

RANCANG BANGUN APLIKASI PERHITUNGAN NILAI ENCODER OFFSET UNTUK MONOPULSE SECONDARY SURVEILLANCE RADAR BERBASIS ANDROID

Brahmantya Adi Atmaja^{1*}

¹Unit Penyelenggara Bandar Udara Kelas 2 Gusti Sjamsir Alam; Jalan Raya Stagen KM 10 Kotabaru, Kalimantan Selatan 72114 (0518-6076726)

Received: 2 Januari 2025
Accepted: 14 Januari 2025
Published: 20 Januari 2025

Keywords:

Encoder; MSSR; Azimuth Reference Pulse; Azimuth Change Pulse; Encoder Azimuth Offset

Correspondent Email:

adibrahmantya8@gmail.com

Abstrak. Informasi posisi pesawat terbang diperoleh Monopulse Secondary Surveillance Radar melalui perangkat encoder. Encoder dalam radar MSSR memproses dua buah pulsa yaitu Azimuth Reference Pulse dan Azimuth Change Pulse. Dua buah pulsa ini saling berkaitan dalam memberikan informasi posisi pesawat terbang dalam sudut azimuth. Azimuth Reference Pulse berfungsi sebagai reset dari pulsa penghitung yaitu Azimuth Change Pulse. Dalam pemrosesan dua buah pulsa tersebut terdapat metode yang disebut dengan Encoder Azimuth Offset, yaitu melakukan pergeseran pulsa Azimuth Reference Pulse supaya didapat posisi suatu obyek dalam posisi azimuth tertentu. Rancang bangun aplikasi berbasis android ini menggunakan metode ADDIE. Dengan platform Integrated Development Environment Kodular sebagai pengembang aplikasi yang akan digunakan. Hasil evaluasi yang didapat setelah melakukan rancangan aplikasi perhitungan berbasis android ini adalah, aplikasi perhitungan android memiliki proses perhitungan yang lebih cepat dari proses perhitungan konvensional. Proses perhitungan menggunakan aplikasi juga lebih efisien mengingat aplikasi ini dapat digunakan pada semua smartphone dengan sistem operasi android. Dimana smartphone android dengan bentuk yang compact mudah dibawa kemana saja dan dapat dimiliki oleh semua orang. Dalam rancang bangun ini ditemukan kekurangan yaitu aplikasi perhitungan ini belum dapat dikembangkan pada sistem operasi iphone operating system (IOS) dan aplikasi ini hanya dapat digunakan pada sistem operasi android 12 keatas.

Abstract. The information on the aircraft position in terms of angle is obtained by the MSSR through a device called an encoder. The encoder in the MSSR radar processes two pulses: the Azimuth Reference Pulse and the Azimuth Change Pulse. These two pulses are interrelated in providing information about the aircraft's position in the azimuth angle. The Azimuth Reference Pulse functions as a reset for the counting pulse, which is the Azimuth Change Pulse. In processing these two pulses, there is a method called Encoder Azimuth Offset, which involves shifting the Azimuth Reference Pulse to obtain the position of an object at a specific azimuth position. The design of this Android-based application uses the ADDIE method, with the Platform Kodular Integrated Development Environment used as the application developer. The evaluation results obtained after designing this Android-based calculation application show that the Android calculation application has a faster calculation process compared to conventional calculation methods. The calculation process using the application is also more efficient, as this application can be used on all smartphones with the Android operating system. Android smartphones, with their compact form, are easy to carry anywhere and can be owned by everyone. In this design, a

shortcoming was found: this calculation application cannot yet be developed on the iPhone operating system (iOS), and this application can only be used on Android 12 and above.

1. PENDAHULUAN

Sistem pengawasan dan navigasi udara memiliki peranan penting dalam melakukan pengawasan terhadap lalu lintas udara komersial di area yang tercakup oleh radar[1]. Dalam proses deteksi dan penentuan lokasi objek, radar beroperasi sebagai sistem elektromagnetik. Klasifikasi sistem radar dapat dilakukan berdasarkan sejumlah aspek dasar seperti jumlah antena, frekuensi kerja, dan bentuk gelombang. Monopulse Secondary Surveillance Radar digunakan untuk mendeteksi dan menentukan posisi pesawat yang dilengkapi transponder di ruang udara. Saat beroperasi, antena radar melakukan gerakan rotasi 360 derajat secara terus-menerus untuk memindai pesawat dan memulai interaksi dengan mengirim pertanyaan pada frekuensi 1030 MHz[2]. Dalam perputaran antenanya, sebuah radar membangkitkan dua buah sinyal yang dihasilkan oleh encoder. Pulsa tersebut adalah Azimuth Reference Pulse (ARP) dan Azimuth Change Pulse (ACP). Kedua pulsa ini dapat disebut juga dengan north signal dan increment signal. Cara kerja Azimuth Reference Pulse atau North Signal akan dibangkitkan sekali dalam perputaran antena radar 360° pada saat antena radar menghadap ke arah nol derajat atau arah utara. Sinyal Azimuth Change Pulse (ACP) atau increment signal dibangkitkan dalam sekali putaran antena yang terdiri dari 16384 pulsa untuk radar MSSR dan 4096 pulsa untuk radar SSR. Sinyal ACP berfungsi sebagai input data penghitung sudut yang perhitungannya mengacu pada north signal. Pada sebuah radar fungsi sinyal ARP atau north signal dan ACP atau increment signal saling berkaitan[3]. Menurut penelitian[4] saat melakukan north adjustment atau disebut dengan azimuth offset diperlukan cara yang tepat supaya tidak terjadi kesalahan dalam memberikan informasi posisi pesawat terbang. Pulsa Azimuth Reference Pulse atau North Signal di atur sedemikian rupa untuk mengacu pada sudut 0°, atau dapat disebut dengan penyesuaian radar utara. Pulsa north signal pada MSSR yang digunakan sebagai titik acuan radar utara adalah sebuah transponder far field

monitor fix target. Transponder dipasang di darat dan dibuat seolah – olah menjadi sebuah target diudara namun tidak bergerak maka disebut dengan fix target. Dalam melakukan perhitungan azimuth offset atau north adjustment masih menggunakan perhitungan manual dan memakan waktu yang kurang efisien. Apabila azimuth dari sebuah transponder belum diketahui maka perlu dilakukan perhitungan dua titik koordinat yaitu koordinat radar head dan transponder far field monitor fix target. Perhitungan manual untuk posisi azimuth transponder far field monitor fix target ini dapat memakan waktu yang lama dan kurang efisien[4]. Peran teknologi memiliki sejumlah manfaat di berbagai bidang dan aspek kehidupan. Pada awal semester tahun 2015, penggunaan smartphone berbasis sistem operasi android meningkat secara signifikan, mencapai 58,9% secara global[5]. Kemudian menurut penelitian[6] salah satu sistem operasi yang berkembang pesat pada smartphone saat ini adalah android. Aplikasi perhitungan north adjustment radar MSSR berbasis Visual Basic pada penelitian[4] membutuhkan device laptop dalam melakukan perhitungannya. Di zaman modern ini telepon genggam lebih mudah dibawa kemana saja dengan bentuk yang ergonomis bagi perseorangan. Android dipilih menjadi sistem operasi aplikasi karena sebuah ponsel seluler dengan sistem operasi android telah menjadi kebutuhan utama bagi individu, serta digunakan untuk mendukung pekerjaan dan berfungsi dalam berbagai aspek[5]. Kemudian mengacu pada Laporan Statistik Telekomunikasi Indonesia oleh Badan Pusat Statistik yang menyatakan penggunaan telepon seluler terus meningkat[7]. Dari penelitian dan laporan tersebut diharapkan rancangan aplikasi perhitungan berbasis android ini dapat membantu teknisi dalam melakukan perhitungan koordinat untuk azimuth transponder far field monitor dan perhitungan encoder azimuth offset dengan efisien serta mengurangi resiko kesalahan dari human error. Rancang bangun aplikasi perhitungan nilai encoder offset berbasis android ini dilengkapi dengan perhitungan koordinat untuk

menentukan nilai azimuth transponder far field monitor radar MSSR. Tujuan dari rancang bangun ini adalah menjabarkan pengembangan aplikasi perhitungan nilai encoder offset berbasis android dan memaparkan proses perhitungan nilai encoder offset dengan menggunakan aplikasi perhitungan berbasis android.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Monopulse Secondary Surveillance Radar

Monopulse Secondary Surveillance Radar digunakan untuk mendeteksi dan menentukan posisi pesawat yang dilengkapi transponder di ruang udara. Saat beroperasi, antena MSSR melakukan gerakan rotasi 360 derajat secara terus-menerus untuk memindai pesawat dan memulai interaksi dengan mengirim pertanyaan pada frekuensi 1030 MHz[1]. Monopulse Secondary Surveillance Radar merupakan perkembangan dari Secondary Surveillance Radar. Dimana teknik monopulse pada MSSR memberikan informasi azimuth lebih presisi. Informasi azimuth yang presisi didapatkan dari perbandingan sinyal utama atau main beam MSSR yaitu sinyal SUM Σ dengan tambahan sinyal yang disebut difference Δ pada proses penerimaan atau reply dari pesawat terbang. Pada MSSR juga ditambahkan control beam yang disebut dengan pulsa OMNI Ω sebagai fungsi Side Lobe Suppression. Dua pulsa SUM Σ dan OMNI Ω dipancarkan pada proses transmit dan pada proses penerimaan ditambahkan pulsa difference Δ [3]. Mode S pada MSSR menginterogasi sebuah target dengan menggunakan alamat yang berbeda – beda. Tidak semua pesawat dapat membalas interogasi dari radar Mode S, hanya alamat tertentu pada pesawat yang dapat memberikan balasan. Informasi sudut diketahui oleh extractor MSSR berkat keberadaan encoder, informasi jarak ditentukan berdasarkan selang waktu pancaran dengan mengetahui waktu interogasi MSSR dan waktu penerimaan respon transponder. Untuk informasi

identifikasi pesawat didapat dari sebuah pulsa interogasi Mode A dengan pulsa P1 – P3 jarak antar pulsa 8 microsecond dan untuk informasi ketinggian pesawat terbang didapat dari pulsa interogasi Mode C yaitu pulsa P1 – P3 dengan jarak antar pulsa 21 microsecond[8].

B. Local Management System (SLG) dan Remote Management System (SRG)

Peralatan SLG dan SRG berkomunikasi melalui sistem komunikasi dan elemen utama yang dapat mereka pantau dan kendalikan adalah peralatan radar dan peralatan tambahan yang terkait dengan sistem radar. SLG dan SRG ini merupakan sebuah perangkat antarmuka yang digunakan untuk mengontrol dan memonitor sistem radar. Peralatan SLG terletak dimana radar head terpasang, pada umumnya di gedung radar dan peralatan SRG terletak di luar dari gedung radar, umumnya di pusat kendali, menara pengawas dan ruang teknis. Antarmuka SLG dan SRG terdiri dari beberapa komponen yaitu:

- a. Monitor
Perangkat keras yang berfungsi untuk menampilkan SLG dan SRG screen control and monitoring system.
- b. PC Workstation
Perangkat keras yang berfungsi untuk menjalankan operasional sistem SLG dan SRG dengan sistem operasi berbasis linux. Antarmuka workstation ini terdiri dari dua ethernet untuk jalur LAN 1 dan LAN 2.

Berikut ini merupakan subsistem yang dapat ditampilkan pada SLG Monitor:

- a. SECONDARY SURVEILLANCE RADAR (MSSR)
- b. PRIMARY RADAR (PSR)
- c. PEDESTAL
- d. RDM (RADAR DATA MERGE)
- e. PPI RADAR DATA DISPLAY
- f. RADAR COMMUNICATION SYSTEM
- g. SWITCHES
- h. TIME SERVERS

- i. ENERGY SYSTEM
- j. UNINTERRUPTED POWER SYSTEM (UPS)
- k. AIR CONDITIONING
- l. INTRUDER AND FIRE DETECTOR

C. Azimuth Reference Pulse (ARP) dan Azimuth Change Pulse (ACP)

Azimuth Reference Pulse atau North Signal merupakan sinyal yang dibangkitkan sekali dalam perputaran antena 360°. Azimuth Change Pulse atau disebut dengan Increment Signal adalah pulsa yang dibangkitkan sebanyak 16384 pada radar MSSR dan 4096 pulsa pada radar SSR dalam setiap perputaran 360°. Kedua pulsa ini dibangkitkan melalui sebuah komponen yaitu encoder. Pada prinsip kerjanya sinyal ACP dan ARP ini saling berkesinambungan untuk menghasilkan sebuah pulsa yang nantinya menjadi data input sebagai informasi azimuth pesawat terbang[3]. Cara kerja dari ARP dan ACP ini saling berkaitan, contohnya sebagai berikut:

- a. Azimuth Reference Pulse (ARP), berfungsi sebagai reset dalam perhitungan ACP (Azimuth Change Pulse). Pulsa ARP dibangkitkan setiap sekali putaran 360° antena radar. Azimuth Reference Pulse ini dapat disebut juga dengan North Signal, dimana sinyal ARP pada sebuah radar akan mengacu pada suatu target acuan untuk penyesuaian radar utara dalam penyelarasan azimuth sistematis. Pada radar MSSR Indra, sinyal ARP mengacu pada Far Field Monitor atau disebut dengan Site Monitor. Far Field Monitor Radar MSSR Indra berupa transponder yang dapat membalas kembali sinyal interogasi radar MSSR dengan sinyal reply yang membawa informasi berupa geographic azimuth, Mode 1, 2, 3/A & Mode S, relative distance & azimuth.

- b. Azimuth Change Pulse (ACP), prinsip kerjanya sama seperti sebuah rangkaian clock. Setiap perputaran antena radar MSSR akan diwakili oleh sinyal ACP, seperti pada contoh berikut:
 - Terdapat 16384 pulsa ACP pada setiap putaran 360° antena radar MSSR.

$$\text{ACP } 360^\circ = \frac{360}{16384} = 0,02197^\circ$$

- Maka setiap informasi sudut sebuah target pada radar MSSR akan diwakili oleh nilai dari ACP. Contoh sebagai berikut:

$$\text{sudut } 90^\circ = \frac{90}{0,02197} = 4096$$

pulsa

- Jadi setiap pulsa ACP akan digunakan sebagai input data yang nantinya akan diproses hingga menjadi informasi posisi sudut sebuah target.

D. Rotary Encoder

Rotary Encoder atau disebut dengan encoder poros merupakan sebuah transduser sudut elektronika yang dapat mengubah posisi sudut antena menjadi sinyal analog. Rotary encoder banyak diaplikasikan kedalam beberapa perangkat keras elektronika yang membutuhkan putaran poros presisi seperti kontrol industri, robotik, lensa fotografi dan radar[9]. Encoder rotary absolut adalah suatu perangkat elektromekanis yang memberikan indikasi mengenai posisi mutlak dari suatu objek[10].

E. Encoder Azimuth Offset

Encoder Azimuth Offset merupakan sebuah metode yang digunakan untuk menyesuaikan radar utara atau melakukan pergeseran azimuth supaya posisi suatu target tepat pada posisi azimuth 0° sampai 360°. Metode Encoder Azimuth Offset terletak pada fasilitas peralatan pengamatan penerbangan yaitu Radar. Penyesuaian radar utara yang dilakukan mengacu

pada Far Field Monitor yang terpasang di darat. Far Field Monitor radar berupa Transponder, yang dapat mengirimkan sinyal reply berupa informasi relative distance & azimuth, reply Mode 1, 2, 3/A & Mode S, serta geographic azimuth. Transponder yang dipasang didarat ini terletak pada koordinat tertentu sehingga untuk mendapatkan nilai azimuth radar head terhadap transponder far field monitor perlu dilakukan perhitungan koordinat antara koordinat radar head MSSR dengan transponder far field monitor fix target. Perhitungan koordinat ini dapat disebut dengan azimuth calculation. Terdapat tahapan – tahapan yang untuk melakukan Encoder Azimuth Offset dan menentukan titik Azimuth Transponder Far Field Monitor Fix Target pada radar MSSR Indra. Rumus perhitungan Encoder Azimuth Offset didapat dari perhitungan perbandingan antara posisi Azimuth Transponder Far Field Monitor Fix Target dengan False Azimuth Transponder Far Field Monitor Fix Target. Untuk rumus perhitungan dalam menentukan titik azimuth transponder far field monitor fix target didapat dari perhitungan dua koordinat yaitu koordinat radar head dan koordinat transponder far field monitor fix target Radar MSSR Indra. Tahapan perhitungannya sebagai berikut:

- Rumus perhitungan Encoder Azimuth Offset:

$$EAO = FEAO - AB \quad (1)$$

- Rumus perhitungan koordinat untuk Azimuth Calculation:

$$AC = MOD[DEG[(ATAN2 \Delta X, \Delta Y): 360] \quad (2)$$

- Rumus Perhitungan rata – rata perubahan azimuth:

$$\left\{ \frac{\sum_{i=2}^{Azimuth\ Ke\ 11} azimuth\ 2 + azimuth\ 3 + \dots + azimuth\ 11}{10} \right\} -$$

Azimuth Far Field Monitor (3)

F. Android

Android merupakan sistem operasi yang saat ini telah banyak menciptakan gadget smartphone serta tablet. Didalam sebuah android terintegrasi beberapa bagian yaitu sistem operasi, middleware dan aplikasi, untuk perangkat mobile yang berbasis linux. Para pengembang dapat memanfaatkan platform terbuka yang disediakan android untuk melahirkan sebuah aplikasi[11]. Android berfungsi sebagai sistem operasi open source, dengan Google melepaskan kodenya di bawah lisensi Apache. Sifat open source dan lisensi ini memungkinkan perangkat lunak untuk dimodifikasi dan didistribusikan secara bebas oleh produsen perangkat, operator nirkabel, dan pengembang aplikasi. Sebuah komunitas besar pengembang aplikasi untuk android secara aktif meningkatkan kemampuan perangkat tersebut, biasanya menggunakan versi kustomisasi dari bahasa pemrograman Java[12]. Aplikasi adalah program yang sudah siap pakai dan dirancang untuk menjalankan fungsi tertentu bagi pengguna atau aplikasi lain, serta dapat digunakan oleh audience yang dituju[5]. Aplikasi Android dibuat menggunakan bahasa pemrograman Java dan Android Software Development Kit (SDK). SDK ini mencakup berbagai alat pengembangan, seperti debugger, perpustakaan perangkat lunak, emulator handset berbasis QEMU, dokumentasi, kode sampel, dan tutorial. Dukungan resmi diberikan oleh Integrated Development Environment (IDE) Eclipse dengan plugin Android Development Tools (ADT). Alat pengembangan tambahan meliputi Native Development Kit untuk aplikasi atau ekstensi dalam bahasa C atau C++, Google App Inventor untuk lingkungan visual yang cocok bagi pemrogram pemula, dan berbagai kerangka kerja aplikasi web seluler lintas platform[13].

G. Kodular

Kodular adalah salah satu media yang menyediakan pembuatan aplikasi berbasis android dengan menggunakan block programming. Kodular dapat

diakses lewat situs web. Block programming merupakan cara terbaru dalam membuat sebuah kode program, dimana kode program sudah tidak perlu dituliskan secara manual. Kodular dilengkapi dengan fitur Kodular Store dan Kodular Extension IDE. Kedua fitur itu dapat membantu developer untuk mengunggah sebuah aplikasi android kedalam Kodular Store[14]. Integrated Development Environment merupakan sebuah aplikasi penyedia fasilitas yang dibutuhkan programmer untuk mengembangkan perangkat lunak, memperbaiki kode program, mengedit kode, dan pengujian kode. Dengan dekstop yang modern terintegrasi macam – macam alat rekayasa perangkat lunak, menyediakan platform untuk menulis, menguji, membangun, memelihara, menjalankan dan debugging. Terdapat layanan editor khusus untuk syntax dan semantic bahasa yang dapat meningkatkan produktivitas pengembang. Beberapa layanan khusus tersebut dapat membantu pengembang untuk memahami dan menavigasikan sebuah kode[15].

H. Standar Evaluasi Aplikasi

Software quality melibatkan penerapan proses perangkat lunak yang efektif, yang menghasilkan produk yang bermanfaat bagi pengguna. Perangkat lunak yang bermanfaat memiliki tiga poin penting yaitu efektivitas proses perangkat lunak, produk yang mampu mengirimkan konten serta fungsi dan mampu memberi nilai lebih bagi pengguna perangkat lunak. Saat ini, terdapat berbagai standar pengujian perangkat lunak seperti McCall, Boehm, FRUPS, Dromey, Bertoa, ISO 9126, dan ISO 25010. Dari berbagai standar tersebut, ISO 9126 dan ISO 25010 adalah standar internasional untuk pengujian perangkat lunak[16]. Menurut[17] model Kualitas ISO 25010 adalah standar terbaru dan relevan untuk menguji aplikasi mobile. Standar ini menggantikan Model Kualitas ISO 9126 sebelumnya, yang sejak tahun 2001 menjadi tolok ukur standar untuk

analisis kualitas perangkat lunak. Model ISO 25010 ini menetapkan delapan karakteristik termasuk functional suitability, reliability, performance, efficiency, usability, maintainability, security, compability dan portability[18]. Pada rancang bangun aplikasi ini akan diambil dua dari delapan karakteristik ISO 25010 yaitu:

- a. Functional Suitability
Functional suitability atau kesesuaian fungsi suatu software menurut[19] disebut sebagai pengujian black box, adalah metode pengujian perangkat lunak yang digunakan untuk mengevaluasi fungsi-fungsi yang ada dalam suatu aplikasi. Tujuan utama pengujian black box adalah untuk memvalidasi nilai input yang diberikan kepada aplikasi dan nilai output yang diharapkan untuk setiap input. Menurut penelitian[20] salah satu metode untuk melakukan pengujian functional suitability adalah melalui penggunaan test case. Penting dalam test case untuk memastikan bahwa fungsi-fungsi tersebut dapat dijalankan dengan akurat.
- b. Compatibility
Compatibility adalah evaluasi kemampuan sebuah aplikasi untuk memenuhi persyaratan hardware dan software yang ditentukan. Dalam pengujian kompatibilitas, hal ini dapat diuji dengan cara menginstal aplikasi pada berbagai merek dan tipe smartphone[21]. Hasil pengujian compatibility akan dihitung menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Skor yang didapatkan}}{\text{Skor maksimal}} \times 100\% \quad (4)$$

Hasil perhitungan dalam persentase akan diklasifikasikan kedalam tabel interpretasi seperti berikut:

Tabel 1. Interpretasi Persentase Perhitungan

Hasil Persentasi	Kriteria Kelayakan
0% - 20%	Sangat Tidak Layak
21% - 40%	Tidak Layak
41% - 60%	Cukup Layak
61% - 80%	Layak
81% - 100%	Sangat Layak

3. METODE PENELITIAN

Istilah “metode” berasal dari bahasa Yunani “methodos,” yang mengindikasikan pendekatan atau jalur tertentu. Sementara itu, “penelitian” berasal dari “research,” di mana “re” menunjukkan pengulangan dan “search” menggambarkan tindakan mencari atau mengeksplorasi. “Mencari kembali” mengindikasikan proses berkelanjutan dalam mengumpulkan data dengan tujuan untuk menyempurnakan, menyesuaikan, atau meningkatkan sebuah pertanyaan khusus atau serangkaian pertanyaan[22]. Model ADDIE merupakan suatu model pengajaran yang umum digunakan oleh perancang pendidikan dan program pelatihan untuk merancang program pendidikan dan pelatihan[23]. ADDIE mewakili Analisis, Desain, Develop, Implementasi, dan Evaluasi. Kerangka instruksional ini menekankan pada pembelajaran individual, mencakup fase yang bersifat langsung dan jangka panjang, memiliki pendekatan yang sistematis, dan mengadopsi pandangan menyeluruh tentang pengetahuan dan proses belajar manusia[24]. ADDIE dibuat oleh dua pakar terkemuka, yaitu Reiser dan Molenda. Secara keseluruhan, model ADDIE terdiri dari lima fase, yaitu Analyze, Design, Develop, Implement, dan Evaluate[25]. Skema lima fase dalam metode ADDIE tersebut akan diterapkan didalam pengembangan rancangan aplikasi berbasis android, dengan langkah – langkah mode pengembangannya sebagai berikut:

a. Analisis

Dalam tahapan analisis metode pengumpulan data yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Observasi
- Studi Pustaka

b. Design

Pada tahapan ini terdiri dari pembuatan background aplikasi, penyusunan desain tiap menu didalam aplikasi, mengimplementasikan desain perhitungan manual kedalam block programming dan desain tampilan yang user friendly.

c. Development

Dari tahapan desain tersebut langkah selanjutnya yaitu pengembangan. Untuk aplikasi perhitungan encoder offset berbasis android ini akan dikembangkan menggunakan IDE Kodular. Dimana IDE Kodular ini merupakan website opensource yang dapat digunakan untuk membuat suatu aplikasi berbasis android. Didalam IDE Kodular ini didukung banyak fitur untuk melakukan pengembangan aplikasi dan IDE Kodular ini juga didukung dengan fitur block programming untuk mempermudah membuat suatu program tertentu tanpa menggunakan coding.

d. Implementation

Merupakan tahapan uji coba aplikasi perhitungan. Tahapan uji coba ini akan dilakukan dengan cara:

- Uji coba implementasi tahap pertama, dengan melakukan uji coba pemasangan aplikasi pada smartphone android
- Uji coba implementasi tahap kedua, dengan melakukan komparasi waktu perhitungan pada aplikasi berbasis android dengan perhitungan manual. Metode komparasi waktu digunakan sebagai perbandingan waktu perhitungan antara perhitungan manual dengan perhitungan pada aplikasi, agar didapat suatu kesimpulan

e. Evaluasi

Tahapan evaluasi ini menjadi akhir dari setiap unsur tahapan didalam ADDIE. Sehingga implementasi dari rancangan aplikasi berbasis android ini bisa menjadi sesuai apa yang diharapkan. Tahapan evaluasi akan dibagi menjadi dua tahapan yaitu:

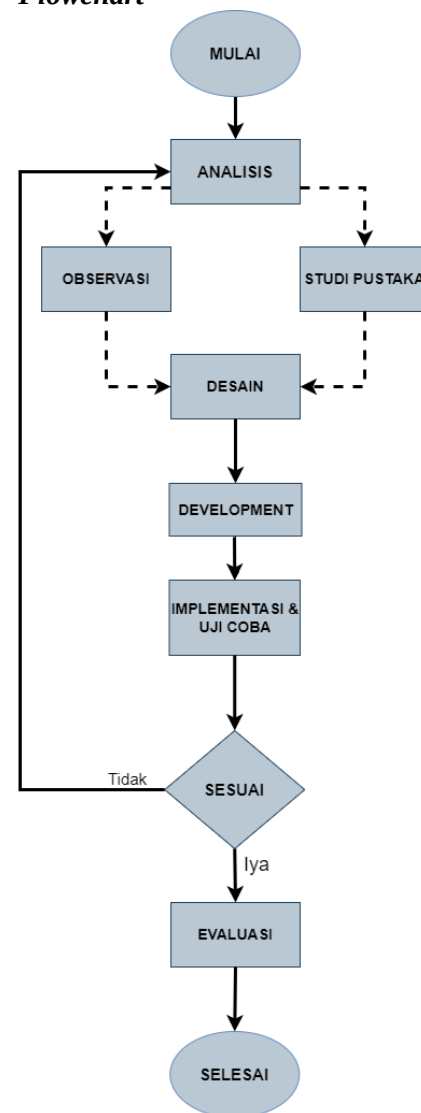
- Evaluasi tahap compatibility
Evaluasi tahap pertama akan dilakukan dengan uji coba pada beberapa merk dan type smartphone. Smartphone yang

digunakan dalam uji coba adalah smartphone yang menggunakan sistem operasi android. Evaluasi tahap kedua ini dilakukan untuk menyesuaikan dengan standar kualitas aplikasi pada ISO 25010 yaitu compatibility.

- Evaluasi tahap kedua functional suitability

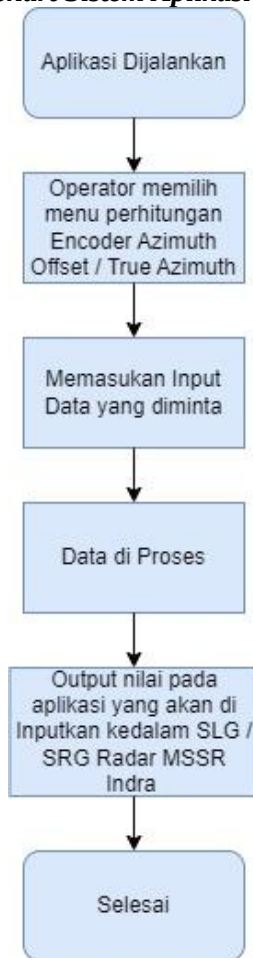
Pada evaluasi tahap kedua ini akan dilakukan dengan black box testing. Black box testing ini disesuaikan dengan functional suitability pada standar kualitas aplikasi di ISO 25010.

3.1. Flowchart



Gambar 1. Flowchart Rancang Bangun

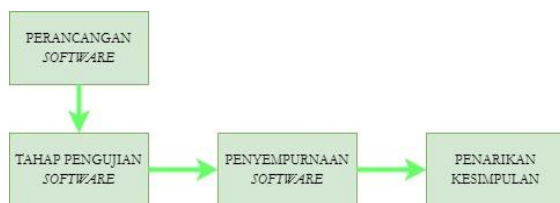
3.2. Flowchart Sistem Aplikasi



Gambar 2. Flowchart Sistem Aplikasi

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Sistem Rancangan



Gambar 3. Gambaran Umum Tahapan Perancangan

Diharapkan dengan adanya aplikasi perhitungan encoder offset untuk monopulse secondary surveillance radar berbasis android ini, operator peralatan atau teknisi hanya perlu memasukkan pembacaan nilai pada monitor SLG/SRG Radar MSSR Indra atau koordinat yang terbaca pada global positioning system (GPS), kemudian aplikasi perhitungan akan memproses nilai tersebut dan menghasilkan nilai Encoder Offset yang kemudian dapat langsung di

sertakan kembali kedalam monitor SLG/SRG Radar MSSR Indra. Pengguna tidak perlu lagi melakukan perhitungan menggunakan cara manual atau kalkulator konvensional yang dapat memakan waktu perawatan dan kurang efisien.

B. Tahap Analisis

a. Analisis Permasalahan

Analisis permasalahan dimulai pada saat On The Job Training dimana penulis dihadapkan dengan adanya perawatan perangkat encoder Radar MSSR Indra dan saat proses pemasangan kembali perangkat encoder tersebut, terjadi kesalahan pembacaan azimuth pada target karena pergeseran output pulsa dari encoder. Pergeseran pulsa pada proses pemasangan kembali encoder ini adalah hal yang normal karena encoder tidak memiliki titik acuan pasti untuk menghasilkan pulsa Azimuth Reference Pulse (ARP), maka adanya fitur Encoder Azimuth Offset pada radar MSSR Indra adalah untuk menyesuaikan kembali dan menggeser azimuth dari pulsa ARP supaya didapatkan kembali sudut azimuth yang sesuai. Pada proses penyesuaian nilai Encoder Azimuth Offset ini timbul masalah yaitu proses perhitungannya masih menggunakan perhitungan konvensional, dan dapat memakan waktu yang cukup lama. Dari permasalahan tersebut penulis mengembangkan sebuah aplikasi perhitungan untuk membantu proses perhitungan Encoder Azimuth Offset dengan cepat dan tepat.

b. Analisis Kebutuhan Fungsional

- Aplikasi dapat melakukan perhitungan Encoder Offset dengan cepat
- Aplikasi dapat diunduh pada smartphone berbasis android, mengingat di zaman modern ini smartphone dapat dengan mudah dibawa kemana saja
- Aplikasi dapat menampilkan hasil perhitungan dengan tepat

sesuai dengan menu pilihan kalkulasi

c. Analisis Kebutuhan Perangkat Keras

Pada Tabel 2 merupakan hasil analisis kebutuhan perangkat keras yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi.

Tabel 2. Kebutuhan Perangkat Keras Mengembangkan Aplikasi

Perangkat Keras	Spesifikasi
Processor	Intel® Celeron® N4120 CPU 1.10 GHz
Memory	1000 GB HDD
Disk Space	4 GB
Display	1366 x 768 resolution

Pada Tabel 3 merupakan hasil analisis kebutuhan perangkat keras yang digunakan untuk menjalankan aplikasi

Tabel 3. Kebutuhan Perangkat Keras Menjalankan Aplikasi

Perangkat Keras	Spesifikasi
Processor	Qualcomm® Snapdragon 720G Octa Core
Memory	8,00 GB
Disk Space	128 GB
Android Version	12

d. Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

Tabel 4 merupakan hasil analisis kebutuhan perangkat lunak untuk mengembangkan aplikasi

Tabel 4. Kebutuhan Perangkat Lunak

Perangkat Lunak	Fungsi
Web Browser	Menjalankan kodular
Kodular Creator	Mengembangkan aplikasi berbasis android
Kodular Companion	Melakukan uji coba, dan pengunduhan untuk menjalankan fungsi dari aplikasi pada smartphone android
Display	1366 x 768 resolution

C. Tahap Desain

Tahap desain merupakan tahapan yang berfungsi untuk membangun sistem aplikasi perhitungan dan mengembangkan aplikasi perhitungan pada tiap fitur – fiturnya. Tahap desain juga merancang tampilan dari setiap screen atau halaman pada aplikasi supaya mudah digunakan oleh user. Pada tahapan desain ini akan dijelaskan dengan tabel diagram dan alur diagram aplikasi. Tahapan desain akan dijelaskan pada Tabel 5 diagram rencana desain aplikasi perhitungan berikut ini.

Tabel 5. Diagram Rencana Desain Aplikasi

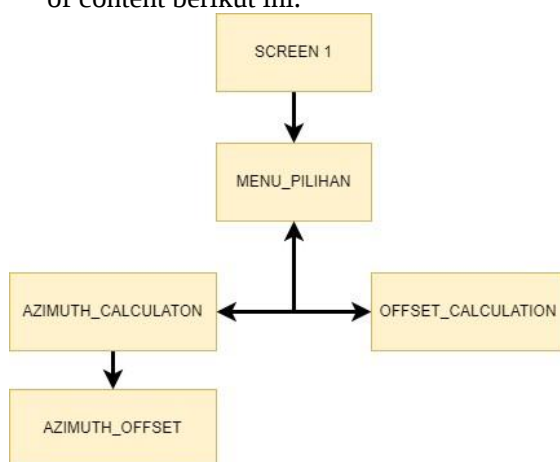
Halaman / Screen	Keterangan
Screen 1	Screen 1 merupakan halaman awal dimana halaman pertama saat user membuka aplikasi perhitungan. Adapun bagian – bagian yang terdapat pada screen 1:

	1. Kolom <i>ID User & Kolom Password</i>		perhitungan azimuth radar head terhadap transponder fix target far field monitor.
	2. Tombol <i>login</i>		Adapun berikut ini bagian – bagian pada halaman
	3. Nama Aplikasi		<i>AZIMUTH_CALCULATION</i> :
MENU_PILIHAN	MENU_PILIHAN		
N	merupakan screen atau halaman yang berfungsi untuk menampilkan opsi perhitungan pada aplikasi. Adapun bagian – bagian pada halaman		1. Nama screen / halaman
	MENU_PILIHAN		2. Kolom pengisian nilai Latitude dan Longitude Radar head
	sebagai berikut:		3. Kolom pengisian nilai Latitude dan Longitude Far Field Monitor
	1. Tombol Opsi Perhitungan Azimuth Calculation		4. Kolom hasil perhitungan Azimuth Far Field Monitor
	2. Tombol Opsi Perhitungan Offset Calculation		5. Kolom hasil perhitungan Jarak
	3. Tulisan Nama Aplikasi		6. Tombol calculate untuk menjalankan proses perhitungan
	4. Tahun Dibuatnya Aplikasi		
AZIMUTH_CALCULATION	AZIMUTH_CALCULATION		
	merupakan halaman yang berfungsi untuk melakukan perhitungan		

7. Tombol <i>next calculation</i>	
AZIMUTH_OFFSET SET merupakan halaman yang termasuk dalam serangkaian perhitungan pada halaman AZIMUTH_CALCULATION, dimana pada halaman AZIMUTH_OFFSET ini akan memproses hasil perhitungan dari halaman AZIMUTH_CALCULATION menjadi nilai <i>azimuth offset</i> untuk radar MSSR Indra. Berikut adalah bagian – bagian pada halaman ini:	3. Tombol <i>calculate</i> untuk menjalankan proses perhitungan 4. Kolom hasil perhitungan <i>Encoder Offset</i> 5. Kolom <i>Azimuth Far Field Monitor</i> merupakan kolom hasil perhitungan pada halaman AZIMUTH_CALCULATION yang di <i>transfer</i> pada <i>screen</i> ini
1. Nama <i>screen</i> / halaman 2. Dua belas kolom <i>azimuth</i>, untuk mengisi dua belas data perubahan <i>azimuth transponder fix target far field monitor</i>.	OFFSET_CALCULATION merupakan halaman yang berfungsi untuk melakukan perhitungan <i>offset</i> secara langsung dengan adanya sebuah acuan <i>azimuth transponder far field monitor</i>. Berikut adalah bagian – bagiannya:

1. Kolom nilai *Azimuth Far Field Monitor*
2. Kolom nilai *False Azimuth Offset*
3. Kolom *False Azimuth*
4. Tombol *calculate* untuk menjalankan proses perhitungan
5. Kolom hasil perhitungan *Azimuth Bias*
6. Kolom hasil perhitungan *Encoder Azimuth Offset*

Kemudian diagram alir setiap halaman dalam aplikasi dijabarkan pada visual table of content berikut ini.



Gambar 4. Visual Table Of Content

Tabel berikut akan menjelaskan mengenai visual table of content Gambar 4.

Tabel 6. Penjelasan Visual Table Of Content

Screen 1	Merupakan halaman <i>login</i> saat pengguna masuk kedalam aplikasi.
MENU_PILIHAN	Merupakan <i>screen</i> atau halaman yang menampilkan opsi pilihan perhitungan
AZIMUTH_CALCULATION	Halaman yang berfungsi untuk menjalankan proses perhitungan <i>azimuth transponder fix target far field monitor</i>
OFFSET_CALCULATION	Halaman yang berfungsi untuk menjalankan proses perhitungan <i>offset</i> dengan adanya sebuah acuan <i>azimuth transponder fix target far field monitor</i>
AZIMUTH_OFFSET	Halaman lanjutan dari halaman <i>AZIMUTH_CALCULATION</i> untuk melanjutkan proses

	perhitungan <i>azimuth</i> <i>offset</i>
--	---

D. Tahap Development (Pengembangan)

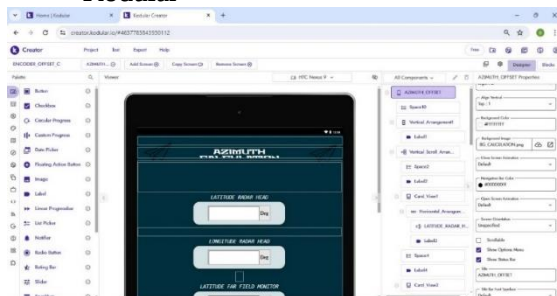
Tahapan pengembangan aplikasi perhitungan dengan Kodular Creator. Kodular Creator berfungsi untuk melakukan design aplikasi perhitungan dan menyusun kode block programming sehingga koding tidak perlu dituliskan namun sudah menggunakan block code. Pada tahapan pengembangan ini akan dibagi menjadi dua bagian yaitu:

a. Pengembangan Desain Aplikasi



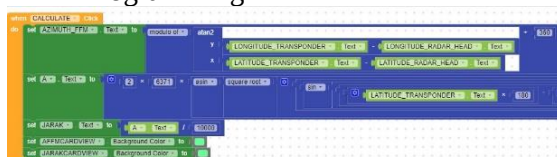
Gambar 5. Kodular Creator Pengembang Aplikasi

b. Pengembangan Program Perhitungan dengan Block Code Programming Kodular

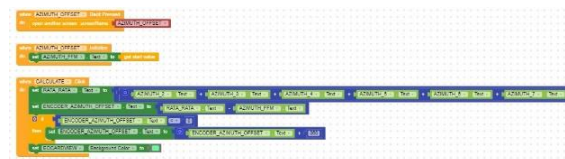


Gambar 6. Proses Desain Screen Aplikasi

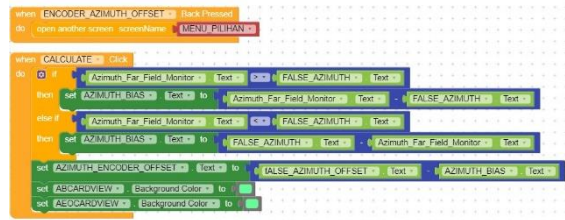
c. Implementasi Rumus Perhitungan Manual Kedalam Block Code Programming



Gambar 7. Block Code Perhitungan Azimuth Calculation



Gambar 8. Block Code Perhitungan Azimuth Offset Calculation



Gambar 9. Block Code Perhitungan Offset Calculation

E. Tahap Implementasi

Tahap implementasi merupakan tahapan uji coba rancangan aplikasi yang dikembangkan. Pada tahap implementasi ini akan di uji coba dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

a. Uji coba implementasi tahap pertama

Uji coba tahap pertama dilakukan untuk mengetahui hasil desain rancangan aplikasi pada smartphone android. Uji coba tahap pertama dilakukan dengan cara mengekspor file aplikasi perhitungan pada kodular creator dengan format (.apk) terlebih dahulu. Kemudian format file (.apk) tersebut diunduh kedalam smartphone android.

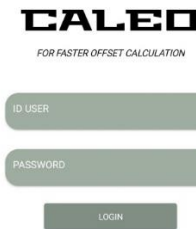
Tabel 7. Tabel Tahapan Uji Coba Implementasi

No.	Tahapan Uji Coba	Cara Uji Coba
1.	Menjalankan aplikasi pada <i>smartphone android</i>	Pada <i>smartphone android</i> dipasang Aplikasi Perhitungan <i>Encoder Offset</i> Untuk Radar MSSR dengan

nama aplikasi CALEO. Setelah aplikasi terpasang dilakukan pengecekan pada setiap *screen* dan fitur pada aplikasi. Fungsi dari uji coba ini adalah untuk menjalankan aplikasi perhitungan tanpa *debug*.

2. Melakukan perhitungan dengan aplikasi

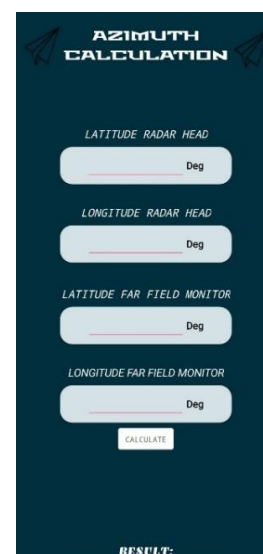
Pada aplikasi perhitungan yang telah terpasang di *smartphone* android dilakukan uji coba perhitungan, dengan beberapa contoh sampel data yang sudah ada.



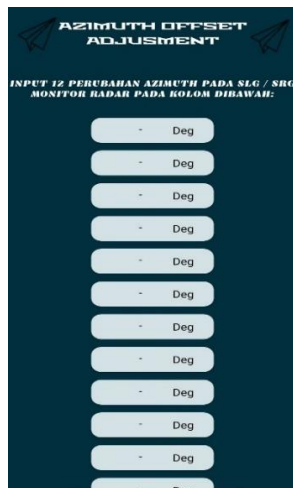
Gambar 10. Hasil Screen 1



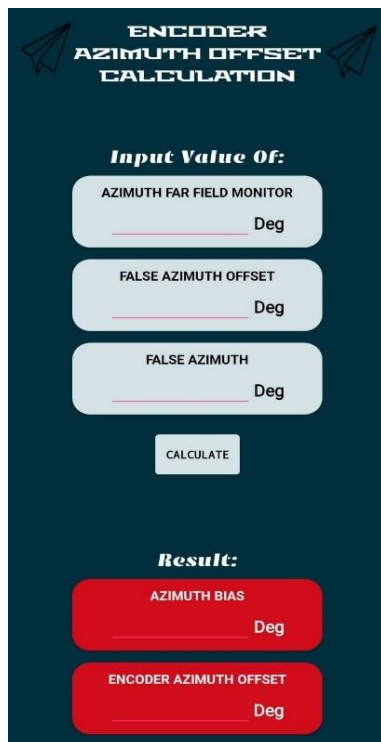
Gambar 11. Hasil Screen MENU_PILIHAN



Gambar 12. Hasil Screen AZIMUTH_CALCULATION



Gambar 13. Hasil Screen AZIMUTH_OFFSET



Gambar 14. Hasil Screen OFFSET_CALCULATION

- b. Uji coba implementasi tahap kedua
- Uji coba implementasi tahap kedua dilakukan dengan cara melakukan komparasi waktu proses perhitungan pada aplikasi dengan proses perhitungan secara manual. Pada proses komparasi waktu ini juga dilakukan uji coba hasil perhitungan pada aplikasi dan perhitungan secara manual. Pada tabel berikut merupakan data input yang

dibutuhkan dalam melakukan proses perhitungan.

Tabel 8. Data Input Yang Dibutuhkan Untuk Perhitungan

Latitude Radar Head	0,459056°
Longitude Radar Head	101,448139°
Latitude Transponder Fix	0,425603°
Target Far Field Monitor	
Longitude Transponder	101,441655°
Fix Target Far Field Monitor	
False Azimuth	104,84°
Transponder Far Field Monitor	
False Encoder Azimuth	274,72°
Offset	
12 Data Perubahan Azimuth	
Azimuth 1	104,84°
Azimuth 2	104,78°
Azimuth 3	104,77°
Azimuth 4	104,88°
Azimuth 5	104,89
Azimuth 6	104,87°
Azimuth 7	104,00°
Azimuth 8	104,68°
Azimuth 9	104,92°
Azimuth 10	104,77°
Azimuth 11	104,84°
Azimuth 12	104,89°

Dari data input untuk perhitungan pada tabel diatas kemudian dilakukan perhitungan untuk melakukan komparasi perhitungan antara perhitungan manual dengan menggunakan aplikasi, didapat hasil sebagai berikut:

- a. Perhitungan parameter Azimuth Transponder Fix Target Far Field

Monitor dengan menggunakan aplikasi CALEO didapat nilai azimuth nya yaitu 190,915°, dengan waktu proses perhitungan yaitu 16,08 detik.

- b. Perhitungan parameter Azimuth Transponder Fix Target Far Field Monitor dengan menggunakan perhitungan manual atau konvensional didapat nilai azimuth nya yaitu 191,000°, dengan waktu proses perhitungan 2 menit 1 detik.
- c. Perhitungan parameter Azimuth Offset dengan menggunakan aplikasi CALEO didapat hasil perhitungan nilai offset nya adalah 273,82. Dengan waktu proses perhitungan nya 46,65 detik
- d. Perhitungan parameter Azimuth Offset dengan menggunakan perhitungan manual atau konvensional didapat perhitungan nilai offset nya adalah 273,82. Dengan waktu proses perhitungan nya 1 menit 1,13 detik.
- e. Perhitungan parameter Encoder Azimuth Offset dengan menggunakan aplikasi CALEO didapat nilai Encoder Azimuth Offset nya adalah 188,64. Dengan waktu proses perhitungannya 12,29 detik.
- f. Perhitungan parameter Encoder Azimuth Offset menggunakan perhitungan manual atau konvensional didapat nilai Encoder Azimuth Offset nya adalah 188,64. Dengan waktu proses perhitungannya adalah 24,66 detik.

F. Tahap Evaluasi

Tahapan evaluasi dilakukan dengan cara melakukan pengujian pada aplikasi. Tahapan ini bertujuan untuk mengukur kelayakan sebuah aplikasi yang dikembangkan. Tahap evaluasi akan dilakukan dengan dua tahapan yaitu:

- a. Evaluasi Tahap Pertama Compatibility

Tabel 9. Uraian Hasil Implementasi Untuk Compatibility

N	Perang	Desain	Progr	Progra
o	kat	Interfa	am	m

	Smartp hone	ce Aplika si	Aplika si	Perhitu ngan Aplikasi
1	Realme 8 Android 13	Sesuai dengan desain rancan gan user Interfa ce	Progra m dapat dijalan kan tanpa eror	Program perhitun gan dan hasil perhitun gan dapat berjalan dengan baik
2	Xiaomi Redmi Note 10 S Android 13	Sesuai dengan desain rancan gan user Interfa ce	Progra m dapat dijalan kan tanpa eror	Program perhitun gan dan hasil perhitun gan dapat berjalan dengan baik
3	Samsun g Galaxy A30S Android 11	Terdap at bug pada compo nent label yang tidak sesuai dengan desain rancan	Progra m dapat dijalan kan tanpa eror	Program perhitun gan dan hasil perhitun gan dapat berjalan dengan baik

		gan user interfa ce		
4	Samsun g Galaxy Note 9 Android 10	Terdap at bug pada compo nent label yang tidak sesuai dengan desain rancan gan user interfa ce	Progra m dapat dijalan kan tanpa eror	Program perhitun gan dan hasil perhitun gan dapat berjalan dengan baik
5	Xiaomi Redmi Note 12 Pro Android 13	Sesuai dengan desain rancan gan user Interfa ce	Progra m dapat dijalan kan tanpa eror	Program perhitun gan dan hasil perhitun gan dapat berjalan dengan baik
6	Realme 7 Pro Android 12	Sesuai dengan desain rancan gan	Progra m dapat dijalan kan	Program perhitun gan dan hasil perhitun

user	tanpa	gan
Interfa	eror	dapat
ce		berjalan
		dengan
		baik

Dari hasil uraian implementasi pada tabel diatas maka dapat dilakukan perhitungan evaluasi compatibility sebagai berikut:

N o	Pengujia n	Penilaian n Skor	Berjala n	Gag al
1	Desain Interface Aplikasi	6	4	2
2	Program Aplikasi	6	6	-
3	Program Perhitung an Aplikasi	6	6	-
Total		18	16	2

Data evaluasi pada tabel diatas kemudian dikonversi dalam perhitungan persentase sebagai berikut:

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Skor yang didapatkan}}{\text{Skor maksimal}} \times 100\%$$

$$= \frac{16}{18} \times 100\%$$

$$= 88\%$$

Hasil perhitungan evaluasi dengan persentase diatas diklasifikasikan kedalam kriteria interpretasi pada tabel berikut:

Tabel 10. Tabel Interpretasi Hasil Evaluasi

Hasil Persentasi	Kriteria Kelayakan
0% - 20 %	Sangat tidak layak
21% - 40%	Tidak layak
41% - 60%	Cukup layak
61% - 80%	Layak
81% - 100%	Sangat layak

b. Evaluasi Tahap Kedua Functional Suitability

Evaluasi tahap kedua akan disesuaikan dengan functional suitability pada ISO 25010. Functional suitability dilakukan dengan metode black box testing.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi dan evaluasi terhadap aplikasi perhitungan nilai encoder offset untuk monopulse secondary surveillance radar berbasis android, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu:

- Aplikasi perhitungan nilai encoder offset berbasis android dikembangkan dengan bantuan platform opensource Integrated Development Environment yaitu Kodular. Kodular dapat diakses melalui web browser. Aplikasi berbasis android ini dikembangkan dengan menggunakan block kode programming pada Kodular. Rumus perhitungan manual atau konvensional dapat diimplementasikan kedalam block kode programming
- Dari hasil komparasi waktu proses perhitungan pada aplikasi berbasis android dengan waktu proses perhitungan secara manual atau konvensional, maka dapat ditarik kesimpulan jika aplikasi perhitungan encoder offset berbasis android untuk monopulse secondary surveillance radar dapat melakukan perhitungan lebih cepat dan efisien
- Hasil interpretasi evaluasi yang disesuaikan dengan ISO 25010 pada

karakteristik compatibility mendapatkan nilai persentase 88% dan dapat diklasifikasikan kedalam kategori “sangat layak” kemudian pada karakteristik functional suitability setiap fungsi dari fitur aplikasi 100% berjalan dengan baik dan dapat diklasifikasikan kedalam kategori “sangat layak”

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas terbitnya jurnal Rancang Bangun Aplikasi Perhitungan Nilai Encoder Offset Untuk Monopulse Secondary Surveillance Radar Berbasis Android ini. Pada proses penelitian rancang bangun aplikasi ini merupakan langkah yang luar biasa dan mencerminkan komitmen untuk selalu menjaga kualitas dan kinerja suatu sistem dapat beroperasi dengan baik. Semoga jurnal ini dapat menjadi sumber ilmu pengetahuan yang berharga. Penulis juga mengucapkan terima kasih sebesar - besarnya kepada seluruh pendukung dan pembimbing yang membantu dalam penelitian rancang bangun aplikasi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. E. Vidal *et al.*, “Implementation of a Transportable Radar Mode S of Monopulse Secondary Surveillance (MSSR-S) for the Peruvian Civil Aviation Surveillance,” *Telecom*, vol. 4, no. 4, pp. 693–708, Dec. 2023, doi: 10.3390/telecom4040031.
- [2] A. Naufal, Muh. Wildan, and B. A. Atmaja, “Tindakan Perawatan Encoder Pada Radar MSSR Indra IRS-20MP/2 Di PERUM LPPNPI Cabang Pekanbaru,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 2, Apr. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i2.4098.
- [3] C. Simamora and M. Caesar Akbar, “Analisis Blank Area pada Pancaran Radar MSSR di Airnav Tanjungpinang Akibat adanya Obstacle yang Menghalangi Pancaran Radar,” *Airman: Jurnal Teknik dan Keselamatan Transportasi*, vol. 5, no. 2, pp. 12–21, Dec. 2022, doi: 10.46509/ajtk.v5i2.252.
- [4] Z. Muhammad, Y. Suprpto, M. Maharani, S. Politeknik, and P. Surabaya, “Aplikasi Penghitungan North Adjustment Menggunakan Visual Basic Pada Monopulse Secondary Surveillance Radar”.
- [5] A. F. Ramadhan, A. D. Putra, and A. Surahman, “Aplikasi Pengenalan Perangkat

- Keras Komputer Berbasis Android Menggunakan Augmented Reality (AR),” *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi (JTISI)*, vol. 02, Jun. 2021.
- [6] S. Sintaro, R. Ramdani, and S. Samsugi, “Rancang Bangun Game Edukasi Tempat Bersejarah Di Indonesia,” *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak (JATIKA)*, vol. 1, no. 1, pp. 51–57, 2020, [Online]. Available: <http://jim.teknokrat.ac.id/index.php/informatika>
- [7] R. Rufiadi, *Statistik Telekomunikasi Indonesia*. Jakarta: Badan Pusat Statistika, 2022.
- [8] G. Menteuan, T. Palade, E. Puschita, P. Dolea, and A. Pastrav, “Monopulse secondary surveillance radar coverage–determinant factors,” *Sensors*, vol. 21, no. 12, Jun. 2021, doi: 10.3390/s21124198.
- [9] A. Hafez, M. Najuib, K. Gamal, and A. S. Hafez, “Design and Implementation of Digital Azimuth Encoder for Radar Antennas Using Microcontroller.” [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/256840736>
- [10] S. Das, T. S. Sarkar, B. Chakraborty, and H. S. Dutta, “Study on array of photo-detector based absolute rotary encoder,” *Sens Actuators A Phys*, vol. 246, pp. 114–122, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.sna.2016.05.026>.
- [11] D. W. Putra, A. P. Nugroho, W. Puspitarini, and K. Kunci, “Game Edukasi Berbasis Android Sebagai Media Pembelajaran Untuk Anak Usia Dini,” *JIMP-Jurnal Informatika Merdeka Pasuruan*, vol. 1, no. 1, 2016.
- [12] J. Enterprise, *Mengenal Dasar - Dasar Pemrograman Android*. PT Elex Media Komputindo, 2015.
- [13] D. Rianto Rahadi, “Pengukuran Usability Sistem Menggunakan Use Questionnaire Pada Aplikasi Android,” *Jurnal Sistem Informasi (JSI)*, vol. 6, no. 1, pp. 661–671, 2014, [Online]. Available: <http://ejournal.unsri.ac.id/index.php/jsi/index>
- [14] M. R. Syarlisjswan, Sukarmin, and D. Wahyuningsih, “The development of e-modules using Kodular software with problem-based learning models in momentum and impulse material,” *J Phys Conf Ser*, vol. 1796, no. 1, p. 012078, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1796/1/012078.
- [15] I. Mallisa, “Implementasi Integrated Development Environment (IDE) Berbasis Web Untuk Pemrograman Javascript,” 2021.
- [16] M. S. Lamada, A. Sa’ban Miru, and R. Amalia, “Pengujian Aplikasi Sistem Monitoring Perkuliahan Menggunakan Standar ISO 25010,” *Jurnal Media Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer*, vol. 3, no. 3, p. 1, 2020.
- [17] M. Izzatillah, “Quality Measurement Of Transportation Service Application GO-JEK Using ISO 25010 Quality Model,” *Jurnal SIMETRIS*, vol. 10, no. 1, 2019.
- [18] D. Daryanto, M. K. Anam, Y. Efendi, and R. Rahmadden, “Pengujian ISO 25010 Pada Smart Chair Akupresure Berbasis Internet Of Things (IoT),” *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, vol. 6, no. 3, p. 1476, Jul. 2022, doi: 10.30865/mib.v6i3.4134.
- [19] A. Verma, A. Khatana, and S. Chaudhary, “A Comparative Study of Black Box Testing and White Box Testing,” *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, vol. 5, pp. 301–304, Dec. 2017, doi: 10.26438/ijcse/v5i12.301304.
- [20] D. Dio, N. Safriadi, and A. S. Sukanto, “Rancang Bangun Aplikasi Virtual Tour Lokasi Rekreasi dan Hiburan Keluarga di Pontianak,” *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (JUSTIN)*, 2019, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:194130910>
- [21] M. Haoues, A. Sellami, H. Ben-Abdallah, and L. Cheikhi, “A guideline for software architecture selection based on ISO 25010 quality related characteristics,” *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, vol. 8, no. 2, pp. 886–909, 2017, doi: 10.1007/s13198-016-0546-8.
- [22] N. Darna and E. Herlina, “Memilih Metode Penelitian Yang Tepat: Bagi Penelitian Bidang Ilmu Manajemen,” 2018. [Online]. Available: <https://jurnal.unigal.ac.id/index.php/ekonomologi>
- [23] A. G. Spatioti, I. Kazanidis, and J. Pange, “A Comparative Study of the ADDIE Instructional Design Model in Distance Education,” *Information (Switzerland)*, vol. 13, no. 9, Sep. 2022, doi: 10.3390/info13090402.
- [24] N. Angko and D. Mustaji, “Pengembangan Bahan Ajar Dengan Model ADDIE Untuk Mata Pelajaran Matematika Kelas 5 SDS Mawar Sharon Surabaya,” 2023.
- [25] F. Hidayat, “Model ADDIE(Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation) Dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam ADDIE Model In Islamic Education Learning,” 2021.

