

Pengembangan Aplikasi Monitoring *Dies* berbasis Situs Web

Muhammad Alvin Al-Akbar¹, Hilarius Prin Pujianto^{2*}, and
Mardiatno³

¹Teknologi Rekayasa Mekatronika, Politeknik ATMI Surakarta

^{2,3}Teknik Mekatronika, Politeknik ATMI Surakarta

*E-mail: prinpujianto@atmi.ac.id

Abstract

Manufacturing industries that use dies as a critical component in the production process often face challenges in effectively monitoring dies usage and maintenance. Delays in maintenance or recording errors can result in downtime that impacts productivity. This research aims to develop a web-based dies usage monitoring application that can record, monitor, and manage dies usage data in real time. The development method used is the waterfall method, which includes the stages of requirements analysis, system design, implementation, and testing. This system is built using HTML, CSS, JavaScript, Firebase Realtime Database, and ESP32 as a connector with physical devices. Tests were conducted to measure system performance, including page load times, data synchronization success, QR code scan speed, and error rates during use. The test results show that the application accurately displays die usage data with a success rate of over 95% and an average response time of under 2 seconds. Thus, this application can help companies optimize die usage and maintenance management, while minimizing potential downtime in the production process.

Keywords: *Monitoring; Dies; Website; Waterfall; Firebase*

Abstrak

Industri manufaktur yang menggunakan dies sebagai komponen penting dalam proses produksi sering menghadapi tantangan dalam memantau pemakaian dan perawatan dies secara efektif. Keterlambatan perawatan atau kesalahan pencatatan dapat mengakibatkan downtime yang berdampak pada produktivitas. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi monitoring pemakaian dies berbasis web yang mampu mencatat, memantau, dan mengelola data pemakaian dies secara real-time. Metode pengembangan yang digunakan adalah Waterfall, yang meliputi tahap analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian. Sistem ini dibangun menggunakan HTML, CSS, JavaScript, Firebase Realtime Database, dan ESP32 sebagai penghubung dengan perangkat fisik. Pengujian dilakukan untuk mengukur performa sistem, meliputi kecepatan pemuatan halaman, keberhasilan sinkronisasi data, kecepatan pemindaian QR code, serta tingkat kesalahan selama penggunaan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi dapat menampilkan data pemakaian dies secara akurat dengan tingkat keberhasilan lebih dari 95% dan waktu respons rata-rata di bawah 2 detik. Dengan demikian, aplikasi ini dapat membantu perusahaan mengoptimalkan manajemen pemakaian dan perawatan dies, sekaligus meminimalkan potensi downtime dalam proses produksi.

Kata kunci: *Monitoring; Dies; Website; Waterfall; Firebase*

1. Pendahuluan

Dalam industri manufaktur, dies merupakan komponen vital yang digunakan untuk membentuk atau memotong material sesuai desain yang diinginkan. Kualitas dan produktivitas proses produksi sangat dipengaruhi oleh kondisi serta ketersediaan dies. Namun, pengelolaan pemakaian dies sering kali masih dilakukan secara manual, sehingga berpotensi menimbulkan kesalahan pencatatan, keterlambatan perawatan, dan kesulitan dalam memantau masa pakai. Kondisi ini dapat mengakibatkan downtime yang berdampak pada efisiensi produksi serta meningkatkan biaya operasional. Seiring dengan perkembangan teknologi informasi, sistem monitoring berbasis web menawarkan solusi untuk meningkatkan akurasi pencatatan dan efisiensi pengelolaan aset produksi.

Dengan memanfaatkan teknologi seperti database real-time, integrasi sensor, dan antarmuka berbasis web, proses pemantauan pemakaian dies dapat dilakukan secara otomatis dan terpusat. Implementasi sistem ini memungkinkan data penggunaan, jadwal perawatan, dan riwayat pemakaian dies diakses dengan cepat dan akurat oleh pihak terkait.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi monitoring pemakaian dies berbasis web yang dapat mencatat dan memantau kondisi dies secara real-time, meminimalkan kesalahan pencatatan, dan membantu pengambilan keputusan dalam perencanaan perawatan. Sistem dibangun menggunakan metode Waterfall dengan memanfaatkan teknologi Firebase Realtime Database dan perangkat ESP32 untuk mengintegrasikan data fisik. Diharapkan sistem ini dapat meningkatkan produktivitas serta memperpanjang umur pakai dies melalui manajemen pemakaian dan perawatan yang lebih terstruktur.

2. Metode dan Bahan

Penelitian ini menggunakan metode Waterfall. Model ini dipilih karena memiliki alur kerja yang terstruktur, di mana setiap tahap dikerjakan secara berurutan dan terdokumentasi dengan baik. Tahapan pada metode Waterfall yang diterapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

2.1. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan melalui wawancara dengan operator, teknisi, dan supervisor di lini produksi. Proses ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan yang ada dan menentukan fungsi-fungsi yang harus tersedia dalam aplikasi. Hasil analisis kebutuhan sistem ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan Sistem

Kategori	Kebutuhan
Fungsional	<i>Login</i> dan otentikasi pengguna <i>Input</i> data dan scan QR dies <i>Dashboard</i> status dies dan mesin Notifikasi pemeliharaan otomatis <i>Approval maintenance</i> dan riwayat log
Non Fungsional	Responsif di berbagai perangkat Keamanan otentikasi berbasis Firebase Desain antarmuka yang <i>user-friendly</i> <i>Real-time</i> database dan <i>backup</i> otomatis

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan tersebut, aplikasi yang dikembangkan harus mampu menyediakan pencatatan otomatis berbasis QR Code dan ESP32, menyimpan serta menampilkan riwayat penggunaan, mengatur jadwal perawatan, dan memberikan notifikasi peringatan secara tepat waktu. Sistem juga harus mendukung akses multiperangkat agar dapat digunakan oleh operator, teknisi, maupun manajemen secara bersamaan.

2.2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada penelitian ini berfokus pada pengembangan aplikasi berbasis web yang digunakan untuk memantau pemakaian dies secara real-time. Aplikasi ini memiliki beberapa peran pengguna dengan hak akses berbeda, yaitu Admin, Operator, dan Head Division. Proses kerja dimulai dari pengguna melakukan login pada halaman utama. Sistem akan memverifikasi akun, dan jika data valid, pengguna diarahkan ke halaman dashboard pada Gambar 1 yang menampilkan status dies, ringkasan jumlah *counter*, status *dies*, dan status *stamping*.

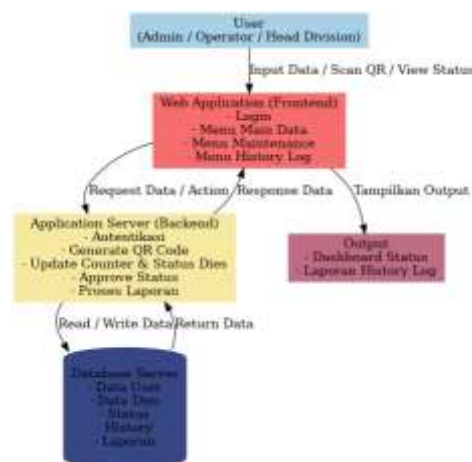


ID	NAME	STATUS	ACTION
001	AT 001 / 001 / 001 / 001 / 001	OK	OK
002	AT 002 / 002 / 002 / 002 / 002	OK	OK
003	AT 003 / 003 / 003 / 003 / 003	OK	OK
004	AT 004 / 004 / 004 / 004 / 004	OK	OK
005	AT 005 / 005 / 005 / 005 / 005	OK	OK
006	AT 006 / 006 / 006 / 006 / 006	OK	OK
007	AT 007 / 007 / 007 / 007 / 007	OK	OK
008	AT 008 / 008 / 008 / 008 / 008	OK	OK
009	AT 009 / 009 / 009 / 009 / 009	OK	OK
010	AT 010 / 010 / 010 / 010 / 010	OK	OK

Gambar 1. *Dashboard Monitoring Dies*

Admin memiliki akses penuh terhadap menu Main Data: yang digunakan untuk menambah, mengedit, dan menghapus data dies maupun mesin. Saat menambahkan data baru, sistem akan secara otomatis menghasilkan QR Code untuk ID dies dan mesin yang terkait. QR Code tersebut dapat dipindai melalui menu Scan QR untuk memperbarui informasi posisi, status, dan kondisi dies. Semua data hasil input akan disimpan dalam basis data dan dapat diakses sesuai dengan hak akses pengguna.

Semua pengguna dapat mengakses menu Maintenance untuk mengubah nilai counter. Sistem akan memperbarui status dies secara otomatis berdasarkan jumlah stroke dan kondisi tertentu, seperti OK, MTC, PREPARE, atau DELAY. Head Division dan Admin berperan dalam memberikan persetujuan perubahan status sebelum data akhir disimpan. Menu History Log memungkinkan pengguna, khususnya Admin dan Head Division, untuk melihat riwayat penggunaan dies berdasarkan tanggal, status, dan pengguna yang melakukan pembaruan. Riwayat tersebut dapat diunduh dalam bentuk laporan untuk kepentingan dokumentasi. Alur proses sistem ini divisualisasikan pada Gambar 2, yang menunjukkan tahapan interaksi pengguna dengan sistem mulai dari login hingga pembuatan laporan.



Gambar 2. Alur Sistem

2.3. Implementasi

Aplikasi monitoring pemakaian dies diimplementasikan berbasis web menggunakan HTML, CSS, dan JavaScript, dengan Firebase *Realtime Database* sebagai penyimpanan data *real-time*. Hak akses pengguna dibagi menjadi Admin, Operator, dan Head Division. Admin mengelola data dies dan mesin, Operator memperbarui status melalui pemindaian QR Code, sedangkan Head Division bersama Admin memberikan persetujuan perubahan status. Fitur utama meliputi Dashboard, Maintenance, Main Data, dan History Log yang menampilkan serta mengelola data pemakaian dies secara otomatis dan sinkron antarperangkat.

2.4. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan di lingkungan produksi selama 6 hari untuk menguji fungsionalitas, kecepatan respons, dan sinkronisasi data. Hasilnya, sistem mampu memperbarui data secara real-time dengan rata-rata respons di bawah 2 detik, tingkat kesalahan pencatatan di bawah 1%, serta semua fitur berjalan sesuai kebutuhan. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi dapat digunakan secara andal untuk memantau penggunaan *dies*.

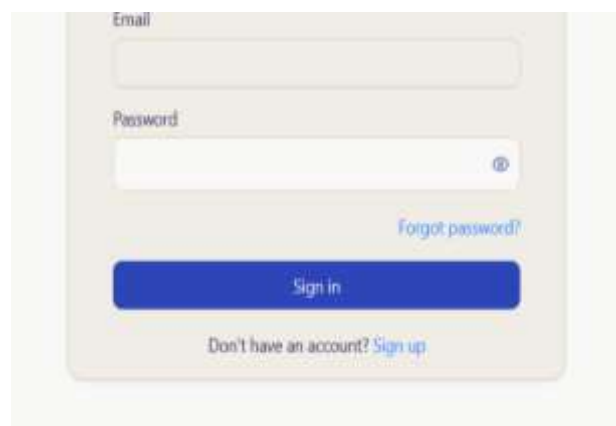
2.5. Pemeliharaan

Tahap ini mencakup perbaikan bug, optimasi performa, serta penambahan fitur yang dibutuhkan berdasarkan masukan pengguna. Pemeliharaan dilakukan setelah sistem diimplementasikan secara penuh di lapangan.

3. Hasil dan Pembahasan

Aplikasi monitoring pemakaian dies berbasis web yang dikembangkan memiliki antarmuka yang sederhana, responsif, dan mudah digunakan. Desain antarmuka disesuaikan dengan hak akses pengguna (Admin, Operator, dan Head Division) sehingga setiap pengguna hanya dapat mengakses fitur yang relevan dengan perannya.

Halaman login pada aplikasi ditunjukkan pada Gambar 3. Halaman ini digunakan untuk autentikasi pengguna sebelum mengakses sistem. Pengguna diminta memasukkan alamat email dan kata sandi yang telah terdaftar. Jika data valid, sistem akan mengarahkan pengguna ke halaman dashboard sesuai hak aksesnya.



Gambar 3. Halaman Login Aplikasi Monitoring Pemakaian Dies

Halaman Dashboard yang ditunjukkan pada Gambar 4 menampilkan ringkasan status dies secara real-time, termasuk jumlah counter, status stamping, dan kondisi dies. Data diperbarui secara otomatis melalui sinkronisasi dengan Firebase Realtime Database, sehingga pengguna dapat memantau kondisi dies tanpa perlu memuat ulang halaman.



Gambar 4. Tampilan Halaman *Dashboard* Aplikasi

Menu Main Data pada aplikasi diperlihatkan pada Gambar 5. Halaman ini digunakan oleh Admin untuk mengelola informasi dies dan mesin. Saat menambahkan data baru, sistem secara otomatis membuat QR Code untuk setiap dies dan mesin yang didaftarkan. QR Code ini digunakan pada proses pemindaian untuk memperbarui data.



The screenshot shows the "Main Data" page with a table of dies and machines. The table has columns: NO, DIE ID, DIE NAME, PROCESS, NO, TURNER, CODE, STD STOCK, and LIFETIME. Below the table are two sections for "LINE STAMPING 1" and "LINE STAMPING 2", each with a table for stamping data.

NO	DIE ID	DIE NAME	PROCESS	NO	TURNER	CODE	STD STOCK	LIFETIME
1	01307-02130-2025000113146303	ST-BEST ANC TO CTR PULWIR RH-02130-SPOT	TRIM	1	BIT	HPM	2000	2000
2	01307-02130-2025000113146303	ST-BEST ANC TO CTR PULWIR RH-02130-SPOT	PIE	3	BIT	ADM	2000	1998
3	01307-02130-2025000113146303	ST-BEST ANC TO CTR PULWIR RH-02130-SPOT	BIND FLANGE	2	BIT	ADM	2000	2000
4	01307-02130-2025000113146303	ST-BEST ANC TO CTR PULWIR RH-02130-SPOT	BLANK	1	BIT	ADM	2000	2100
5	01307-02130-2025000113146303	ST-BEST ANC TO CTR PULWIR RH-02130-SPOT	BINDING	3	BIT	ADM	2000	2000

LINE STAMPING 1				LINE STAMPING 2			
NO	STAMPING	CAPACITY	ACTION	NO	STAMPING	CAPACITY	ACTION
1	ADM	BIT	Refresh	1	ADM	BIT	Refresh

Gambar 5. Tampilan Halaman *Main Data* dengan Daftar *Dies* dan Mesin

Halaman Maintenance yang ditunjukkan pada Gambar 6 digunakan untuk memperbarui nilai counter pemakaian dies. Sistem akan secara otomatis mengubah status dies berdasarkan parameter jumlah stroke, seperti OK, MTC, PREPARE, atau DELAY. Perubahan status memerlukan persetujuan dari Head Division atau Admin sebelum data disimpan.



Gambar 6. Tampilan Halaman *Maintenance* untuk Perubahan Status *Dies*

Menu History Log pada Gambar 7 menampilkan riwayat pemakaian dies, termasuk tanggal, jam, jumlah stroke, dan status dies. Riwayat dapat difilter berdasarkan rentang waktu tertentu dan diunduh dalam bentuk dokumen untuk kebutuhan laporan.

NO	DATE APPROVAL	MT DIES	NO DIES	NAME DIES	PROCES	COD	STATUS MTC	APPROVED BY
1	14/07/2025	73213-52500-3525021221737054	73213-52500	Bracket, Steering Support Mbr. L	PROGRES	ADM	OK MTC	Admin
2	15/07/2025	73213-52500-3525021221737054	73213-52500	Bracket, Steering Support Mbr. L	PROGRES	ADM	OK MTC	-
3	15/07/2025	73213-52500-3525021221737054	73213-52500	Bracket, Steering Support Mbr. L	PROGRES	ADM	OK MTC	Admin
4	15/07/2025	73213-52500-3525021221737054	73213-52500	Bracket, Steering Support Mbr. L	PROGRES	ADM	OK MTC	-
5	13/07/2025	73213-52500-3525021221737054	73213-52500	Bracket, Steering Support Mbr. Z	PROGRES	ADM	OK MTC	Admin

Gambar 7. Tampilan Halaman *History Log* Aplikasi

3.1. Hasil Pengujian

Pengujian aplikasi web monitoring pemakaian dies dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fitur berfungsi sesuai dengan kebutuhan pengguna. Proses pengujian dilakukan di lingkungan produksi selama 6 hari dengan melibatkan Admin, Operator, dan Head Division. Pengujian mencakup aspek fungsionalitas, sinkronisasi data *real-time*, kecepatan respon sistem, dan akurasi pencatatan jumlah *stroke*.

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2, aplikasi mampu memperbarui data secara *real-time* dengan rata-rata waktu respons ± 2 detik setelah input diterima. Sinkronisasi data antarperangkat berjalan dengan baik tanpa kehilangan informasi. Tingkat akurasi pencatatan jumlah *stroke* mencapai 99,2%, dengan kesalahan yang terjadi umumnya disebabkan oleh gangguan koneksi internet saat pengiriman data.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sistem

No	Parameter Pengujian	Target Kinerja	Hasil Pengujian
1	Waktu respon pembaruan data	≤ 3 detik	± 2 detik
2	Sinkronisasi data antar perangkat	Data tampil sama pada semua perangkat	Berhasil 100%
3	Akurasi pencatatan jumlah stroke	$\geq 99\%$	99,2%
4	Pemindaian QR Code	Data dies ter- update setelah pemindaian	Berhasil
5	Unduh laporan (<i>History Log</i>)	Laporan lengkap dan dapat diakses	Berhasil

Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem telah memenuhi standar kinerja yang ditetapkan dan siap digunakan untuk mendukung proses monitoring pemakaian dies di lingkungan produksi.

3.2. Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi web *monitoring* pemakaian *dies* yang dikembangkan telah memenuhi kebutuhan fungsional dan kinerja yang diharapkan. Proses pembaruan data jumlah stroke berlangsung cepat dengan waktu respons rata-rata ± 2 detik, sehingga informasi yang ditampilkan di dashboard selalu terkini. Tingkat akurasi pencatatan yang mencapai 99,2% membuktikan bahwa sistem mampu mengurangi potensi kesalahan input manual yang sebelumnya sering terjadi dalam proses pencatatan konvensional.

Penggunaan Firebase Realtime Database memberikan keunggulan dalam sinkronisasi data antarperangkat secara instan. Hal ini memungkinkan Admin, Operator, dan Head Division untuk mengakses data yang sama secara bersamaan tanpa perlu menyegarkan halaman (*refresh*). Selain itu, fitur pembaruan status dies otomatis berdasarkan jumlah stroke membantu memastikan jadwal perawatan dapat dilakukan tepat waktu, sehingga risiko kerusakan atau downtime produksi dapat diminimalkan.

Meski demikian, pengujian juga mengungkap bahwa gangguan koneksi internet dapat memengaruhi proses pengiriman data dari klien ke server, yang menyebabkan keterlambatan pembaruan atau error pencatatan dalam beberapa kasus tertentu. Keterbatasan ini dapat diatasi pada pengembangan berikutnya dengan menambahkan fitur *caching* data *offline*, sehingga data tetap dapat disimpan sementara di perangkat dan dikirimkan ke server ketika koneksi kembali normal.

Secara keseluruhan, penerapan aplikasi ini memberikan dampak positif terhadap efisiensi monitoring pemakaian dies, mengurangi beban kerja pencatatan manual, dan meningkatkan kecepatan pengambilan keputusan terkait perawatan dies di lingkungan produksi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, aplikasi web monitoring pemakaian dies mampu mencatat jumlah stroke secara real-time dengan rata-rata waktu respon ± 2 detik, menampilkan data konsisten antarperangkat melalui Firebase *Realtime Database*, dan mengurangi kesalahan pencatatan manual dengan akurasi 99,2%. Sistem ini mempermudah pemantauan serta perawatan dies melalui pembaruan status otomatis berdasarkan jumlah stroke, sehingga meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi risiko *downtime*. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan penambahan fitur *caching data offline*, notifikasi perawatan berbasis *email* atau pesan instan, serta integrasi dengan perangkat IoT lain untuk memantau parameter produksi tambahan.

Daftar Pustaka

- [1] S. Lam, S. Lubis, and R. Rosehan, "Penggunaan Progressive Dies untuk Mengurangi Ketinggian Burr pada Pembuatan Connection Plate Heater," *Syntax Lit.: J. Ilm. Indones.*, vol. 9, no. 3, pp. 2184–2193, Mar. 2024, doi: 10.36418/syntax-literate.v9i3.15432.
- [2] Qomaruddin, A. Z. Hudaya, S. Khoeron, and M. S. Syamsuddin, "Pembuatan Press Dies Proses Blanking dan Piercing pada Handle Tanam Pintu Geser," *Integr. Mech. Eng. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 69–83, Nov. 2024, doi: 10.56904/imejour.v2i2.45.
- [3] H. Sholih, W. Pracoyo, and T. Supriyanto, "Perawatan Dies Nomor Produksi 1177 (A) pada Mesin Press Aida 75 Ton di PT. X," *JTTM J. Terap. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 2, pp. 67–74, Oct. 2020, doi: 10.37373/msn.v1i2.51.
- [4] D. R. A. Permana, M. Suseta, and A. Ismono, "Penerapan Monitoring Locator Dies pada Perusahaan Stamping Part Otomotif," *J. Sist. Komput. dan Inform.*, vol. 4, no. 1, p. 192, Oct. 2022, doi: 10.30865/json.v4i1.4914.
- [5] S. E. Pratiwi, W. Haris, and I. Miftakhul, "Analysis of Progressive Dies Metal Stamping Components for Yoke a Plate to Maximize Age of Wear," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 453, p. 012052, Nov. 2018, doi: 10.1088/1757-899X/453/1/012052.
- [6] B. H. Irawan and H. T. Agasi Siburian, "Perencanaan Penjadwalan Preventive dan Proactive Maintenance pada Dies Molding Capacitor," *J. Teknol. dan Ris. Terap.*, vol. 2, no. 1, pp. 26–35, Jun. 2020, doi: 10.30871/jatra.v2i1.2046.
- [7] I. Ramadhan and R. Fitriani, "Optimalisasi Efektivitas Preventive Maintenance Berbasis Usage-Based Maintenance untuk Mengurangi Downtime di PT PQR," *J. Integr. Syst.*, vol. 7, no. 2, pp. 166–183, Jan. 2025, doi: 10.28932/jis.v7i2.9760.
- [8] S. Pramono, H. Yulia, B. D. Jati, A. Ramelan, and J. S. Saputro, "Utilization of Information System in Dies Control for Improvement of Quality and Production Efficiency in Manufacturing Industry," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1096, no. 1, p. 012074, Mar. 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1096/1/012074.
- [9] E. B. Agustha, S. Adhy, and D. M. K. Nugraheni, "Pengembangan Aplikasi Monitoring Informasi Proyek Berbasis Web Menggunakan Metode ICONIX Process (Studi Kasus: PT Telkom Akses Witel Semarang)," *J. Masy. Inform.*, vol. 15, no. 2, pp. 81–96, Nov. 2024, doi: 10.14710/jmasif.15.2.62416.
- [10] M. D. Robyyanto, S. Suharsono, R. Ramli, and H. Hasan, "Pengembangan Aplikasi E-Monitoring Berbasis Web untuk Perencanaan dan Pengelolaan Aset di Perumda Air Minum Tirta Khatulistiwa Pontianak Menggunakan Metode Prototype," *JoMMiT J. Multi Media dan IT*, vol. 8, no. 2, pp. 96–103, Jan. 2025, doi: 10.46961/jommit.v8i2.1457.
- [11] M. Ulfah, A. I. S. Mutaqin, and A. A. Saputra, "Usulan Preventive Maintenance Mesin Press 500 Ton Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance II di PT. DHI," *J. Ind. Serv.*, vol. 6, no. 2, p. 184, Mar. 2021, doi: 10.36055/62014.
- [12] S. Hasugian, A. A. I. Sri Wahyuni, and Iskandar, "Rancang Bangun Purwarupa Sistim Monitoring Alat Keselamatan dan Alat Pemadam Kebakaran," *J. 7 Samudra*, vol. 4, no. 1, Jun. 2019, doi: 10.54992/7samudra.v4i1.72.

-
- [13] A. B. Setiawan, W. Rachmawati, A. T. Arrahman, N. Natasyah, and N. S. Fadil, "Aplikasi Monitoring Stok Barang Berbasis Web pada PT. Intermetal Indo Mekanika," *ADI Bisnis Digit. Interdisiplin J.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–6, Sep. 2021, doi: 10.34306/abdi.v2i2.254.
- [14] Z. Arifin, N. Islahudin, and A. V. Al Jabbar, "Pemantauan Daya Luaran Panel Surya Secara Jarak Jauh Melalui Aplikasi Berbasis Website," *J. Ris. Rekayasa Elektro*, vol. 5, no. 2, p. 93, Dec. 2023, doi: 10.30595/jrre.v5i2.19635.
- [15] M. Mukrodin, "Implementasi Metode Waterfall dalam Membangun Sistem Informasi Sekolah di SMK.S Al Habibatain Bumiayu," *Zo. J. Sist. Inf.*, vol. 2, no. 1, pp. 34–47, Jul. 2020, doi: 10.31849/zn.v2i1.4266.
- [16] N. A. Al Azfar and S. D. Anggita, "Penerapan Metode Waterfall pada Sistem Informasi E-Rapor," *Inf. Syst. J.*, vol. 7, no. 1, pp. 45–55, Jun. 2024, doi: 10.24076/infosjournal.2024v7i01.1582.
- [17] I. Irwanto, "Perancangan Sistem Informasi Sekolah Kejuruan dengan Menggunakan Metode Waterfall (Studi Kasus SMK PGRI 1 Kota Serang-Banten)," *Lect. J. Pendidik.*, vol. 12, no. 1, pp. 86–107, Feb. 2021, doi: 10.31849/lectura.v12i1.6093.
- [18] E. Y. Christin, Y. Wahyuningsih, and F. Mahendrasusila, "Penerapan Model Waterfall pada Perancangan Corporate Web," *J. Teknol. Inform. dan Komput.*, vol. 10, no. 1, pp. 36–46, Mar. 2024, doi: 10.37012/jtik.v10i1.1915.
- [19] A. I. Solihin, "Pengembangan Website Promosi pada CV Starmedia Technology Menggunakan Waterfall," *J. Teknol. Inf. Mura*, vol. 16, no. 1, pp. 1–15, May 2024, doi: 10.32767/jti.v16i1.2245.

