IMPLEMENTASI PEMANTAUAN PERNAFASAN PASIEN DENGAN MENGGUNAKAN MENGGUNAKAN RADAR FMCW DENGAN SOFTWARE DEFINED RADIO

IMPLEMENTATION OF PATIENT RESPIRATION MONITORING USING FMCW RADAR WITH SOFTWARE DEFINED RADIO

Irsyadut Tawab[1], Bambang Sumajudin[2], Harfan Hian Ryanu[3]

[1,2,3] Universitas Telkom, Bandung
[1]irsyadtawab@telkomuniversity.ac.id, **[2]sumajudin@telkomuniversity.co.id**,
[3]harfanhr@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Radar (*Radio Detection And Ranging*) adalah suatu sistem pendeteksi obyek yang menggunakan gelombang elektromagnetik untuk identifikasi jarak (*range*), arah (*direction*), atau kecepatan (*speed*) baik obyek bergerak maupun diam seperti pesawat terbang,kapal,kendaraan, dan keadaan cuaca. Sinyal Radar terdapat dua jenis, yaitu radar gelombang pulsa (*Pulsed Radar*) dan radar gelombang kontinyu (*Continuous Wave Radar*). Salah satu perkembangan dari teknologi komunikasi radio adalah *Software- Defined Radio* (SDR). Metode yang dilakukan untuk mendeteksi pemantauan sistem pernafasan manusia dengan sistem radar seperti halnya menggunakan *Pulse Modulation Continuous Wave* dan *Frequency Modulation Continuous Wave.* Pada Tugas Akhir ini dilakukan dengan menguji rancangan penerima radio FM dengan jenis radar *Continuous Wave* berbasis SDR dengan menggunakan perangkat Raspberry dan komponen pendukungnya disertai dengan pengaturan yang sesuai untuk fungsinya. Penelitian ini bertujuan untuk melihat bentuk sinyal pada sistem pernafasan manusia, pada saat rongga dada membesar maupun menyusut dengan membuktikan apakah rancangan tersebut mampu beroperasi seperti penerima radio FM konvensional serta melihat proses-proses yang terjadi dalam penerimaan sinyal.

Kata Kunci: Radar, FMCW, SDR, Chest Displacement

Abstract

Radar (Radio Detection And Ranging) is an object detection system that uses electromagnetic waves to identify the distance, direction or speed of both moving and stationary objects such as airplanes, ships, vehicles, and weather conditions. There are two types of radar signals, namely pulse wave radar (Pulsed Radar) and continuous wave radar (Continuous Radar). One of the developments in radio communication technology is Software-Defined Radio (SDR). The method used to detect the monitoring of the human respiratory system with a radar system is like using Pulse Modulation Continuous Wave and Frequency Modulation Continuous Wave. In this final project, it is done by testing the FM radio receiver design with SDR- based Continuous Wave radar using the Raspberry device and its supporting components along with the appropriate settings for its function. This study aims to see the shape of the signal in the human respiratory system, when the chest cavity is enlarging or shrinking by proving whether the design is capable of operating like a conventional FM radio receiver and seeing the processes that occur in signal reception.

Keywords: Radar, FMCW, SDR, Chest Displacement

1. Pendahuluan

Berbagai macam masalah telah terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Dengan adanya pandemi covid-19 sejumlah permasalahan dapat diidentifikasi berdasarkan suatu indikator dalam bentuk pergeseran kecil yang terjadi pada suatu objek. Sebagai contoh dalam mendeteksi tanda vital manusia (pernafasan, detak jantung). Sistem radar adalah suatu sistem gelombang elektromagnetik yang berguna untuk mendeteksi, mengukur jarak dan membuat map benda-benda seperti pesawat terbang, berbagai kendaraan bermotor, informasi cuaca dan untuk digunakan pada bidang medis [1].Pendeteksian keberadaan suatu benda dengan menggunakan gelombang elektromagnetik pertama kali diterapkan oleh Christian Hülsmeyer pada tahun 1904. Dari pendeteksian tersebut dilakukan dengan memperlihatkan hasil gelombang elektromagnetik dalam mendeteksi kehadiran suatu kapal pada cuaca yang berkabut tebal. Namun di kala itu, pendeteksian belum sampai pada kemampuan mengetahui jarak kapal tersebut [2].

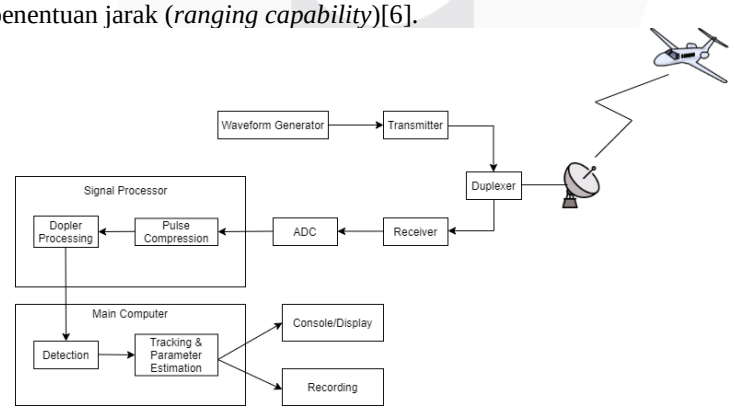
Radar dapat diaplikasikan dalam berbagai jenis bidang diantaranya pada bidang militer contohnya *Airborne Early Warning* (AEW), merupakan sebuah sistem radar yang berfungsi untuk mendeteksi posisi dan keberadaan pesawat terbang lain. Sistem radar ini biasanya dimanfaatkan untuk pertahanan dan penyerangan udara dalam dunia militer. Pada bidang pelayaran, radar berfungsi untuk mengatur lajur perjalanan kapal agar setiap kapal dapat berjalan dan berlalu lalang di jalurnya masing-masing dan tidak saling bertabrakan, walaupun dalam cuaca yang kurang baik [3].

Pada Jurnal ini akan dilakukan penelitian pemantauan alat pernapasan pada manusia dimana sangat penting pada bidang kesehatan. Banyak penelitian telah dilakukan membuat perangkat real-time dan murah untuk tanda-tanda vital pemantauan. Terkait topik Tugas Akhir *Non-contact respiratory monitoring system* tidak memerlukan satupun alat kontak langsung ditubuh pasien sehingga lebih efisien dan alat tidak perlu disterilkan ulang, seperti pada kondisi saat ini dimana pandemi masih berkelanjutan [4]. Di sisi lain, pengukuran dengan perangkat non-kontak akan memberikan yang lebih baik aspek psikologis untuk pasien dan tingkat yang lebih baik kebersihan dibandingkan dengan *sensor* kontak.

2. Konsep Dasar

2.1 Radar

Radar (*Radio Detection And Ranging*) adalah suatu sistem pendeteksi obyek yang menggunakan gelombang elektromagnetik untuk identifikasi jarak (*range*),arah(*direction*), atau kecepatan (*speed*) baik obyek bergerak maupun diam seperti pesawat terbang,kapal,kendaraan, dan keadaan cuaca. Istilah radar digunakan pertama kali oleh US Navy pada tahun 1940 sebagai akronim (*Radio Detection And Ranging*).Radar aslinya disebut RDF (*Range and Direction Finding*) di United Kingdom,digunakan akronim sama sebagai *Radio Direction Finding* untuk menunjukan kemampuan penentuan jarak (*ranging capability*)[6].



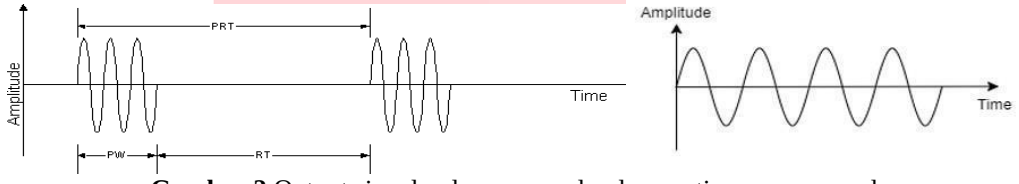
Gambar 1 Blok diagram radar

Pada Gambar 1 terdapat blok diagram radar, dimana waveform generator akan membangkitkan sinyal transmitter dan terhubung dengan antena yang kemudian akan dipancarkan ke target. Duplexer berfungsi untuk memisahkan antara sinyal penerima dan pengirim. Receiver akan menerima sinyal yang kemudian diteruskan ke ADC untuk diubah kedalam bentuk digital.

Pada bagian signal processor berfungsi untuk mengambil sinyal yang dibutuhkan dan membuang sinyal yang tidak diperlukan. Dan pada main computer berfungsi untuk mengolah sinyal agar menjadi suatu informasi yang diinginkan [4] Berdasarkan sinyal yang dikirim radar dapat dibagi dua, yaitu Pulse Wave Radar (radar pulsa) dan Continuous Wave Radar (CW radar).

Sistem radar terdiri dari bagian *transmitter* dan *receiver* yang letaknya pada lokasi yang sama atau dapat terpisah. *Transmitter* akan mengemisikan radio *wave* pada frekuensi dan besarnya daya tertentu. Ketika energi dari emisi gelombang radio mengenai obyek akan dipantulkan ke semua arah (*scattered*), Sebagian dipantulkan kembali (*reflected back*) ke *receiver* dan mempunyai sedikit perubahan panjang gelombang (*wavelength*) bahkan frekuensi apabila target bergerak. Energi sinyal yang kembali biasanya sangat lemah sehingga perlu diperkuat menggunakan teknik elektronika di *receiver* dan dikonfigurasi antena [5]. Radar mampu mendeteksi target untuk mendapatkan informasi berupa jarak, azimuth, dan kecepatan. Sinyal Radar ada dua jenis, yaitu pulsa (*Pulsed Radar*) dan gelombang kontinyu (*Continuous Wave Radar*) [6]. Radar FMCW adalah suatu jenis radar dengan mengirimkan gelombang kontinu (secara terus-menerus) di mana frekuensi bernilai stabil untuk mencari jarak objek ke radar.

Radar Pulsa (Pulsed Wave Radar) mempunyai prinsip kerja memancarkan sinyal pulsa dengan PRI (Pulse Repetition Interval) dan PRF (Pulse Repetition Frequency) pada waktu tertentu yang dipancarkan dengan modulasi ke dalam sinyal sinusoidal dengan frekuensi yang lebih tinggi serta memanfaatkan delay dari setiap pulsanya untuk mendapatkan informasi dari target.



Gambar 2 Output sinyal pulse wave radar dan continuous wave radar

Persamaan radar menjelaskan parameter - parameter sistem radar. Saat gelombang radar tentang sasaran, terjadilah arus bagian atas sebagai akibatnya sasaran memancarkan balik gelombang tadi ke segala arah. Energi radiasi sebanding menggunakan parameter Radar Cross Section (RCS) σ. Maka, daya terima Pr yang disalurkan ke pengolah sinyal menjadi :

$$P_r = \frac{P_t G \sigma}{(4\pi R^2)^2} A_e \quad (1)$$

Jarak maksimum Rmax adalah jarak terjauh target yang masih bisa dideteksi radar. Kondisi itu terjadi ketika daya sinyal echo Pr sama dengan daya sinyal minimum PSmin yang masih bisa dideteksi

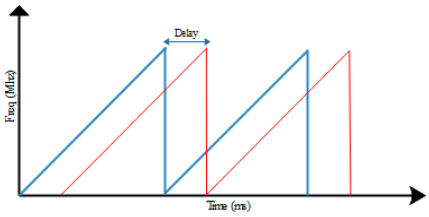
$$R_{max} = \left[\frac{P_t G^2 \lambda^2}{(4\pi)^3 P_{S\,min}}\right]^3 \quad (2)$$

2.2 Frequency Modulated Continuous Wave (FMCW) Radar

Radar FMCW adalah suatu jenis radar dengan mengirimkan gelombang kontinu (secara terus-menerus) di mana frekuensi bernilai stabil untuk mencari jarak objek ke radar [4]. Pada Radar ini sinyal *transmitter* dan *receiver* dikalikan terus-menerus setiap saat dan setiap waktu. Fungsi dari radar FMCW yaitu mampu dapat menghasilkan jangkauan yang lebih luas dan beresolusi tinggi sehingga mampu mendeteksi pergeseran kecil [1]. FMCW telah menerima banyak popularitas oleh industri militer dan otomotif berdasarkan kesederhanaan, keandalan tinggi dan dengan biaya rendah.

Radar FMCW terdapat dua jenis, yaitu *Non-Linear Frequency Modulated* (NLFM) dan *Linear Frequency Modulated* (LFM). Pada NLFM diimplementasikan lebih mudah karena tidak ada perbedaan pada jenis sinyalnya, menggunakan sinyal frekuensi berbentuk sinusoidal.

Sedangkan pada LFM biasanya menggunakan Triangular atau *saw-tooth* karena bentuk getaran sinyal yang frekuensinya berbeda.



Gambar 3 Sinyal triangular FMCW

Gambar 3. Dapat dilihat bahwa bentuk gelombang yang diterima (merah) hanyalah replika tertunda dari bentuk gelombang yang ditransmisikan (biru). Juga perhatikan bahwa pola modulasi yang diterima bisa jadi merupakan tanda radar mengganggu yang tidak diinginkan.

(a) (b)

Gambar 4 (a) Sinyal segitiga linear FMCW, (b) Sinyal FMCW

Pada gambar 4. terdapat Sweep time (T), yaitu waktu yang dibutuhkan sinyal untuk berubah dari frekuensi terendah sampai tertinggi (waktu sinyal segitiga). Bandwidth sinyal (Bw), yaitu rentang frekuensi sinyal radar FMCW. Delay time (τ), waktu yang diperlukan sinyal untuk mencapai ke target lalu kembali lagi ke penerima. Frekuensi beat (fb), adalah selisih antara frekuensi sinyal yang dikirimkan dengan sinyal yang diterima. Maka persamaan sinyal yang dipancarkan yaitu:

$$St = At \cos(2\pi f_o t + \pi \mu t^2) \quad (3)$$

Dimana At adalah amplitudo yang ditransmisikan, f_0 adalah frekuensi terendah dan μ adalah chirp rate. Chirp rate dapat didefinisikan sebagai :

$$\mu = \frac{B}{T_p} \quad (4)$$

Dimana Bandwidth (B) merupakan selisih antara frekuensi gelombang terendah dan tertinggi. Time Sweep (Tp) merupakan periode sinyal chirp.

Ketika gelombang yang dipancarkan radar diradiasikan ke dalam sebuah medium dan menabrak target, maka target akan memantulkan kembali sebagian gelombang tersebut kembali ke radar [1]. Gelombang yang dipantulkan merupakan gelombang pancar yang mengalami pelemahan dan penundaan waktu. Maka gelombang pantul dapat dinyatakan sebagai:

$$Sr\,(t) = A_r \cos(2\pi f_0(t-\tau) + \pi\mu(t-\tau)^2) \quad (5)$$

Persamaan diatas menunjukan bahwa gelombang pantul sama dengan gelombang pancar yang tertunda sebesar τ yang dinyatakan sebagai

$$\tau = \frac{2R}{C} \quad (6)$$

Sinyal beat yang dihasilkan oleh mixer terdiri dari penjumlahan dan pengurangan frekuensi. Untuk menghilangkan penjumlahan dari dua sinyal tersebut maka perlu ditambahkan LPF untuk mendapatkan komponen low order. Sehingga persamaan frekuensi beat yang diperoleh dari turunan pertama fasa sinyal beat, yaitu :

$$fb = \mu\tau \quad (7)$$

Dimana R merupakan jarak antara radar dengan target yang didapat dari frekuensi beat, yaitu :

$$R = \frac{T_p \cdot C}{2\,Bw}\, x\, f_b \quad (8)$$

Dengan menggunakan Fast Fourier Transform (FFT) untuk merubah sinyal beat dari domain waktu ke dalam domain frekuensi, maka didapat puncak frekuensi beat pada spektrum frekuensinya.

2.4 Software Difened Radio

Salah satu perkembangan dari teknologi komunikasi radio adalah *Software- Defined Radio* (SDR). SDR telah mengubah sistem elektronik dari sejumlah aplikasi mencakup bidang komunikasi, pengolahan data, serta pemrosesan sinyal dengan memungkinkan sebuah perangkat radio untuk lebih fleksibel, baik dari sisi fungsi maupun konfigurasi karena berbasiskan perangkat lunak. Penelitian dilakukan dengan menguji rancangan penerima radio FM (Modulasi Frekuensi) berbasis SDR dengan menggunakan perangkat Raspberry Pi 3 B dan komponen pendukungnya disertai dengan pengaturan yang sesuai untuk fungsinya [7].

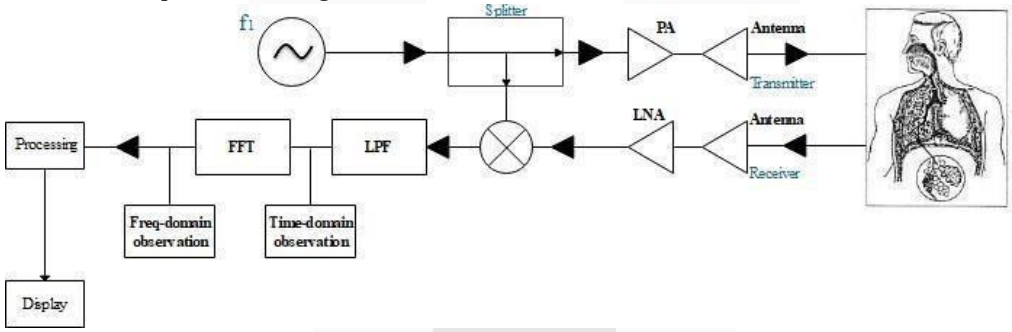
Pada jurnal ini dilakukan dengan menguji rancangan penerima radio FM berbasis SDR dengan menggunakan perangkat mmWave 201 VSD dan komponen pendukungnya disertai dengan pengaturan yang sesuai untuk fungsinya. Penelitian ini bertujuan untuk melihat bentuk sinyal pada sistem pernafasan manusia, dengan membuktikan apakah rancangan tersebut mampu beroperasi seperti penerimaradio FM konvensional serta melihat proses-proses yang terjadi dalam penerimaan sinyal. Pembuktian mengenai kemampuan SDR dalam menjalankan fungsi penerima radio FM konvensional, terbuka kemungkinan yang luas untuk mengimplementasikan teknologi ini untuk aplikasi radio lainnya [1].

3. Model dan rancangan FMCW

Pada bagian ini akan dijelaskan langkah-langkah yang akan dilakukan pada perancangan Tugas Akhir dengan jenis radar FMCW untuk menampilkan sinyal didalam saluran pernafasan manusia.

3.1 Blok Diagram Sistem Radar FMCW

Untuk mempermudah dalam merealisasikan sistem yang dibuat, dalam merancang sebuah sistem dibutuhkan rancangan sistem berupa blok diagram guna memudahkan proses cara kerjanya. Gambar 5 merupakan blok diagram sistem radar FMCW.

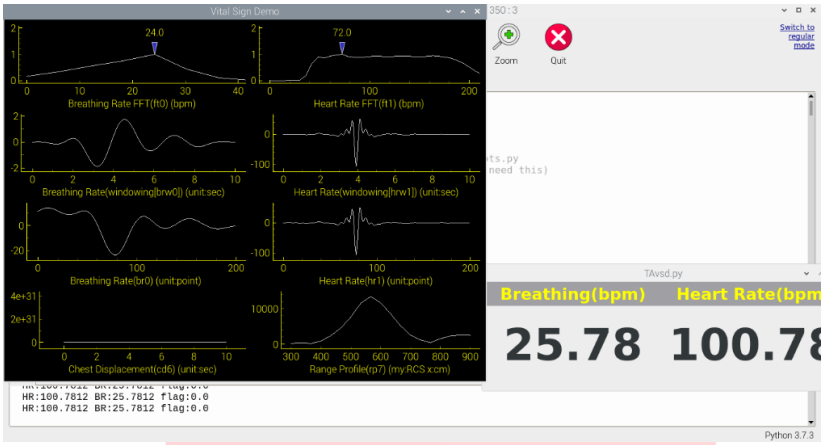


Gambar 5 Blok diagram sistem radar CW untuk mendeteksi dinding dada

Dimana f adalah sebagai frekuensi dari sinyal yang ditransmisikan dan amplitudo dari sinyal yang ditransmisikan masing-masing. Sinyal tersebut yang diterima merupakan acuan sebagai respirasi manusia dimodelkan sebagai pola sinusoidal. Sinyal generator sebagai pembangkit sinyal FM akan dihubungkan dengan Voltage Controlled Oscillator (VCO) yang bertindak sebagai pemodulator yang keluarannya merupakan sinyal radar FMCW. Setelah sinyal dimodulasi maka akan dipancarkan menggunakan antena pengirim ke arah target. Kemudian target akan memantulkan sinyal dan sebagian sinyal tersebut diterima oleh antena penerima. Low Noise Amplifier (LNA) pada receiver memperkuat sinyal yang lemah dengan menggunakan gain yang tinggi dan noise yang rendah. Sinyal dari LNA digabungkan dengan sinyal referensi menggunakan mixer. Untuk mendapatkan elemen pengurangan (low-order) pada frekuensi beat, elemen penjumlahan (high-order) dihilangkan dengan menambahkan Low Pass Filter (LPF). Fast Fourier Transform (FFT), merupakan algoritma pengolahan sinyal untuk menggambarkan sinyal yang sudah dihasilkan oleh LPF.

3.2 Desain Perancangan Sistem Perangkat Lunak

Pada pembuatan GUI (tampilan sinyal grafik) pada hasil akhir dengan menggunakan aplikasi thonny Raspbian bahasa pemrograman python 3.7.3 bertujuan sebagai melihat hasil output image processing yang berbentuk sinyal dari alat yang ditembakkan ke rongga dada dan dipantulkan kembali. Pada gambar 6 menunjukkan tampilan dari seberapa banyak detak jantung dan bernafas dalam satuan bpm (*beats* per menit) pada jarak yang telah ditentukan.



Gambar 6 Tampilan dari hasil GUI deteksi pada jarak 50 cm

Untuk prinsip kerja dari desain perangkat lunak ini terdapat pada diagram alur di gambar 7 untuk alur kerja program dan proses pada software yaitu :

1. Install library mmWave untuk python 3 pada terminal :

$sudo pip3 install mmWave

2. Jika Jalankan program demo tidak dapat menemukan output data, harap *setting* UART ke mode Raw data :

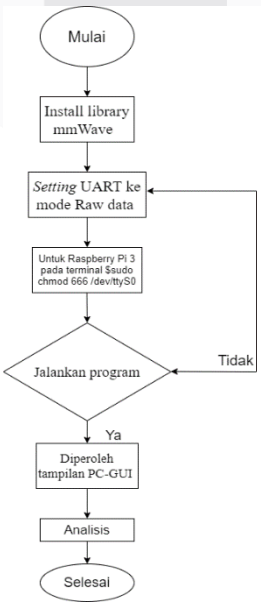
Untuk raspberry pi 3 pada terminal :

$ls -l /dev/ttyS0

$sudo chmod 666 /dev/ttyS0

3. Jalankan program python yang telah ada pada LAMPIRAN
4. Jika berhasil dan tidak terdapat error maka diperoleh tampilan GUI pada gambar 3.3
5. Jika belum berhasil, ubah port apabila menggunakan raspberry Pi 2 pada terminal :

$sudo chmod 666 /dev/ttyAMA0



Gambar 7 Desain diagram alur perancangan perangkat lunak

3.3 Hasil pengujian *breathing rate* pada pasien

Pengujian alat mengukur tingkat pernafasan ini menguji seberapa akurat prototipe yang telah dibuat untuk mendeteksi small displacement pada target respirasi yang telah ditentukan dengan cara melakukan ulang percobaan untuk tiap jaraknya yaitu: 30 cm, 50 cm, 90 cm. Terdapat jenis pengujiannya, antara lain:

3.3.1 Pengujian *breating rate* menggunakan modul radar mmWave berdasarkan usia

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian *breathing rate* pada umur pasien yang berbeda-beda dengan jarak 50 cm diperoleh total error sebesar 66,18 %.

Tabel 1 Pengujian *breath rate* berdasarkan usia

No	Umur (tahun)	Pengukuran Sesungguhnya	Pengukuran alat	Selisih	Error %
1	Anak	26 bpm	22,27 bpm	3,73 bpm	14,34
2	Remaja	22 bpm	14,4 bpm	7,6 bpm	34,54
3	Orang tua	17 bpm	14,06 bpm	2,94 bpm	17,3
				Total error %	**66.18**
				Rata – rata error %	**22.06**

3.3.2 Pengujian *breathing rate* menggunakan modul radar mmWave berdasarkan jarak

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian *breathing rate* pada pasien remaja dengan jarak yang bervariasi dan pada kondisi normal dengan total error sebesar 60,9 %.

Tabel 2 Pengujian breath rate berdasarkan jarak

No	Jarak	Perhitungan Sesungguhnya	Pengukuran *alat*	Selisih	Error %
1	30 cm	22 bpm	21,48 bpm	0,52 bpm	2,3
2	50 cm	22 bpm	17,6 bpm	4,4 bpm	20
3	90 cm	22 bpm	13,5 bpm	8,5 bpm	38,6
				Total Error %	60,9
				Rata – rata error %	20,3

3.4 Pengujian *heart rate* pada pasien

Pengujian alat mengukur detak jantung ini menguji seberapa akurat prototipe yang telah dibuat untuk mendeteksi small displacement pada target respirasi yang telah ditentukan dengan cara melakukan ulang percobaan untuk tiap jaraknya yaitu: 30 cm, 50 cm, 90 cm. Terdapat jenis pengujiannya, antara lain:

3.4.1 Pengujian *heart rate* menggunakan modul radar mmWave berdasarkan usia

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian *heart rate* pada umur pasien yang berbeda-beda dengan jarak 50 cm diperoleh total error sebesar 29,93 %.

Tabel 3 Pengujian *heart rate* berdasarkan usia

No	Umur (tahun)	Pengukuran Sesungguhnya	Pengukuran alat	Selisih	Error %
1	Anak	100 bpm	92,97 bpm	7,03 bpm	7,03
2	Remaja	70 bpm	60 bpm	10 bpm	14,28
3	Orang tua	67,97 bpm	62,11 bpm	5,86 bpm	8,62
				Total Error %	**29,93**
				Rata – rata error %	**9,97**

3.4.2 Pengujian *heart rate* menggunakan *modul radar* mmWave berdasarkan jarak

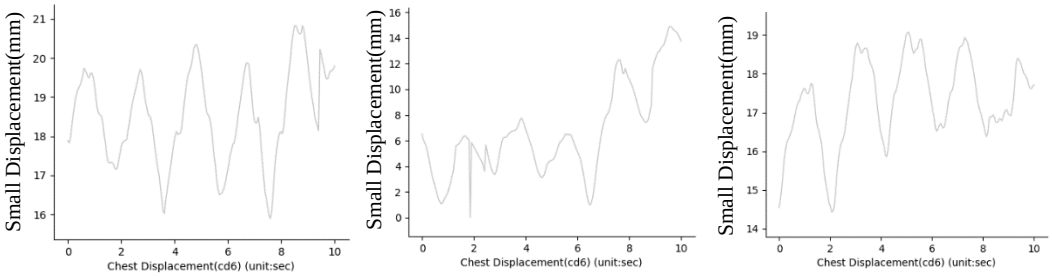
Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian *heart rate* pada pasien remaja dengan jarak yang bervariasi dan pada kondisi normal dengan total error sebesar 28,25 %.

Tabel 4 Pengujian *heart rate* berdasarkan jarak

No	Jarak	Perhitungan Sesungguhnya	Pengukuran *alat*	Selisih	Error %
1	30 cm	80 bpm	70,31 bpm	9,7 bpm	12,11
2	50 cm	80 bpm	79,7 bpm	0,3 bpm	0,37
3	90 cm	80 bpm	67,38 bpm	12,62 bpm	15,77
				Total Error %	28,25
				Rata – rata error %	9,41

3.5 Hasil Pengujian *chest displacement*

Selain mengetahui hasil deteksi *heart rate* dan *breath rate* menggunakan domain frekuensi (FFT) yang digunakan. Pada pengukuran ini menggunakan domain waktu yang kemudian disimpan pada matplotlib dengan menggunakan aplikasi Thonny untuk dapat melihat puncak – puncak dari pergerasan kecil pada dada pada saat menarik nafas pada jarak 30 cm, 50 cm, dan 90 cm.



(a) (b) (c)

Gambar 8 Grafik *chest displacement* dengan jarak (a) 30 cm, (b) 50 cm, (c) 90 cm

Pada Gambar 8 menunjukkan hasil pergeseran kecil dada pada frekuensi 60-64 GHz dan jarak (a) 30 cm, (b) 50 cm, (c) 90 cm yang berubah setiap waktunya pada saat menarik nafas dan menghembuskan nafas kembali terdapat pergerseran kecil sehingga didapat perubahan jarak rongga dada.

4. Kesimpulan

Jurnal ini menampilkan hasil pengujian nilai error *heart rate, breath rate*, dan *chest displacement* terhadap rongga dada manusia pada saat bernafas. Dari pengujian *heart rate* dan *breath rate* ini dapat disimpulkan bahwa semakin tua usia manusia maka detak jantung dan pernafasan dalam *beats per minute* (bpm) semakin kecil. Dari hasil pengujian *chest displacement* diperoleh untuk jarak 30 cm, 50 cm, dan 90 cm setiap detiknya ukuran dada saat bernafas dan menghembuskan nafas berubah-ubah dikarenakan pada saat menarik udara ukuran dada membesar kurang lebih 2-3 mm lalu mengeluarkan nafas kembali sehingga ukuran dada menyusut.

Sehingga dapat ditarik sebuah saran untuk pengembangan riset kedepannya, dimana sebaiknya menggunakan raspberry Pi dengan spesifikasi yang lebih baik sehingga pada saat mengolah data agar berjalan dengan baik dan maksimal. Lalu parameter – parameter yang ada pada tampilan GUI kurang sehingga perlu di upgrade dari program python maupun hardware nya.

Referensi :

[1] Aloysius Adya Pramudita, Fiky Y. Suratman & Dharu Arseno : "Modified FMCW system for non-contact sensing of human respiration," Journal of Medical Engineering & Technology, DOI: 10.1080/03091902.2020.1753835. 2020.

[2] S. D. Min, J. K. Kim, H. S. Shin, Y. H. Yun, C. K. Lee, and M. Lee, "Noncontact respiration rate measurement system using an ultrasonic proximity sensor," *IEEE Sens. J.*, vol. 10, no. 11, pp. 1732–1739, 2010.

[3] LAKIN, Ristekdikti 2019. LAKIN-Ristekdikti, 2019.

[4] M. l. Skolnik, Radar Handbook, Third Edit., no. 5. 2008.

[5] Dina Puspa Wulandari:"ANTENA MIKROSTRIP ULTRA WIDEBAND 5,8 GHZ UNTUK NON-CONTACT RESPIRATORY MONITORING RADAR", Jurnal ANTENNAS & PROPAGATION.2019.

[6] Rustamaji,Elan Djaelani : "RADAR JAMMING SUATU KONSEP RANCANG BANGUN", ELECTRANS, VOL.11, NO.2, SEPTEMBER 2012 , 71-80.2012.

[7] Aurelio Rahmadian :"PENERIMA RADIO FM BERBASIS SOFTWARE-DEFINED RADIO (SDR) MENGGUNAKAN USRP N210", Vol 21, No 2. 2016.