



STRATEGI PENGEMBANGAN PEMELIHARAAN RADAR MODERN DEPO PEMELIHARAAN 50 UNTUK MENDUKUNG TUGAS TNI AU

DEVELOPMENT STRATEGY FOR MODERN RADAR MAINTENANCE AT DEPO MAINTENANCE 50 TO SUPPORT THE MISSION OF THE INDONESIAN AIR FORCE

**Irwan Sigit Prasetyo, Haposan Simatupang, Hikmat Zakky Almubaroq, Azhar
Aditama Djojosingito**

Universitas Pertahanan RI

irwansigit2007@gmail.com

Abstrak. Keberhasilan pertahanan udara nasional sangat bergantung pada kesiapan radar sebagai alat deteksi dini, sehingga Depohar 50 memiliki peran penting dalam menjaga keandalan radar generasi lama maupun modern. Namun, kompleksitas teknologi radar modern menuntut kemampuan pemeliharaan yang lebih adaptif, terintegrasi, dan didukung oleh manajemen serta peningkatan kapasitas sumber daya manusia. Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif dengan pendekatan deskriptif. Data diperoleh melalui wawancara, observasi, dan studi kepustakaan terhadap dokumen serta regulasi terkait pemeliharaan radar di lingkungan TNI AU. Teknik pengolahan data menggunakan triangulasi untuk memastikan validitas dan reliabilitas hasil penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemeliharaan Depohar 50 berfokus pada integrasi pemeliharaan preventif, korektif, dan berbasis kondisi, meski masih menghadapi keterbatasan fasilitas uji, suku cadang, dan tuntutan teknologi digital. Karena itu, diperlukan peningkatan kompetensi teknisi, modernisasi sarana pemeliharaan, penguatan kerja sama industri pertahanan, serta optimalisasi evaluasi dan koordinasi lintas satuan. Untuk itu, diperlukan langkah-langkah strategis berupa peningkatan kompetensi teknisi melalui pelatihan bersertifikasi, modernisasi sarana pemeliharaan, penguatan kerja sama dengan industri pertahanan dalam negeri, serta optimalisasi sistem evaluasi dan koordinasi lintas satuan guna memastikan keberlanjutan kesiapan radar modern dalam mendukung tugas pertahanan udara TNI AU.

Kata kunci: strategi, pemeliharaan, radar modern, Depo 50, TNI AU

Abstract. The success of national air defense relies heavily on the readiness of radar systems as early-warning instruments, making Depohar 50 essential in maintaining the reliability of both legacy and modern radar systems. However, the complexity of modern radar technology demands maintenance capabilities that are more adaptive, integrated, and supported by strong management

and human-resource capacity development. This study employs a qualitative method with a descriptive approach. Data were collected through interviews, observations, and literature reviews of documents and regulations related to radar maintenance within the Indonesian Air Force. Data processing utilized triangulation techniques to ensure the validity and reliability of the findings. The results show that Depohar 50's maintenance efforts focus on integrating preventive, corrective, and condition-based maintenance, although limitations remain in testing facilities, spare-parts availability, and the demands of digital technology. Therefore, it is necessary to enhance technician competencies, modernize maintenance facilities, strengthen cooperation with the defense industry, and optimize evaluation systems and cross-unit coordination. Strategic measures are required, including competency improvement through certified training, modernization of maintenance infrastructure, strengthening collaboration with domestic defense industries, and optimizing evaluation and coordination mechanisms to ensure the sustained readiness of modern radar systems in supporting the Indonesian Air Force's air defense mission.

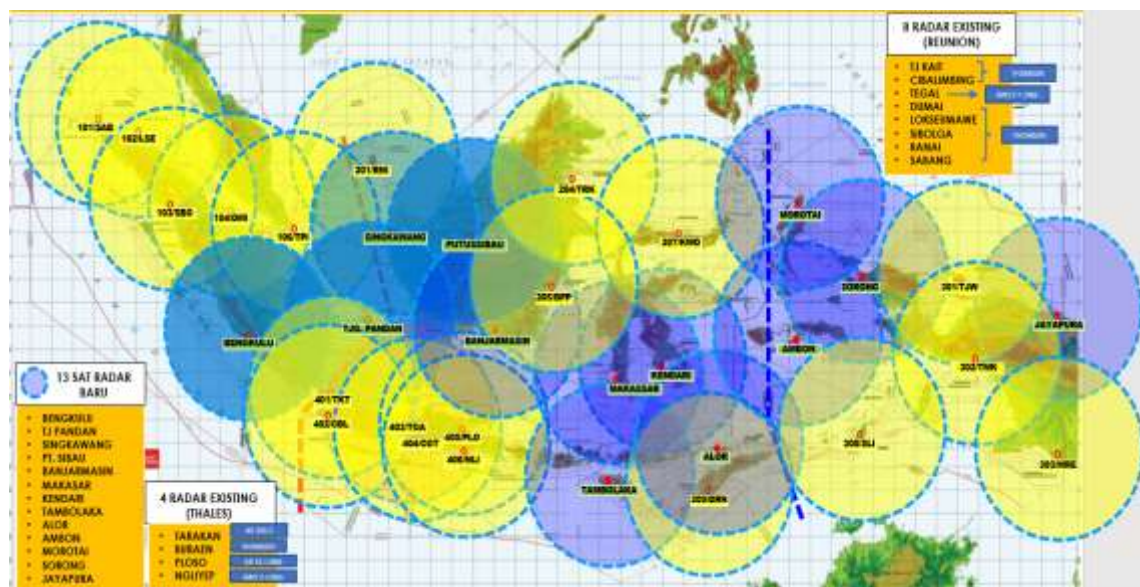
Keywords: Strategy, Maintenance, Modern radar, Depot 50, Indonesian Air Force

1. Pendahuluan

Indonesia memiliki 17.499 pulau dengan luas wilayah 7,81 juta kilometer persegi yang menjadikannya negara kepulauan strategis namun rentan terhadap berbagai ancaman keamanan (Ditjen PRL, 2020). Letaknya di persilangan dua benua dan dua samudera menempatkan Indonesia pada jalur perdagangan dan militer penting, sehingga membutuhkan kesiapsiagaan pertahanan yang komprehensif. Pertahanan udara memegang peran sentral sebagai lapisan pertama dalam deteksi dan pencegahan ancaman udara yang semakin kompleks seiring kemajuan teknologi persenjataan. Keberadaan Alpalhankam yang memadai merupakan faktor kunci menjaga kedaulatan wilayah udara karena setiap bentuk pelanggaran dapat berdampak langsung pada stabilitas keamanan nasional dan kewibawaan negara (BPPT, 2020:109).

Dalam mendukung pertahanan udara, TNI AU membutuhkan sistem radar untuk fungsi deteksi, peringatan dini, dan *ground control interceptor* guna menghadapi ancaman seperti pesawat, rudal, drone, dan wahana udara lainnya. Upaya penguatan kemampuan radar telah dimulai sejak 1960-an melalui kerja sama dengan Polandia untuk membangun pusat logistik radar, termasuk pengiriman teknisi dan pembangunan pabrik radar terbesar di Asia Tenggara di Lanud Panasan (Adi Soemarmo) sebagai cikal bakal Depohar 50, meskipun proyek tersebut terhenti akibat dinamika politik. Saat ini TNI AU mengoperasikan 23 radar yang terdiri dari radar Thomson, Plessey, Master T,

Weibel, dan radar pasif, mencerminkan keberagaman generasi teknologi mulai radar Plessey AWS tahun 60-an hingga radar modern Master T dan Weibel. Perbedaan teknologi sangat mencolok, mulai dari penggunaan TWT pada radar generasi lama hingga *TR module*, *solid state transmitter*, *coaxial cable*, GPS, dan sistem komputer berbasis Linux pada radar generasi baru. Radar modern juga dilengkapi PLC, FPGA, dan *integrated circuit* untuk pengendalian digital lebih presisi (Richard, et al., 2020:6). Transformasi ini menimbulkan tantangan pemeliharaan yang membutuhkan fasilitas uji modern, ketersediaan suku cadang, dan peningkatan kompetensi teknisi. Rencana pengembangan strategis TNI AU 2020–2024 turut menekankan modernisasi 25 radar GCI, peningkatan radar Thomson, serta pengadaan radar pasif untuk memperkuat kesiapan pertahanan udara nasional (Mabesau, 2021:53).



Gambar 1. Gelar Radar GCI (33 Unit)

Sumber: Mabes TNI (2025)

Depohar 50 memiliki peran strategis sebagai pelaksana pemeliharaan tingkat sedang dan berat untuk radar pertahanan udara TNI AU. Namun, kemampuan pemeliharaan tiap radar menunjukkan kesenjangan signifikan: radar Thomson mencapai 86,6%, Plessey 63,69%, dan Master T hanya 36,36%, sementara radar Weibel dan Pasif belum memiliki data. Perbedaan ini menggambarkan bahwa radar generasi lama lebih

mudah dipelihara dibanding radar modern yang jauh lebih kompleks. Tantangan tersebut semakin besar karena Depohar 50 harus menangani seluruh jenis radar, sementara modernisasi alutsista dan penambahan radar baru terus meningkatkan beban dan kompleksitas pekerjaan. Kondisi ini menuntut penyesuaian kapasitas organisasi, sistem kerja, dan dukungan teknis agar kesiapan operasional radar tetap terjaga.

Dalam perkembangannya, Depohar 50 menghadapi sejumlah permasalahan strategis terkait pemeliharaan radar generasi baru, terutama keterbatasan kompetensi teknisi serta minimnya jumlah personel yang mampu mengoperasikan dan memelihara perangkat berteknologi tinggi. Struktur organisasi yang belum adaptif terhadap dinamika kebutuhan pemeliharaan radar modern turut memperbesar kesenjangan antara kemampuan aktual dan tuntutan operasional. Selain itu, sarana dan prasarana pendukung, termasuk fasilitas uji dan test bench, masih terbatas sehingga menghambat proses pemeliharaan secara optimal. Tantangan ini semakin krusial mengingat radar merupakan komponen vital dalam sistem pertahanan udara nasional yang menuntut kesiapan tinggi dan keandalan berkelanjutan. Dengan adanya rencana pengembangan kekuatan udara dan modernisasi sistem radar, Depohar 50 harus memperkuat kapasitas teknis, menata ulang struktur organisasi yang lebih fleksibel, serta meningkatkan fasilitas penunjang agar mampu menjawab kebutuhan pemeliharaan ke depan. Kondisi tersebut menjadi dasar penting bagi perlunya strategi pemeliharaan yang terintegrasi dan terukur, yang kemudian dirumuskan dalam kajian berjudul **“Strategi Pengembangan Pemeliharaan Radar Modern Depo Pemeliharaan 50 Untuk Mendukung Tugas TNI AU”**.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pertahanan

Secara umum, teori pertahanan memberikan dasar untuk memahami bagaimana negara membangun dan mengoptimalkan kekuatan nasional dalam menghadapi ancaman melalui integrasi tujuan, sumber daya, dan metode strategis. Booth (1979:78) memandang pertahanan sebagai upaya menyeluruh untuk menjaga survival negara,

yang tidak hanya mengandalkan kekuatan militer tetapi juga diplomasi, ekonomi, legitimasi politik, dan kohesi sosial sebagai satu kesatuan yang saling menopang. Pertahanan ideal menurut Booth adalah “*security in action*”, yaitu kemampuan negara menggabungkan *hard power* dan *soft power* sekaligus membangun ketahanan nasional melalui kekuatan moral, stabilitas politik, dan kesiapan masyarakat dalam menghadapi dinamika ancaman.

Lykke (1998:34) memperkuat pemahaman ini melalui model strategis *ends-ways-means*, yang menegaskan bahwa strategi pertahanan akan efektif hanya bila tujuan, metode, dan sumber daya berada dalam keseimbangan. Ketidakseimbangan di antara ketiganya dapat menghasilkan risiko strategis atau pemborosan sumber daya. Sementara itu, Schelling (1966:17) menekankan pentingnya deterrence sebagai elemen kunci pertahanan modern, yakni kemampuan negara memengaruhi persepsi lawan melalui sinyal kekuatan yang kredibel untuk mencegah agresi. Dengan demikian, pertahanan negara modern merupakan sistem komprehensif yang menggabungkan kekuatan material, strategi komunikasi, dan pengelolaan persepsi lawan untuk memastikan keamanan dan ketahanan nasional secara berkelanjutan.

2.2 Pemeliharaan

Pemeliharaan dipahami sebagai rangkaian kegiatan terencana untuk menjaga dan mengembalikan peralatan agar tetap berfungsi optimal, sebagaimana dijelaskan Nakagawa (2005:2) yang menekankan pentingnya *preventive* dan *corrective maintenance* sebagai upaya menjaga ketersediaan dan keandalan sistem. Seiring perkembangan teknologi radar dari tabung vakum menuju *solid-state*, TR module, AESA, *digital signal processing*, BIT, hingga health monitoring, kompleksitas mode kegagalan meningkat sehingga menuntut penerapan *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) untuk memprioritaskan komponen kritis (Moubray, 1997). Pendekatan Dhillon (2002:41) menempatkan pemeliharaan sebagai fungsi manajemen teknis yang mengintegrasikan strategi teknis, manajemen sumber daya, dan analisis biaya–manfaat agar sistem bekerja optimal sepanjang siklus hidupnya. Karena itu, indikator seperti MTBF, MTTR, dan

availability menjadi instrumen penting untuk mengendalikan kinerja radar, terutama pada modul kritis seperti *T/R module*, *exciter/receiver*, *rotary joint*, unit pendingin, dan *power supply*. Integrasi pemeliharaan preventif, korektif, prediktif, RCM, serta manajemen suku cadang dan *obsolescence* menjadikan pemeliharaan sebagai proses strategis untuk menjaga reliabilitas sistem radar yang beroperasi dalam lingkungan elektromagnetik yang dinamis.

Dalam kerangka Pusat Pemeliharaan Militer, pemeliharaan tingkat depot mencakup rekayasa dukungan, kalibrasi dan uji, manajemen konfigurasi, serta *Integrated Logistic Support* (ILS) untuk memastikan kesiapan operasional tetap terjaga (Blanchard, 2004). Tantangan dalam pemeliharaan radar militer muncul dari keberagaman platform, keterbatasan suku cadang akibat *diminishing manufacturing sources*, kebutuhan sertifikasi pascamodifikasi, dan potensi gangguan elektromagnetik yang memengaruhi kelaikan operasi. Wireman (2010:10) menegaskan bahwa pemeliharaan harus bersifat proaktif dan berbasis teknologi seperti *condition-based maintenance* serta analisis prediktif untuk mengurangi downtime dan meningkatkan umur pakai sistem. Dengan memadukan RCM, ILS–LORA, analisis biaya–manfaat, dan pendekatan lean terhadap alur kerja pemeliharaan, kesiapan misi radar dapat ditingkatkan secara efisien dan berkelanjutan. Perspektif Dhillon (2002) menjadi relevan untuk menganalisis strategi pemeliharaan Depohar 50 sebagai radar *maintenance center*, karena integrasi strategi teknis dan manajerial memungkinkan peningkatan efektivitas pemeliharaan, optimalisasi ketersediaan radar, serta penguatan kesiapan operasional pertahanan udara TNI AU di tengah tantangan keamanan yang semakin kompleks.

2.3 Radar Modern

Radar modern merupakan sistem deteksi berbasis gelombang elektromagnetik yang mampu mengidentifikasi posisi, jarak, kecepatan, dan karakteristik objek melalui integrasi teknologi *solid-state electronics*, *digital signal processing* (DSP), *phased array antennas*, serta perangkat lunak adaptif (Richard et al., 2020:472). Kemampuannya dalam mengoperasikan berbagai mode seperti *surveillance*, *tracking*, dan *target acquisition* secara

simultan diperkuat oleh teknik pulse compression dan *Doppler processing* yang meningkatkan resolusi dan pemisahan target bergerak. Barton dan Ward (2013:14) menekankan bahwa keunggulan radar modern terletak pada sinergi antara *hardware* berperforma tinggi dan software adaptif, serta integrasinya ke dalam integrated air defense systems yang menghasilkan situational awareness lebih komprehensif. Nathanson et al. (2013:65) menambahkan bahwa *adaptive processing*—khususnya *space-time adaptive processing* (STAP) memungkinkan radar mempertahankan performa optimal dalam kondisi *jamming* dan *clutter*. Dengan seluruh kemampuan tersebut, radar modern menjadi elemen strategis pertahanan udara karena mampu bekerja secara cepat, akurat, dan responsif dalam menghadapi ancaman multi-dimensi.

Kompleksitas teknologi radar modern menuntut sistem pemeliharaan yang adaptif melalui penerapan teknologi prediktif berbasis IoT, sensor cerdas, *big data analytics*, machine learning, serta pemanfaatan CMMS/EAM untuk pengelolaan data pemeliharaan secara terintegrasi. Teknologi AR/VR juga menawarkan dukungan signifikan untuk pelatihan teknisi dan panduan perawatan langsung sehingga meningkatkan akurasi kerja dan mengurangi potensi kesalahan. Secara keseluruhan, radar modern merupakan sistem berteknologi tinggi yang menuntut keandalan pemeliharaan, integrasi jaringan, dan kesiapan operasional yang konsisten. Dalam konteks ini, pandangan Barton dan Ward (2013) relevan diterapkan pada strategi pemeliharaan Depohar 50 sebagai radar maintenance center, karena menekankan perlunya pendekatan holistik yang mencakup aspek teknis, keandalan operasional, kompetensi teknisi, dan optimalisasi sarana prasarana. Dengan mengadopsi kerangka tersebut, strategi pemeliharaan Depohar 50 dapat diarahkan untuk memastikan kesiapan radar modern secara berkelanjutan dalam mendukung tugas pertahanan udara TNI AU.

2.4 Manajemen

Manajemen dipahami sebagai rangkaian proses terintegrasi yang mencakup perencanaan, pengorganisasian, pengarahan atau penggerakan, serta pengendalian untuk memastikan tujuan organisasi dapat dicapai secara efektif dan efisien. Koontz dan

O'Donnell (1976:89) menegaskan bahwa manajemen merupakan kegiatan yang mengombinasikan kemampuan teknis dan kepemimpinan melalui koordinasi fungsi-fungsi yang saling berkaitan dalam satu siklus yang berkesinambungan. Terry (2006) memperkuat pandangan ini dengan menjabarkan empat fungsi inti manajemen—*planning, organizing, actuating, dan controlling* yang membentuk kerangka kerja operasional dalam memanfaatkan sumber daya secara optimal. Robbins dan Coulter (2016) menambahkan bahwa manajemen membutuhkan kemampuan adaptasi terhadap perubahan lingkungan, komunikasi efektif, serta pengambilan keputusan berbasis data untuk mencapai efisiensi dan efektivitas organisasi. Keseluruhan pandangan para ahli tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan manajemen tidak hanya terletak pada pencapaian hasil, tetapi juga pada koordinasi antar fungsi, efisiensi sumber daya, serta kemampuan organisasi beradaptasi terhadap dinamika internal dan eksternal.

Dalam konteks lembaga teknis militer seperti Depohar 50, teori manajemen memberikan dasar konseptual yang kuat untuk memperkuat strategi pemeliharaan radar modern. Pendekatan Terry (2006) menjadi relevan karena menekankan pentingnya proses perencanaan dan pengorganisasian yang jelas, penggerakan personel yang efektif, serta pengendalian mutu yang konsisten sebagai bagian dari upaya menjaga kesiapan operasional alutsista. Penerapan prinsip manajemen ini memungkinkan Depohar 50 menyusun strategi pemeliharaan yang lebih terukur, sistematis, dan adaptif dalam menghadapi kompleksitas teknologi radar generasi terbaru. Dengan memanfaatkan kerangka manajemen secara komprehensif, Depohar 50 dapat meningkatkan efektivitas pemeliharaan, memaksimalkan pemanfaatan sumber daya manusia, serta memastikan keberlanjutan kesiapan radar dalam mendukung tugas pertahanan udara TNI AU.

Terkait dengan hal tersebut, beberapa penelitian terdahulu memberikan landasan penting bagi penyusunan strategi pengembangan pemeliharaan radar modern, khususnya dalam menghadapi tuntutan pengembangan pemeliharaan radar modern Depo Pemeliharaan 50 untuk mendukung tugas TNI AU. Berbagai kajian menunjukkan keandalan radar sangat dipengaruhi oleh kualitas pemeliharaan preventif, korektif, serta kesiapan sumber daya manusia. Penelitian Pradipta Ramadhana Sumanto (2023)

mengungkap bahwa kerusakan radar umumnya dipicu minimnya perawatan rutin dan keterbatasan pengetahuan teknis, sedangkan penelitian Guntur, Winarti, dan Aris (2024) menunjukkan adanya hambatan signifikan berupa keterbatasan SDM serta sarana dan prasarana yang berdampak langsung pada rendahnya kesiapan operasional radar. Kajian Fadillah dan Hastuti (2024) menegaskan bahwa profesionalisme personel dan kemampuan manajemen pemeliharaan menjadi faktor kunci dalam menjaga efektivitas radar Thomson TRS 2230D, sementara studi Novitri et al. (2024) menunjukkan pentingnya konsistensi pemeliharaan rutin terhadap keandalan peralatan MSSR. Temuan-temuan ini memperlihatkan bahwa pemeliharaan radar yang efektif tidak hanya bergantung pada aspek teknis, tetapi juga kualitas SDM, sistem perawatan yang konsisten, serta dukungan fasilitas yang memadai.

Selain itu, penelitian internasional oleh Yongdo Hur (2024) memperkaya perspektif dengan menunjukkan bahwa efektivitas depot *maintenance* sangat dipengaruhi oleh infrastruktur yang memadai, efisiensi biaya, dan budaya kerja proaktif dalam pemeliharaan sistem senjata modern. Kondisi infrastruktur yang menua dan pendekatan pemeliharaan yang reaktif terbukti menurunkan kesiapan operasional, sehingga modernisasi fasilitas dan peningkatan efisiensi menjadi kebutuhan strategis. Relevansi temuan-temuan tersebut terhadap penelitian ini terletak pada perlunya Depohar 50 merancang strategi pemeliharaan yang lebih adaptif, terintegrasi, dan berorientasi pencegahan, terutama dalam menghadapi kompleksitas teknologi radar generasi baru. Literatur yang ada menegaskan penguatan kapasitas teknis, modernisasi sarana-prasarana, penerapan sistem pemeliharaan yang konsisten, serta budaya kerja proaktif menjadi elemen kunci dalam membangun radar *maintenance center* yang mampu mendukung kesiapan operasional TNI AU secara berkelanjutan.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi kasus yang berfokus pada Depohar 50 sebagai objek kajian, khususnya terkait keterbatasan SDM, fasilitas, dan teknologi dalam pemeliharaan radar modern. Lokasi penelitian berada di

Depohar 50 Lanud Adi Soemarmo, Surakarta, dengan sumber data terdiri atas data primer melalui wawancara mendalam dengan Komandan Depohar 50, Komandan Sathar 51, Komandan Sathar 54, dan Komandan Sathar 55, serta data sekunder dari berbagai dokumen resmi. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara, observasi, dan studi dokumentasi untuk menghasilkan pemahaman komprehensif atas fenomena yang diteliti. Keabsahan data diuji menggunakan teknik triangulasi, sedangkan analisis data dilakukan dengan model interaktif Miles, Huberman, dan Saldana (2014:12-14) yang menekankan proses analisis secara siklus sejak awal hingga akhir penelitian. Pendekatan ini memungkinkan peneliti melakukan reduksi, penyajian, dan penarikan kesimpulan data secara berkesinambungan guna memperoleh hasil penelitian yang mendalam dan valid.

4. Hasil dan Diskusi

Radar modern merupakan komponen vital dalam pertahanan udara karena berfungsi mendeteksi, melacak, dan mengidentifikasi berbagai ancaman dengan akurasi tinggi, sehingga memerlukan sistem pemeliharaan yang tidak hanya fokus pada perbaikan, tetapi juga pencegahan serta peningkatan kesiapan operasional jangka panjang. Dalam menjaga kedaulatan wilayah udara, ketersediaan radar yang andal menjadi aspek strategis yang menentukan efektivitas deteksi dini dan respons cepat terhadap setiap potensi ancaman. Depohar 50 sebagai pusat pemeliharaan radar TNI AU memegang peran penting dalam memastikan keberlanjutan operasional alutsista radar, namun menghadapi tantangan berupa keterbatasan SDM, sarana prasarana, serta tuntutan adaptasi terhadap teknologi radar generasi baru. Oleh karena itu, kajian mengenai strategi pengembangan pemeliharaan Depohar 50 diperlukan untuk memberikan pemahaman utuh mengenai kondisi aktual, kebutuhan penguatan kapasitas, serta arah pengembangan pemeliharaan radar modern dalam mendukung kesiapan tugas pertahanan udara TNI AU.

4.1 Kondisi Kemampuan Depo 50 Dalam Pemeliharaan Radar Modern

Kemampuan Depohar 50 dalam pemeliharaan radar dapat dipahami melalui tiga aspek utama, yaitu mekanisme monitoring, pelaksanaan pemeliharaan on site, dan pemeliharaan off site. Sistem *monitoring* kesiapan melalui laporan kesiapan teknis mingguan memberikan gambaran menyeluruh mengenai kondisi subsistem radar dan menjadi dasar penentuan prioritas pemeliharaan, meskipun efektivitas tindak lanjut masih dipengaruhi oleh ketersediaan suku cadang dan kapasitas teknisi. Pada pola *on site*, Depohar 50 menunjukkan fleksibilitas dalam menangani kerusakan yang tidak memungkinkan dilakukan di fasilitas pemeliharaan, namun efektivitas pendekatan ini sangat dipengaruhi kesiapan teknisi dan ketersediaan peralatan portable. Adapun pola *off site* menawarkan tingkat akurasi perbaikan lebih tinggi karena menggunakan test bench, tetapi kapasitas sarana uji yang terbatas menjadi kendala signifikan, terutama dalam menangani radar modern berbasis teknologi digital.

Perbedaan kemampuan pemeliharaan antara radar generasi lama dan generasi baru memperlihatkan adanya kesenjangan yang nyata. Pada radar generasi lama seperti Plessey dan Thomson, kapasitas pemeliharaan Depohar 50 relatif tinggi, namun tetap terkendala oleh obsolete spare parts yang menyebabkan menurunnya tingkat keandalan. Sebaliknya, radar modern seperti Master T menunjukkan tingkat perbaikan yang jauh lebih rendah akibat keterbatasan *test bench* dan kurangnya kompetensi teknisi pada sistem digital dan software. Kondisi ini menimbulkan ketergantungan yang besar pada dukungan pabrikan luar negeri dan memperpanjang waktu pemeliharaan. Tantangan serupa juga terjadi pada radar *non-surveillance* seperti *Smart Hunter*, NASAMS, dan radar cuaca, di mana beberapa unit belum dapat ditangani secara optimal karena ketiadaan fasilitas uji dan belum terpenuhinya standar kompetensi teknisi untuk sistem multi-radar yang kompleks.

Berdasarkan teori *reliability maintenance* Nakagawa (2005), kegagalan radar di Depohar 50 menunjukkan pola *catastrophic failure* dan *degraded failure* yang keduanya masih menjadi tantangan signifikan. On site lebih banyak digunakan untuk menangani kegagalan mendadak, sementara off site digunakan untuk kerusakan bertahap, tetapi

kedua pendekatan masih dibatasi oleh ketersediaan sarana, prasarana, dan suku cadang. Keterbatasan komponen menjadi isu strategis karena bertambahnya usia radar meningkatkan permintaan suku cadang sementara produksi sudah sangat terbatas, sehingga menimbulkan ketergantungan terhadap pabrikan luar negeri. Hal ini berdampak pada biaya tinggi, waktu tunggu panjang, serta berkurangnya efektivitas radar dalam mendukung operasi udara, terutama karena radar modern tidak dapat beroperasi melebihi 0,7 jam tanpa suku cadang kritis (Thales, 2010).

Secara keseluruhan, analisis kondisi Depohar 50 menunjukkan meskipun fungsi monitoring, *on site*, dan *off site maintenance* telah berjalan, masih terdapat keterbatasan signifikan pada kapasitas teknis, sarana uji, dan ketersediaan suku cadang untuk radar modern. Kesenjangan antara tuntutan operasional dan kemampuan pemeliharaan aktual memperlihatkan adanya risiko berkurangnya kesiapan radar sebagai komponen utama pertahanan udara. Berbagai tantangan yang ada menegaskan perlunya strategi peningkatan kapasitas teknis, manajerial, dan infrastruktur Depohar 50 secara menyeluruh. Kesenjangan tersebut menjadi titik kritis yang melatarbelakangi perlunya perumusan strategi penguatan Depohar 50 sebagai radar *maintenance center* dalam mendukung kesiapan operasional radar TNI AU ke depan.

4.2 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Pemeliharaan Radar Modern Depo Pemeliharaan 50

Faktor-faktor yang memengaruhi pemeliharaan radar modern Depohar 50 mencerminkan kompleksitas tugas organisasi dalam memastikan kesiapan sistem pertahanan udara TNI AU. Radar modern sebagai alutsista strategis memiliki peran utama dalam deteksi dan peringatan dini, sehingga membutuhkan pemeliharaan yang terencana, presisi, dan berkelanjutan. Kompleksitas teknologi radar yang mencakup perangkat keras dan perangkat lunak menuntut kesiapan organisasi, personel, sarana, hingga sistem manajemen yang terintegrasi. Landasan normatif sebagaimana diatur dalam UU No. 3 Tahun 2002 tentang Pertahanan Negara menegaskan bahwa pembangunan kemampuan pertahanan merupakan kewajiban negara dalam

menghadapi setiap ancaman, sehingga kesiapan radar menjadi elemen penting dalam menjaga kedaulatan udara Indonesia. Kerangka hukum ini menempatkan pemeliharaan radar sebagai bagian tidak terpisahkan dari strategi pertahanan nasional.

Faktor pertama yang sangat menentukan adalah kualitas sumber daya manusia. Teknisi Depohar 50 merupakan aktor sentral dalam memastikan keberhasilan pemeliharaan radar dengan teknologi yang terus berkembang. Barton dan Ward (2013) menekankan bahwa radar modern merupakan perpaduan antara perangkat keras berperforma tinggi dan perangkat lunak adaptif, sehingga teknisi dituntut menguasai keduanya. Keterbatasan kompetensi digital atau kurangnya pelatihan bersertifikasi akan mengurangi kualitas pemeliharaan. Dari sisi kuantitas, jumlah teknisi juga menjadi penentu keberhasilan pemeliharaan, karena beban kerja radar generasi lama maupun radar modern meningkat seiring usia dan kompleksitas sistem. Hal ini sejalan dengan amanat UU No. 34 Tahun 2004 tentang TNI, yang mewajibkan prajurit profesional, terlatih, dan terdidik, termasuk dalam konteks teknisi pemeliharaan alutsista.

Faktor kedua berkaitan dengan sarana dan prasarana pendukung yang digunakan dalam proses pemeliharaan. Bengkel, laboratorium kalibrasi, ruang penyimpanan komponen, serta sistem kelistrikan dan pendingin harus memenuhi standar teknis sesuai kebutuhan radar modern. Perkasau Nomor 48 Tahun 2020 menetapkan Depohar 50 sebagai satuan pelaksana pemeliharaan tingkat berat radar, sehingga tuntutan terhadap kesiapan prasarana semakin tinggi. Namun, fakta bahwa beberapa fasilitas masih terbatas menunjukkan adanya kesenjangan antara kebutuhan dan kondisi aktual. Radar modern memerlukan lingkungan pemeliharaan yang presisi, stabil, dan terkontrol, sehingga tanpa dukungan fasilitas yang memadai, hasil pemeliharaan memiliki risiko tidak mencapai standar keandalan yang ditetapkan. Dengan demikian, sarana-prasarana menjadi faktor mendasar yang menentukan mutu dan kecepatan proses pemeliharaan.

Faktor ketiga berkaitan dengan ketersediaan peralatan uji (*test bench*) dan alat bantu khusus. Radar modern tidak dapat diperiksa melalui metode konvensional karena kerusakan pada tingkat modul tidak dapat terdeteksi tanpa perangkat uji berpresisi tinggi. *Test bench* yang lengkap memungkinkan deteksi *fault* secara akurat, sekaligus

mengurangi ketergantungan terhadap pabrik luar negeri. Ketika test bench tidak tersedia atau tidak kompatibel dengan jenis radar tertentu, proses pemeliharaan menjadi terhambat dan biaya meningkat. Barton dan Ward (2013) juga menegaskan bahwa meskipun radar dilengkapi sistem self-diagnosis, pemeriksaan tetap membutuhkan verifikasi menggunakan perangkat uji standar. Oleh karena itu, test bench merupakan penentu utama kemandirian teknis dalam pemeliharaan radar Depohar 50.

Faktor keempat adalah ketersediaan suku cadang, yang sangat menentukan keberhasilan pemeliharaan. Radar yang terdiri dari banyak submodul sangat bergantung pada pasokan komponen yang tepat spesifikasi. Ketergantungan pada komponen impor, terutama untuk radar generasi modern seperti Master-T, menimbulkan risiko strategis berupa biaya tinggi dan waktu tunggu panjang. Pada radar generasi lama seperti Thomson atau Plessey, tingkat *obsolescence* menyebabkan suku cadang sulit diperoleh, sehingga Depohar 50 sering menggunakan rekayasa komponen untuk mempertahankan operasional. Ketidaktersediaan suku cadang menghambat pemeliharaan dan menurunkan kesiapan radar dalam mendukung operasi TNI AU. Faktor kelima adalah kualitas sistem manajemen pemeliharaan, sebagaimana diatur dalam Kep/422/XI/2022, yang menjadi kerangka tata kelola pemeliharaan dari perencanaan hingga evaluasi. Sistem manajemen yang konsisten memastikan seluruh aktivitas pemeliharaan berjalan sesuai standar, menghubungkan faktor SDM, sarana-prasarana, test bench, dan suku cadang dalam satu kesatuan proses yang terintegrasi.

Secara keseluruhan, kelima faktor tersebut membentuk kerangka menyeluruh yang menentukan keberhasilan pemeliharaan radar di Depohar 50. Kelemahan pada satu faktor akan mengganggu keseluruhan sistem, sedangkan penguatan seluruh faktor secara simultan akan meningkatkan kesiapan operasional radar dalam jangka panjang. Analisis ini menunjukkan bahwa tantangan pemeliharaan tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga terkait kebijakan, manajemen, dan dukungan logistik. Seluruh faktor tersebut mencerminkan implementasi pertahanan semesta sebagaimana diamanatkan UU No. 3 Tahun 2002, sehingga pemeliharaan radar tidak hanya dipahami sebagai proses teknis, tetapi juga sebagai bagian integral dari kesiapan pertahanan negara.

4.3 Strategi Pengembangan Pemeliharaan Radar Modern Depo Pemeliharaan 50 Untuk Mendukung Tugas TNI AU

Strategi pemeliharaan Depohar 50 dibangun di atas keseimbangan antara aspek teknis, regulasi, dan kebutuhan operasional pertahanan udara. Radar sebagai alutsista utama menuntut kesiapan tinggi, sehingga pemeliharaan harus dirancang secara komprehensif melalui kombinasi pemeliharaan preventif, korektif, condition-based, dan quality control yang terintegrasi. Dukungan kebijakan dan regulasi memberi legitimasi dan arah yang jelas, sekaligus menegaskan bahwa kesiapan radar bukan sekadar urusan teknis bengkel, tetapi fondasi bagi keberlangsungan sistem pertahanan udara nasional dan kinerja operasi TNI AU secara keseluruhan.

Ditinjau dari teori manajemen Terry (2006), strategi Depohar 50 mencakup fungsi perencanaan, pengorganisasian, penggerakan, dan pengendalian yang saling terkait. Perencanaan diwujudkan melalui program *preventive maintenance* dan *condition-based maintenance* yang disusun berdasarkan karakteristik tiap jenis radar, namun masih dibatasi oleh keterbatasan fasilitas uji radar modern. Pengorganisasian dilakukan dengan membagi teknisi berdasarkan spesialisasi radar pada satuan setingkat flight sehingga alur kerja lebih jelas, meskipun kesenjangan kompetensi antargenerasi dan keterbatasan teknisi bersertifikat membuat beban kerja pada radar modern belum tertangani secara optimal.

Fungsi penggerakan tercermin dalam program *One Team Solid* yang bertujuan memperkuat motivasi dan kohesi kerja teknisi dalam menangani pemeliharaan radar yang kian kompleks dan lintas-keahlian. Namun, semangat dan kerja sama tim ini kerap terhambat oleh ketiadaan alat uji khusus, test bench yang terbatas, dan suku cadang yang belum memadai, sehingga troubleshooting menjadi kurang efektif. Pada saat yang sama, fungsi pengendalian dijalankan melalui sistem quality control untuk memastikan standar teknis terpenuhi, tetapi ketiadaan test bench dan alat ukur modern pada beberapa radar generasi baru mengurangi ketepatan evaluasi hasil pemeliharaan dan menuntut modernisasi instrumen verifikasi.

Temuan Yongdo Hur (2024) menunjukkan bahwa efektivitas *depot maintenance* sangat dipengaruhi oleh kondisi infrastruktur, efisiensi biaya pemeliharaan, dan budaya kerja yang proaktif. Situasi ini paralel dengan kondisi Depohar 50, yang masih mengandalkan fasilitas pemeliharaan generasi lama, menghadapi biaya perawatan radar tua yang terus meningkat, serta belum sepenuhnya menerapkan pendekatan prediktif dalam pemeliharaan radar modern. Relevansi temuan Hur diperkuat oleh berbagai penelitian sebelumnya, seperti studi Pradipta Ramadhana Sumanto (2023) yang menekankan pentingnya perawatan rutin, pengetahuan teknis, dan kesadaran personel sebagai faktor penentu keandalan sistem radar. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kerusakan radar sering kali disebabkan oleh kurangnya perawatan berkala dan lemahnya budaya pemeliharaan, sebuah kondisi yang juga tampak pada tantangan Depohar 50 dalam mengelola radar modern. Demikian pula, penelitian Guntur Auriyanto dkk. (2024) mengidentifikasi keterbatasan SDM dan sarana-prasarana sebagai kendala utama dalam mencapai kesiapan operasional alutsista radar, menegaskan bahwa keberhasilan pemeliharaan sangat bergantung pada kapasitas teknis personel dan ketersediaan fasilitas yang memadai.

Selanjutnya, penelitian Tubagus Fadillah dan Sri Hastuti (2024) menegaskan bahwa efektivitas pemeliharaan radar erat kaitannya dengan profesionalisme dan kompetensi personel pengawak, khususnya pada radar Thomson TRS 2230D yang masih digunakan dalam sistem pertahanan udara nasional. Hal ini menunjukkan bahwa manajemen SDM merupakan komponen strategis selain aspek teknis pemeliharaan. Penelitian Elizabeth Rindi Novitri dkk. juga memperkuat pentingnya pemeliharaan rutin sebagai fondasi keandalan radar, di mana frekuensi perawatan yang tidak konsisten berdampak langsung pada penurunan performa alat dan efektivitas pembelajaran. Keseluruhan penelitian terdahulu tersebut memiliki benang merah yang kuat dengan kondisi Depohar 50: keberhasilan pemeliharaan radar modern TNI AU sangat ditentukan oleh integrasi kompetensi SDM, ketersediaan fasilitas uji, budaya kerja yang proaktif, serta sistem pemeliharaan preventif dan prediktif yang konsisten. Dengan demikian, strategi Depohar 50 sebagai *radar maintenance center* harus mencakup modernisasi fasilitas,

penguatan manajemen SDM, dan efisiensi sumber daya guna memastikan kesiapan operasional radar sebagai elemen vital pertahanan udara nasional.

Dalam kerangka teori pertahanan Booth (1979), pemeliharaan radar bukan sekadar persoalan teknis, tetapi bagian dari upaya negara mempertahankan *survival* melalui kesiapsiagaan sistem pertahanan udara. Radar yang tidak andal akan melemahkan kemampuan deteksi awal dan mengurangi efektivitas respons pertahanan nasional, sehingga gap antara kebutuhan strategis dan kapasitas aktual Depohar 50 menjadi isu pertahanan, bukan hanya isu teknis. Karena itu, penguatan SDM, fasilitas, dan tata kelola pemeliharaan harus dipandang sebagai bagian integral dari strategi pertahanan negara, bukan sekadar kebutuhan internal satuan pemeliharaan.

Secara keseluruhan, strategi pemeliharaan Depohar 50 menunjukkan pergeseran dari sekadar pelaksana pemeliharaan rutin menuju calon *Radar Maintenance Center* nasional yang adaptif dan berbasis teknologi digital. Kombinasi preventive maintenance, corrective maintenance, CBM, dan quality control diperkuat dengan peningkatan profesionalisme teknisi, pemanfaatan produk lokal untuk mengurangi ketergantungan impor, evaluasi berkala, optimalisasi sarana yang ada, serta koordinasi erat dengan Koharmatau, Diskomlekau, dan satuan radar di lapangan. Apabila modernisasi fasilitas uji, penguatan SDM melalui sertifikasi berstandar internasional, dan dukungan pendanaan berkelanjutan dapat terintegrasi secara konsisten, Depohar 50 berpeluang besar menjadi pilar utama kemandirian pemeliharaan radar modern TNI AU dan penguatan kemampuan pertahanan udara Indonesia di masa depan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan uraian mengenai strategi pengembangan pemeliharaan radar modern Depo pemeliharaan 50 untuk mendukung tugas TNI AU, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Kemampuan Depohar 50 dalam pemeliharaan radar modern menunjukkan peran strategis satuan ini sebagai pusat pemeliharaan utama TNI AU, meskipun masih dibatasi oleh ketersediaan test bench, sarana, dan suku

cadang. Keberagaman jenis radar menuntut peningkatan kompetensi teknisi dan fasilitas pendukung agar kesiapan radar tetap terjaga untuk mendukung efektivitas pertahanan udara nasional.

- b. Pemeliharaan radar modern Depohar 50 dipengaruhi oleh kompetensi SDM, sarana-prasarana, peralatan uji, ketersediaan suku cadang, dan sistem manajemen yang terstruktur. Kesiapan radar sangat bergantung pada kemampuan teknisi dan kelengkapan fasilitas pemeliharaan untuk memastikan pemulihan fungsi radar berjalan cepat dan efektif.
- c. Strategi pengembangan Depohar 50 memadukan *preventive, corrective, condition-based maintenance*, serta *quality control* yang diperkuat oleh regulasi resmi dan pembinaan SDM, termasuk koordinasi komando dan konsep *one team solid*. Upaya optimalisasi produk lokal dan pemanfaatan sarana yang ada menunjukkan orientasi Depohar 50 untuk membangun sistem pemeliharaan radar yang adaptif, efisien, dan berkelanjutan bagi pertahanan udara nasional.

Terkait dengan hal diatas maka beberapa masukan/saran yang dapat dilakukan, diantaranya:

- a. Kemhan perlu menyusun kebijakan strategis yang menetapkan Depohar 50 sebagai pusat pemeliharaan radar modern nasional dengan dukungan anggaran yang memadai. Selain itu, Kemenhan dapat memfasilitasi kerja sama internasional dalam rangka transfer teknologi radar untuk meningkatkan kemandirian pertahanan.
- b. TNI AU perlu memperkuat pembinaan SDM Depohar 50 melalui pendidikan teknis berstandar internasional yang mencakup kompetensi digital troubleshooting, digital signal processing, serta sertifikasi keahlian khusus radar modern. Selain itu, sistem koordinasi pemeliharaan berbasis kondisi antara Depohar 50, Satrad, dan Komando Atas harus diintensifkan untuk memastikan deteksi dini kerusakan komponen digital dan menjaga kesiapan operasional radar modern secara berkelanjutan.

- c. Depohar 50 perlu meningkatkan kapasitas teknisi melalui pelatihan berkelanjutan, sertifikasi internasional, serta penguasaan software-based maintenance tools yang menjadi inti dari pemeliharaan radar digital. Selain itu, optimalisasi sistem evaluasi internal dan penguatan budaya kerja berbasis teamwork sangat penting untuk memastikan konsistensi mutu pemeliharaan, khususnya dalam penanganan modul digital seperti TR-Module, FPGA, dan unit pengolahan sinyal radar.
- d. Kementerian Perindustrian bersama BUMN strategis perlu mendorong produksi lokal suku cadang radar untuk mengurangi ketergantungan impor. Langkah ini dapat diperkuat dengan membangun pusat riset bersama yang memungkinkan fabrikasi dan reverse engineering komponen radar obsolete.
- e. BRIN perlu melibatkan Depohar 50 dalam riset kolaboratif untuk pengembangan test bench radar dan sistem uji berbasis teknologi mutakhir. Selain itu, integrasi penelitian radar dengan sistem pertahanan siber perlu dikembangkan guna menghadapi ancaman elektronik modern.
- f. Kemenkeu perlu menyediakan skema pendanaan multiyears untuk mendukung modernisasi sarana pemeliharaan radar Depohar 50 secara berkelanjutan. Selain itu, pemberian insentif fiskal bagi industri lokal produsen suku cadang radar akan memperkuat rantai pasok pertahanan nasional.

Daftar Pustaka

Buku

- Barton, D. K., & Ward, H. R. (2013). *Handbook of Radar Measurement*. Norwood, MA: Artech House.
- Blanchard, B. S. (2004). *Logistics Engineering and Management (6th ed.)*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Dhillon, B. S. (2002). *Engineering Maintenance: A Modern Approach*. Boca Raton, FL: CRC Press.

- Koontz, H., & O'Donnell, C. (1976). *Principles of Management: An Analysis of Managerial Functions (6th ed.)*. New York: McGraw-Hill.
- Miles, M.B, Huberman, A.M, & Saldana, J. (2014). *Qualitative Data Analysis, A. Methods Sourcebook, Edition 3*. USA: Sage Publications.
- Moubray, J. (1997). *Reliability-Centered Maintenance (2nd ed.)*. New York, NY: Industrial Press.
- Nakagawa, T. (2005). *Maintenance Theory of Reliability*. London: Springer.
- Richard, M., et.al. (2020). *Principles of Modern Radar: Advanced Techniques*. Raleigh, NC: SciTech Publishing.
- Richard, M., Griffiths, H., Melvin, W. L., & Scheer, J. A. (2020). *Principles of Modern Radar: Advanced Techniques*. Raleigh, NC: SciTech Publishing.
- Robbins, S. P., & Coulter, M. (2016). *Management (13th ed.)*. Boston: Pearson Education.
- Terry, G. R. (2006). *Principles of Management*. Homewood, IL: Richard D. Irwin.
- Thales. (2010). *Radar Manufacturing Process & Status Master T Radar Subsystem*. France: Thales.
- Wireman, T. (2010). *Total Productive Maintenance*. New York, NY: Industrial Press.

Jurnal/Penelitian

- Auriyanto, G., et al. (2024). Evaluasi Pemeliharaan Sistem Pertahanan Alutsista Radar Di Depo Pemeliharaan 50. *Jl@ P*, 2024, 13.2.
- Fadillah, T. dan Hastuti. S. (2024). Manajemen Pemeliharaan Radar Thomson TRS 2230D di Komando Sektor Pertahanan Nasional I Guna Mempertahankan Fungsi Pengawasan Udara.
- Hur, Y. (2024). *Exploring the Critical Factors of Depot Maintenance on Weapon Systems (Korea)*. *Journal of Applied Management Science (JAMS)*, 7(3), 271.
- Novitri, E.R, Arib, B., Wildan, M. (2024). Pengaruh Pemeliharaan Rutin Terhadap Keandalan Peralatan MSSR di Laboratorium CNS PPI Curug.
- Sumanto, P.R. (2023). Analisa Perawatan Dan Perbaikan Alat Navigasi Radar Arpa di mv. Manalagi Dasa.



Regulasi/Undang-undang

Keputusan Kepala Staf Angkatan Udara Nomor Kep/422/XI/2022 tentang Petunjuk Penyelenggaraan Pemeliharaan Radar.

Pemerintah RI, Undang-undang Nomor 3 Tahun 2002 tentang Pertahanan Negara.

Peraturan Kepala Staf Angkatan Udara (Perkasau) Nomor 48 Tahun 2020 tentang Organisasi dan Tugas Koharmatau.

Dokumen

BPPT. (2020). Strategi Nasional: Kecerdasan Artifisial Indonesia 2020-2045. Jakarta: Institusi Litbang dan Pemerintah.

Direktorat Jenderal Pengelolaan Ruang Laut. (2020). Statistik Pengelolaan Ruang Laut Tahun 2020. Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia.

Mabesau. (2019). Organisasi dan Tugas Depohar 50 Koharmatau. Jakarta: Mabesau.

Mabesau. (2021). Laporan Evaluasi Progja Depohar 50, Surakarta, Depohar 50.