

INDERA MS-1: RADAR S-BAND PERTAMA KARYA ANAK BANGSA

A. Andaya Lestari^{1,*}, Endon Bharata¹, Liarto², Deni Yulian², dan Oktanto Dedi Winarko²

¹IRCTR-Indonesia, Modernland DR-5, Tangerang 15117
Telepon (021) 55749284

²PT. Dua Empat Tujuh/RCS
Jl. Prof. Dr. Satrio Kav. 6 Jakarta 12940
Telepon (021) 57951132

*e-Mail: andaya@irctr-i.com

Disajikan 29-30 Nop 2012

ABSTRAK

Dalam litbang ini dibangun sebuah prototipe radar surveillance long-range yang bekerja pada rentang frekuensi S-band untuk kebutuhan maritim. Prototipe radar tersebut, yang diberi nama INDERA MS-1, diharapkan akan dapat diproduksi menjadi radar operasional yang sesuai dengan spesifikasi TNI-AL. INDERA MS-1 bekerja dengan teknologi Frequency-Modulated Continuous Wave (FMCW) dengan daya pancar sekitar 5 W. Hasil uji coba pertama memperlihatkan bahwa radar ini dapat mendeteksi bangunan-bangunan yang berada di sekeliling lokasi pengujian dalam radius sekitar 5 nm (sekitar 9 km). Jarak target terjauh yang dapat dideteksi pada uji coba ini adalah sekitar 7 nm (13 km). Hasil ini menunjukkan bahwa INDERA MS-1 telah dapat berfungsi sebagai sebuah radar surveillance. Namun demikian perbaikan-perbaikan lebih lanjut perlu dilakukan untuk mendapatkan kinerja radar yang optimal sebagai sebuah radar operasional dengan spesifikasi yang ditetapkan TNI-AL. Dengan berhasilnya uji coba ini, sejauh pengetahuan penulis radar ini adalah radar S-band pertama karya anak bangsa yang berhasil dibangun di Indonesia.

Kata Kunci: Radar S-band, radar FMCW, radar maritim, radar surveillance, radar INDERA

I. PENDAHULUAN

Radar surveillance merupakan salah satu sensor utama yang dibutuhkan oleh kapal-kapal perang TNI-AL. Saat ini semua radar surveillance yang dioperasikan di KRI merupakan produk luar negeri dan sebagian dari radar-radar surveillance tersebut saat ini dalam keadaan tidak siap karena usianya yang sudah sangat tua dan tidak tersedianya lagi suku cadang. Usaha penggantian radar-radar tersebut dengan radar baru buatan luar negeri terkendala masalah pendanaan karena harganya yang sangat mahal. Kendala ini akan dapat diatasi jika radar-radar tersebut dapat diproduksi sendiri di dalam negeri karena dengan demikian biaya yang diperlukan untuk pengadaan maupun pemeliharaan dapat ditekan secara signifikan. Selain itu hal ini juga memberikan keuntungan strategis karena akan meminimalisir kemungkinan embargo sehingga dapat memperkuat ketahanan nasional. Namun saat ini industri dalam negeri di bidang teknologi radar belum cukup mapan karena teknologi ini belum sepenuhnya kita kuasai.

Mengacu kepada hal-hal tersebut di atas, dalam kegiatan ini dibangun sebuah prototipe radar surveillance long-range yang bekerja pada rentang frekuensi

S-band untuk kebutuhan pada KRI. Pembangunannya dilakukan dalam 2 tahap selama 2 tahun. Tahap pertama (2011) difokuskan pada pembangunan sistem antena, dan tahap kedua (2012) pada pembangunan sistem RF dan elektronika, serta pembangunan software dan uji coba lapangan. Prototipe radar yang dihasilkan dari kegiatan ini diharapkan akan dapat diproduksi menjadi radar operasional yang sesuai dengan spesifikasi TNI-AL untuk dipergunakan pada KRI. Dengan demikian kegiatan ini sejalan dengan kebijakan pemerintah untuk memprioritaskan pemenuhan kebutuhan alutsista/peralatan pertahanan TNI dengan produk dalam negeri dalam rangka mencapai postur TNI yang selaras dengan Minimum Essential Force. Tujuan dari kegiatan litbang ini adalah membangun sebuah prototipe sistem radar long-range surveillance (jarak jangkauan >90 nm/166 km) yang dibutuhkan oleh TNI-AL untuk kapal-kapal perangnya. Prototipe radar ini diberi nama INDERA MS-1, dimana INDERA berarti INDonesian RADar, M berarti Maritime, S berarti S-band dan 1 berarti generasi pertama.

Sistem radar yang dibangun dalam kegiatan ini adalah sistem radar S-band dengan teknologi Frequency-Modulated Continuous Wave (FMCW).

Tahun pertama (2011) difokuskan pada pembangunan sistem antena, yaitu sistem antena microstrip patch array. Tahun kedua (2012) difokuskan pada pembangunan sistem RF dan elektronika serta software yang meliputi graphical user interface (GUI), hardware interface, device drivers, range FFT, Doppler FFT dan signal/data processing. Disamping itu pada tahun kedua dilakukan uji coba di lapangan.

Masalah utama yang dihadapi pada tahun pertama meliputi:

- Penentuan spesifikasi teknis radar yang berhubungan dengan sistem antena, seperti frekuensi, daya pancar, gain, update rate data, dll.;
- Penentuan spesifikasi teknis sistem antena berdasarkan spesifikasi teknis radar tersebut di atas.
- Perancangan sistem antena;
- Perancangan konstruksi antena;
- Pengukuran dan pengujian sistem antena yang dibangun.

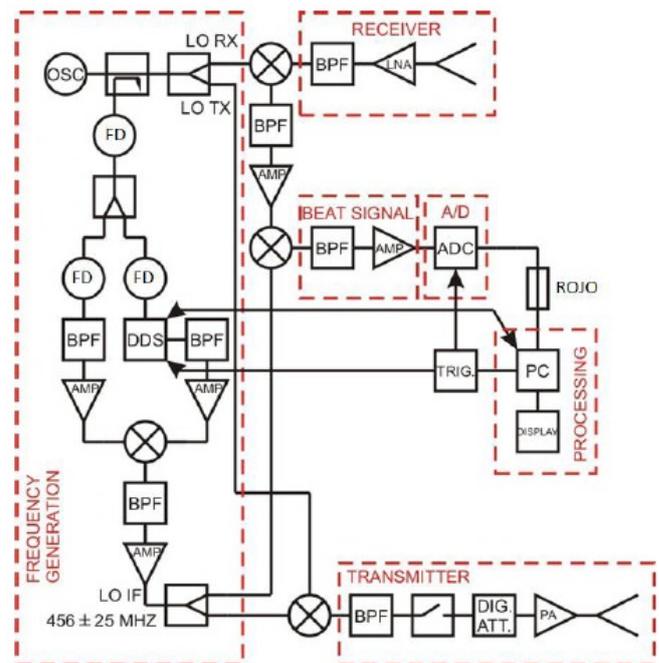
Penentuan spesifikasi teknis radar didasarkan kepada aplikasi yang dituju dan masukan dari calon pengguna radar, dalam hal ini TNI-AL. Spesifikasi yang diinginkan oleh TNI-AL untuk radar yang dibangun dalam kegiatan ini meliputi jangkauan radar >90 nm/166 km (long-range) dan dapat berfungsi sebagai radar surveillance pada KRI. Sebagai implikasi dari spesifikasi tersebut di atas, radar yang dibangun harus memiliki antena ber-gain tinggi dan menerapkan teknik-teknik pemrosesan sinyal untuk meningkatkan kemampuan deteksi. Teknik FMCW memerlukan antena pemancar dan penerima yang terpisah, sehingga dimensi total antena dapat menjadi dua kali lebih besar dan lebih berat dari pada antena radar konvensional. Hal ini memberikan tantangan tersendiri dari sisi konstruksi untuk mendapatkan rancangan struktur sistem antena yang kokoh namun efisien. Tantangan kedua yang dihadapi adalah untuk menekan tingkat kopling (coupling) antar kedua antena tersebut hingga dibawah -70 dB karena tingkat kopling antena yang terlalu tinggi akan mengurangi dynamic range dan sensitivitas radar.

II. METODOLOGI

Sistem RF yang dibangun pada tahun kedua (2012) antara lain meliputi sistem frequency generation (pembangkit frekuensi), transmitter (pemancar) dan receiver (penerima). Sistem frequency generation terdiri dari sebuah dielectric resonance oscillator (DRO) yang berfungsi sebagai sumber sinyal/frekuensi utama, dan rangkaian pembagi frekuensi (frequency divider)

yang berfungsi untuk menurunkan frekuensi DRO (down-converting) menjadi frekuensi intermediate frequency (IF). Bagian frequency generation mengeluarkan 2 sinyal utama, yaitu sinyal RF pada frekuensi sekitar 2.8 GHz dan sinyal IF pada frekuensi 456 MHz.

Sistem transmitter (pemancar) terdiri dari bagian utama yang merupakan sebuah power amplifier yang menerima masukan sinyal RF dari bagian frequency generation. Adapun receiver (penerima) terdiri dari sebuah low-noise amplifier (LNA) dan dua buah mixer. Sinyal yang diterima oleh LNA diturunkan (down-converting) menjadi frekuensi IF dengan cara mencampur sinyal tersebut dengan sinyal RF yang dihasilkan oleh bagian frequency generation menggunakan mixer yang pertama. Selanjutnya sinyal IF yang dihasilkan tersebut dicampur kembali dengan sinyal IF yang dikeluarkan oleh frequency generation menggunakan mixer kedua untuk menghasilkan sinyal beat. Sinyal beat ini kemudian disalurkan kepada Analog-Digital Converter (ADC) untuk diproses di dalam komputer. Diagram blok dari sistem RF yang dibangun diperlihatkan pada GAMBAR 1.



GAMBAR 1: Diagram blok sistem RF.

Pemrosesan sinyal di dalam komputer meliputi proses "range FFT" untuk mendapatkan informasi jarak dan amplituda dari target yang dideteksi, dan proses "Doppler FFT" untuk mendapatkan informasi kecepatan Doppler target dan/atau meningkatkan Signal-to-Noise Ratio (SNR). Disamping itu dilakukan juga berbagai metoda pemrosesan sinyal untuk meningkatkan kinerja radar, seperti penerapan Ham-

ming/Hanning window, peak search, dan thresholding. Adapun GUI yang digunakan diadopsi dari GUI yang telah dikembangkan bagi radar INDERA yang dibangun RCS,^[1,2] sehingga penyelesaian GUI tersebut bagi litbang ini dapat dilakukan dalam waktu yang relatif singkat.

Rancangan Bagian RF

Pada saat ini desain sistem RF untuk radar yang dikembangkan telah diselesaikan. Sistem RF tersebut didesain untuk mencapai spesifikasi sebagai berikut:

- **Carrier frequency** : S-Band
- **Bandwidth** : 60 MHz
- **Transmit power** : 50 W max
- **Max. range** : 90 nm
- **ADC resolution** : 14 bits
- **Range cells** : 512 cells
- **Processing** : Range FFT & Doppler FFT

Diagram rangkaian sistem RF tersebut dapat dilihat pada GAMBAR 1.

Sebagian dari komponen RF yang dipergunakan telah dikembangkan sendiri,^[3] namun sebagian lainnya terpaksa harus dibeli dari produsen di luar negeri karena belum tersedianya fasilitas dan sumberdaya manusia untuk membuatnya di dalam negeri.

Rancangan Sistem Antena

Sistem antena radar FMCW S-Band yang dikembangkan pada kegiatan ini telah diselesaikan dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Antena pemancar dan penerima terpisah (dual antenna system)
- Polarisasi: vertikal
- Gain: 24 dBi
- Lebar beam (beamwidth) horisontal (H-plane): 2.2°
- Lebar beam (beamwidth) vertikal (E-plane): 26°
- First sidelobe level: -13 dB
- Kopling antar antena <-70 dB
- Kecepatan minimal rotasi antena: 15 rpm.

Teknologi yang dipergunakan untuk merealisasikan antena dengan spesifikasi di atas didasarkan pada teknologi microstrip dengan pertimbangan bahwa teknologi microstrip lebih murah, jauh lebih ringan dan lebih mudah direalisasikan dari pada teknologi lainnya seperti misalnya slotted waveguide dan antena reflektor.

Realisasi Processor dan GUI

Software processing telah dikembangkan untuk sistem radar yang dibangun. Software ini terdiri dari beberapa modul yang memiliki fungsi yang berbeda-beda sebagai berikut:

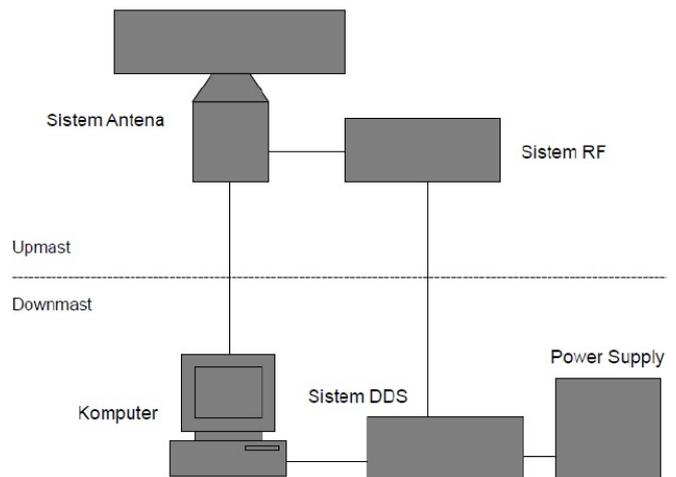
- **Range FFT**: pemrosesan FFT satu dimensi untuk menentukan jarak target yang dideteksi.

- **Doppler FFT**: pemrosesan FFT dua dimensi untuk meningkatkan SNR sebesar 8 dB.
- **Adaptive CFAR**: proses adaptive thresholding untuk memperjelas target-target lemah. Software display telah dikembangkan untuk memvisualisasikan hasil deteksi radar dalam format plan-position indicator (PPI).

Integrasi Bagian-Bagian Radar Sistem radar yang dibangun terdiri dari 5 bagian utama, yaitu:

1. Sistem Antena
2. Sistem RF
3. Sistem DDS
4. Komputer
5. Power Supply

Adapun hubungan antara kelima bagian tersebut diperlihatkan pada GAMBAR 2.



GAMBAR 2: Bagian-bagian utama radar.

Komponen-komponen tersebut diletakkan pada dua tempat yang berbeda, yaitu di atas menara (upmast) dan di ruang kendali (downmast). Bagian-bagian yang ditempatkan di atas menara adalah sistem antena dan sistem RF, sedangkan yang ditempatkan di dalam ruang kendali (control room) adalah Sistem DDS, Komputer dan unit Power Supply. Bagian sistem RF yang telah terintegrasi diperlihatkan pada GAMBAR 3.

Pengintegrasian seluruh komponen radar dilakukan dengan tujuan untuk sekaligus melakukan uji coba yang dilakukan di atas atap (lantai 7) gedung P.T. Dua Empat Tujuh. Untuk itu seluruh komponen upmast (sistem antena dan sistem RF) dipasang di atas

atap tersebut, sedangkan seluruh komponen downmast dipasang di lantai 6 gedung P.T. Dua Empat Tujuh. Komponen-komponen upmast dan downmast dihubungkan dengan kabel RF, kabel data dan kabel power. Pada GAMBAR 4 dapat dilihat bagian upmast yang telah terpasang di atas atap.



GAMBAR 3: Sistem RF.



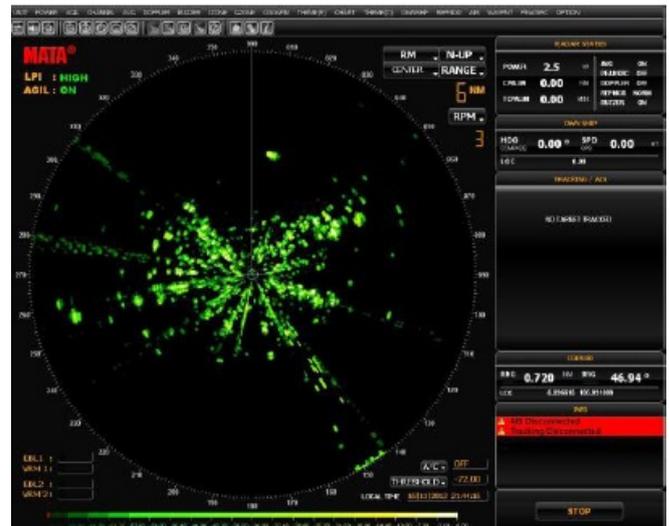
GAMBAR 4: Sistem antena (upmast).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Seperti disebutkan di atas, uji coba pertama radar yang dikembangkan dalam kegiatan ini dilakukan di atas atap gedung PT. Dua Empat Tujuh dengan memasang bagian upmast radar di atap (lantai 7) dan bagian downmast di lantai 6 gedung P.T. Dua Empat Tujuh. Tujuan uji coba pertama ini adalah untuk membuktikan bahwa radar telah berfungsi dan dapat mendeteksi bangunan-bangunan yang berada di sekeliling gedung PT. Dua Empat Tujuh. Dalam kegiatan

litbang ini telah diperoleh 3 buah Power Amplifier dengan output power sebesar 16 W. Namun dalam uji coba ini baru bisa digunakan satu buah Power Amplifier karena Power Combiner by-3 yang dibutuhkan untuk menggabungkan ketiga buah Power Amplifier tersebut ternyata sulit untuk direalisasikan. Kesulitan ini disebabkan oleh besarnya input power (16 W) yang harus disalurkan melalui ketiga input port power combiner tersebut.

Uji coba pertama dilakukan dengan menggunakan daya pancar sekitar 5 W. Hasil uji coba pertama ini menunjukkan bahwa radar yang dibangun telah dapat mendeteksi bangunan-bangunan yang berada di sekelilingnya. Ini adalah hasil yang penting bagi litbang ini karena menjadi bukti pertama bahwa radar yang dibangun telah dapat berfungsi sebagai sebuah radar. Pada GAMBAR 5 diperlihatkan hasil deteksi pertama yang diperoleh. Tampilan radar diberikan dalam format standar radar surveillance, yaitu format PPI (Plan-Position Indicator).



GAMBAR 5: Hasil deteksi pertama.

Hasil pada GAMBAR 5 menunjukkan bahwa radar yang dibangun telah dapat mendeteksi obyek pada jarak sekitar 5 nm (sekitar 9 km). Jarak target terjauh yang dapat dideteksi pada uji coba ini adalah sekitar 7 nm (13 km). Perlu dicatat bahwa lokasi uji coba yang tertutup beberapa bangunan besar, ketinggian yang relatif terbatas (lantai 7 gedung PT. Dua Empat Tujuh <20 m) dan daya pancar yang masih sangat rendah (5 W) membatasi hasil deteksi yang diperoleh dalam uji coba ini. Namun hal terpenting yang didapatkan dalam uji coba pertama ini adalah pembuktian bahwa radar yang dibangun telah menunjukkan fungsinya sebagai sebuah radar surveillance. Perbaikan-perbaikan (improvements) lebih lanjut perlu dilakukan untuk men-

dapatkan kinerja radar yang optimal.

IV. KESIMPULAN

Sampai dengan akhir pelaksanaan kegiatan litbang ini (15 Nopember 2012), telah diselesaikan pekerjaan-pekerjaan sebagai berikut:

- Desain dan realisasi sistem antenna.
- Pembuatan konstruksi sistem antenna yang meliputi rotor (bagian antenna yang berputar) dan stator (sistem penggerak antenna).
- Desain dan realisasi sistem RF dan elektronika.
- Pengembangan software signal processing yang meliputi FFT, Doppler processing, CFAR, interference rejection, dll.
- Software GUI dalam format PPI.
- Integrasi sistem hardware (RF, elektronika, komputer dan motor).
- Pengujian sistem antenna.
- Uji coba radar yang meliputi pengujian fungsi deteksi.

Hasil uji coba pertama memperlihatkan bahwa radar yang dibangun dapat mendeteksi bangunan-bangunan yang berada di sekeliling lokasi pengujian dalam radius sekitar 5 nm (sekitar 9 km). Jarak target terjauh yang dapat dideteksi pada uji coba ini dengan daya pancar yang masih sangat rendah (5 W) adalah sekitar 7 nm (13 km). Hasil ini menunjukkan bahwa radar yang dibangun telah dapat berfungsi sebagai sebuah radar surveillance. Namun demikian perbaikan-perbaikan lebih lanjut perlu dilakukan untuk mendapatkan kinerja radar yang optimal sebagai sebuah radar operasional dengan spesifikasi yang ditetapkan TNI-AL.

Prototipe radar S-band yang telah dibangun ini diberi nama INDERA MS-1 dan sejauh pengetahuan penulis, radar ini adalah radar S-band pertama karya anak bangsa yang berhasil dibangun di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.A. Lestari, P. Hakkaart, J.H. Zijderveld, F. v.d. Zwan, M. Hajian, L.P. Ligthart, "INDRA: the Indonesian maritime radar," Proceedings of the 2008 European Radar Conference (EuRAD 2008), Amsterdam, The Netherlands, Oct. 2008.
- [2] A.A. Lestari, J.H. Zijderveld, L.P. Ligthart, "Microstrip-patch-array offset-fed reflector antenna for FMCW radar," Proceedings of the 2009 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP 2009), pp. 337-340, Bangkok, Thailand, Oct. 2009.

- [3] Endon Bharata, Achmad Munir, "Perancangan secara numerik modul pembagi daya untuk pencahuan antenna susun 2-4GHz pada aplikasi sistem radar," Prosiding Seminar Radar Nasional 2011, Jakarta, April 2011.