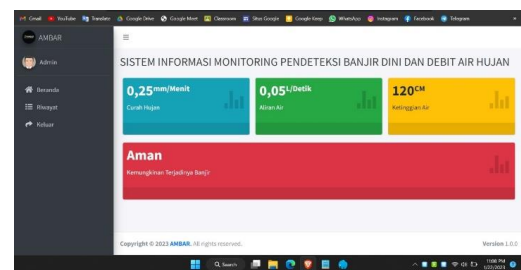
server / *cloud*. Arduino tidak memiliki kemampuan untuk dapat terkoneksi langsung dengan jaringan sehingga dalam hal ini digunakan komunikasi serial untuk mengirimkan data ke esp8266 untuk diteruskan ke server bersama data yang didapatkan dari proses sensing oleh esp8266.

#### B. Desain Antarmuka Sistem Informasi



Gambar. 3 Desain Mitigasi Menu Website Monitoring

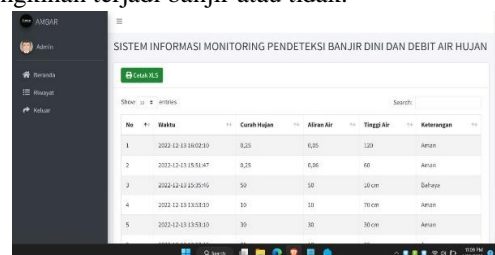
Untuk menghasilkan sebuah informasi dari data – data yang diambil oleh sensor dilapangan, sistem informasi atau aplikasi untuk penyajian data memerlukan sebuah API untuk dapat ditanamkan dalam mikrokontroler, API inilah yang akan bertugas untuk mengisi *database* sesuai data yang dihasilkan oleh sebuah sensor. API yang ditanamkan dikirimkan melalui jaringan internet yang terhubung ke esp8266 untuk selanjutnya diteruskan ke *database* server, dan diolah menjadi sebuah informasi berbasis *website* menggunakan apache server yang dapat diakses oleh *user* secara *real-time*.



Gambar. 4 Fitur Dashboard website sistem informasi

Gambar diatas adalah Dashboard utama dari aplikasi penyajian informasi monitoring kondisi sungai, disajikan data curah hujan permenit aliran air perdetik dan kondisi ketinggian air.

Dari data – data yang ditampilkan, disajikan informasi kemungkinan terjadinya banjir dari hasil kalkulasi kondisi sungai pada saat data diterima oleh server. Informasi kemungkinan terjadinya banjir ini selanjutnya dapat diolah menggunakan teknologi *machine learning* dengan melakukan prediksi dari histori data kondisi sungai, sehingga ketika terjadi hujan dengan intensitas tertentu dan debit air yang mengalir dengan nilai tertentu dapat diprediksi apakah kemungkinan terjadi banjir atau tidak.



Gambar. 5 Fitur History website sistem informasi

Gambar diatas adalah fitur history dari monitoring kondisi sungai, fitur ini digunakan untuk menyajikan informasi sebelumnya dan diproyeksikan untuk menjadi sebuah sistem deteksi banjir menggunakan teknologi *artificial intelligence*.

### Comparative Evaluation

Proses akhir dari penelitian ini adalah melakukan pengujian atau comparative evaluation dengan menggunakan tools pengujian dalam hal ini *black box testing*.

TABEL II  
BLACK BOX TESTING

No	Jenis Uji	Hasil yang diharapkan	Keterangan
1	Pengiriman data sensor Debit air sungai ke Mikrokontroler Arduino Uno	Data yang diambil oleh Arduino UNO dapat ditampilkan di serial Monitor Arduino UNO	Berhasil
2	Pengiriman Data melalui komunikasi serial dari Arduino ke ESP8266	Data yang diambil dari Arduino dapat ditampilkan di serial monitor ESP8266	Berhasil
3	Pengiriman Data sensor curah hujan ke ESP8266	Data yang diambil oleh ESP8266 dapat ditampilkan di serial Monitor ESP8266	Berhasil
4	Pengiriman Data hasil sensing sensor curah hujan dan hasil sensing data debit dari Arduino ke Database	Data yang dikirimkan tersimpan kedalam database	Berhasil
5	Dashboard aplikasi menampilkan informasi realtime yang diterima oleh database	Dashboard aplikasi menampilkan data terbaru	Berhasil
6	Menu History menampilkan data history sensor curah hujan dan debit air	Menu History menampilkan data history Sensor	Berhasil

### V.KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menghasilkan sebuah pilihan solusi sistem yang dapat digunakan untuk melaksanakan proses mitigasi bencana banjir. Sistem yang dibangun memanfaatkan sensor curah hujan, sensor debit air sungai mikrokontroler Arduino UNO dan EP8266 yang terhubung dengan server. Hasil dari *sensing* data sensor - sensor yang digunakan dapat diakses secara *real-time* melalui *website* oleh masyarakat. Penelitian ini mengadopsi Metode *DSRM (Design Science Research methodology)* yang biasa digunakan untuk menciptakan atau mengembangkan sistem atau teknologi baru. Evaluasi dari penelitian ini mengungkapkan bahwa sistem dapat digunakan dan dapat menjadi salah satu solusi untuk proses mitigasi banjir dan penambahan titik monitoring curah hujan serta debit air sungai dengan biaya yang lebih terjangkau. Penelitian ini akan terus dilanjutkan dengan memanfaatkan histori data – data yang terkumpul untuk dibuat sebuah sistem prediksi menggunakan teknologi *Machine Learning*.

Pengembangan dari *scope* penelitian ini masih banyak yang harus dilakukan salah satunya adalah penambahan sensor yang diperlukan, membuat korelasi antara lebar sungai, tinggi sungai sampai dengan sedimentasi sungai.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada kampus Sekolah Tinggi Teknologi YBS Internasional yang telah memberikan kesempatan untuk penulis melaksanakan penelitian untuk menghasilkan produk ilmiah yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat khususnya yang bermukim di daerah aliran sungai. Produk ini diharapkan bisa menjadi sebuah karya yang dapat diperbanyak dan dimanfaatkan untuk proses upaya mitigasi bencana banjir.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. I. Nasution, F. M. Saputra, R. Kurniawan, A. N. Ridwan, A. Fudholi, and B. Sumargo, "Urban vulnerability to floods investigation in jakarta, Indonesia: A hybrid optimized fuzzy spatial clustering and news media analysis approach," *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, vol. 83, p. 103407, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103407>.
- [2] I. S. Fitritia and M. Matsuyuki, "Role of social protection in coping strategies for floods in poor households: A case study on the impact of Program Keluarga Harapan on labor households in Indonesia," *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, vol. 80, no. August, p. 103239, 2022, doi: [10.1016/j.ijdr.2022.103239](https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103239).
- [3] UNESCO and U. IWSSM, *Water Security and the Sustainable Development Goals (Series I)*. 2019. [Online]. Available: <http://unesco-iwssm.org/%0Ahttp://unesco-iwssm>.
- [4] K. Chaduvula, K. kumar K., B. R. Markapudi, and C. Rathna Jyothi, "Design and Implementation of IoT based flood alert monitoring system using microcontroller 8051," *Mater. Today Proc.*, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.048>.
- [5] M. Liao, A. Liao, J. Liu, Z. Cai, H. Liu, and T. Ma, "A novel method and system for the fast calibration of tipping bucket rain gauges," *J. Hydrol.*, vol. 597, p. 125782, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125782>.
- [6] R. Hartono, "Optimasi Penggunaan Sensor Water Flow HF-S201 Guna Mengukur Aliran Air Mendukung Mitigasi Banjir," *Indones. J. Appl. Informatics*, vol. 5, no. 2, p. 161, 2022, doi: [10.20961/ijai.v5i2.44603](https://doi.org/10.20961/ijai.v5i2.44603).
- [7] R. Hermawan, S. Maesaroh, I. D. Irawan, A. Mustopa, M. Nurjaman, and A. Mauhib, "PURWARUPA KANDANG AYAM BROILER CERDAS DENGAN TEKNOLOGI INTERNET OF THINGS," *J. Ilm. Sains, Teknol. dan Rekayasa*, vol. 2, no. 2, pp. 16–25, 2022.
- [8] A. M. Fauzi and R. Hermawan, "Sistem Pendeteksi Tekanan Air Berbasis Internet Of Thing (IoT) Di PDAM Tirta Galuh Kabupaten," *J. Ilm. Sains, Teknol. dan Rekayasa*, vol. 2, no. 2, pp. 1–8, 2022.
- [9] N. Anwar, D. R. Adhy, S. Maesroh, and M. A. Hadi, "Prediction System For QoS Level of Network Infrastructure Using Naive Bayes Classifier," vol. 2021, no. ICoGOIA, 2021, [Online]. Available: <https://tesniaga.stiekesatuan.ac.id/index.php/icogoia2021/article/view/1086>
- [10] R. Hermawan, D. R. Adhy, and N. Anwar, "Sistem Pendeteksi Penggunaan Masker Sesuai Protokol Kesehatan Covid 19 Menggunakan Metode Deep Learning," *Pros. KONIK*, pp. 654–658, 2020.
- [11] C. E. Gengler, M. Rossi, W. Hui, and J. Bragge, "the Design

Science Research Process : a Model for Producing and Presenting Information System Research,” *Proc. first Int. Conf. Des. Sci. Res. Inf. Syst. Technol.*, no. January, pp. 83–106, 2006.

[12] A. R. Hevner, S. T. March, J. Park, and S. Ram, “Design science in information systems research,” *MIS Q. Manag. Inf. Syst.*, vol. 28, no. 1, pp. 75–105, 2004, doi: 10.2307/25148625.

[13] BMKG, “AWS (Automatic Weather Station),” *BMKG*, 2023. <https://awscenter.bmkg.go.id/> (accessed Jan. 27, 2023).

[14] A. Ismi and M. P. Hadi, “EFISIENSI JUMLAH STASIUN HUJAN UNTUK ANALISIS HUJAN TAHUNAN DI PROVINSI JAWA TENGAH DAN DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA,” 2016.

[15] World Meteorological Organization, *Guide to Hydrological Practices*, vol. 1, no. 168. Geneva 2: World Meteorological Organization, 2008.

[16] Wijaya Surta, “Automatic Rain Gauge (ARG),” 2022. <https://iklim.sumsel.bmkg.go.id/automatic-rain-gauge-arg/> (accessed Jan. 27, 2023).

[17] T. Atikah, “Participatory Rainfall and River Flow Measurement: Why Not?,” *SFITAL*, 2022. <https://darikebunkelanskapsehat.id/en/participatory-rainfall-and-river-flow-measurement-why-not/> (accessed Jan. 27, 2023).

[18] P. S. Maria and E. Susianti, “Implementasi Algoritma Kalkulasi Interupsi pada Rancang Bangun Tachometer Digital,” *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 47–53, 2018, doi: 10.15294/jte.v10i2.16350.