

**RANCANG BANGUN SISTEM *FMCW* RADAR BERBASIS *SOFTWARE
DEFINED RADIO* DENGAN *GNURADIO* UNTUK MENDETEKSI,
ESTIMASI JARAK, DAN KECEPATAN OBJEK**

***DESIGN OF FMCW RADAR BASED ON SOFTWARE DEFINED RADIO
WITH GNURADIO FOR DETECTION, RANGE ESTIMATION, AND
VELOCITY OF AN OBJECT***

TUGAS AKHIR

Disusun sebagai syarat mata kuliah Tugas Akhir
Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi

Disusun oleh:
BIMA PANCARA HARYONO PUTRA
1101210528



**FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS TELKOM
SURABAYA**

2024

LEMBAR PENGESAHAN
POPOSAL TUGAS AKHIR

Judul = Rancang Bangun Sistem *FMCW* Radar Berbasis *Software Defined Radio* dengan *GNURadio* Untuk Mendeteksi, Estimasi Jarak, dan Kecepatan Objek
Nama = Bima Pancara Haryono Putra
NIM = 1101210528

Telah diseminarkan pada

Hari =
Tanggal =
Tempat =

Mengetahui/menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Fannush Shofi Akbar, S.ST.
20910026

Risdilah Mimma Untsa, S.ST., M.T.
20910025

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Nama : Bima Pancara Haryono Putra
NIM : 1101210528
Alamat : Perum. Mega Asri, B-02
No. Telepon : 089699444339
Email : bimapancara@student.telkomuniversity.ac.id

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya orisinal saya sendiri,
dengan judul :

**RANCANG BANGUN SISTEM *FMCW* RADAR BERBASIS *SOFTWARE
DEFINED RADIO* DENGAN *GNURADIO* UNTUK MENDETEKSI,
ESTIMASI JARAK, DAN KECEPATAN OBJEK
*DESIGN OF FMCW RADAR BASED ON SOFTWARE DEFINED RADIO
WITH GNURADIO FOR DETECTION, RANGE ESTIMATION, AND
VELOCITY OF AN OBJECT***

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko / sanksi yang dijatuhkan
kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap kejujuran
akademik atau etika keilmuan dalam karya ini, atau ditemukan bukti yang
menunjukkan ketidak aslian karya ini.



Surabaya, XX XXXX 20XX

Bima Pancara Haryono Putra

1101210528

ABSTRAK

Abstrak ini

@todo

tulis abstrak di sini

Kata Kunci: *kata kunci 1, kata kunci 2, kata kunci 3, kata kunci 4, kata kunci 5*

ABSTRACT

This is abstract

@todo

write abstract here

Keywords: keyword 1, keyword 2, keyword 3, keyword 4, keyword 5

KATA PENGANTAR

Kata Pengantar

@todo

tulis kata pengantar di sini

Surabaya, XX XXXX 20XX

Bima Pancara Haryono Putra

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi

I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat	3
1.4 Batasan Permasalahan	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Metode Penelitian	4
1.7 Jadwal Penelitian	4
II KONSEP DASAR	5
2.1 Kajian Penelitian Terkait	5
2.2 Radar	8
2.3 Pengolahan Sinyal Radar	10
2.3.1 Bentuk Gelombang Radar	11
2.3.2 <i>Frequency Modulated Continuous Wave Radar</i>	11
2.3.3 <i>Linear Frequency Modulated Continuous Wave Radar</i>	12
2.3.4 Pengolahan Sinyal Receiver	13
2.4 <i>Software Defined Radio</i>	13
2.4.1 <i>Universal Software Radio Peripheral</i>	13

2.4.2	<i>GNURadio</i>	15
-------	-----------------	----

III MODEL SISTEM DAN PERANCANGAN	16
---	-----------

3.1	Alur Penelitian	16
3.2	Studi Literatur	17
3.3	Penentuan Parameter	17
3.4	Perancangan Spesifikasi Sistem	18
3.5	Implementasi Sistem	18
3.6	Pengambilan Data	19
3.7	Konfigurasi Pengujian	20

DAFTAR REFERENSI	21
-------------------------	-----------

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

2.1	Skema Dasar Radar	8
2.2	Blok Diagram Radar	9
2.3	<i>Radar Cross Section</i>	10
2.4	Bentuk Gelombang Radar	11
2.5	LFM Tipe Segitiga	12
2.6	USRP B210	14
2.7	Logo GNURadio	15
3.1	<i>Flowchart</i> Penelitian	16
3.2	Skema Penelitian	19

DAFTAR TABEL

2.1	Penelitian Terdahulu	5
2.2	Spesifikasi <i>USRP</i> B210	14
3.1	Parameter Penelitian	17
3.2	Parameter Pengujian	17
3.3	Spesifikasi Sistem Radar	18

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A: Data Hasil Pengukuran

Lampiran B: Kode Program

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Untuk melakukan pendeteksian objek, banyak cara yang dapat dilakukan agar hal itu bisa dicapai. Seperti contohnya adalah dengan menggunakan pengolahan visual dari hasil tangkapan kamera untuk melakukan analisis video, apalagi dengan menggunakan *multi-camera network* [1]. Adapula penggunaan gelombang suara yang memanfaatkan frekuensi suara pada jarak ultrasonik untuk mendeteksi objek dan jarak dengan menggunakan mikrokontroler dan sensor ultrasonik [2]. Teknik lain yang menjadi alternatif adalah penggunaan gelombang elektromagnetik untuk mendeteksi objek dan jarak suatu benda dengan menggunakan radar.

Radar sendiri adalah singkatan dari *radio detection and ranging* yang berarti bahwa fokus kegunaan radar adalah pada pendeteksian dan estimasi jarak suatu benda. Dibandingkan dengan teknik pengukuran lain, keunggulan dari penggunaan radar adalah mampu mendeteksi objek pada jarak yang jauh serta dapat menembus kabut. Keunggulannya tersebut adalah alasan awal digunakannya radar dahulu kala, yaitu pada medan perang untuk mendeteksi pasukan sebelum nampak sehingga dapat melakukan persiapan terlebih dahulu.

Namun, saat zaman semakin modern dan peperangan mulai berkurang, maka radar pun beralih fungsi. Seperti contohnya radar pendeteksi cuaca yang digunakan oleh badan klimatologi untuk memudahkan prediksi cuaca, radar pada menara pengawas bandara yang berguna dalam memonitor pergerakan pesawat di udara, dan radar pendeteksi objek pada kendaraan otomotif yang berguna untuk mendeteksi objek dan mencegah tabrakan.

Karena kemampuan radar dalam melakukan deteksi dan estimasi jarak tersebut, maka riset untuk mengembangkan implementasi radar dengan berbagai teknik semakin banyak [3–6]. Salah satu diantaranya adalah implementasi *Real-Time Frequency Modulated Continuous Wave Radar* yang dikembangkan dengan GNURadio dan digunakan pada *Software Defined Radio* [6]. Teknik *Frequency Modulated Continuous Wave* atau yang disingkat dengan FMCW merupakan teknik transmisi secara kontinyu dari radar yang dapat memiliki energi yang lebih tinggi dengan *peak power* yang lebih rendah [7]. FMCW sangat populer digunakan pada industri, seperti untuk mendeteksi objek bawah tanah [8], pada sistem pengawasan

maritim [9], dan bidang otomotif karena dapat bertahan pada berbagai cuaca, dapat menghasilkan performa yang sangat baik, dapat memprediksi jarak dan kecepatan suatu objek [10].

Sedangkan *Software Defined Radio*, atau dalam kasus ini Radar, merupakan penggunaan fungsionalitas dari sistem radar yang diatur lewat *Software* dengan maksud untuk memvirtualisasikan *hardware* dan membuat manajemen pemrograman yang dilakukan menjadi lebih mudah [11]. Dengan menggunakan SDR lewat *Universal Software Radio Peripheral* (USRP) sebagai perangkat kerasnya, maka proses riset dan pengembangan menjadi lebih murah, dikarenakan tidak diperlukannya fabrikasi material tiap uji coba pada frekuensi tertentu. Peneliti hanya perlu memprogram USRP yang dimilikinya untuk menghasilkan frekuensi tertentu yang mereka inginkan. Salah satu alat yang dapat digunakan dalam melakukan pemrograman terhadap USRP adalah GNURadio.

GNURadio merupakan aplikasi gratis yang berada dibawah lisensi *GNU General Public License* untuk mempelajari pembuatan dan pengimplementasian sistem *software defined radio*. Dengan melakukan pemrograman pada GNURadio untuk melakukan antarmuka dengan USRP yang dimiliki, peneliti dapat menentukan berapa frekuensi hingga *sampling rate* yang diinginkan [12].

Oleh karena itu, pada proposal ini dilakukan “Rancang Bangun Sistem *FMCW* Radar Berbasis *Software Defined Radio* dengan *GNURadio* Untuk Mendeteksi, Estimasi Jarak, dan Kecepatan Objek” sehingga dapat membuktikan bahwa sistem yang dirancang dapat melakukan pendeteksian objek dan estimasi jarak.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dipaparkan diatas, maka ditemukannya rumusan masalah, yaitu:

1. Bagaimana rancangan sistem radar *FMCW* berbasis USRP B210 menggunakan GNURadio?
2. Bagaimana sistem radar *FMCW* berbasis USRP B210 yang telah dirancang dapat mendeteksi, mengestimasi jarak, dan kecepatan objek?
3. Bagaimana tingkat keakurasian dari sistem radar *FMCW* pada USRP dalam mendeteksi objek, melakukan estimasi jarak, dan kecepatan?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Dari rumusan masalah yang sudah didapatkan, maka bisa diambil beberapa tujuan yang ingin dicapai oleh penulis, yaitu:

1. Untuk melakukan perancangan sistem radar FMCW berbasis USRP B210 menggunakan GNURadio.
2. Untuk melakukan pengujian deteksi, estimasi jarak, dan kecepatan objek dari sistem radar FMCW pada USRP B210.
3. Untuk mengetahui tingkat keakurasian pendeteksi objek, estimasi jarak, dan kecepatan menggunakan radar FMCW pada USRP.

1.4 Batasan Permasalahan

Hal yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah.

1. Parameter yang diidentifikasi pada rancang bangun ini adalah resolusi jarak, tingkat keakurasian, dan kecepatan.
2. Pengujian sistem dengan menggunakan USRP B210 untuk melakukan pendeteksian objek dan estimasi jarak.
3. Perangkat lunak yang digunakan adalah GNURadio.
4. Antena yang digunakan adalah antena *Log Periodik*
5. Frekuensi kerja radar pada 3 GHz.
6. Objek deteksi adalah kendaraan empat roda.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian terkait dengan penelitian ini adalah.

1. Menguji keakurasian dari sistem FMCW Radar lewat estimasi jarak dan deteksi objek.
2. Menjadi referensi dalam implementasi FMCW Radar pada berbagai macam industri.

1.6 Metode Penelitian

Dalam melakukan pengerjaan Tugas Akhir yang diajukan, penyelesaian yang digunakan adalah dengan beberapa pendekatan yaitu: studi literatur, simulasi, analisis statistik, perancangan, dan implementasi.

1.7 Jadwal Penelitian

Untuk memastikan proposal ini berjalan dengan lancar, maka diperlukannya penentuan capaian yang ingin diraih pada suatu periode yang sudah ditentukan. Dengan teraihnya capaian tersebut maka tahapan selanjutnya dapat mulai dilakukan.

No.	Deskripsi Tahapan	Durasi	<i>Milestone</i>
1.	Desain Sistem	1 bulan	Diagram blok dan simulasi
2.	Implementasi dan pengujian	1 bulan	Pengujian sistem selesai
3.	Penyusunan laporan Tugas Akhir	2 minggu	Buku Tugas Akhir selesai

@todo

tambah tanggal +bulan

BAB II

KONSEP DASAR

2.1 Kajian Penelitian Terkait

Banyak sekali referensi yang menjadi bagian besar dalam tertulisnya proposal ini, referensi tersebut terdiri atas berbagai macam jenis literatur dari sumber yang dapat diakses secara daring. Tak sedikit pula literatur tersebut menjadi alasan besar latar belakang dari proposal ini dilahirkan, berikut adalah beberapa penelitian terdahulu yang menjadi referensi dalam melakukan penyusunan proposal ini :

@todo

UPDATE!!! 2024-2020

Tabel 2.1: Penelitian Terdahulu

No.	Judul	Penulis	Hasil
1.	<i>Real Time Implementation of FMCW Radar for Target Detection Using GNURadio and USRP</i> (2015)	Sundaresan S; Anjana C; Zacharia, Tessy; Gandhiraj R	Penggunaan radar FMCW dengan GNURadio lewat USRP N210 dan antena <i>Log-periodic</i> bekerja dengan baik pada frekuensi 1GHz.
2.	<i>FMCW Radar Implemented with GNURadio Companion</i> (2016)	Qizhao Zhu; Yaqi Wang	Penggunaan GNURadio untuk simulasi radar FMCW sangat baik karena tanpa biaya dan memiliki tingkat kompleksitas yang rendah

3.	<i>Stationary and moving targets detection on FMCW radar using GNU radio-based software defined radio</i> (2015)	Aulia, Siska; Suksmono, Andriyan Bayu; Munir, Achmad	Implementasi radar FMCW dengan GNURadio dan diolah di Matlab berhasil menunjukkan kemampuan radar dalam mendeteksi jarak target, melakukan kalkulasi tentang kecepatan relatif, dan memprediksi arah gerak target terhadap radar.
4.	Implementasi Sistem Radar Frequency Modulated Continuous Wave Untuk Deteksi Jarak Berbasis USRP (2019)	Saputro, Achmad Cahyo; Arseno, Dharu; Pramudita, A. A.	Implementasi radar FMCW dengan GNURadio lewat USRP N210 dengan bandwidth 10 MHz dan frekuensi 1 GHz bekerja dengan baik.
5.	<i>Implementation of a GNU radio and python FMCW radar toolkit</i> (2017)	Mathumo, Themba W.; Swart, Theo G.; Focke, Richard W.	Implementasi radar FMCW dengan GNUradio lewat USRP B210 dapat bekerja hingga jarak 150 m. Radar bekerja pada <i>center frequency</i> 5.5 GHz dengan <i>bandwidth</i> 28 MHz resolusi yang dicapai sekitar 5.35 m.
6.	<i>Linear Frequency Modulated Continuous Wave Radar Using GNU Radio and USRP</i> (2015)	Saputera, Yussi Perdana; Herdiana, Dina; Madinawati, Hanny; Andriyan Bayu Suksmono, Achmad Munir	Penggunaan radar Linear FMCW yang diimplementasikan dengan GNURadio dan USRP bekerja dengan baik dan dapat mendeteksi hingga 3 objek pada jarak yang berbeda.

7.	<i>Accuracy analysis of FM chirp in GNU radio-based FMCW radar for multiple target detection</i> (2014)	Amin, Ershad Junus; Suksmono, Andriyan Bayu; Munir, Achmad	Penggunaan FM chirp pada radar FMCW yang diimplementasikan dengan GNURadio dianalisa. Dilakukan perbandingan antara 3 jenis gelombang, dengan frekuensi 1.5 MHz dan <i>sample rate</i> 6Msps. Ditemukan bahwa akurasi tertinggi ada pada gelombang segitiga.
8.	<i>FMCW radar implemented in SDR architecture using a USRP device</i> (2017)	Stasiak, Krzysztof; Samczynski, Piotr	Implementasi FMCW radar dengan USRP telah dilakukan menggunakan frekuensi carrier 5.8 GHz. Ditemukan bahwa implementasi bekerja dengan baik, namun perlu dilakukannya riset agar dapat melakukan deteksi real time.
9.	<i>GNU Radio based software-defined FMCW radar for weather surveillance application</i> (2011)	Prabaswara, Aditya; Munir, Achmad; Suksmono, Andriyan Bayu	Penggunaan FMCW radar dengan GNU radio lewat USRP N210 telah diimplementasikan untuk mengawasi cuaca. Radar bekerja pada frekuensi 2.1 GHz dengan bandwidth 750 kHz. Hasil menemukan bahwa prototipe dapat melakukan pengukuran jarak, maka diasumsikan bahwa prototipe dapat melakukan pendeteksi Gerakan partikel, posisi, dan intensitas.

2.2 Radar

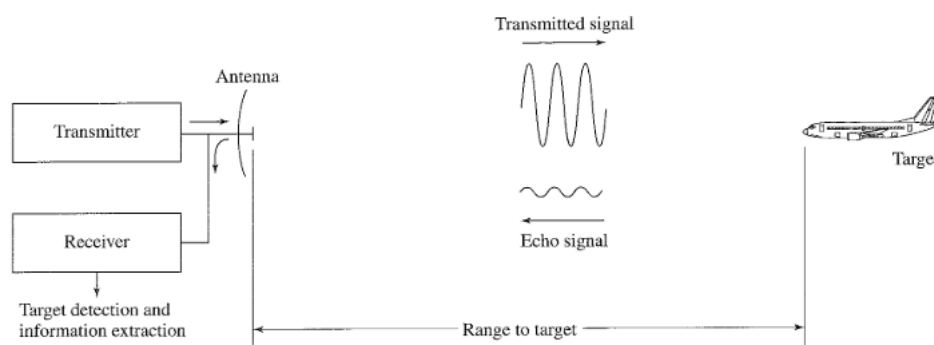
Penggunaan gelombang elektromagnetik sebagai sarana untuk mendeteksi objek adalah konsep dasar dari radar. Radar sendiri merupakan singkatan dari *Radio Detection and Ranging*, dari situ sangat nampak sekali tujuan dari penggunaan alat ini, yaitu untuk mendeteksi sesuatu dan mengukur jarak dengan menggunakan gelombang radio.

Cara kerja dari radar adalah dengan memancarkan gelombang di dalam ruang bebas yang kemudian radar akan mendeteksi gelombang pantulan dari objek tersebut. Adanya gelombang yang terpantul ini tidak hanya menunjukkan keberadaan dari suatu objek, namun dengan membandingkan gelombang pantulan yang diterima dengan gelombang yang dikirimkan maka informasi tentang objek yang terdeteksi dapat didapat [13].

$$R = \frac{cT_R}{2} \quad (2.1)$$

Persamaan 2.1 menjelaskan jarak antara target dengan antenna, dengan T_R sebagai waktu sinyal radar bergerak secara bolak balik dari dan menuju objek. Karena radar memakai gelombang elektromagnetik, maka c memiliki kecepatan yang sama dengan cahaya, yaitu 3×10^8 .

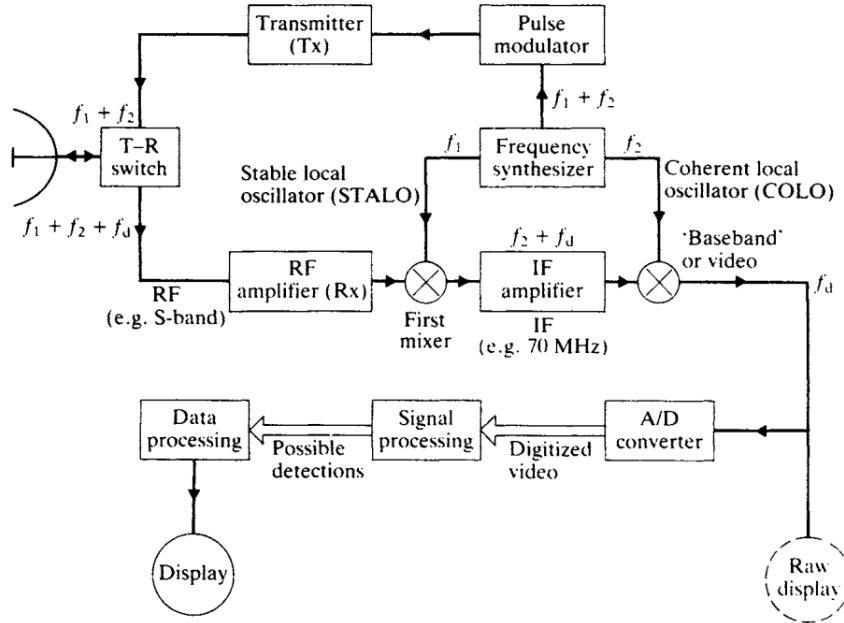
Pada gambar 2.1 berikut, skema dan konsep dasar dari cara kerja radar dapat diamati. Terlihat bahwa sinyal yang dikirimkan akan mengenai target, dalam kasus ini adalah pesawat, lalu sinyal yang mengenai objek akan kembali dengan sinyal yang lebih kecil dengan amplitudo yang lebih rendah. Perubahan pada gelombang yang terpantul dapat menggambarkan perilaku yang sedang ditunjukkan oleh objek yang di deteksi, mulai dari pengurangan amplitudo hingga pergeseran fasa.



Gambar 2.1: Skema Dasar Radar [13]

Gambar 2.2 menunjukkan blok diagram dari sistem radar pulsa sederhana.

Dapat dilihat beberapa komponen yang membentuk seluruh sistem radar, semua komponen ini memiliki perannya sendiri sehingga proses pengiriman dan pendeteksian sinyal dapat dilakukan. Bila seluruh sistem bekerja dengan baik, maka proses yang ditunjukkan pada penjelasan skema dasar radar dapat berjalan dengan lancar.



Gambar 2.2: Blok Diagram Radar Sederhana [14]

Persamaan radar berguna untuk menghubungkan seluruh komponen yang terdapat pada suatu sistem radar. Hubungan di antara seluruh komponen tersebut akan di perlihatkan secara matematis, sehingga penerapannya pada suatu alat akan terlihat dengan jelas. Dengan adanya beberapa persamaan ini, proses desain suatu radar akan menjadi lebih mudah dilakukan dan prediksi dari hasil radar yang dirancang bisa didapatkan.

Salah satu persamaan pada radar adalah *maximum unambiguous range*, yang bersimbol R_{un} , dengan T_p sebagai periode pengulangan pulsa, yang bernilai $\frac{1}{f_p}$, dengan f_p sebagai frekuensi pengulangan pulsa.

$$R_{un} = \frac{cT_p}{2} = \frac{c}{2f_p} \quad (2.2)$$

Bila antenna yang digunakan dalam memancarkan gelombang elektromagnetika radar bersifat isotrop, maka kerapatan daya pada jarak R dari radar akan sama dengan daya di transmisi (P_t) dibagi luas permukaan $4\pi R^2$ dari sebuah bola imajiner dengan radius R , atau dapat didefinisikan pula dengan.

$$P = \frac{P_t}{4\pi R^2} \quad (2.3)$$

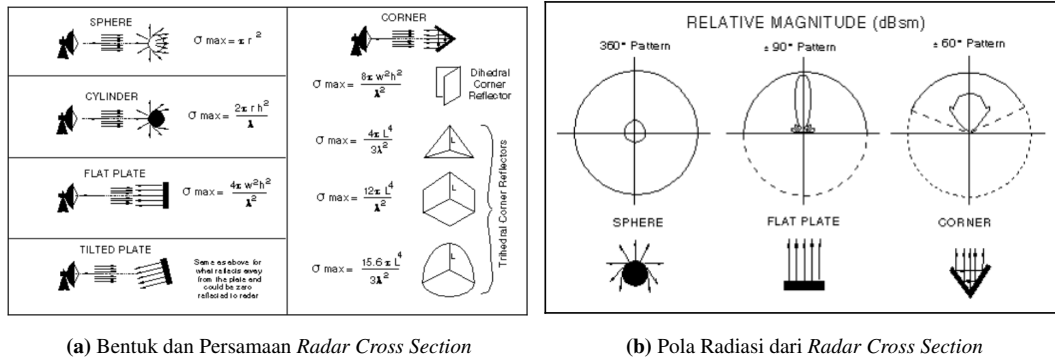
Namun, pada kenyataannya radar seringkali menggunakan antenna *directive* untuk mengkonsentrasikan daya yang terradiasi pada arah tertentu. Maka kerapatan dayanya adalah

$$\text{Kerapatan daya antenna } \textit{directional} = \frac{P_t G}{4\pi R^2} \quad (2.4)$$

Dengan G sebagai *gain* maksimum suatu antenna, yaitu

$$G = \frac{\text{Kerapatan daya maksimum dari antenna } \textit{directional}}{\text{Kerapatan daya antenna Isotrop } \textit{lossless} \text{ dengan daya yang sama}} \quad (2.5)$$

Radar Cross Section atau yang sering disingkat dengan RCS merupakan daerah suatu objek dari target yang dapat terdeteksi oleh suatu radar. Area tersebut diperhitungkan dengan mempertimbangkan bentuk dari objek dan interaksinya dengan gelombang elektromagnetik. Pada 2.3 ditunjukkan beberapa sifat RCS dan persamaannya.

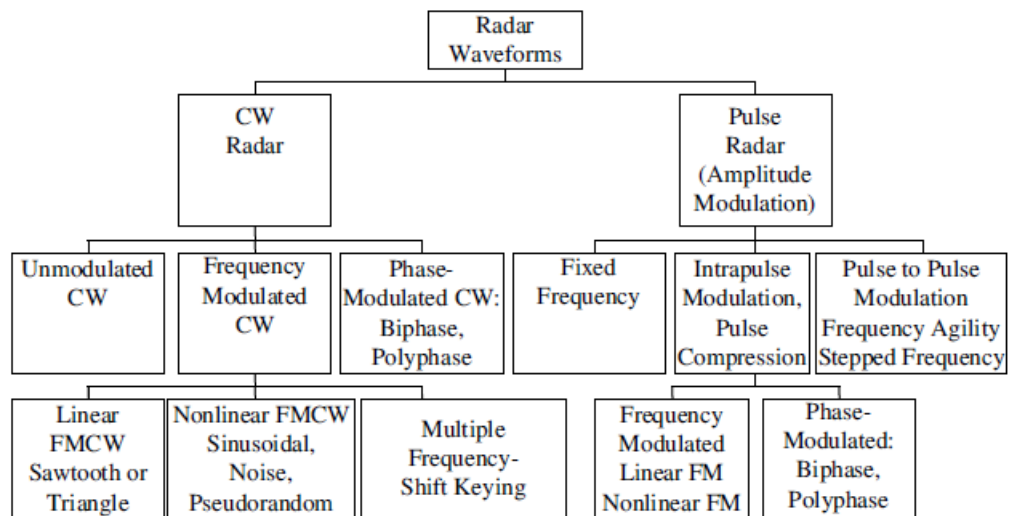


Gambar 2.3: Radar Cross Section [15]

2.3 Pengolahan Sinyal Radar

Untuk mendapat suatu kesimpulan dari sinyal radar, maka dibutuhkan pengolahan sinyal radar yang tepat. Pengolahan sinyal tersebut dilakukan mulai dari pembentukan gelombang hingga pengambilan kesimpulan.

2.3.1 Bentuk Gelombang Radar



Gambar 2.4: Bentuk Gelombang Radar [16]

Bentuk gelombang radar dapat dibedakan menjadi dua kelas, yaitu radar dengan gelombang kontinyu dan radar pulsa. Seperti pada gambar 2.4, kedua kelas tersebut masih dapat dibagi lagi kedalam beberapa teknik lain. Penggunaan salah satu jenis gelombang ditentukan berdasarkan kebutuhan radar yang akan di desain.

Radar dengan gelombang pulsa akan memancarkan gelombang elektromagnetik dalam waktu singkat lalu jeda sejenak sesuai waktu yang ditentukan. Pada waktu jeda tersebut, radar akan mendeteksi sinyal pantul dari gelombang yang dikirim sebelumnya. Setelah waktu jeda berakhir, radar akan kembali memancarkan gelombang pulsa lagi. Radar dengan gelombang ini akan memancarkan gelombang elektromagnetik dengan *power* yang tinggi.

Sedangkan radar dengan gelombang kontinyu akan terus memancarkan serta menerima gelombang elektromagnetik tanpa henti dalam waktu yang bersamaan. Sehingga radar dengan gelombang kontinyu hanya digunakan pada sistem dengan *power* yang rendah dengan jarak maksimum deteksi yang kecil. Hal ini disebabkan karena sering terjadinya kebocoran dari antenna pengirim ke antenna penerima. Alasan ini pula yang mendasari keputusan penggunaan *power* yang rendah [17].

2.3.2 *Frequency Modulated Continuous Wave Radar*

Radar FMCW memancarkan sinyal yang bila terpantul objek, akan kembali terdeteksi. Kemudian sinyal yang diterima dicampurkan dengan sinyal yang

dikirim, sehingga karena adanya *delay* yang disebabkan oleh jarak gelombang bergerak, maka akan terdeteksi perbedaan frekuensi. Dengan begitu, perbedaan pada fasa dan frekuensi menjadi tolok ukur antara sinyal yang dikirim dengan sinyal yang di dapatkan kembali. Oleh karena itu, salah satu karakteristik dari radar FMCW adalah bahwa jarak pengukuran dapat dihitung dengan membandingkan frekuensi sinyal yang diterima dengan sinyal yang ditransmisikan.

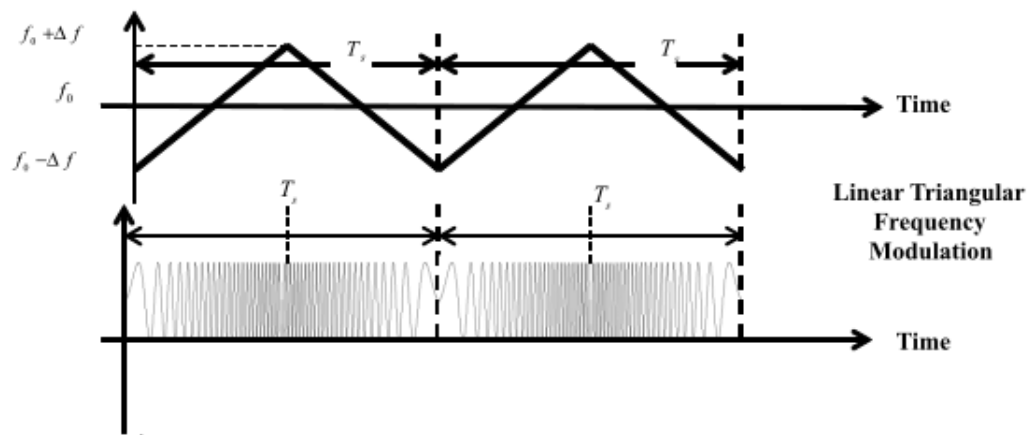
$$f_r = f_0 T = \frac{2R}{c} f_0 \quad (2.6)$$

Persamaan 2.6 menunjukkan perhitungan jarak dan pengukuran doppler, dengan f_B sebagai *beat note* (perbedaan frekuensi) yang diproduksi. Bila tidak terdapat pergeseran frekuensi doppler, maka *beat note* merupakan pengukuran jarak target dengan $f_b = f_r$ dimana f_r merupakan *beat frequency* dari jarak target. Bila nilai perubahan frekuensi *carrier* adalah f_0 , maka *beat frequency* adalah persamaan 2.6.

2.3.3 Linear Frequency Modulated Continuous Wave Radar

Linear Frequency Modulated, yang juga sering disingkat sebagai LFM adalah teknik pengolahan sinyal yang dilakukan dengan menyapu frekuensi dari bawah ke atas (*Up-Chirp*) atau dari atas ke bawah (*Down-Chirp*). Dengan f_0 sebagai frekuensi tengah, dan dilakukan pada *bandwidth* yang telah ditentukan. Teknik ini akan membantu pencapaian radar dengan resolusi yang lebih tinggi karena *bandwidth* yang dicapai akan menjadi lebih tinggi.

Salah satu jenis gelombang LFM adalah *Linear Triangular Frequency Modulation* yang ditunjukkan pada gambar 2.5. Penggunaan jenis gelombang tersebut akan mempermudah proses evaluasi target.



Gambar 2.5: LFM Tipe Segitiga [18]

@todo

Tambah Ifmcw teknik lain (sawtooth,..) berikan alasan keunggulan masing masing, lalu unggulkan triangular :))

2.3.4 Pengolahan Sinyal *Receiver*

@todo

Masukkan pengertian efek doppler, persamaan efek doppler, efek doppler pada radar, turunan rumus dari efek doppler di radar

2.4 *Software Defined Radio*

Software Defined Radio atau yang sering disingkat menjadi SDR merupakan teknologi komunikasi berbasis nirkabel yang kegunaannya dapat ditentukan oleh perangkat lunak [19]. Sehingga dalam implementasinya, tidak perlu dilakukan perubahan perangkat keras baru bila ingin melakukan perubahan, baik dari segi standar, teknologi, dan layanan. Hanya dengan melakukan perubahan konfigurasi saja, lalu SDR akan langsung dapat digunakan.

Dalam implementasinya, SDR membutuhkan *Universal Software Radio Peripheral*, atau yang sering disingkat menjadi USRP merupakan *hardware* yang merupakan bagian *front end* pada arsitektur sistem SDR. USRP terdiri dari modul yang dapat terkoneksi dengan komputer sehingga memperbolehkan pemrograman dengan aplikasi seperti GNURadio dan LabVIEW [20].

Penggunaan USRP sangat memudahkan proses perancangan prototipe dan pengujian karena adanya antarmuka yang dapat mengkoneksikan USRP dengan antenna dan berbagai macam bagian perangkat keras yang dibutuhkan.

2.4.1 *Universal Software Radio Peripheral*

Universal Software Radio Peripheral atau yang sering disingkat dengan USRP merupakan *platform* yang digunakan dalam mengimplementasikan SDR. Di dalam USRP terdapat *Field Programmable Gate Array* atau FPGA yang merupakan suatu *Integrated Circuit* yang dapat diprogram. Pada hal ini, USRP adalah perangkat keras yang dapat menerima dan mentransmisikan gelombang radio.

Kemampuannya untuk berinteraksi dengan gelombang radio inilah, ditambah pula dengan kemudahannya untuk melakukan pemrograman terhadap USRP ini yang membuat alat ini terkenal di kalangan akademisi dan peneliti. Karena pelaksanaan dan pengembangan prototipe menjadi lebih mudah dengan menghapuskan keperluan pengadaan komponen dalam prototipe.



(a) USRP B210 dengan enclosure

(b) Board USRP B210

Gambar 2.6: USRP B210

Ada beberapa USRP yang ada di pasar, salah satu yang cukup seringkali digunakan adalah USRP buatan dari *Ettus*. Salah satu serinya adalah B210 seperti pada gambar 2.6. Penggunaan seri ini tidak tanpa alasan, karena seperti yang dapat dilihat pada tabel 2.2, spesifikasi USRP ini cukup memenuhi kebutuhan riset pada frekuensi yang sering di gunakan, dengan kapabilitas pengolahan sampel yang baik.

Tabel 2.2: Spesifikasi *USRP B210*

No.	Keterangan	Nilai	Satuan
1.	<i>RF Coverage</i>	70 - 6	MHz - GHz
2.	<i>Analog to Digital Converter Sample Rate (maksimum)</i>	61.44	MS/s
3.	<i>Analog to Digital Resolution</i>	12	bits
4.	<i>Analog to Digital Wideband SFDR</i>	78	dBc
5.	<i>Digital to Analog Converter Sample Rate (maksimum)</i>	61.44	MS/s
6.	<i>Digital to Analog Resolution</i>	12	bits
7.	<i>Host Sample Rate (16b)</i>	61.44	MS/s
8.	<i>Frequency Accuracy</i>	± 2.0	ppm

9.	<i>W/ GPS Unlocked TCXO Reference</i>	± 75	ppb
10.	<i>W/ GPS Locked TCXO Reference</i>	< 1	ppb

Dengan spesifikasi tersebut, maka USRP B210 memiliki kemampuan *instantaneous bandwidth* hingga 56 MHz pada transmisi 1 X 1 dan 30.72 MHz pada transmisi 2 X 2.

2.4.2 GNURadio



Gambar 2.7: Logo GNURadio

GNURadio adalah aplikasi yang dapat melakukan pemrograman terhadap USRP lewat antarmuka. GNURadio merupakan *software open source* sehingga semua orang dapat mengakses, mengubah, dan membagikan *source code* dari program tersebut secara bebas. Dengan menggunakan aplikasi ini, perubahan parameter pada USRP dapat dilakukan dengan mudah.

@todo

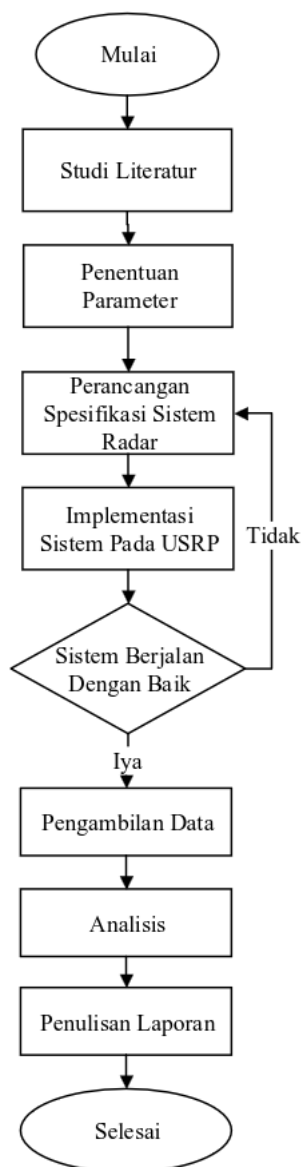
masukkan langkah gnuradio generate python dari flowdiagram yang dirancang

BAB III

MODEL SISTEM DAN PERANCANGAN

3.1 Alur Penelitian

Dalam suatu penelitian, terdapat urutan tahapan yang perlu dilakukan. Alur penelitian ini mengandung seluruh langkah yang harus ditempuh, mulai dari fase perancangan hingga tahap akhir penelitian.



Gambar 3.1: *Flowchart* Penelitian

Pada alur penelitian yang telah dirancang, terdapat 6 tahap yang perlu dilakukan setelah penelitian dimulai dan sebelum penelitian diakhiri. Tiap tahapan yang telah dirancang harus dilaksanakan sebaik mungkin agar hasil yang diharapkan dapat tercapai.

3.2 Studi Literatur

Pada tahap ini, dilakukan studi literatur terhadap masalah yang diangkat serta solusi yang diajukan pada proposal ini. Studi literatur meliputi kajian artikel terdahulu hingga kajian terhadap perangkat lunak yang digunakan serta metode yang dilakukan dalam penyelesaian masalah.

3.3 Penentuan Parameter

Pada tahap ini, parameter penelitian ditentukan, dengan parameter perancangan sebagai berikut.

Tabel 3.1: Parameter Penelitian

No.	Parameter Penelitian	Satuan
1.	<i>Center Frequency</i>	GHz
2.	<i>Bandwidth</i>	MHz

Sementara itu, untuk memastikan hasil yang dicapai baik, maka perlu ditentukan pula parameter pengujian, sebagai berikut.

Tabel 3.2: Parameter Pengujian

No.	Parameter Pengujian	Satuan
1.	Jarak	
2.	Kecepatan	
3.	Arah	
4.	<i>RMSE</i>	

3.4 Perancangan Spesifikasi Sistem

Pada tahap ini, dilakukan perancangan tentang penelitian yang diangkat, dalam konteks ini adalah radar. Sehingga perlu dilakukannya penentuan spesifikasi radar berdasarkan perangkat keras yang digunakan. Penelitian ini menggunakan alat USRP berseri B210. Spesifikasi dari alat ini akan dijelaskan pada tabel berikut.

Tabel 3.3: Spesifikasi Sistem Radar

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	USRP	B210
2.	<i>Center Frequency</i>	3 GHz
3.	<i>Bandwidth</i>	A MHz
4.	Jarak Maksimum	A m
5.	Resolusi Jarak	A m
6.	Kecepatan	A m/s
7.	Resolusi Kecepatan	A m/s

3.5 Implementasi Sistem

Tahap implementasi ini dilakukan pada aplikasi GNURadio dan menghasilkan *flow diagram* yang merepresentasikan langkah yang dilakukan pada USRP. *Flow diagram* yang didesain sudah memenuhi spesifikasi sistem radar pada tabel 3.3.

@todo

Masukkan narasi simulasi sistem

@todo

Detail perangkat Laptop :

- .
- .
- .

Detail Perangkat USRP :

- .
- .
- .

Detail Perangkat Antena *Log-periodic* :

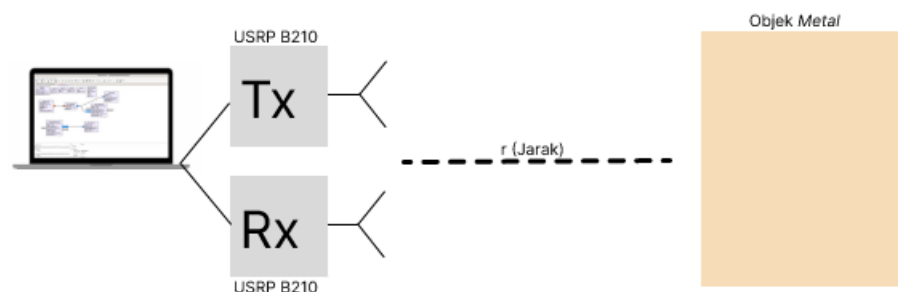
- .
- .
- .

3.6 Pengambilan Data

Pada tahap ini, pengambilan data dengan radar yang sudah didesain dan diimplementasikan pada USRP dilakukan. Pengambilan data akan dilaksanakan di lokasi lapangan Univertitas Telkom Surabaya yang beralamat Jl. Ketintang No.156, Ketintang, Kec. Gayungan, Surabaya, Jawa Timur 60231.

@todo

Masukkan gambar peta google maps lapangan + Skenario pengujian



Gambar 3.2: Skema Penelitian

3.7 Konfigurasi Pengujian

Konfigurasi pengujian dilakukan sesuai dengan gambar 3.2. Terdapat satu buah perangkat laptop yang terhubung dengan dua buah USRP, masing masing USRP terhubung dengan antena *Log-periodic*. USRP 1 berperan sebagai *transmitter* sedangkan USRP 2 berperan sebagai *receiver*.

@todo

foto laptop + USRP + antena

DAFTAR REFERENSI

- [1] S. Zhang, C. Wang, S.-C. Chan, X. Wei, and C.-H. Ho, “New object detection, tracking, and recognition approaches for video surveillance over camera network,” *IEEE Sensors Journal*, vol. 15, pp. 2679–2691, May 2015.
- [2] A. Biswas, S. Abedin, and M. A. Kabir, “Moving object detection using ultrasonic radar with proper distance, direction, and object shape analysis,” *Journal of Information Systems Engineering and Business Intelligence*, vol. 6, p. 99, Oct. 2020.
- [3] M. Jia, S. Li, J. L. Kernec, S. Yang, F. Fioranelli, and O. Romain, “Human activity classification with radar signal processing and machine learning,” in *2020 International Conference on UK-China Emerging Technologies (UCET)*, IEEE, Aug. 2020.
- [4] Y. Xia, Z. Ma, and Z. Huang, “Over-the-air radar emitter signal classification based on sdr,” in *2021 6th International Conference on Intelligent Computing and Signal Processing (ICSP)*, IEEE, Apr. 2021.
- [5] D. A. Mora-Huaman, F. Palomino Quispe, R. J. Coaquira-Castillo, and M. Clemente-Arenas, “Distance to object estimation based on software defined radio usrp using python,” in *2020 IEEE XXVII International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)*, IEEE, Sept. 2020.
- [6] S. S. A. C. T. Zacharia, and G. R., “Real time implementation of fmcw radar for target detection using gnu radio and usrp,” in *2015 International Conference on Communications and Signal Processing (ICCSP)*, IEEE, Apr. 2015.
- [7] K. Stasiak and P. Samczynski, “Fmcw radar implemented in sdr architecture using a usrp device,” in *2017 Signal Processing Symposium (SPSymposium)*, IEEE, Sept. 2017.
- [8] J. M. S. Macasero, O. J. L. Gerasta, D. P. Pongcol, V. J. V. Ylaya, and A. B. Caberos, “Underground target objects detection simulation using fmcw radar with sdr platform,” in *2018 IEEE 10th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM)*, IEEE, Nov. 2018.

- [9] A. Lestari, D. D. Patriadi, I. H. Putri, B. Harnawan, O. D. Winarko, W. Sediono, and M. A. K. Titasari, "Fpga-based sdr implementation for fmcw maritime surveillance radar," in *2017 International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics, and Telecommunications (ICRAMET)*, IEEE, Oct. 2017.
- [10] J.-H. Deng, P.-N. Chen, C.-F. Lee, Y.-F. Chan, and Y.-C. Lin, "Sdr measurement platform design for fmcw radar performance verification," in *2017 IEEE Conference on Dependable and Secure Computing*, IEEE, Aug. 2017.
- [11] L. Zeng, C. Yang, Y. Zhao, M. Huang, and C. Zhi, "Research on evaluation index system for software defined radar (sdr)," in *2019 IEEE Radar Conference (RadarConf)*, IEEE, Apr. 2019.
- [12] A. Prabaswara, A. Munir, and A. B. Suksmono, "Gnu radio based software-defined fmcw radar for weather surveillance application," in *2011 6th International Conference on Telecommunication Systems, Services, and Applications (TSSA)*, IEEE, Oct. 2011.
- [13] M. I. Skolnik, *Introduction to radar systems*. McGraw-Hill electrical engineering series, Boston, Mass.: McGraw Hill, third edition ed., 2001. International edition.
- [14] S. Kingsley, *Understanding radar systems*. Mendham, NJ: SciTech Publishing, 1999. This is a reprinting of the 1992 edition originally published by McGraw-Hill Book company Europe.. - Includes bibliographical references and index.
- [15] S. O'Neill, N. Dvn, and U. Command, *Electronic Warfare and Radar Systems Engineering Handbook*. Military Studies Press, 2012.
- [16] W. L. Melvin, ed., *Principles of modern radar*, vol. 3. Edison, NJ: SciTech Publ., 2014.
- [17] J. Scheer, M. A. Richards, and W. A. Holm, eds., *Principles of modern radar*, vol. Volume 1. Raleigh, NC: SciTech Pub, reprinted with corrections ed., 2015. Includes bibliographical references and index.
- [18] M. Jankiraman, *FMCW radar design*. Artech House radar series, Boston: Artech House, 2018. Includes bibliographical references and index.

- [19] I. Anisah, H. Briantoro, A. Zainudin, and D. I. Permatasari, “Implementasi sistem komunikasi nirkabel ofdm berbasis software defined radio (sdr),” *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, vol. 7, June 2018.
- [20] M. M. Gulo, I. G. P. Astawa, Arifin, Y. Moegiharto, and H. Briantoro, “The joint channel coding and pre-distortion technique on the usrp-based mimo-ofdm system,” *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 7, pp. 930–939, Aug. 2023.

LAMPIRAN