

BAB 1

ANALISIS KEBUTUHAN

Dokumen ini berisi tentang pembahasan mengenai alat yang dirancang untuk dapat memperluas jangkauan pembacaan radar. Topik tersebut diangkat berdasarkan permasalahan instalasi radar di dalam ruangan yang memiliki keterbatasan sudut dan jangkauan pembacaan dalam satu dimensi.

1.1 Latar Belakang Masalah

Radar (*Radio Detection and Ranging*) adalah perangkat yang berfungsi untuk mendeteksi posisi, kecepatan, dan identifikasi suatu objek dalam suatu jangkauan area radar baik di darat, laut, maupun di udara[1][2]. Teknologi radar memiliki banyak manfaat dalam berbagai bidang seperti militer, pelayaran, penerbangan, informasi cuaca, medis dan keamanan. Implementasi kerja dari radar dalam bidang tersebut adalah dengan melakukan pengamatan, pemetaan, dan eksplorasi baik di luar ruangan maupun dalam ruangan.

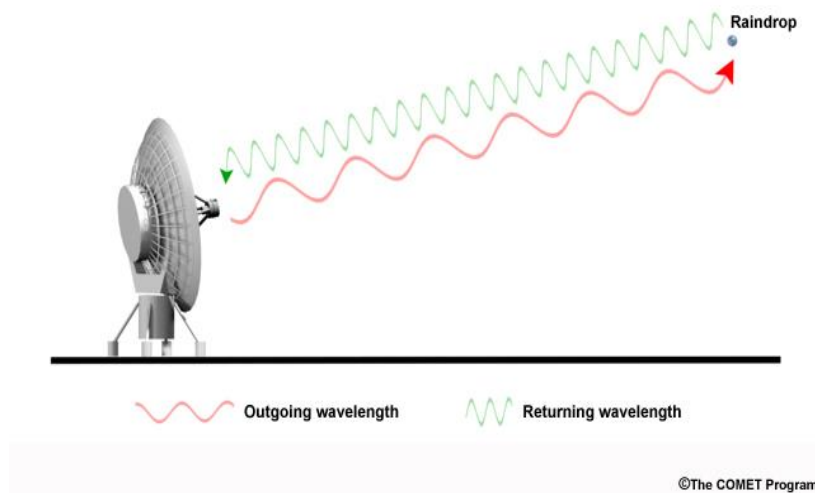
Masalah keterbatasan manusia dalam melakukan pendeteksian objek akibat berbagai faktor seperti jarak pandang, kondisi cahaya, atau penghalang dapat diatasi dengan menggunakan radar. Radar bekerja dengan mengirimkan sinyal berupa gelombang elektromagnetik yang kemudian dipantulkan kembali oleh objek yang berada tepat di depan komponen pengirim sinyal (*transmitter*).

Prinsip kerja dasar radar memiliki keterbatasan dalam aspek jangkauan kerja. Jangkauan sudut dan jarak pembacaan sistem menjadi keterbatasan suatu radar dalam mendeteksi objek, sehingga perlu tambahan radar sesuai kebutuhan berdasarkan pemetaan secara keseluruhan[3], [4]. Terdapat jenis radar yang dapat bekerja dengan jangkauan baca yang lebih luas dengan menggunakan radar yang diintegrasikan dengan antena *phased array* yang dapat diarahkan ke berbagai arah tanpa harus secara fisik menggerakkan antena radar[5][6]. Di sisi lain melakukan perancangan radar *phased array* dua dimensi (2D) dengan jangkauan pembacaan ke berbagai arah memiliki kompleksitas yang lebih tinggi sehingga biaya yang dikeluarkan apabila diputuskan untuk melakukan pengadaan perangkat yang demikian juga relatif tinggi [7]. Harga komponen serta biaya penelitian dan pengembangan menjadi salah satu faktor yang perlu diperhatikan. Fitur penambahan jangkauan radar dua dimensi juga bisa didapatkan dengan alternatif melakukan modifikasi gerak radar satu dimensi. Faktor keringkasan juga menjadi

salah satu hal yang perlu diperhatikan, khususnya dalam implementasi untuk penggunaan di dalam ruangan yang cenderung tidak lebih luas dibandingkan luar ruangan.

Perangkat penunjang gerak sebagai alat bantu dalam memperluas jangkauan kiranya dapat menjadi bahan penelitian dan pengembangan dalam penyelesaian masalah. Berdasarkan pertimbangan tersebut, topik *capstone design* ini melakukan alat perluasan jangkauan radar satu dimensi untuk implementasi dalam ruangan sehingga dapat menjadi salah satu solusi terkait keterbatasan perangkat yang ada saat ini.

1.2 Informasi Pendukung



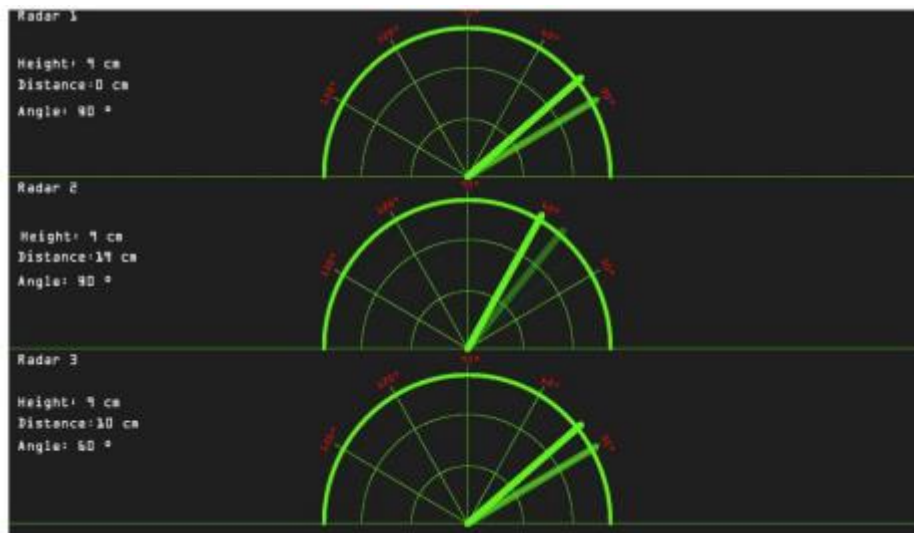
Gambar 1.1 Cara kerja radar [8].

Pada Gambar 1.1 ditunjukkan ilustrasi sederhana mengenai cara kerja radar untuk memetakan posisi dan kedudukan suatu objek. Gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh komponen pemancar (*transmitter*) radar akan dipantulkan oleh objek yang berada di suatu titik yang terjangkau oleh radar. Gelombang pantul kemudian akan ditangkap oleh komponen penerima (*receiver*) yang kemudian akan diteruskan dan diolah menjadi data berupa posisi, kedudukan, dan perpindahan objek.



Gambar 1.2 Simulasi pengujian 3 buah sensor terhadap objek kubus [9].

Implementasi sebuah radar di dalam ruangan seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1.2 menunjukkan bahwa ruangan dengan luas tersebut memerlukan beberapa sistem radar untuk dapat mendeteksi objek yang diamati sehingga ini menjadi salah satu kelemahan dalam jangkauan sistem radar jika diterapkan dalam ruangan yang lebih besar. sistem kerja dari sensor radar tersebut memiliki pembacaan yang berbeda-beda, sehingga untuk menentukan letak objek perlu mengalkulasi dari ketiga sensor radar yang berada pada ruangan tersebut.

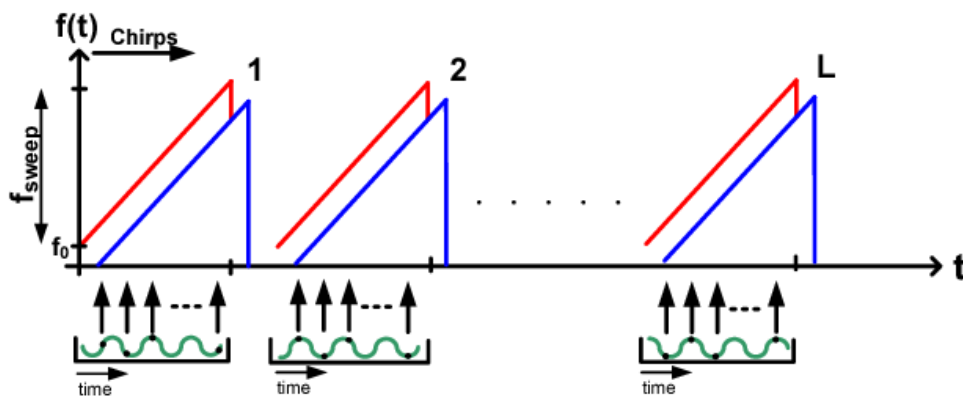


Gambar 1.3 Tampilan GUI aplikasi radar [9].

Pada Gambar 1.3, informasi dari gelombang pantul oleh objek di depan radar akan disajikan menjadi bentuk data numerik yang menunjukkan besaran fisik dari objek. Data berupa jarak objek dari radar dapat ditentukan dengan olahan nilai selisih waktu kirim dan waktu terima gelombang pantul radar dan data lain berupa posisi sudut objek relatif terhadap

modul radar ditentukan dengan mengolah data relasi antara sudut datang gelombang pantul terhadap bidang relatif yang tegak lurus terhadap modul radar [10]. Terdapat beberapa jenis radar yang dibedakan berdasarkan jenis sinyal yang dipancarkan oleh radar tersebut.

Tipe pertama adalah *continuous wave* yang merupakan jenis radar yang memancarkan gelombang kontinu. Radar *continuous wave* kemudian terbagi menjadi dua berdasarkan modulasi frekuensi sinyal informasinya, yakni *unmodulated continuous wave* dan *frequency modulated continuous wave*[11], [12]. Pada jenis *unmodulated continuous wave*, pemancar pada radar membangkitkan sinyal kontinu yang kemudian akan dipantulkan oleh objek dan dengan efek *Doppler* akan membuat frekuensi pantul berbeda dengan frekuensi datang sehingga kecepatan objek dapat ditentukan, sedangkan radar *frequency modulated continuous wave* (FMCW) bekerja dengan prinsip yang sama dengan perbedaan adanya modulasi pada sinyal segitiga yang disebut sebagai '*chirp*' yang ditumpangkan pada sinyal *carrier* [13]. Sinyal pantul yang dihasilkan oleh tumbukan oleh objek di depan radar akan memberikan sinyal dengan *chirp* yang memiliki *delay* sehingga di samping kecepatan objek, jarak objek dari modul radar dapat diketahui. Visualisasi dari *chirp Frequency Modulated Continuous Wave* dapat dilihat pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Chirp Frequency Modulated Continuous Wave[14].

Radar FMCW membangkitkan sinyal dalam bentuk fungsi sinusoidal dengan berbagai parameter di dalamnya seperti yang ditunjukkan oleh persamaan (1)

$$S_t = A_t \cos(2\pi f_0 t + \pi \mu t^2) \quad (1)$$

dengan A_t adalah amplitudo sinyal, f_0 frekuensi sinyal, dan μ adalah *chirp rate* atau rata-rata kenaikan frekuensi pada setiap waktu satuan siklus *chirp*. Definisi *Chirp rate* sebagai rata-rata kenaikan frekuensi dalam satu siklus *chirp* ditunjukkan oleh persamaan (2)

$$\mu = \frac{BW_c}{T_m}, \quad (2)$$

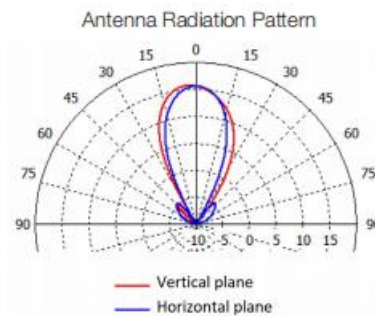
dengan BW_c sebagai *bandwidth chirp* dan T_m adalah waktu satu siklus *chirp*. Sinyal pantul yang dikembalikan oleh objek yang terbaca oleh radar dan diterima oleh *receiver* memiliki bentuk yang serupa dengan sinyal pancar yang dikirimkan oleh *transmitter*. Persamaan (3) menunjukkan fungsi sinyal terima yang diterima oleh radar

$$S_r = A_r \cos(2\pi f_0(t - \tau) + \pi\mu(t - \tau)^2) \quad (3)$$

Dengan perbedaan terlihat pada variabel waktu t yang dipengaruhi oleh τ yang berupa waktu *delay* yang dibutuhkan sinyal mulai dari saat dikirimkan oleh *transmitter* dan diterima oleh *receiver*. Informasi kedudukan objek yang berupa jarak kemudian dapat diolah dengan persamaan yang menghubungkan besaran waktu *delay* dan konstanta kecepatan gelombang elektromagnetik c pada persamaan (4)

$$\frac{\tau c}{2} = R. \quad (4)$$

Tipe radar yang kedua adalah tipe *pulse* yang memancarkan sinyal pulsa dan kemudian mengolah sinyal pantulnya yang mengandung informasi kedudukan objek yang terdeteksi. Pemancar pada radar pulse memancarkan sinyal pulsa yang bergantung pada *clock* yang perlu diatur agar pulsa pantul dari objek mendahului pulsa sinyal pancar selanjutnya[15].



Gambar 1.5 Jangkauan Radiasi Radar uRAD[16].

Permasalahan lainnya terdapat pada spesifikasi radar yang banyak ditemukan di pasaran. dapat dilihat pada Gambar 1.5 radar memiliki keterbatasan jangkauan baca dan sudut sehingga jika diterapkan di dalam sebuah ruangan memerlukan sebuah sensor radar yang banyak untuk menjangkau setiap sudut ruangan. Radar yang umum dijumpai di *marketplace* memiliki spesifikasi yang mirip. kebanyakan radar memiliki jangkauan pembacaan terbatas dalam satu dimensi atau satu arah pembacaan[16]. Selain itu, harga satuan radar menjadi hal yang perlu diperhatikan apabila menggunakan solusi penambahan perangkat.

Tabel 1.1 Spesifikasi Radar uRAD dan IWR6843AOP[16], [17]

| Parameter | uRAD Raspberry Pi | IWR6843AOP |
|------------------------------------|--|--|
| Frekuensi Kerja | 24 - 24,25 GHz | 60- to 64-GHz coverage with 4-GHz continuous bandwidth |
| Basis Kerja | FMCW (<i>Frequency-Modulated- Continuous-Wave</i>) | Arm® Cortex®-R4F-based radio control system |
| Arus Operasi | 170 mA | -20 - 20 mA |
| Tegangan Operasi | 3,5-10 VDC | 3.3 V/1.8 V |
| Temperatur Operasi | -20 - 65°C | -40°C - 105°C |
| Jarak Baca Efektif | 0,45 - 60 m (khusus mode <i>continuous wave</i>) | 3-14 meter |
| Rataan sampel maksimum | 60 sampel/sekon | 25 sampel/sekon (real) 12,5 sampel/sekon (kompleks) |
| Dimensi (<i>panjang x lebar</i>) | 82,5 x 53,3 mm ² | 15 × 15 mm ² |
| Massa | 13 gr | 75 gr (dengan <i>evaluation module/EVM</i>) |
| Harga | Rp3.377.330 | Rp11.628.632 (dengan <i>evaluation module/EVM</i>) |

Kebanyakan radar memiliki jangkauan pembacaan terbatas dalam satu dimensi atau satu arah pembacaan. Selain itu, harga satuan radar menjadi hal yang perlu diperhatikan apabila menggunakan solusi penambahan perangkat. Sebagai contoh, terdapat Tabel 1.1 Spesifikasi Radar uRAD dan IWR6843AOP[16], [17] yang berisi informasi beberapa spesifikasi beserta harga radar yang dapat umum dijumpai.

1.3 Constraint

1.3.1 Aspek Ekonomi

Menggunakan beberapa radar dalam sebuah ruangan akan memakan banyak biaya. Selain itu, radar yang umum ada di pasaran dan terhitung relatif murah memiliki spesifikasi pembacaan satu dimensi (1D).

1.3.2 Aspek Desain

Sistem memiliki desain mekanik yang sesuai dengan metode pembacaan data radar. Selain itu, perancangan mempertimbangkan tempat alat untuk mengatasi permasalahan manajemen kabel perangkat apabila berputar.

1.3.3 Aspek Aksesibilitas

Agar radar dapat dikendalikan secara presisi, solusi memerlukan sistem kontrol. Sistem yang dirancang harus memiliki mode gerak otomatis yang mudah dikendalikan melalui mekanisme *remote control* atau kendali jarak jauh.

1.4 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

Berdasarkan latar belakang masalah yang ada, terdapat beberapa kebutuhan yang harus dipenuhi sebagai berikut:

- a. Alat mampu dikendalikan secara 360° dengan pembacaan radar yang presisi;
- b. Memiliki sistem kontrol putar radar otomatis untuk jangkauan baca jarak optimal 5 meter;
- c. Biaya perancangan dan harga alat yang ekonomis;
- d. Sistem memiliki bentuk yang ringkas dan portabel.

1.5 Tujuan

Tujuan dari *capstone design* ini adalah untuk menyelesaikan permasalahan sudut pembacaan oleh radar satu dimensi yang terbatas pada selang tertentu yang membatasi kerja radar untuk mendeteksi objek yang berada di sekeliling antena radar. Solusi yang didesain bertujuan untuk membolehkan antena radar satu dimensi untuk mendeteksi objek di 360 derajat dengan melakukan manipulasi gerakan memutar antena radar.