

Pengolahan Data Hasil Keluaran Dari Wearable Antenna Untuk Memonitor Pernapasan

1st Raka Abid KholishAhmed
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
[rakaabid@student.telkomuni-
versity.ac.id](mailto:rakaabid@student.telkomuni-
versity.ac.id)

2nd Bambang SetiaNugroho
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
[bambangsetianugroho@telkomuniversi-
ty.ac.id](mailto:bambangsetianugroho@telkomuniversi-
ty.ac.id)

3rd Levy Olivia Nur
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
levyolivia@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Pada zaman sekarang memonitor kondisi tubuh merupakan hal yang sangat penting bagi keberlangsungan hidup salah satunya memonitor pernapasan. Memonitor pernapasan bisa dilakukan lebih mudah dengan bantuan teknologi salah satunya menggunakan wearable antenna. Wearable antenna merupakan jenis antenna yang dirancang khusus untuk dikenakan langsung atau dipasangkan pada perangkat wearable, seperti jam tangan pintar, gelang kebugaran, pakaian pintar atau perangkat kesehatan yang dikenakan di tubuh. Jenis antenna yang biasa digunakan pada wearable antenna yaitu antenna mikrostrip. Antena mikrostrip memiliki kelebihan dengan bentuk yang pipih, mempunyai volume yang kecil. Antena mikrostrip yang didesain pada alat ini menggunakan substrat kain cordura dan antenna ini beroperasi pada frekuensi 2,4GHz. Tujuan dari alat ini yaitu alat mampu memonitor pernapasan pada tubuh manusia atau pengguna dan juga akan mengeluarkan hasil berupa grafik dari data yang diambil saat pengujian alat lalu diolah menggunakan aplikasi matrix laboratory (Matlab).

Kata kunci— Wearable antenna, mikrostrip, Matlab

I. PENDAHULUAN

Memonitor kondisi tubuh merupakan hal yang sangat penting bagi keberlangsungan hidup salah satunya memonitor pernapasan. Memonitor pernapasan bisa dilakukan dengan mudah dengan bantuan teknologi salah satunya dengan menggunakan perangkat antenna. Perangkat antenna yang dimaksud adalah *wearable antenna*. *Wearable antenna* merupakan jenis antenna yang dirancang khusus untuk dikenakan dan dipasang pada perangkat *wearable* atau perangkat kesehatan yang dikenakan di tubuh.

Wearable antenna dengan kemampuan untuk memonitor pernapasan, antenna *wearable* ini menawarkan potensi besar dalam pengawasan kesehatan salah satunya memonitor pernapasan dan diharapkan bahwa penggunaan teknologi ini dapat memberikan solusi yang inovatif dan efektif dalam meningkatkan pemantauan kesehatan individu, serta memberikan dampak positif dalam pelayanan kesehatan masyarakat secara keseluruhan.

Pada sistem ini *wearable antenna* untuk memonitor pernapasan dapat memonitor pernapasan dari tubuh manusia atau pengguna dan juga akan mengeluarkan hasil keluaran berupa grafik dari data sistem yang diambil saat pengujian alat

lalu data tersebut diolah menggunakan aplikasi *matrix laboratory* (Matlab).

II. KAJIAN TEORI

A. Skenario Penggunaan

Pada perancangan ini, alat diletakan pada sumur dada pengguna. Saat dikenakan oleh pengguna antenna akan melengkung ketika pengguna bernapas. Perubahan kelengkungan antenna tersebut akan menyesuaikan dengan pergerakan dada dan perubahan volume pada paru-paru. Nantinya antenna tersebut akan menunjukkan perubahan karakteristiknya yang akan dibaca oleh VNA saat pengujian antenna.

B. Desain Sistem

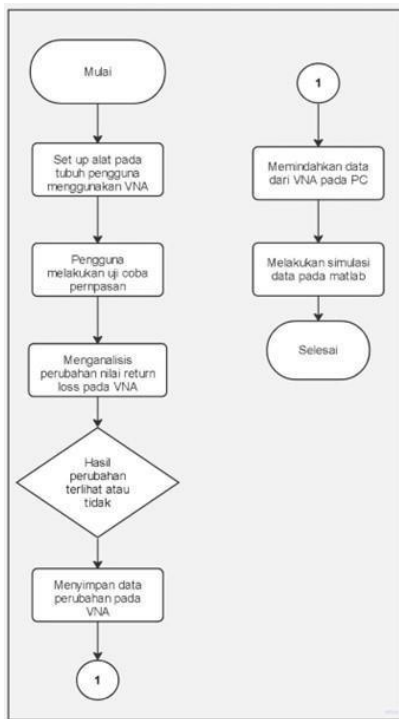
Pada desain sistem ini, alat yang dirancang dilakukan pengujian terlebih dahulu untuk pengambilan data dari VNA, selanjutnya setelah pengujian, diambil data dari pengujian tersebut dan data tersebut diolah oleh PC yang dimana hasil keluarannya berupa grafik perbandingan dari perubahan *return loss* antenna setiap detiknya dan diambil lima sampel. Sampel yang diambil yaitu lima sampel dari kondisi pernapasan normal dan lima sampel kondisi pernapasan dalam. Sampel tersebut diambil dari hasil pengujian pada tiga pengguna yang memiliki lingkaran dada yang berbeda.

III. METODE

Pada pengolahan data hasil keluaran dari *wearable antenna*, memonitor pernapasan dilakukan percobaan deteksi pernapasan dilakukan pada 3 pengguna yang memiliki lingkaran dada yang berbeda. Percobaan deteksi pernapasan tersebut menunjukkan hasil keluaran grafik yang berbeda ketika dikenakan pada ke 3 pengguna yang memiliki lingkaran dada yang berbeda.

Pada tahap pengolahan data ini menggunakan *software matlab* untuk mendapatkan keluaran berupa grafik perubahan *return loss* antenna setiap detiknya. Pada *matlab* ini dilakukan *plot* dua dimensi berupa grafik.

Tahap pertama yaitu melakukan *set up* alat pada pengguna menggunakan VNA, lalu pengguna melakukan pernapasan, selanjutnya menganalisis perubahan nilai *return loss* pada VNA, setelah menganalisis nilai *return loss* sudah terlihat lalu data dari VNA disimpan selanjutnya diolah pada PC dan terakhir melakukan simulasi data pada *matlab* untuk mendapatkan keluaran grafik berupa perubahan *return loss* setiap detiknya.

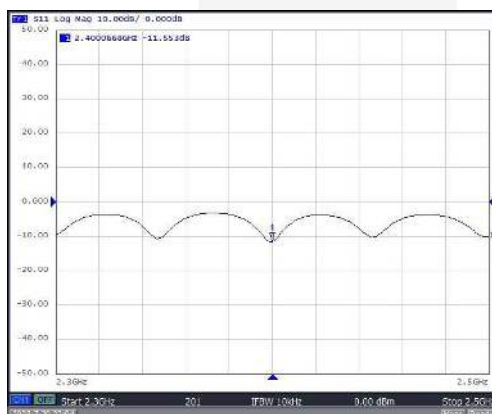


GAMBAR 1
Diagram alir pengolahan data

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil pengujian antenna yang telah dilakukan pada VNA lalu diolah pada PC dan di simulasikan dengan *software matlab*. Selanjutnya data tersebut disimpan dan diolah atau dilakukan *plot* dua dimensi berupa grafik. Grafik tersebut merupakan grafik hasil perubahan *return loss* terhadap waktu. Proses pengolahan data dilakukan dengan melihat perubahan *return loss* yang disebabkan oleh pergerakan dada pengguna. Setiap data yang diambil, dilakukan lima kali percobaan. Grafik keluaran yang dihasilkan yaitu sebagai berikut:

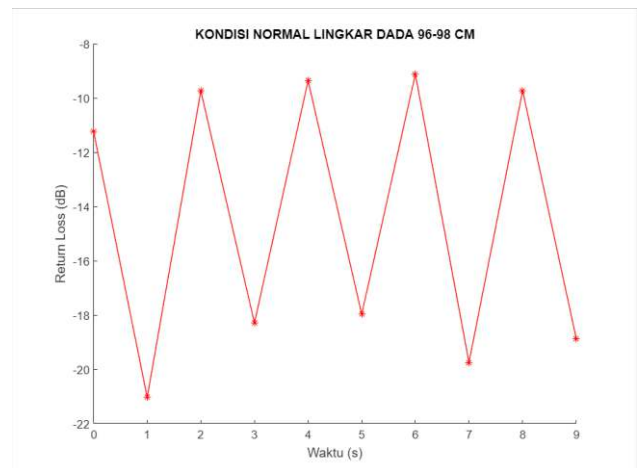
A. Hasil *return loss* pada kondisi antenna *on body*



GAMBAR 2
Hasil *return loss* antenna *on body*

Pada Gambar 2 merupakan hasil *return loss* yang didapatkan ketika *wearable antenna* dikenakan pada dada pengguna. Hasil *return loss* yang didapat terlihat mengalami penurunan dari nilai -18,127 dB menjadi -11,553 dB. Hal tersebut dikarenakan oleh perbedaan masa jenis redaman dan perbedaan media refleksinya.

B. Hasil pengolahan data pada grafik perbandingan *return loss* terhadap waktu pada saat pengguna yang memiliki lingkaran dada 96 – 98 cm bernapas normal.



GAMBAR 3
Grafik pernapasan normal lingkaran dada 96 – 98 cm

Pada Gambar 3 merupakan hasil percobaan pada simulasi pernapasan normal. Dilakukan lima sampel percobaan dimana pengguna yang memiliki lingkaran dada 96 – 98 cm melakukan pernapasan secara normal sebanyak lima kali percobaan. Pada percobaan ini, perubahan lingkaran dada yang dialami ketika melakukan pernapasan normal yaitu 2 cm. Pada sampel pertama kondisi awal menunjukkan nilai *return loss* sebesar -11,225 dB. Setelah melakukan penarikan napas normal untuk pertama kalinya, nilai *return loss* meningkat menjadi -21,036 dB. Selanjutnya, pengguna menghembuskan napasnya dan dapat dilihat pada grafik diatas nilai *return loss* nya mengalami penurunan menjadi -9,7348. Setelah itu dilakukan percobaan kedua. Saat pengguna melakukan penarikan napas nilai *return loss* yang didapat adalah -18,290 dB dan sedangkan ketika pengguna menghembuskan napasnya, nilai *return loss* yang didapat yaitu -9,360 dB. Pada percobaan ke-3, *return loss* yang didapat ketika pengguna menarik napas secara normal yaitu sebesar -17,970 dB dan ketika menghembuskan napas nilai *return loss* yang didapat adalah -9,116 dB. Setelah itu dilakukan percobaan ke-4. Pada percobaan ini, nilai *return loss* yang didapat ketika pengguna menarik napas adalah -19,748 dan ketika menghembuskan napas *return loss* nya adalah -9,722 dB. Terakhir, dilakukan percobaan ke-5. Pada percobaan ini *return loss* yang didapat adalah -18,869 dB. Dari grafik diatas, dapat dilihat bahwa saat pengguna melakukan pernapasan secara normal nilai *return loss* yang di dapat ada pada rentang sekitar -18 dB sampai -21 dB.

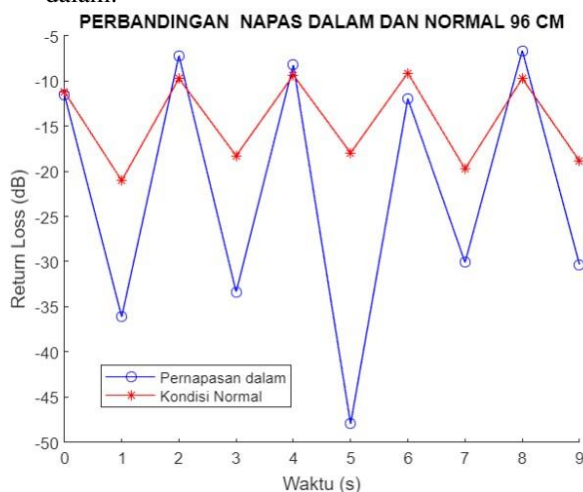
C. Hasil pengolahan data pada grafik perubahan *return loss* terhadap waktu pada saat pengguna yang memiliki lingkaran dada 96 – 101 cm melakukan pernapasan dalam.



GAMBAR 4
Grafik pernapasan dalam lingkaran dada 96 – 101 cm

Pada Gambar 4 merupakan hasil simulasi alat pada saat pengguna yang memiliki lingkaran dada 96 – 101 cm melakukan pernapasan dalam. Pada percobaan ini, perubahan lingkaran dada nya sebesar 5 cm. Pada kondisi normal, *return loss* yang didapat adalah -11,553 dB. Pada percobaan pertama, *return loss* yang didapat ketika pengguna melakukan penarikan napas dalam sebesar -36,113 dB. Setelah itu pengguna menghembuskan napasnya dan *return loss* nya mengalami penurunan menjadi -7,194. Saat percobaan ke-2, saat pengguna menarik napas dalam *return loss* yang dihasilkan adalah -33,373 dB sedangkan ketika menghembuskan napas *return loss* nya menjadi -8,210. Pada percobaan ke-3 nilai *return loss* yang didapat sebesar -47,978 dB. Nilai tersebut merupakan hasil dari simulasi pengguna saat melakukan penarikan napas dalam. Setelah itu mengalami penurunan *return loss* menjadi -11,976 dB ketika pengguna menghembuskan napas nya. Setelah itu dilakukan percobaan ke-4 yang dimana menghasilkan *return loss* sebesar -30,105 dB dalam kondisi menarik napas dalam. Setelah itu didapat *return loss* sebesar -6,638 dB saat kondisi penghembusan napas. Setelah itu dilakukan pengujian terakhir dengan hasil yang didapat saat penarikan napas secara dalam sebesar -30,346 dB.

D. Hasil pengolahan data pada grafik perbandingan perubahan *return loss* terhadap waktu saat pengguna yang memiliki lingkaran dada 96 – 101 cm bernapas normal dan bernapas dalam.

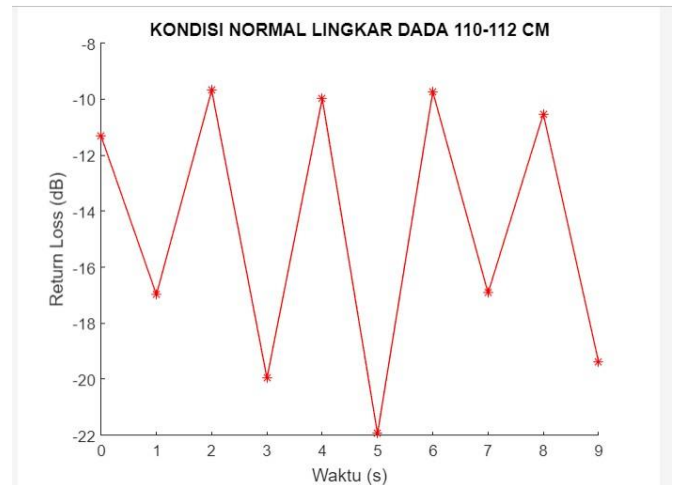


GAMBAR 5

Grafik perbandingan pernapasan dalam dan normal lingkaran dada 96 – 101 cm

Pada Gambar 5 merupakan grafik perbandingan hasil simulasi alat saat pengguna yang memiliki lingkaran dada 96 – 101 cm melakukan pernapasan secara normal dan saat melakukan pernapasan secara dalam. Grafik berwarna jingga menunjukkan hasil saat pernapasan normal dan grafik berwarna biru merupakan hasil dari simulasi pernapasan dalam. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan yang cukup signifikan, *return loss* yang dihasilkan saat pernapasan dalam lebih menunjukkan perubahan yang signifikan dibanding dengan pernapasan normal. Rentang *return loss* yang didapat saat melakukan pernapasan dalam yaitu dari -30,346 sampai dengan -47,978 dB. Sedangkan ketika pernapasan normal, rentang *return loss* yang didapat yaitu dari -17,970 hingga -21,036 dB.

E. Hasil pengolahan data pada grafik perbandingan *return loss* terhadap waktu pada saat pengguna yang memiliki lingkaran dada 110 – 112 cm bernapas normal.

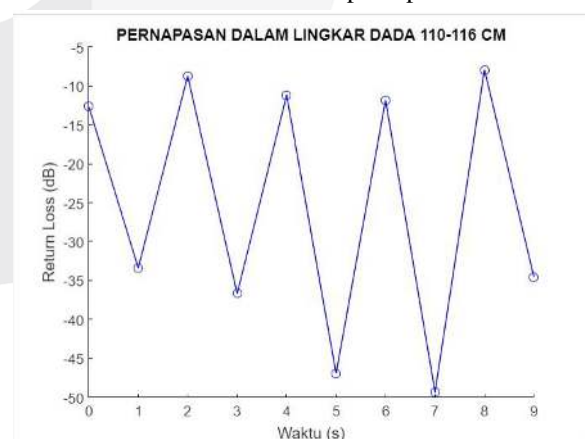


GAMBAR 6

Grafik pernapasan normal lingkaran dada 110 – 112 cm

Pada Gambar 6 merupakan hasil percobaan pada simulasi pernapasan normal. Dilakukan lima sampel percobaan dimana pengguna yang memiliki lingkaran dada 110 – 112 cm melakukan pernapasan secara normal sebanyak lima kali percobaan. Pada percobaan ini perubahan lingkaran dadanya sebesar 2 cm. Pada sampel pertama kondisi awal menunjukkan nilai *return loss* sebesar -9,865 dB. Setelah melakukan penarikan napas normal untuk pertama kalinya, nilai *return loss* meningkat menjadi -17,166 dB. Selanjutnya, pengguna menghembuskan nafasnya dan dapat dilihat pada grafik diatas nilai *return loss* nya mengalami penurunan menjadi -10,348 dB. Setelah itu dilakukan percobaan kedua. Saat pengguna melakukan penarikan napas nilai *return loss* yang didapat adalah -20,250 dB dan sedangkan ketika pengguna menghembuskan napasnya, nilai *return loss* yang didapat yaitu -10,650 dB. Pada percobaan ke-3, *return loss* yang didapat ketika pengguna menarik napas secara normal yaitu sebesar -22,770 dB dan ketika menghembuskan napas nilai *return loss* yang didapat adalah -10,316 dB. Setelah itu dilakukan percobaan ke-4. Pada percobaan ini, nilai *return loss* yang didapat ketika pengguna menarik napas adalah -16,988 dan ketika menghembuskan napas *return loss* nya adalah -11,129 dB. Terakhir, dilakukan percobaan ke-5. Pada percobaan ini *return loss* yang didapat adalah -19,249 dB. Dari grafik diatas, dapat dilihat bahwa saat pengguna melakukan pernapasan secara normal nilai *return loss* yang di dapat ada pada rentang sekitar -17,166 dB sampai -22,770 dB.

F. Hasil pengolahan data pada grafik perubahan *return loss* terhadap waktu pada saat pengguna yang memiliki lingkaran dada 110 – 116 cm melakukan pernapasan dalam.

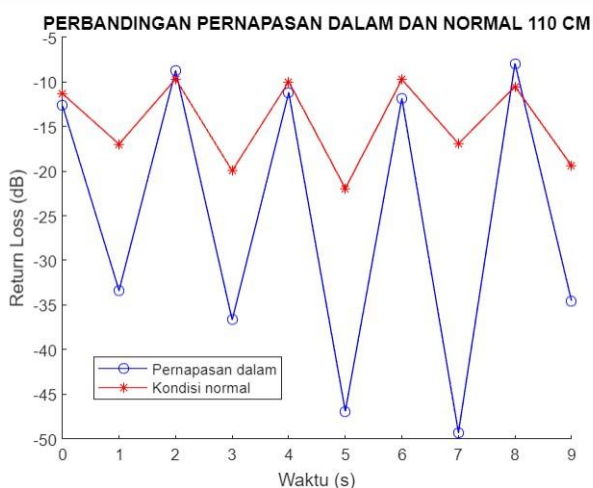


GAMBAR 7

Grafik pernapasan dalam lingkaran dada 110 – 116 cm

Pada Gambar 7 merupakan hasil simulasi alat pada saat pengguna yang memiliki lingkaran dada 110 – 116 cm melakukan pernapasan dalam. Perubahan lingkaran dada yang dialami pada percobaan ini sebesar 6 cm. Pada kondisi normal, *return loss* yang didapat adalah -12,678 dB. Pada percobaan pertama, *return loss* yang didapat ketika pengguna melakukan penarikan napas dalam sebesar -33,983 dB. Setelah itu pengguna menghembuskan napasnya dan *return loss* nya mengalami penurunan menjadi -8,391. Saat percobaan ke-2, saat pengguna menarik napas dalam *return loss* yang dihasilkan adalah -36,373 dB sedangkan ketika menghembuskan napas *return loss* nya menjadi -12,910. Pada percobaan ke-3 nilai *return loss* yang didapat sebesar -47,158 dB. Nilai tersebut merupakan hasil dari simulasi pengguna saat melakukan penarikan napas dalam. Setelah itu mengalami penurunan *return loss* menjadi -14,671 dB ketika pengguna menghembuskan napas nya. Setelah itu dilakukan percobaan ke-4 yang dimana menghasilkan *return loss* sebesar -49,905 dB dalam kondisi menarik napas dalam. Setelah itu didapat *return loss* sebesar -7,418 dB saat kondisi penghembusan napas. Setelah itu dilakukan pengujian terakhir dengan hasil yang didapat saat penarikan napas secara dalam sebesar -35,186 dB.

G. Hasil pengolahan data pada grafik perbandingan perubahan *return loss* terhadap waktu saat pengguna yang memiliki lingkaran dada 96 – 101 cm bernapas normal dan bernapas dalam.

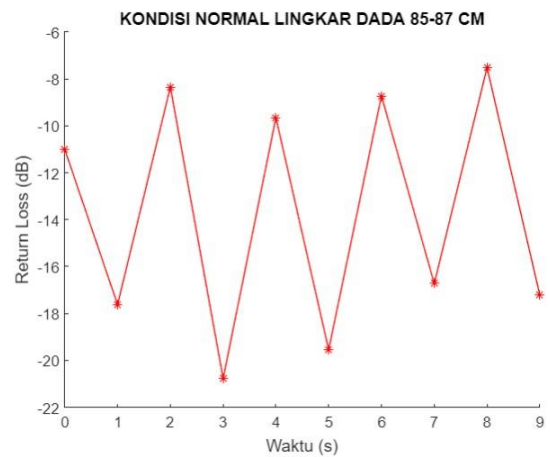


GAMBAR 8

Grafik perbandingan pernapasan dalam dan normal lingkaran dada 110 – 116 cm

Pada Gambar 8 merupakan grafik perbandingan hasil simulasi alat saat pengguna yang memiliki lingkaran dada 110 – 116 cm melakukan pernapasan secara normal dan saat melakukan pernapasan secara dalam. Grafik berwarna jingga menunjukkan hasil saat pernapasan normal dan grafik berwarna biru merupakan hasil dari simulasi pernapasan dalam. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan yang cukup signifikan, *return loss* yang dihasilkan saat pernapasan dalam lebih menunjukkan perubahan yang signifikan dibandingkan pernapasan normal. Rentang *return loss* yang didapat saat melakukan pernapasan dalam yaitu dari -35,186 sampai dengan -49,905 dB. Sedangkan ketika pernapasan normal, rentang *return loss* yang didapat yaitu dari -17,166 hingga -22,770 dB.

H. Hasil pengolahan data pada grafik perbandingan *return loss* terhadap waktu pada saat pengguna yang memiliki lingkaran dada 85 – 87 cm bernapas normal.



GAMBAR 9

Grafik pernapasan normal lingkaran dada 85 – 87 cm

Pada Gambar 9 merupakan grafik hasil percobaan pada simulasi pernapasan normal. Dilakukan lima sampel percobaan dimana pengguna yang memiliki lingkaran dada 85 – 87 cm melakukan pernapasan secara normal sebanyak lima kali percobaan. Perubahan lingkaran dada pada percobaan ini yaitu 2 cm. Pada sampel pertama kondisi awal menunjukkan nilai *return loss* sebesar -11,225 dB. Setelah melakukan penarikan napas normal untuk pertama kalinya, nilai *return loss* meningkat menjadi -17,816 dB. Selanjutnya, pengguna menghembuskan napasnya dan dapat dilihat pada grafik diatas nilai *return loss* nya mengalami penurunan menjadi -8,231 dB. Setelah itu dilakukan percobaan kedua. Saat pengguna melakukan penarikan napas nilai *return loss* yang didapat adalah -20,240 dB dan sedangkan ketika pengguna menghembuskan napasnya, nilai *return loss* yang didapat yaitu -9,920 dB. Pada percobaan ke-3, *return loss* yang didapat ketika pengguna menarik napas secara normal yaitu sebesar -19,970 dB dan ketika menghembuskan napas nilai *return loss* yang didapat adalah -8,330 dB. Setelah itu dilakukan percobaan ke-4. Pada percobaan ini, nilai *return loss* yang didapat ketika pengguna menarik napas adalah -16,918 dan ketika menghembuskan napas *return loss* nya adalah -7,522 dB. Terakhir, dilakukan percobaan ke-5. Pada percobaan ini *return loss* yang didapat adalah -17,812 dB. Dari grafik diatas, dapat dilihat bahwa saat pengguna melakukan pernapasan secara normal nilai *return loss* yang di dapat ada pada rentang sekitar -17.816 dB sampai -20,240 dB.

I. Hasil pengolahan data pada grafik perubahan *return loss* terhadap waktu pada saat pengguna yang memiliki lingkaran dada 85 – 89 cm melakukan pernapasan dalam.



GAMBAR 10

Grafik pernapasan dalam lingkaran dada 85 – 89 cm

Pada Gambar 10 merupakan grafik hasil simulasi alat pada saat pengguna yang memiliki lingkaran dada 85 – 89 cm melakukan pernapasan dalam. Perubahan lingkaran dada yang alami pada

percobaan ini adalah 4 cm. Pada kondisi normal, *return loss* yang didapat adalah -11,576 dB. Pada percobaan pertama, *return loss* yang didapat ketika pengguna melakukan penarikan napas dalam sebesar -38,662 dB. Setelah itu pengguna menghembuskan napasnya dan *return loss* nya mengalami penurunan menjadi -8,662. Saat percobaan ke-2, saat pengguna menarik napas dalam *return loss* yang dihasilkan adalah -32,351 dB sedangkan ketika menghembuskan napas *return loss* nya menjadi -8,590 dB. Pada percobaan ke-3 nilai *return loss* yang didapat sebesar -33,423 dB. Nilai tersebut merupakan hasil dari simulasi pengguna saat melakukan penarikan napas dalam. Setelah itu mengalami penurunan *return loss* menjadi -7,417 dB ketika pengguna menghembuskan napas nya. Setelah itu dilakukan percobaan ke-4 yang dimana menghasilkan *return loss* sebesar -28,995 dB dalam kondisi menarik napas dalam. Setelah itu didapat *return loss* sebesar -9,732 dB saat kondisi penghembusan napas. Setelah itu dilakukan pengujian terakhir dengan hasil yang didapat saat penarikan napas secara dalam sebesar -30,133 dB.

J. Hasil pengolahan data pada grafik perbandingan perubahan *return loss* terhadap waktu saat pengguna yang memiliki lingkaran dada 85 – 89 cm bernapas normal dan bernapas dalam.



GAMBAR 11

Grafik perbandingan pernapasan dalam dan normal lingkaran dada 85 – 89 cm

Pada Gambar 11 merupakan grafik perbandingan hasil simulasi alat saat pengguna yang memiliki lingkaran dada 85 – 89 cm melakukan pernapasan secara normal dan saat melakukan pernapasan secara dalam. Grafik berwarna jingga menunjukkan hasil saat pernapasan normal dan grafik berwarna biru merupakan hasil dari simulasi pernapasan dalam. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan yang cukup signifikan, *return loss* yang dihasilkan saat pernapasan dalam lebih menunjukkan perubahan yang signifikan dibanding dengan pernapasan normal. Rentang *return loss* yang didapat saat melakukan pernapasan dalam yaitu dari -28.995 dB sampai dengan -38,662 dB. Sedangkan ketika pernapasan normal, rentang *return loss* yang didapat yaitu dari -17,816 hingga -20,240 dB.

V. KESIMPULAN

Wearable antenna yang dirancang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dan berfungsi sebagai pendeteksi pernapasan melalui perubahan nilai *return loss* yang disebabkan oleh pergerakan dada pengguna saat melakukan pernapasan. Bahan yang digunakan pada antena yang dirancang yaitu kain cordura sebagai substrat dan bahan *copper* tape sebagai *patch* dan *ground plane*. Pengujian antena yang telah dilakukan pada VNA

lalu diolah pada PC dan di simulasikan dengan software *matlab*. Pada percobaan simulasi dilakukan lima kali percobaan pada tiga pengguna yang memiliki lingkaran dada berbeda. Hasil menunjukkan bahwa perubahan lingkaran dada dapat menyebabkan perubahan nilai *return loss*. Semakin besar perubahan lingkaran dada, semakin besar juga *return loss* yang dihasilkan. Ketika percobaan pernapasan dalam, perubahan *return loss* yang dihasilkan lebih signifikan dibandingkan dengan pernapasan normal. Hal tersebut disebabkan karena Ketika melakukan pernapasan dalam pergerakan dada pengguna lebih signifikan dibanding ketika bernapas normal.

REFERENSI

- [1] M. E. Gharbi, R. F. Garcia and I. Gil, "Embroidered *wearable antenna*-based sensor for Real-Time breath monitoring," ELSEVIER, pp. 1-9, 2022.
- [2] B. Almohammed, A. Ismail and A. Sali, "*wearable* electro-textile antennas in wireless body area networks," Sage Journals, vol. 91, no. 5- 6, p. 1, 2020.
- [3] M. E. Gharbi, M. M. Estrada, R. F. Garcia, S. Ahyoud and I. Gil, "*wearable antenna* novel ultra wide-band under different bending conditions for electronic textile applications," The Journal Of The Textile Institute, pp. 437-443, 2020.
- [4] M. Wagih, O. Malik, A. S. Weddell and S. Beeby, "E-Textile Breathing Sensor Using Fully Textile," engineering proceedings, p. 4, 2022.
- [5] S. Pragya, H. Xionan, Z. Jianlin, B. C. Thomas and C. k. Edwin, "*Wearable* radio-frequency sensing of respiratory rate, respiratory volume, and heart rate," npj Digital Medicine, p. 10, 2020.
- [6] E. Prasetyo, "Data mining : mengolah data menjadi informasi menggunakan *Matlab*," Perpustakaan Universitas Bina Sarana Informatika, 2014.
- [7] L. N. Olivia, N. T. Susyanto and T. Yunita, "ANTENA MIKROSTRIP BAHAN TEKSTIL FREKUENSI 2,45 GHz UNTUK APLIKASI TELEMEDIS," e-Proceeding of Engineering, p. 4589, 2018.
- [8] P. T. Kusumo, "MONITORING KONDISI FISIOLOGIS MANUSIA," Digital Library Universitas Widya Husada Semarang, pp. 15-18, 2020.
- [9] T. Kellomaki, W. G. Whittow, J. Heikkinen and L. Kettunen, "2.4 GHz plaster antennas for health monitoring," in European Conference on Antennas and Propagation, 2009.
- [10] L. D. Degita, "Perancangan *wearable antenna* menggunakan bahan fleksibel untuk imaging sesuatu ketidak normalan pada tubuh manusia," FTI - Usakti, 2020.