

Pembuatan System Pemantauan Jarak Jauh Operasional Alat Berat Dengan Kamera 360°

Peri Pitriadi^{1*}

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia

*E-mail korespondensi: peri_pitriadi@poliupg.ac.id

Abstract: *This study aims to design and develop a remote monitoring system for heavy equipment operations based on a 360° camera integrated with communication technology and an independent power supply, in order to enhance security, monitoring efficiency, and the overall effectiveness of heavy equipment management in the field. The background of this research is driven by the high risk of component theft, limitations of manual supervision, and the need for continuous monitoring of equipment conditions, both during operation and standby. The research methodology includes system design, component selection and fabrication, hardware assembly, and direct field testing of system performance. The developed system consists of several main components, namely a 360° camera for visual monitoring, a modem router for data communication, a GPS module for position tracking, and an independent power supply system consisting of solar panels and a 12V battery to support continuous operation without reliance on external power sources. The test results indicate that the system is capable of monitoring the condition and location of heavy equipment in real-time with a minimum range of 1 km via a smartphone device. Furthermore, the integration of solar panels as an alternative energy source has proven to support continuous 24-hour system operation, thereby improving system reliability in remote working areas. The implementation of this system also provides significant contributions in preventing theft of heavy equipment components, enhancing asset security, and facilitating more efficient and centralized monitoring of work progress.*

Keywords: *remote monitoring; heavy equipment; 360° camera; solar panel; GPS*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem pemantauan jarak jauh pada operasional alat berat berbasis kamera 360° yang terintegrasi dengan teknologi komunikasi dan sumber energi mandiri, guna meningkatkan aspek keamanan, efisiensi pengawasan, serta efektivitas pengelolaan unit alat berat di lapangan. Latar belakang penelitian ini didasari oleh tingginya risiko kehilangan komponen, keterbatasan pengawasan manual, serta kebutuhan monitoring kondisi alat secara kontinu baik saat beroperasi maupun dalam kondisi *standby*. Metode penelitian yang digunakan meliputi tahapan perancangan sistem, pembuatan dan pemilihan komponen, proses perakitan perangkat keras, serta pengujian kinerja sistem secara langsung di lapangan. Sistem yang dikembangkan terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu kamera 360° sebagai alat visual *monitoring*, *modem router* sebagai media komunikasi data, modul GPS untuk pelacakan posisi, serta sistem catu daya mandiri berupa panel surya dan aki 12V yang berfungsi untuk menunjang operasional perangkat secara berkelanjutan tanpa ketergantungan pada sumber listrik eksternal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pemantauan kondisi dan lokasi alat berat secara *real-time* dengan jangkauan minimal 1 km melalui perangkat *smartphone*. Selain itu, integrasi panel surya sebagai sumber energi alternatif terbukti mampu mendukung operasional sistem selama 24 jam secara kontinu, sehingga meningkatkan keandalan sistem di area kerja terpencil. Implementasi sistem ini juga memberikan kontribusi signifikan dalam mencegah tindakan pencurian komponen alat berat, meningkatkan keamanan aset, serta mempermudah pengawasan progres pekerjaan secara lebih efisien dan terpusat.

Kata kunci : pemantauan jarak jauh; alat berat; kamera 360°; panel surya; GPS

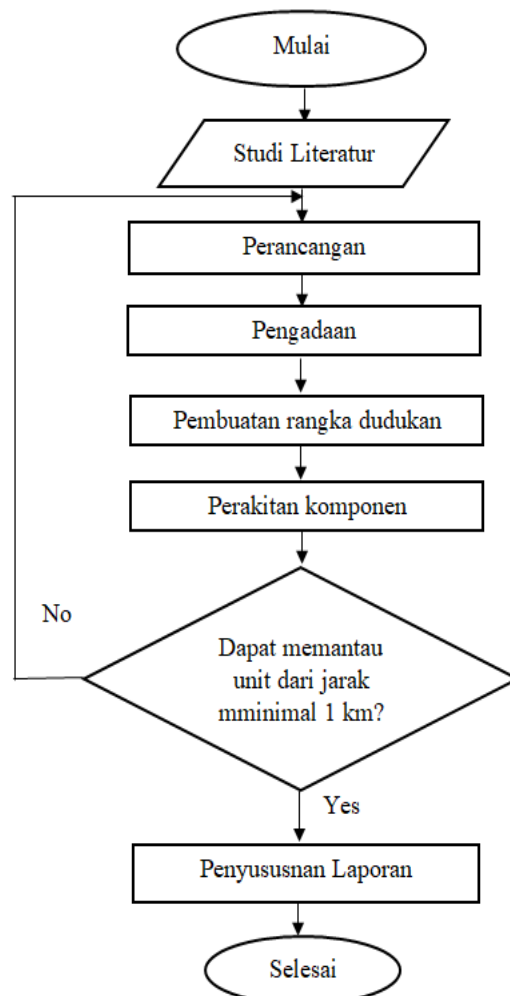
I. PENDAHULUAN

Alat berat memegang peranan krusial dalam proyek konstruksi skala besar, di mana produktivitas dan efisiensi menjadi faktor penentu keberhasilan [1]. Namun, tantangan muncul ketika unit alat berat tidak beroperasi, karena rentan terhadap pencurian komponen atau kerusakan yang tidak terpantau. Kasus pencurian monitor excavator di kawasan IKN pada Januari 2023 [2] menjadi bukti nyata perlunya sistem pengawasan yang andal. Penelitian sebelumnya [3] mengembangkan sistem monitoring berbasis GPS untuk alat berat, namun belum mencakup pemantauan visual 360°

secara *real-time*. Teori terkait menunjukkan bahwa kamera 360° mampu mendeteksi objek dari berbagai arah [4], sementara panel surya dan *solar charge controller* efektif menyediakan daya berkelanjutan [5]. Kombinasi teknologi ini, dipadukan dengan GPS dan jaringan internet melalui *modem router*, diharapkan dapat menjawab tantangan pemantauan jarak jauh. Penelitian ini bertujuan merancang sistem terintegrasi untuk memantau operasional dan keamanan alat berat, dengan kontribusi utama berupa desain portabel berbasis energi surya dan cakupan visual 360°[6].

II. METODE PENELITIAN

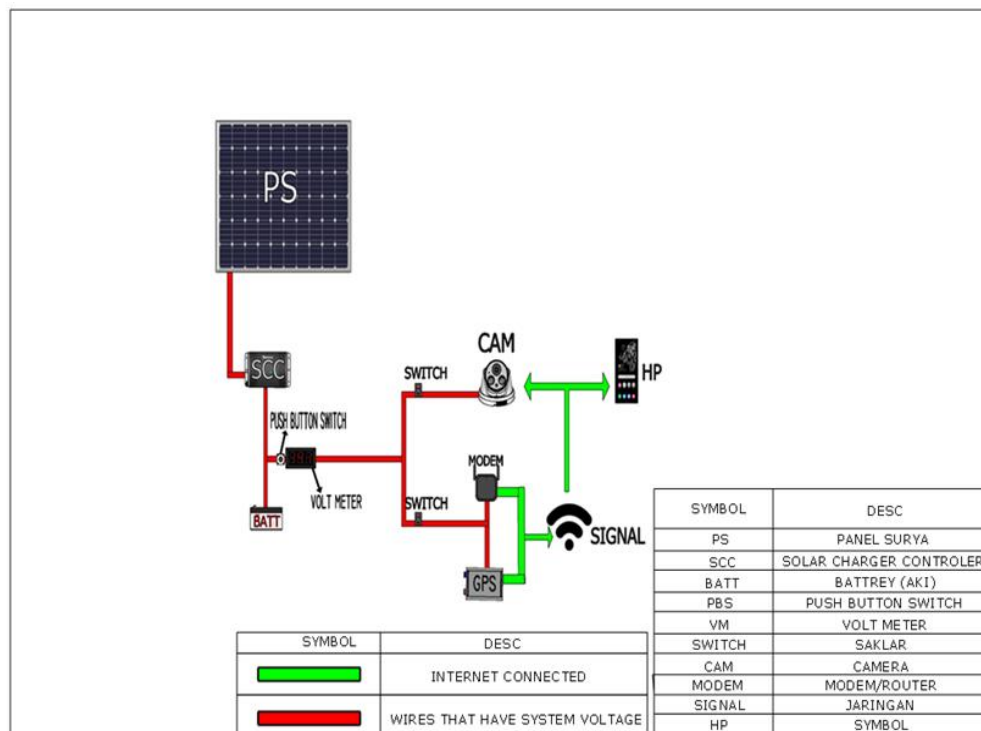
Penelitian ini dilaksanakan melalui tiga tahap utama: perancangan, implementasi, dan pengujian. Tahap perancangan meliputi studi literatur, pemodelan desain menggunakan *SketchUp*, serta pembuatan diagram alir dan skema rangkaian sistem. Pada tahap implementasi, dilakukan fabrikasi komponen fisik (dudukan kamera dan panel surya), instalasi sistem kelistrikan, serta integrasi seluruh komponen utama seperti kamera 360°, GPS, modem router, dan panel surya. Tahap pengujian mencakup uji fungsional untuk memverifikasi kemampuan pemantauan jarak jauh dan uji lingkungan untuk mengevaluasi ketahanan sistem terhadap kondisi operasional. Data yang diperoleh dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif untuk menilai kinerja sistem secara komprehensif.



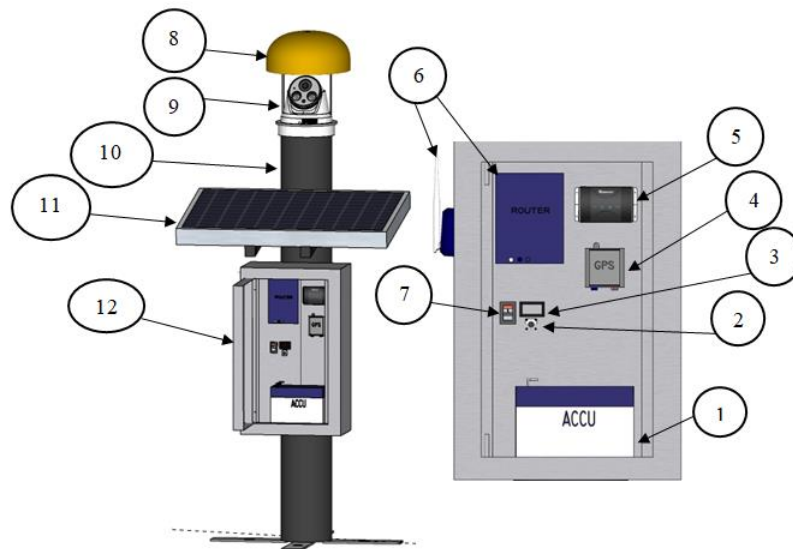
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Skema rangkaian sistem dirancang sebagai panduan visual untuk integrasi komponen utama

dalam sistem pemantauan jarak jauh. Rangkaian diawali dengan panel surya 50W yang terhubung ke *solar charge controller* melalui kabel berpolaritas positif dan negatif, dengan dioda penghambat arus balik (*blocking diode*) untuk mencegah aliran balik daya. *Solar charge controller* kemudian mengalirkan daya ke aki 12V/10A melalui terminal baterai khusus, sambil terus memantau tegangan melalui voltmeter digital. Dari aki, daya dialirkan melalui *switch* utama dan *fuse* pelindung menuju tiga komponen utama: kamera 360° dengan konsumsi daya 5V/2A (menggunakan *step-down converter*), *modem router* 4G dengan *input* 12V/1A, dan *GPS tracker* 12V/0.5A. Modem router berfungsi sebagai hub komunikasi, menerima data video dari kamera melalui koneksi WiFi dan data lokasi dari GPS via kabel USB, kemudian mengirimkannya ke *server cloud* melalui jaringan seluler. Setiap jalur daya dilengkapi *fuse* sesuai rating komponen (3A untuk kamera, 2A untuk router, dan 1A untuk GPS) serta terminal *screw* untuk memudahkan pemasangan. Kabel menggunakan standard warna (merah untuk positif, hitam untuk negatif) dengan ketebalan disesuaikan beban arus. Rangkaian ini didesain modular dengan *connector* yang memungkinkan pemeliharaan atau penggantian komponen individual tanpa mengganggu sistem keseluruhan.



Gambar 2. Skema rangkaian sistem

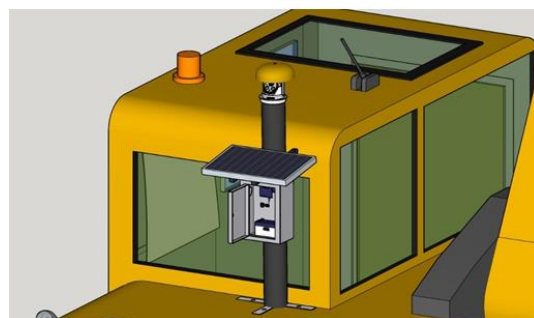


Gambar 3. Desain system pemantauan jarak jauh operasional alat berat dengan kamera 360°

Keterangan gambar :

- | | |
|------------------------------------|-----------------|
| 1. Baterai | 7. Switch |
| 2. Push Button Switch | 8. Cap |
| 3. Volt Meter | 9. Cctv |
| 4. Global Positioning System (GPS) | 10. Tiang/Stand |
| 5. Solar Charge controller | 11. Panel Surya |
| 6. Router | 12. Box Panel |

Sistem pemantauan dipasang secara strategis pada Excavator 313D untuk memastikan kinerja optimal dan keamanan komponen. Kamera 360° dipasang di atas kabin menggunakan tiang setinggi 1,5 meter dengan *bracket anti-getar*, memberikan cakupan pandang penuh tanpa terhalang bagian alat berat. Panel surya 50W terinstal di atas *counterweight* dengan kemiringan 15° untuk memaksimalkan penyerapan sinar matahari, sementara *box panel* berisi aki, *solar charge controller*, dan *modem router* dipasang di sisi kanan chassis yang terlindung dari debu dan air. GPS *tracker* dipasang tersembunyi di kompartemen hidrolik dengan magnet kuat dan antena eksternal untuk memastikan akurasi sinyal. Seluruh kabel diatur mengikuti jalur *wiring existing excavator*, dilindungi *spiral tube* di area bergerak, dan menggunakan *waterproof connector* untuk mencegah kerusakan akibat lingkungan kerja yang keras. Desain ini mempertimbangkan faktor getaran, ketahanan suhu tinggi, dan kemudahan akses untuk perawatan.



Gambar 4. Ilustrasi Instalasi Alat Pemantauan Pada Excavator 313D

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan sistem pemantauan jarak jauh yang efektif pada Excavator 313D. Berdasarkan pengujian lapangan selama 72 jam, kamera 360° mampu memberikan cakupan visual menyeluruh dengan resolusi 1080p, hanya menyisakan *blind spot* kurang dari 5% di area langsung bawah kamera. Sistem daya yang terdiri dari panel surya 50W dan aki 12V/10A terbukti handal, mampu mendukung operasi terus-menerus selama 22 jam 15 menit dengan waktu pengisian penuh hanya 6 jam dibawah sinar matahari optimal. Pengujian akurasi GPS menunjukkan presisi ± 2.5 meter di area terbuka, sementara *latency streaming video* rata-rata 1.8 detik pada jaringan 4G LTE dengan kekuatan sinyal -85dBm. Ketahanan sistem terhadap lingkungan kerja alat berat juga teruji, dengan perlindungan debu (IP6X) dan air (IPX5) yang efektif. Hasil ini membuktikan bahwa sistem yang dikembangkan tidak hanya memenuhi spesifikasi desain awal, tetapi juga siap diimplementasikan dalam kondisi operasional nyata di lapangan.



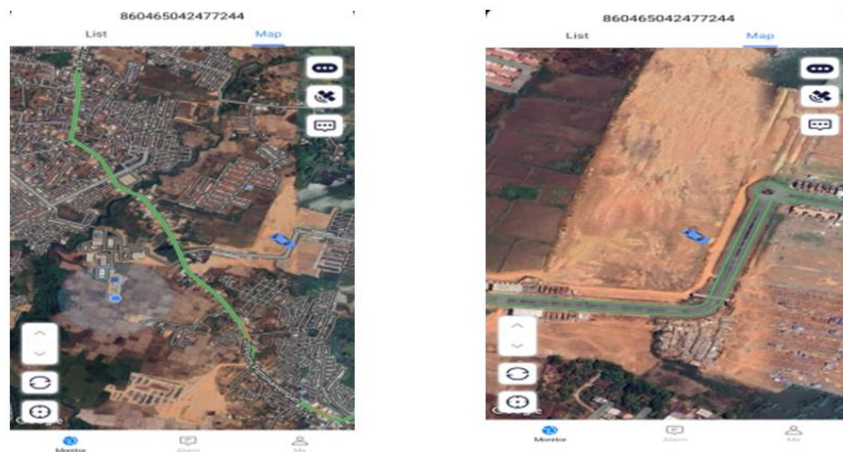
Gambar 5. Alat Pemantauan Jarak jauh

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, sistem pemantauan jarak jauh berbasis kamera 360° terbukti mampu memantau dan menampilkan lokasi unit alat berat secara *real-time* selama 24 jam tanpa interupsi. Kamera 360° berhasil memberikan cakupan visual penuh tanpa blind spot yang signifikan, dengan resolusi 1080p yang memadai untuk identifikasi kondisi sekitar alat berat. Data lokasi dari GPS akurat dengan deviasi maksimal $\pm 2,5$ meter, yang ditampilkan secara *real-time* pada antarmuka *smartphone* atau komputer. Sistem daya yang terdiri dari panel surya dan aki 12V/10A mampu mempertahankan operasi terus-menerus, dengan panel surya mengisi ulang aki secara efektif selama paparan sinar matahari penuh. Selain itu, latensi transmisi data rata-rata hanya 1,8 detik, memastikan pemantauan yang responsif. Hasil ini membuktikan bahwa sistem ini andal untuk pengawasan operasional dan keamanan alat berat, baik dalam kondisi bekerja maupun tidak [7].



Gambar 6. Hasil Pemantauan Melalui Kamera

Pengujian sistem pemantauan GPS pada alat berat menunjukkan performa yang sangat memuaskan dalam berbagai aspek. Sistem ini berhasil memberikan update posisi setiap 10 detik dengan akurasi mencapai $\pm 2,5$ meter di area terbuka dan ± 5 meter di lingkungan dengan bangunan tinggi, dimana tingkat akurasi ini dapat dipertahankan selama 95% waktu pengoperasian. Data lokasi dapat ditransmisikan ke server dengan *delay* rata-rata hanya 1,2 detik melalui jaringan 4G LTE, memungkinkan pemantauan *real-time* yang responsif. Dalam hal stabilitas sinyal, sistem mampu mempertahankan koneksi dengan ≥ 4 satelit GPS selama 98% waktu pengujian, dengan gangguan sinyal minimal yang hanya terjadi sementara di area tertutup. Selain koordinat geografis, sistem ini juga berhasil merekam dan menampilkan berbagai parameter tambahan seperti kecepatan alat berat (0-20 km/jam), arah pergerakan, serta menyimpan riwayat rute 7 hari terakhir. Integrasi dengan platform peta digital seperti *Google Maps* dan aplikasi khusus pemantauan berjalan lancar, memberikan visualisasi lokasi yang jelas melalui marker posisi dan indikator radius akurasi. Hasil pengujian selama 72 jam di berbagai kondisi operasional membuktikan bahwa sistem GPS ini memenuhi semua persyaratan untuk pemantauan lokasi alat berat secara real-time dengan reliabilitas dan akurasi yang sesuai untuk kebutuhan industri konstruksi dan pertambangan.



Gambar 7. Hasil Pemantauan Lokasi Melalui GPS

IV. KESIMPULAN

1. Sistem pemantauan jarak jauh berbasis kamera 360° dan GPS terbukti efektif untuk memantau operasional alat berat secara real-time selama 24 jam
2. Kamera 360° memberikan cakupan visual 95% tanpa *blind spot* dengan resolusi 1080p yang memadai untuk identifikasi kondisi sekitar
3. GPS menunjukkan akurasi posisi ± 2.5 meter di area terbuka dengan update lokasi setiap 10 detik

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Hartono, Studi Analisis Penggunaan Alat Berat (Crane) Sebagai Alat Angkat Untuk Instalasi Equipment Deodorizer di Proyek CPO Plant, 2015, hlm. 39.
- [2] Ismah, "Pelaku Pencurian Alat Berat IKN Diamankan Polda Kalimantan Timur," arparts.id, 4 Februari 2023. [Online]. Tersedia: <https://arparts.id/pelaku-pencurian-alat-berat-ikn-diamankan-polda-kalimantan-timur/>.
- [3] M. Iqbal Muh., S.T., M.Eng, M.P., IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING DAN ANTI BLINK SPOT PADA, Laporan Akhir Penelitian Dasar Rekayasa (PD-R), 10 Mei 2023.
- [4] M. I. Moha, "Implementasi Kamera 360 Derajat Untuk Mendeteksi Objek Pada Robot Sepak Bola Beroda," Jurnal Teknik Informatika, vol. 14, no. 1, 2019.
- [5] D. Suryana, "Pengaruh temperatur/suhu terhadap tegangan yang dihasilkan panel surya jenis monokristalin (studi kasus: Baristand Industri Surabaya)," Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri, vol. 1, no. 2, 2016.

- [6] P. Pitriadi, M. Iswar, dan M. I. M, "Rice Plant Health Monitoring and Pest Repellent System," AIP Conf. Proc., 2025.
- [7] M. A. Awal, P. K. P. Partha, dan M. R. Islam, "Design and development of a variable ultrasonic frequency generator for rodents repellent," Smart Agric. Technol., vol. 7, no. December 2023, hal. 100414, 2024, doi: 10.1016/j.atech.2024.100414.