

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Operasional sistem radar untuk memantau situasi udara menjadi penting terhadap adanya ancaman, maka tingkat kesiapsiagaan radar harus terus dijaga dan kinerja sistem harus selalu dipantau [1]. Sistem radar adalah sistem informasi elektronika kompleks yang memiliki peranan penting dalam pertahanan udara nasional [2]. Pesawat bermesin jet memiliki kecepatan terbang rata-rata 800 km/jam (0,8 mach), sedangkan peluru kendali udara ke permukaan memiliki kecepatan rata-rata 2450 km/jam (2 mach), artinya waktu tempuh pesawat jet dengan jarak 450 km hanya membutuhkan waktu 30 menit. Radar pertahanan yang nonaktif selama 1 jam tidak dapat mendeteksi adanya ancaman udara, jika suatu pesawat jet berawal dari *Cristmas Island* yang berjarak 330 km dari batas laut teritorial Indonesia di selatan pulau Jawa dan 485 km dari Jakarta, maka dalam waktu ± 28 menit pesawat tersebut sudah tiba di wilayah udara Jakarta.

Saat ini kemajuan radar terkait dengan perkembangan teknologi, tingkat digitalisasi, integrasi, dan kecerdasan buatan berkembang pesat, hal ini memberikan tantangan dalam kegiatan pemeliharaan secara menyeluruh pada sistem radar. Jika radar mengalami permasalahan, maka tingkat keamanan pertahanan udara tidak dapat dikendalikan [3]. Di negara Indonesia, radar MASTER-T (*Manless Advanced Solid-state Tactical Efficient Radar type-T*) merupakan radar darat militer yang berperan penting sebagai sistem deteksi dini adanya ancaman di wilayah udara kedaulatan Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI).

Keunggulan radar MASTER-T memiliki radius jangkauan pengawasan situasi udara sejauh 240 Nm atau 440 Km dari titik episentrum, berkemampuan perang elektronika dan mengarahkan pilot pesawat tempur. Radar MASTER-T memiliki desain kompak, *full solid-state*, dan sistem *built-in test equipment* (BITE) yang memberikan informasi apabila muncul masalah pada jangkauan pengawasan radar. Sistem BITE bertujuan memudahkan teknisi dalam pemeliharaan dan melokalisir

kerusakan yang terjadi pada sistem radar. *Prognostic and Health Management* (PHM) melalui sistem BITE diterapkan pada subsistem radar, dan sistem ini masih terdapat kelemahan disebabkan belum terintegrasi dengan subsistem lainnya secara terpadu, seperti sistem komunikasi, sistem energi, dan ruang kendali jarak jauh. Prosedur pemeliharaan saat ini masih menerapkan pemeliharaan konvensional berbasis inspeksi berkala per bagian pada sistem.

Pentingnya prosedur pemeliharaan manajemen kesehatan *phased array radar* untuk mempertahankan tingkat kesiapan radar dalam kondisi prima. Manajemen kesehatan radar lebih mengarah pada sistem BITE atau beberapa sistem diagnosis cerdas lainnya yang belum terhubung satu dengan lainnya. Pengembangan PHM memungkinkan dalam menjawab masalah sistem BITE yang belum terhubung secara terpadu menjadi sistem yang mampu memberikan informasi diagnosis sistem secara *real time* [4]. Sistem pemantauan kesehatan radar MASTER-T mempunyai peluang untuk implementasi PHM di dalamnya.

PHM merupakan rangkaian proses untuk memprediksi keandalan sistem di masa depan dan memantau kesehatan sistem dengan cara menilai sejauh mana penyimpangan atau degradasi sistem dari kondisi operasi normal secara *real-time*, untuk mendukung proses pengambilan keputusan tindakan yang tepat [5]. Manfaat PHM pada suatu sistem untuk mengetahui *Remaining Useful Life* (RUL), memprediksi kegagalan kritis (*critical failures*) dan memperpanjang masa pakai sistem. Proses RUL bagian dari langkah *prognostic* dengan penentuan batas umur pakai suatu komponen untuk mengantisipasi kondisi operasional dan lingkungan di masa depan [6]. RUL suatu sistem dapat memperkirakan masa pakai atau sisa waktu manfaat sebelum komponen memerlukan perbaikan atau penggantian.

Umumnya teknisi mengestimasi RUL suatu sistem dengan mengembangkan model yang dapat melakukan estimasi berdasarkan evolusi waktu atau properti statistik dari nilai indikator kondisi. RUL diketahui melalui masa manfaat yang sedang berjalan hingga komponen mencapai ambang kerusakan [7], [8]. Estimasi RUL pada PHM dapat membantu sistem menentukan waktu perbaikan dengan sasaran

jangka panjang memperpanjang masa pakai seluruh sistem [9]. PHM terus berkembang dalam mode pemeliharaan suatu sistem yang lebih kompleks untuk menggantikan sistem pemeliharaan konvensional atau inspeksi berkala dengan pemeliharaan berbasis kondisi [2]. Pemeliharaan berbasis kondisi akan memberikan jangka waktu yang lebih lama dari pemeliharaan satu ke berikutnya, tidak seperti pemeliharaan umum yang harus menghentikan operasional sistem.

Pemeliharaan dengan mengadopsi PHM untuk menggantikan pemeliharaan antar inspeksi berkala ke arah pemantauan setiap hari. Penerapan PHM pada radar MASTER-T tidak hanya menginformasikan teknisi tentang status kesehatan sistem BITE secara akurat, akan tetapi memberikan informasi menyeluruh, seperti kondisi integritas sistem, keselamatan dan keandalan sistem [10], [11]. Kemudahan sistem PHM terdiri dari kemampuan melokalisir kerusakan subsistem tanpa menghentikan subsistem lainnya, biaya pemeliharaan rendah, mempersingkat waktu perawatan, dan mempertahankan kemampuan radar tetap prima [2], [12], [13]. Fungsi sistem BITE pada PHM mengidentifikasi *failure* pada radar di setiap subsistem. Prioritas tingkat kekritisannya dipantau oleh PHM melalui sistem BITE untuk menentukan *failure* segera ditangani dalam menghindari kerusakan fatal pada sistem radar.

Sistem BITE menginformasikan kondisi sistem radar melalui parameter subsistem terdiri dari kondisi normal, peringatan awal (*warning*), degradasi minor, degradasi marginal, dan kegagalan kritis (*critical failures*). Parameter antar subsistem menjadi penting karena memengaruhi parameter subsistem radar lainnya. Namun subsistem ini memiliki indikasi yang berbeda seperti rekaman pemantauan udara elektronik dan data pantauan udara terhadap stasiun radar, *command and reporting center* (CRC), koneksi komunikasi data dan suara, parameter stabilitas pasokan daya dari *uninterruptable power supply* (UPS) dan *generator set* (Genset). Semua subsistem ini menjadi *framework* yang diintegrasikan pada penerapan sistem PHM untuk radar MASTER-T. Diagnosis kesehatan radar dipantau melalui RUL agar diketahui tingkat kesehatan sistem radar secara menyeluruh.

Kesehatan sistem radar ditentukan dari kemampuan PHM mendiagnosis munculnya *error* melalui perangkat sensor. Pemantauan *error* di setiap subsistem menggunakan metode *failure modes effects and criticality analysis* (FMECA) untuk mengidentifikasi kejadian awal dan petunjuk adanya degradasi kinerja sistem. Metode FMECA menganalisis *failure* pada subsistem sampai ke tingkat kritisnya, memungkinkan informasi secara detail dari resiko kerusakan [14]. Ketersediaan data informasi dari kondisi sistem radar akan diolah menggunakan pemrograman *hypertext preprocessor* (PHP) untuk memudahkan interaksi teknisi dan status sistem radar [15]. Desain *graphical user interface* (GUI) pada program PHP didesain untuk memudahkan teknisi dalam melakukan langkah tindakan selanjutnya. Parameter data sistem informasi menjadi acuan mempertahankan radar agar dicapai perpanjangan masa pakai.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana merancang sistem PHM yang terintegrasi untuk pemeliharaan radar MASTER-T menggunakan metode FMECA untuk memprediksi *critical failures* dan memperpanjang masa pakai.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah validasi sistem dilakukan secara simulasi menggunakan data informasi radar MASTER-T di Indonesia berdasarkan data pencatatan pemeliharaan oleh teknisi radar. Input data awal sistem radar sesuai data simulasi menggunakan pemrograman komputer dalam merancang prototipe. Penelitian ini tidak mengembangkan sistem pengamanan jaringan pada prototipe.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menentukan *framework* menggunakan simulasi pada penerapan PHM berdasarkan metode FMECA sebagai petunjuk pemeliharaan radar MASTER-T untuk memprediksi *critical failure* dan memperpanjang masa pakai.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini sebagai berikut:

1. Mempersingkat *idle time* operasional ketika dilakukan pemeliharaan radar, jika memerlukan penghentian sistem radar.
2. Memprediksi *critical failure* dan melokalisir kerusakan pada sistem radar.
3. Memprioritaskan pemeliharaan pencegahan dan perbaikan pada situasi *non-emergency* sehingga memperpanjang masa pakai.

1.6 Kebaruan Penelitian

Penelitian PHM berkembang dalam monitoring status kesehatan suatu sistem atau produk secara *real-time*. Penelitian mekanisme *failure* tentang PHM yang dilakukan oleh AJ. Wileman dan S. Perinpanayagam (2013) menggunakan metode FMECA terhadap sebagian sistem radar yaitu sistem RF. Prisacar *et al.* (2017) melakukan ulasan penelitian PHM hingga tahun 2017 yang merekomendasikan pengembangan PHM lebih jauh pada sistem elektronik dan tren masa depan peralatan PHM yang dilengkapi sensor tertanam, komunikasi nirkabel dan konsumsi daya ultra rendah.

Ulasan PHM lebih lanjut dikemukakan oleh Oguz Bektas *et al.* (2019) dengan penelitian yang berpusat pada estimasi RUL, menyampaikan bahwa algoritma perhitungan disarankan menggunakan metode kombinasi untuk PHM yang kompleks. Yongle Lyu *et al.* (2020) mengembangkan konsep sistem pemeliharaan radar menggunakan PHM berdasarkan data informasi BITE namun masih belum dilakukan penerapan aplikatif terhadap sistem. Qixiao Zhang *et al.* (2020) melakukan penelitian PHM berpusat pada *phase array radar system* menggunakan *three-level agent model* pada sistem bagian komponen. Pengxiang Dai dan Wenzhen Yu (2020) menjelaskan keuntungan dan kerugian beberapa metode deteksi kerusakan pada sambungan solder yang dibungkus dengan *field programmable gate array (FPGA) chip*, namun memerlukan biaya cukup tinggi.

Luca Biggio dan Iason Kastanis (2020) menjelaskan alur perkembangan teknologi PHM yang dikombinasikan dengan *machine learning* dalam tantangan masa depan yaitu keandalan, interpretabilitas, model spesifik, dan kelangkaan (*scarcity*) data.

Pemeliharaan prediktif menjadi pemeran kunci dalam paradigma industri 4.0, penerapan PHM pada sistem elektronik menjadi solusi menjawab tantangan pemeliharaan dan pemantauan kesehatan peralatan yang dapat dikombinasikan dengan teknologi komputer dan berbagai macam masukan ukuran informasi untuk memudahkan pengguna peralatan.

Penerapan PHM pada radar MASTER-T berdasarkan simulasi berbasis *web* secara *online*. Rancangan ini berfungsi untuk memberikan informasi *prognostics* dalam memprediksi *critical failure* pada subsistem sehingga mampu mempertahankan kinerja peralatan radar. *Framework* pemeliharaan melalui penerapan PHM dihasilkan sistem berbasis kontinu pada kondisi aktual, memungkinkan dapat meminimalkan *idle time* bila terjadi *breakdown* sistem.