



Optimalisasi Pemeliharaan Genset Radar Berbasis Digital dan Internet Of Things (IOT) Dalam Rangka Mendukung Operasional Radar Hanud

(Optimizing Digital and Internet of Things (IoT)-Based Radar Generator Maintenance to Support Air Defense Radar Operations)

Guntur Auriyanto¹, Haposan Simatupang², Elphis Rudy³

¹²³Universitas Pertahanan Republik Indonesia

[*gun84auri@gmail.com](mailto:gun84auri@gmail.com), tupang2018@gmail.com,

Abstract. This study aims to analyze the ideal conditions for the operational readiness of the Hanud Radar generator and its optimization through digital-based technology and the internet of things (IOT) in the maintenance of the Hanud Radar generator. One of the air defense tools is Radar which is an abbreviation of Radio Detection and Ranging. Simply put, radar is a system that uses electromagnetic waves to detect, measure distances, and identify objects, such as ships, aircraft, or even weather. Hanud Radar is the eyes and ears in the national defense system that functions to capture and identify objects passing through the airspace. Radar operational readiness is very important in warding off any threats that can disrupt the national air sovereignty area, in order to maintain radar operational readiness cannot be separated from the Electric Voltage Source (STL) or generator set (Genset). The research method used is qualitative analysis with a descriptive approach, focusing on optimizing the maintenance of the Hanud Radar generator where the Genset is a vital component in the Air Defense Radar (Hanud) system because it functions as the main resource to ensure the continuity of radar operations. Data were collected through interviews with military and civilian sources, literature reviews, and document analysis. The theories used are optimization, maintenance management, the concept of the Internet of Things, big data, and operational readiness. The results and discussion of the study provide an overview of maintenance optimization that can be carried out based on digitalization and the Internet of Things. The use of this technology is considered capable of realizing the desired maintenance conditions. The role of digitalization and the Internet of Things currently can help in monitoring conditions directly (real-time). Maintenance can be based on conditions, not waiting for damage to occur first. This study concludes that the application of this technology brings a number of significant advantages compared to conventional maintenance methods.

Keywords: Optimization, Radar Generator, Digitalization, Internet of Things

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi ideal kesiapan operasional genset Radar Hanud dan optimalisasi melalui teknologi berbasis digital dan internet of things (IOT) dalam pemeliharaan genset Radar Hanud. Salah satu alat pertahanan udara adalah Radar yang merupakan singkatan dari Radio Detection and Ranging. Secara sederhana, radar adalah sistem yang menggunakan gelombang elektromagnetik untuk mendeteksi, mengukur jarak, dan mengidentifikasi objek, seperti kapal, pesawat, atau



bahkan cuaca. Radar Hanud merupakan mata dan telinga dalam sistem pertahanan negara yang berfungsi dalam menangkap dan mengidentifikasi objek-objek yang melintas di wilayah udara. Kesiapan operasional radar adalah sangat penting dalam menangkal segala ancaman yang dapat mengganggu wilayah kedaulatan udara nasional, dalam rangka menjaga kesiapan operasional radar tidak terlepas dari Sumber Tegangan Listrik (STL) atau generator set (Genset). Metode penelitian yang digunakan adalah analisis kualitatif dengan pendekatan deskriptif, fokus pada optimalisasi pemeliharaan genset Radar Hanud dimana Genset merupakan komponen vital dalam sistem Radar Pertahanan Udara (Hanud) karena berfungsi sebagai sumber daya utama untuk menjamin kontinuitas operasional radar. Data dikumpulkan melalui wawancara dengan narasumber militer dan sipil, tinjauan literatur, dan analisis dokumen. Teori yang digunakan adalah optimalisasi, manajemen pemeliharaan, konsep internet of thing, big data dan kesiapan operasional. Hasil dan diskusi penelitian memberikan gambaran optimalisasi pemeliharaan dapat dilakukan dengan basis digitalisasi dan Internet Of Thing Pemanfaatan teknologi ini dinilai mampu mewujudkan kondisi pemeliharaan yang diharapkan. Peran digitalisasi dan Internet Of Thing saat ini dapat membantu dalam memantau kondisi secara langsung (real-time). Perawatan bisa berdasarkan kondisi, tidak menunggu terjadi kerusakan terlebih dulu. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan teknologi ini membawa sejumlah keuntungan signifikan dibandingkan dengan metode pemeliharaan konvensional.

Kata kunci: Optimalisasi, Genset Radar, Digitalisasi, Internet of Things.

1. Pendahuluan

Pertahanan Udara (Hanud) Adalah usaha suatu negara dalam menjaga dan mengamankan kedaulatan wilayah udaranya dari berbagai bentuk ancaman atau serangan udara, seperti pesawat tempur, rudal, drone, maupun ancaman udara lainnya. TNI Angkatan Udara (TNI AU) sebagai komponen utama pertahanan udara memiliki tugas dan fungsi dalam menjaga dan melindungi wilayah udara Indonesia dari segala ancaman, menegakkan hukum dan kedaulatan di wilayah udara yurisdiksi nasional, serta memberdayakan wilayah pertahanan udara. Tugas dan fungsi TNI AU dilaksanakan melalui berbagai bentuk operasi udara yang tertuang dalam Doktrin Swa Bhuwana Paksa tahun 2019.



Salah satu alat pertahanan udara adalah Radar yang merupakan singkatan dari Radio Detection and Ranging. Secara sederhana, radar adalah sistem yang menggunakan gelombang elektromagnetik untuk mendeteksi, mengukur jarak, dan mengidentifikasi objek, seperti kapal, pesawat, atau bahkan cuaca. Radar Hanud merupakan mata dan telinga dalam sistem pertahanan negara yang berfungsi dalam menangkap dan mengidentifikasi objek-objek yang melintas di wilayah udara. Kesiapan operasional radar adalah sangat penting dalam menangkal segala ancaman yang dapat mengganggu wilayah kedaulatan udara nasional, dalam rangka menjaga kesiapan operasional radar tidak terlepas dari Sumber Tegangan Listrik (STL) atau generator set (Genset). Genset merupakan sumber tegangan Listrik utama radar dalam beroperasi. Genset radar harus selalu dalam kondisi baik, sehingga tidak menghambat dalam operasional radar. Kondisi genset yang baik tergantung dari pemeliharaan yang dilaksanakan. Kegiatan pemeliharaan bisa dilaksanakan secara terencana (*preventive maintenance*) maupun tidak terencana (*corrective maintenance*) serta *predictive maintenance*.

Meskipun saat ini pasokan listrik untuk Satuan Radar (Satrad) dapat disuplai oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN), namun pasokan tersebut memiliki sejumlah kelemahan. Salah satunya adalah masih sering terjadi pemadaman listrik, terutama di wilayah terpencil, serta ketidakstabilan tegangan listrik yang dapat mengganggu operasional sistem radar. Oleh karena itu, keberadaan genset menjadi sumber utama listrik yang sangat penting karena mampu menyediakan tegangan yang lebih stabil untuk mendukung operasional Radar Hanud. Hal ini memiliki pengaruh yang signifikan mengingat sekitar 80% Satuan Radar TNI AU berada di wilayah terpencil.

Dalam pelaksanaan kegiatan pemeliharaan genset radar, Depo Pemeliharaan 50 (Depohar 50) sebagai satuan pelaksana pemeliharaan tingkat berat terhadap peralatan radar dan peralatan pendukung lainnya—meliputi instrumen/AUP, ancillaries, dan STL peralatan radar (POP Depohar 50 Bab II Pasal 3)—menghadapi berbagai permasalahan di lapangan. Beberapa genset di Satrad tidak berada dalam kondisi optimal, sehingga menimbulkan kendala terhadap kesiapan operasional radar hanud. Permasalahan



tersebut antara lain masih digunakannya genset konvensional, keterbatasan kemampuan teknisi dalam pemeliharaan genset, serta lokasi pemeliharaan yang relatif jauh.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan suatu sistem pemeliharaan genset berbasis digital dan *Internet of Things* (IoT) yang mampu memantau kondisi genset secara real-time. Dalam konteks ini, **EMR Diagnostic** merupakan mekanisme yang dapat digunakan untuk mendeteksi dan menganalisis permasalahan atau kerusakan yang terjadi pada mesin genset, sehingga meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam pemeliharaan peralatan pendukung radar di lingkungan Satuan Radar TNI AU.

2. Tinjauan Pustaka

Optimalisasi dalam pemeliharaan adalah perubahan paradigma pemeliharaan dengan mengintegrasikan sistem teknologi sehingga terjadi perubahan konvensional menuju sistem digital. Integrasi pemeliharaan dengan teknologi pintar seperti perangkat dan sensor IoT meningkatkan pemeliharaan prediktif dan efektivitas operasional, sehingga meningkatkan kinerja peralatan. (Fathani, 2024) Berdasarkan pendapat yang dikemukakan oleh Mobley (2013). Digambarkan bahwa manajemen pemeliharaan umumnya adalah aktivitas yang berkaitan dengan perencanaan, organisasi dan personel, implementasi program, dan metode pengendalian aktivitas pemeliharaan. Aktivitas untuk mengoptimalkan kinerja pemeliharaan dengan meningkatkan keandalan dan ketersediaan sistem atau peralatan melalui perencanaan, organisasi, staf, pemantauan, dan evaluasi yang tepat.

Berdasarkan teori yang dikemukakan oleh Verhoeef (2015) yang memberikan gambaran bawah dalam istilah militer, kesiapan operasional mengacu pada kemampuan pasukan militer untuk melaksanakan operasi secara efektif dan memenuhi misi yang ditugaskan. Kesiapan operasional mencakup kapasitas personel, peralatan, dan sistem pendukung untuk siap dikerahkan dan menjalankan peran masing-masing satuan dalam berbagai konteks operasional. (Verhoeff, 2015).

Internet Of Things atau sering disebut IoT adalah sebuah gagasan dimana semua benda di dunia nyata dapat berkomunikasi satu dengan yang lain sebagai bagian dari



satu kesatuan sistem terpadu menggunakan jaringan internet sebagai penghubung. (Efendi, 2018) IoT (Internet of Things) dan Big Data adalah dua konsep yang saling terkait erat. IoT merujuk pada jaringan perangkat yang terhubung dan dapat berkomunikasi, sementara Big Data adalah kumpulan data yang sangat besar dan kompleks yang dihasilkan oleh berbagai sumber, termasuk perangkat IoT. Data yang dikumpulkan oleh perangkat IoT dapat menjadi bagian dari kumpulan data besar yang kemudian dianalisis untuk mendapatkan wawasan yang berguna.

Dalam konteks pertahanan dan keamanan nasional, perkembangan IoT juga menimbulkan dimensi etis dan filosofis yang perlu diperhatikan. Menurut Halkis (2024), teknologi seperti IoT dan kecerdasan komputasional membawa tantangan baru dalam bidang linguistik dan keamanan, terutama terkait privasi, otoritas bahasa digital, serta potensi penyalahgunaan data dalam sistem pertahanan nasional. Oleh karena itu, integrasi IoT dalam sistem militer maupun infrastruktur nasional harus disertai dengan kerangka etika dan kebijakan keamanan siber yang ketat untuk menjamin kedaulatan dan keamanan negara.

Berdasarkan pendapat dari Adani (2020) yang menjelaskan bahwa Big data adalah kumpulan proses yang terdiri volume data dalam jumlah besar yang terstruktur maupun tidak terstruktur dan digunakan untuk membantu kegiatan bisnis. Big data sendiri merupakan pengembangan dari sistem database pada umumnya. Yang membedakan disini adalah proses kecepatan, volume, dan jenis data yang tersedia lebih banyak dan bervariasi daripada DBMS (Database Management System) pada umumnya.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif, Menurut Moleong (2017) penelitian kualitatif diartikan sebagai suatu proses penelitian yang menghasilkan data deskriptif berupa informasi tertulis atau lisan dari beberapa observasi. Penelitian ini menggunakan model desain deskriptif kualitatif. Metode kualitatif adalah metode yang menggunakan analisis dengan menonjolkan proses dan makna. Pemilihan metode kualitatif dalam penelitian ini dinilai mampu memberikan gambaran hasil analisis



terhadap fenomena dan permasalahan yang dikaji. Dalam penelitian ini kajian dilakukan terkait optimalisasi pemeliharaan genset radar. Desain dan metode ini membantu untuk memahami secara mendalam dan komprehensif suatu fenomena, sesuai dengan makna, persepsi, dan pengalaman individu secara rinci. Desain penelitian merupakan suatu strategi untuk mencapai tujuan penelitian yang telah ditentukan dan berfungsi sebagai pedoman, bagi peneliti dalam melaksanakan proses penelitian. Penelitian ini menggunakan desain penelitian deskriptif.

4. Hasil dan Diskusi

Genset merupakan sumber tegangan listrik utama dalam sistem radar pertahanan udara (radar hanud). Keandalan dan kesiapan genset sangat menentukan stabilitas operasional radar, karena radar membutuhkan pasokan listrik dengan tegangan yang konstan dan bebas gangguan. Tanpa kesiapan pasokan listrik yang memadai, sistem radar dapat mengalami gangguan fungsi deteksi dan pelacakan sasaran udara, yang pada gilirannya berimplikasi terhadap efektivitas pertahanan nasional. Oleh karena itu, pemeliharaan genset secara optimal, efektif, dan efisien merupakan hal yang mutlak diperlukan guna menjamin kesiapan operasional sistem radar di seluruh wilayah Indonesia.

Kondisi ideal pemeliharaan genset di lingkungan Satuan Radar (Satrad) adalah terlaksananya seluruh kegiatan pemeliharaan—baik prediktif, pencegahan (preventif), maupun pemeliharaan terjadwal (scheduled maintenance)—secara cepat dan akurat dengan mengantisipasi potensi kerusakan sejak dini. Namun, kondisi faktual di lapangan menunjukkan bahwa pelaksanaan pemeliharaan belum sepenuhnya efisien. Salah satu faktor penghambat adalah jarak dan keterpencilan lokasi Satrad yang tersebar di berbagai daerah, terutama di wilayah terpencil dan perbatasan, yang menyulitkan proses transportasi dan supervisi teknis secara langsung.

Dalam konteks inilah, pengembangan sistem pemeliharaan genset berbasis **digitalisasi dan Internet of Things (IoT)** menjadi sebuah kebutuhan strategis. Melalui penerapan teknologi digital, proses pemantauan dan pemeliharaan genset dapat



dilakukan secara real-time, bahkan dari jarak jauh (remoting). Hal ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan reliabilitas sistem pendukung energi pada satuan radar pertahanan udara.

Kondisi Pemeliharaan Saat Ini

Saat ini, pelaksanaan pemeliharaan genset di lingkungan Satrad masih belum mencapai standar ideal yang diharapkan. Sebagian genset masih menggunakan sistem konvensional yang belum dilengkapi dengan perangkat monitoring otomatis. Pemantauan kondisi mesin masih dilakukan secara manual melalui inspeksi periodik, yang bergantung pada keberadaan teknisi di lapangan. Metode konvensional ini rentan terhadap keterlambatan deteksi kerusakan dan potensi kesalahan manusia dalam membaca indikator teknis seperti arus, tegangan, tekanan oli, dan suhu mesin.

Selain itu, keterbatasan kemampuan teknisi dalam bidang teknologi informasi dan sistem jaringan turut menjadi kendala tersendiri. Banyak satuan radar yang berada di wilayah terpencil dengan akses internet terbatas, sehingga integrasi antara perangkat pemantauan digital dengan sistem pusat (server) belum dapat berjalan optimal. Akibatnya, efektivitas pemeliharaan masih bergantung pada jadwal manual dan laporan berkala yang tidak selalu mencerminkan kondisi aktual mesin di lapangan.

Permasalahan lain yang dihadapi adalah keterbatasan sarana dan prasarana pendukung, seperti jaringan komunikasi data, server penyimpanan, dan perangkat sensor yang mampu mendeteksi kondisi genset secara detail. Tanpa dukungan infrastruktur tersebut, sistem digitalisasi pemeliharaan akan sulit berfungsi secara maksimal.

Konsep Internet of Things (IoT) dan Relevansinya terhadap Pemeliharaan Genset

Menurut Efendi (2018), **Internet of Things (IoT)** merupakan suatu gagasan di mana berbagai benda fisik di dunia nyata dapat saling berkomunikasi dan terhubung dalam satu sistem terpadu menggunakan jaringan internet sebagai penghubung. IoT



memungkinkan setiap perangkat untuk mengirim dan menerima data secara otomatis, sehingga tercipta sistem yang adaptif, efisien, dan berbasis data.

Lebih lanjut, Efendi (2018) menjelaskan bahwa IoT memiliki keterkaitan erat dengan konsep *Big Data*, yakni kumpulan data yang sangat besar dan kompleks yang dihasilkan oleh berbagai sumber termasuk perangkat IoT itu sendiri. Dalam konteks pemeliharaan genset, setiap sensor yang dipasang pada mesin akan menghasilkan data seperti arus listrik, tegangan, frekuensi, tekanan oli, getaran, suhu ruang, kadar bahan bakar, dan kondisi baterai starter. Data ini dikumpulkan, dikirim ke server, dan kemudian dianalisis untuk menghasilkan informasi yang berguna bagi pengambilan keputusan teknis secara cepat dan akurat.

Dengan penerapan IoT, sistem pemeliharaan genset dapat diubah dari pendekatan konvensional yang bersifat reaktif (memperbaiki setelah rusak) atau preventif (berdasarkan jadwal tertentu), menjadi **pendekatan prediktif dan berbasis kondisi (predictive and condition-based maintenance)**. Melalui sistem ini, gejala kerusakan dapat terdeteksi lebih awal, sehingga tindakan perawatan dapat dilakukan sebelum terjadi kegagalan fungsi. Hal ini meningkatkan *uptime* peralatan, mengurangi biaya pemeliharaan, dan memperpanjang umur operasional genset.

Implementasi Digitalisasi dan IoT dalam Sistem Radar

Penerapan digitalisasi dan IoT dalam pemeliharaan genset radar dapat dilakukan melalui mekanisme **monitoring real-time** dan **transfer data otomatis** ke pusat kendali. Sistem ini memanfaatkan berbagai sensor yang terhubung ke mikrokontroler untuk membaca data operasional genset. Data tersebut dikirim melalui jaringan internet atau kabel data ke server pusat. Apabila terjadi gangguan jaringan, sistem dapat menyimpan data sementara dan mengirimkannya kembali setelah koneksi pulih.

Sistem IoT yang efektif untuk mendukung pemeliharaan genset radar harus mampu memantau parameter penting seperti:

- a. Arus dan tegangan keluaran,
- b. Frekuensi listrik dan faktor daya,



- c. Tekanan oli dan level bahan bakar,
- d. Getaran mesin dan suhu lingkungan,
- e. Kondisi baterai starter dan status beban.

Data yang diperoleh kemudian diproses menggunakan algoritma analisis berbasis *machine learning* untuk mengidentifikasi pola-pola anomali. Ketika sistem mendeteksi potensi kerusakan, maka secara otomatis akan memberikan **peringatan dini (early warning)** kepada operator melalui aplikasi digital atau sistem kendali pusat. Dengan demikian, proses pemeliharaan dapat dilakukan secara cepat tanpa harus menunggu kerusakan besar terjadi.

Selain itu, sistem digital ini memungkinkan **pengendalian jarak jauh (remote control)** terhadap beberapa fungsi dasar genset, seperti penghidupan otomatis, pengaturan beban, dan sinkronisasi daya dengan jaringan PLN. Hal ini sangat penting bagi satuan radar yang beroperasi di daerah sulit dijangkau atau berisiko tinggi.

5. Kesimpulan

Optimalisasi pemeliharaan genset pada sistem Radar Hanud merupakan langkah strategis untuk menjamin keberlangsungan operasi pertahanan udara yang andal dan berkelanjutan. Transformasi dari sistem konvensional menuju digitalisasi bukan sekadar perubahan teknis, melainkan bagian dari modernisasi sistem pertahanan yang menuntut efisiensi, ketepatan waktu, dan reliabilitas tinggi. Melalui digitalisasi, proses pemantauan, deteksi dini, dan penanganan kerusakan dapat dilakukan secara real-time, sehingga mempercepat respons terhadap gangguan dan meminimalkan waktu henti operasional (downtime).

Keberhasilan optimalisasi ini sangat bergantung pada tiga unsur utama, yakni teknologi, strategi pemeliharaan, dan kualitas personel. Teknologi berbasis Internet of Things (IoT) memungkinkan integrasi data dari berbagai sensor pada genset untuk dianalisis secara otomatis dan akurat. Strategi pemeliharaan berbasis kondisi (condition-based maintenance) menggantikan metode reaktif dan terjadwal yang tidak efisien, sementara peningkatan kualitas personel menjadi faktor kunci dalam memastikan



pemanfaatan teknologi secara tepat guna. Sinergi ketiga unsur ini akan menciptakan sistem pemeliharaan yang adaptif, responsif, dan terukur terhadap dinamika lingkungan operasional radar di wilayah terpencil sekalipun.

Penerapan sistem pemeliharaan berbasis digital dan IoT membawa keuntungan signifikan dalam hal efisiensi energi, keandalan operasional, serta penghematan biaya jangka panjang. Prinsip-prinsip pemeliharaan—mulai dari breakdown, rutin, korektif, preventif, hingga prediktif—dapat diintegrasikan dalam satu sistem pemantauan cerdas yang berfungsi secara terpadu. Dengan demikian, optimalisasi pemeliharaan genset bukan hanya mendukung kesiapan radar secara teknis, tetapi juga memperkuat ketahanan sistem pertahanan udara nasional dalam menghadapi tantangan strategis di era digital.

Daftar Pustaka

1. Buku

Mobley, H. S. (2013). *Maintenance Engineering Handbook*. New York: McGraw Hill.

Moleong, L.J. (2017). *Metodologi penelitian kualitatif*. Bandung: Remaja Rosdakarya.

2. Jurnal

Effendi, Yoyon. (2018). Internet of Things (IoT) Sistem Pengendali Lampu Menggunakan Raspberry PI Berbasis Mobile. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, Vol. 4, No. 1, April 2018 (P) ISSN 2442-4512 (O) ISSN 2503

Fathani, (2024). Pergeseran Paradigma Pemeliharaan di Era Industri 4.0: Analisis Implementasi TPM Berbasis AI dan Dampaknya pada Efisiensi Manufaktur. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Elektro dan Komputer*, Vol. 4, No. 1, Maret 2024.



Halkis, Mhd, Ethical Concerns in Computational Linguistic Field National Defense: A Philosophical Investigation of Language and Security (July 15, 2024). *Linguistic and Philosophical Investigations* | Vol 23 (1), 2024 | pp. 386–396,

Verhoeff, M. (2015). Maximizing Operational Readiness in Military Aviation by Optimizing Flight and Maintenance Planning. *Transportation Research Procedia* Volume 10, 2015, Pages 941-950

3. Peraturan

POP Depohar 50

4. Internet

Adani, Muhammad Robith. (2020). *Pengertian Sistem Informasi dan Contoh Penerapan pada Dunia Industri.* Dalam <https://www.sekawanmedia.co.id/sistem-informasi/>