



**DESAIN ANTENA ARRAY PADA DETEKTOR POSISI BENDA  
BERBASIS *WI-FI SMARTPHONE TOMOGRAPHY***

**SKRIPSI**

Oleh  
**TAUFIQUR RAHMAN**  
**NIM 131810201046**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**



**DESAIN ANTENA ARRAY PADA DETEKTOR POSISI BENDA  
BERBASIS *WI-FI SMARTPHONE TOMOGRAPHY***

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Fisika (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Sains

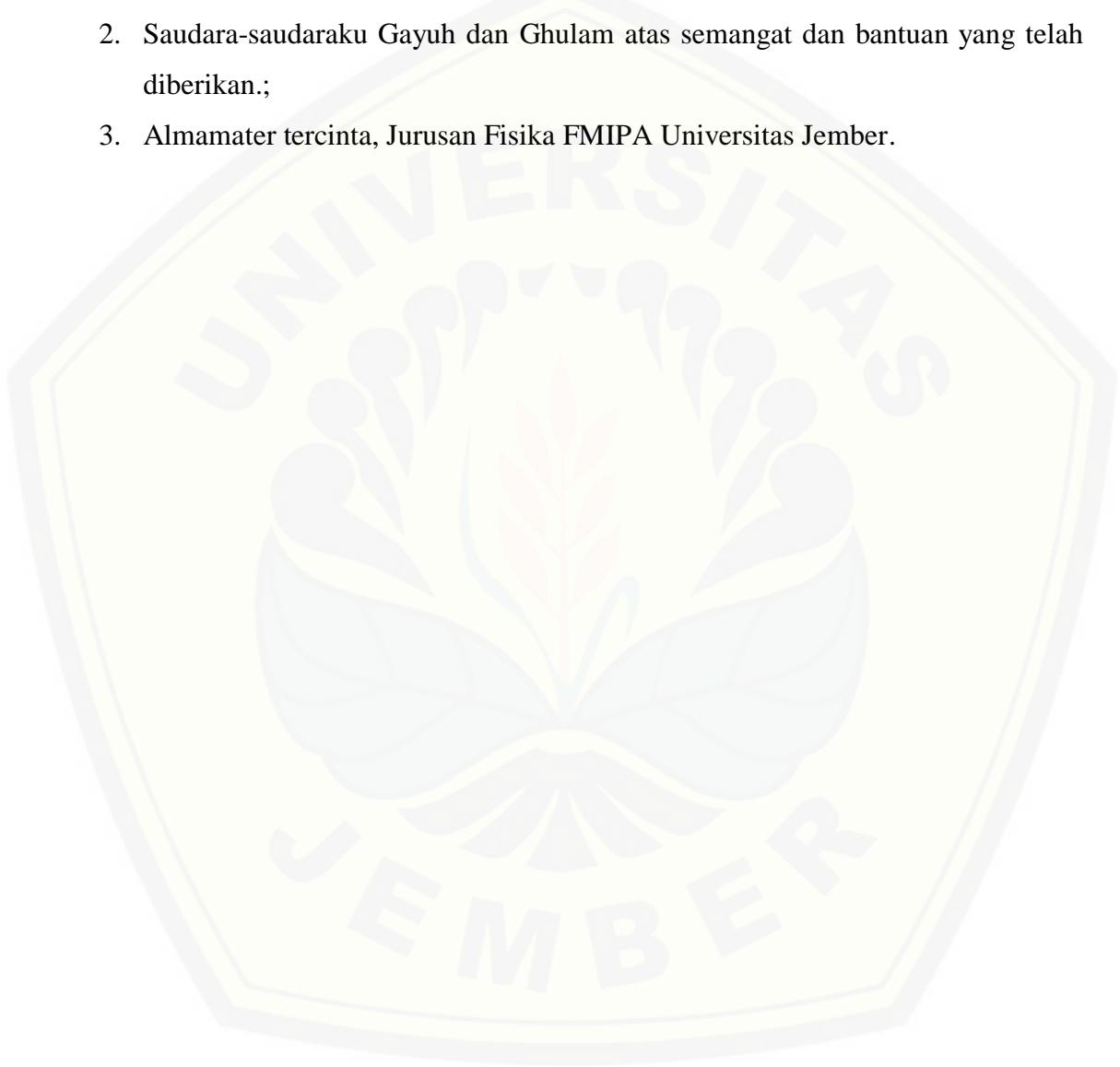
Oleh  
**TAUFIQUR RAHMAN**  
**NIM 131810201046**

**JURUSAN FISIKA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS JEMBER**  
**2019**

**PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua Bapak Ngatimo dan Ibu Widiyastuti yang selalu memberikan motivasi, dukungan dan doa hingga saat ini;
2. Saudara-saudaraku Gayuh dan Ghulam atas semangat dan bantuan yang telah diberikan.;
3. Almamater tercinta, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember.



## MOTO

“Tiap-tiap orang mempunyai batas waktu, maka apabila telah datang waktunya mereka tidak dapat mengundurkannya barang sesaat pun dan tidak dapat (pula) memajukannya.”  
(terjemahan surat Al-A’raf ayat 34)\*

“Ada dua nikmat yang mayoritas orang merugi pada keduanya, yaitu (nikmat) sehat dan waktu luang.”  
(HR Al Bukhari dan Ibnu Abbas)\*\*

---

\*Departemen Agama Proyek Pengadaan Kitab Suci Al Qur’an. 1975. Al Qur’an dan Terjemahannya. Jakarta: PT. Bumi Restu.

\*\*Al-Albani, M.N. 2011. Shahih Sunan Tirmidzi Jilid 3: Seleksi Hadits Shahih dari Kitab Sunan Tirmidzi. Jakarta: Pustaka Azzam.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Taufiqur Rahman

NIM : 131810201046

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Desain Antena *Array* pada Detektor Posisi Berbasis *Wi-Fi Smartphone Tomography*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Dengan demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Januari 2020  
Yang menyatakan,

Taufiqur Rahman  
NIM 131810201046

**SKRIPSI**

**DESAIN ANTENA ARRAY PADA DETEKTOR POSISI BENDA  
BERBASIS *WI-FI SMARTPHONE TOMOGRAPHY***

Oleh

Taufiqur Rahman  
NIM 131810201046

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Agung Tjahjo Nugroho, S.Si., M.Phill., Ph.D.  
Dosen Pembimbing Anggota : Supriyadi, S.Si., M.Si.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Desain Antena *Array* pada Detektor Posisi Berbasis *Wi-Fi Smartphone Tomography*” karya Taufiqur Rahman telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat :

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Agung Tjahjo Nugroho, S.Si., M.Phill., Ph.D.  
NIP 196812191994021001

Supriyadi, S.Si., M.Si.  
NIP 198204242006041003

Anggota II,

Anggota III

Wenny Maulina, S.Si., M.Si.  
NIP 198711042014042001

Ir. Misto, M.Si.  
NIP 195911211991031002

Mengesahkan  
Dekan,

Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc., Ph.D.  
NIP 195910091986021001



## RINGKASAN

**Desain Antena Array pada Detektor Posisi Berbasis Wi-Fi Smartphone Tomography**; Taufiqur Rahman, 131810201046: 46 halaman; Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Tomografi memungkinkan untuk memvisualisasi struktur bagian dalam dari sebuah objek tanpa memasukkan alat ke dalam objek. Pada prinsipnya sistem tomografi menciptakan gambar dengan merekonstruksi proyeksi objek dari gelombang yang dipancarkan melewati objek tersebut. Dalam hal ini sinyal *Wi-Fi smartphone* akan dimanfaatkan untuk merekonstruksi posisi suatu objek menggunakan sistem tomografi. Ketika *Wi-Fi* dipancarkan pada sebuah objek, sinyal *Wi-Fi* akan ada yang diserap, dihamburkan dan diteruskan. Dari sinyal *Wi-Fi smartphone* yang dipancarkan, dilakukan rekonstruksi data proyeksi benda yang akan dicitrakan. Proses pengambilan data proyeksi dilakukan pada gelombang yang dipancarkan dari *transmitter* kemudian berinteraksi dengan objek dan diukur oleh *receiver*. Oleh sebab itu, diperlukan antena *array* untuk menangkap proyeksi objek tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh desain antena *array* pada hasil rekonstruksi posisi benda menggunakan *Wi-Fi smartphone*. Pada penelitian ini ada tiga desain antena *array* yang akan digunakan yaitu desain melingkar, berhadapan dan Tx dikelilingi Rx. Hal pertama yang dilakukan yaitu membuat objek domain untuk menentukan jumlah sel dan inialisasi objek yang dicitrakan. Objek domain yang digunakan berupa bidang 2D dengan koordinat XY berukuran 4x4 m yang memiliki titik maksimum sumbu X dan Y sebesar 2 m dan titik minimum sumbu X dan Y sebesar -2 m dengan lebar sel 1 m. Selanjutnya antena yang terdiri dari *smartphone* sebagai *transmitter* dan *receiver* disusun menjadi 3 desain yaitu melingkar, berhadapan dan Tx dikelilingi Rx dengan jarak 3 m dari titik pusat objek domain. Pengambilan data proyeksi dilakukan dengan mengukur intensitas *Wi-Fi smartphone* yang dipancarkan pada tiap desain. Pengukuran ini dilakukan saat tidak ada objek dan setelah ada objek. Objek yang diinvestigasi berada pada sel ke-6 dan sel ke-10. Data proyeksi yang diperoleh dari pengukuran intensitas *Wi-Fi* yang dipancarkan akan direkonstruksi menggunakan *Algebraic Reconstruction Technique (ART)*.

Citra hasil rekonstruksi posisi dari tiap desain dengan posisi objek yang diinvestigasi berada pada sel ke-6 dan sel ke-10 berturut-turut, yaitu pada desain melingkar citra hasil rekonstruksi menunjukkan posisi objek yang sesuai yaitu pada sel ke-6 dan sel ke-10. Pada desain berhadapan, citra hasil rekonstruksi menunjukkan posisi objek berada pada sel ke-7 dan sel ke-11, hal ini tidak sesuai dari posisi objek yang diinvestigasi. Sedangkan citra hasil rekonstruksi posisi pada desain Tx dikelilingi Rx menunjukkan posisi objek berada pada sel ke-3 dan sel ke-6, sel ke-11 serta sel ke-12. Posisi dapat ditentukan dengan akurasi yang baik dengan desain yang tepat. Akurasi posisi ditentukan dengan kecocokan hasil rekonstruksi dengan posisi sebenarnya. Hasil rekonstruksi yang menunjukkan kecocokan dengan posisi objek sebenarnya yaitu desain melingkar.



## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT. atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Desain Antena *Array* pada Detektor Posisi Berbasis *Wi-Fi Smartphone Tomography*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Edy Supriyanto, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing akademik, yang telah memberikan motivasi selama proses perkuliahan;
2. Agung Tjahjo Nugroho, S.Si., M.Phil., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Supriyadi, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran dalam membantu penulisan skripsi ini;
3. Wenny Maulina, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji Utama dan Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan kritik dan saran dalam penulisan skripsi ini;
4. Dosen-dosen FMIPA Universitas Jember, yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama proses perkuliahan;
5. Keluarga besar Through-Wall Imaging (Ahmad Fauzi, Muhammad David, Ahmad Imam Qulyubi, Jamaluddin, dan Lilis Fitrianing Tyas) yang telah memberikan dukungan semangat dan motivasi;
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dimanfaatkan sebagaimana mestinya.

Jember, Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

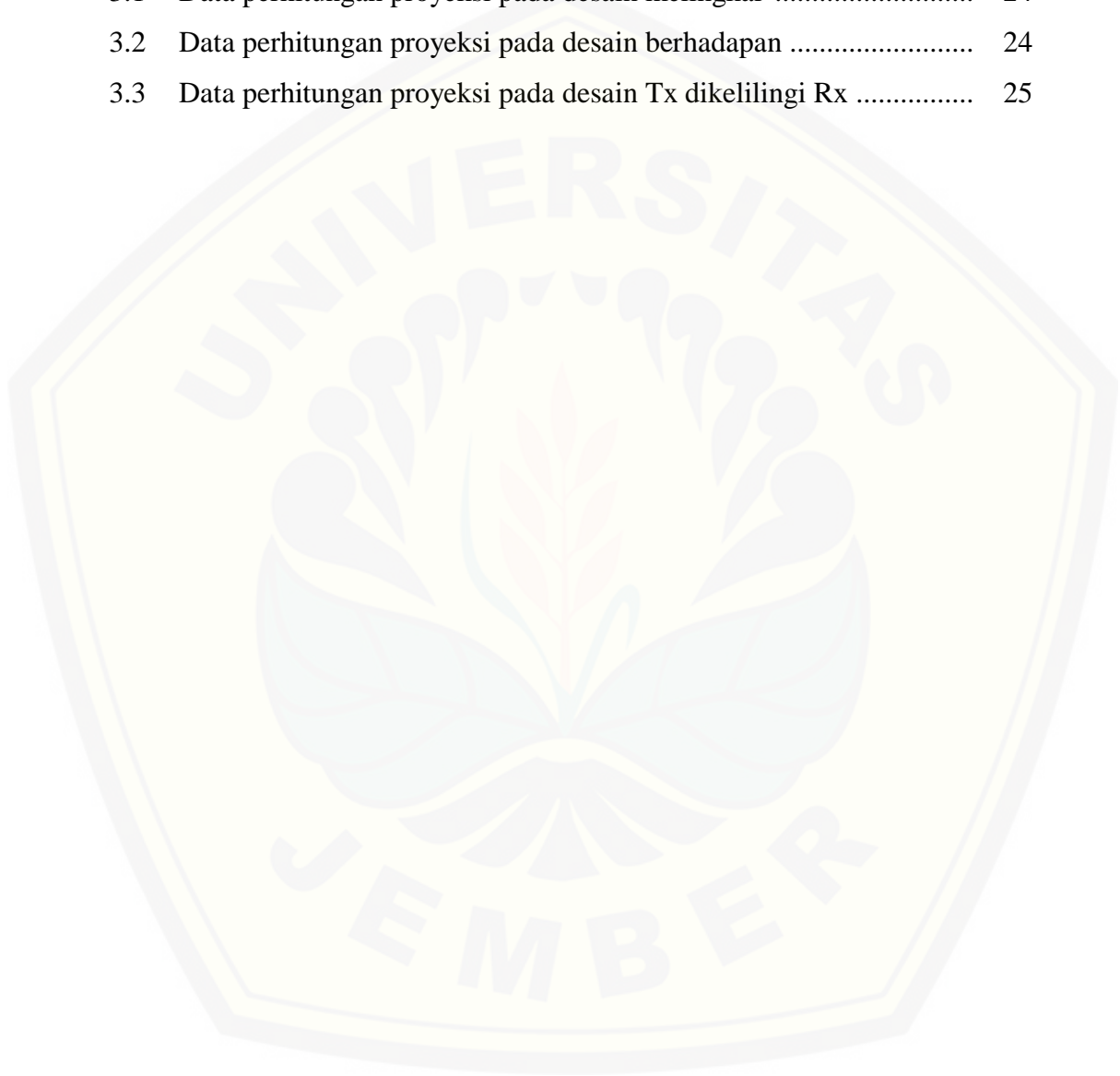
	Halaman
HALAMAN SAMPUL .....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	ii
HALAMAN MOTO .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PEMBIMBING .....	v
HALAMAN PENGESAHAN .....	vi
RINGKASAN .....	vii
PRAKATA .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Batasan Masalah .....	5
1.4 Tujuan .....	5
1.5 Manfaat .....	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Tomografi .....	6
2.2 Atenuasi .....	9
2.3 Jaringan Nirkabel ( <i>WI-FI</i> ) .....	11
2.4 <i>Algebraic Reconstruction Technique (ART)</i> .....	15
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>20</b>
3.1 Rancangan Penelitian .....	20
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	20
3.3 Jenis dan Sumber Data .....	20
3.4 Definisi Operasional Variabel dan Skala Pengukurannya .....	22
3.5 Kerangka Pemecahan Masalah .....	23
3.6 Metode Analisis Data .....	25
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>26</b>
4.1 Implementasi Penelitian .....	26
4.2 Rekonstruksi Citra Posisi Menggunakan <i>Algebraic Reconstruction Technique (ART)</i> .....	36

<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	40
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	40
<b>5.2 Saran</b> .....	41
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	42
<b>LAMPIRAN</b> .....	45



**DAFTAR TABEL**

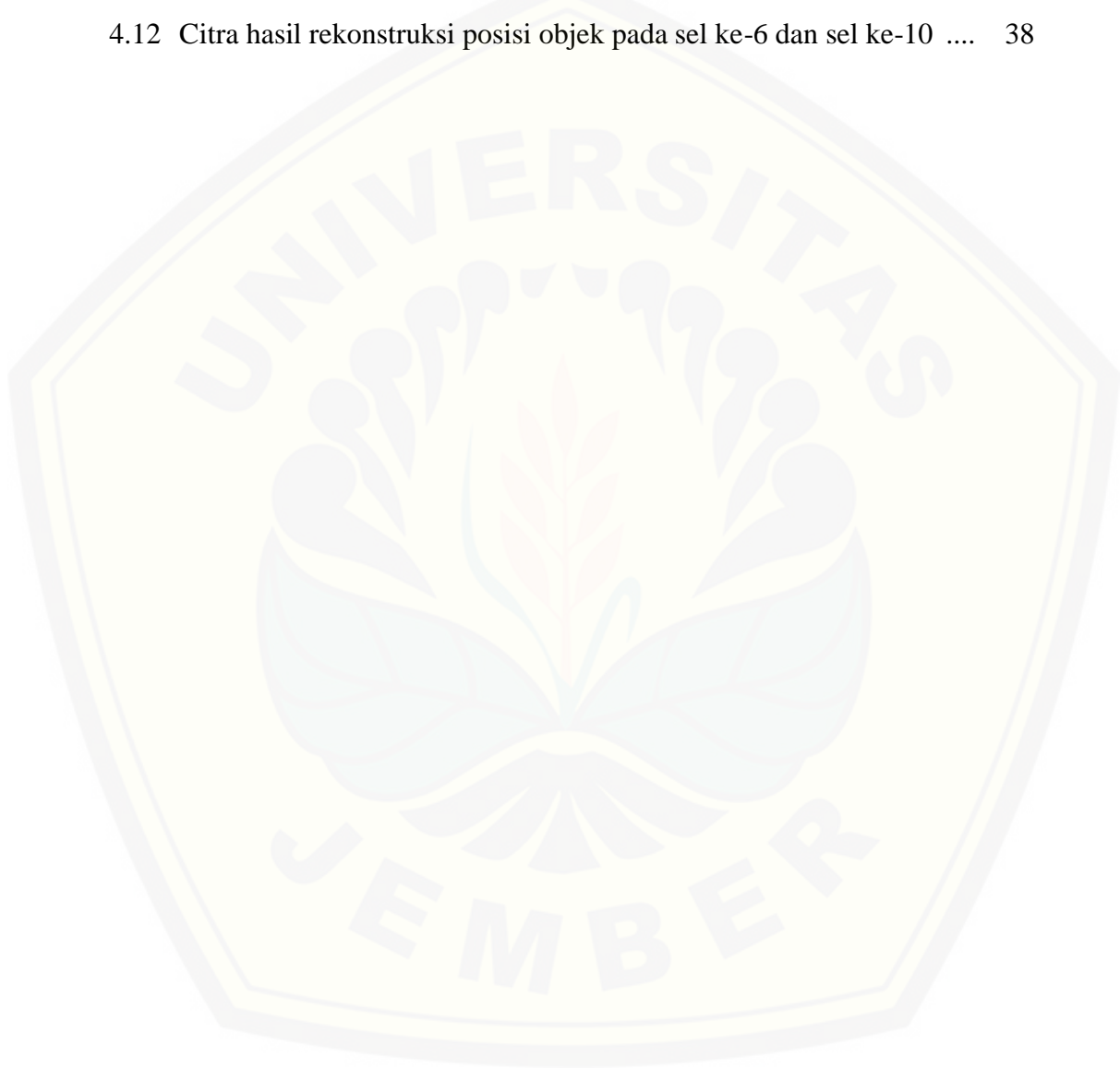
	Halaman
2.1 Peredaman sinyal oleh beberapa material bangunan pada 2.4 GHz..	15
3.1 Data perhitungan proyeksi pada desain melingkar .....	24
3.2 Data perhitungan proyeksi pada desain berhadapan .....	24
3.3 Data perhitungan proyeksi pada desain Tx dikelilingi Rx .....	25



DAFTAR GAMBAR

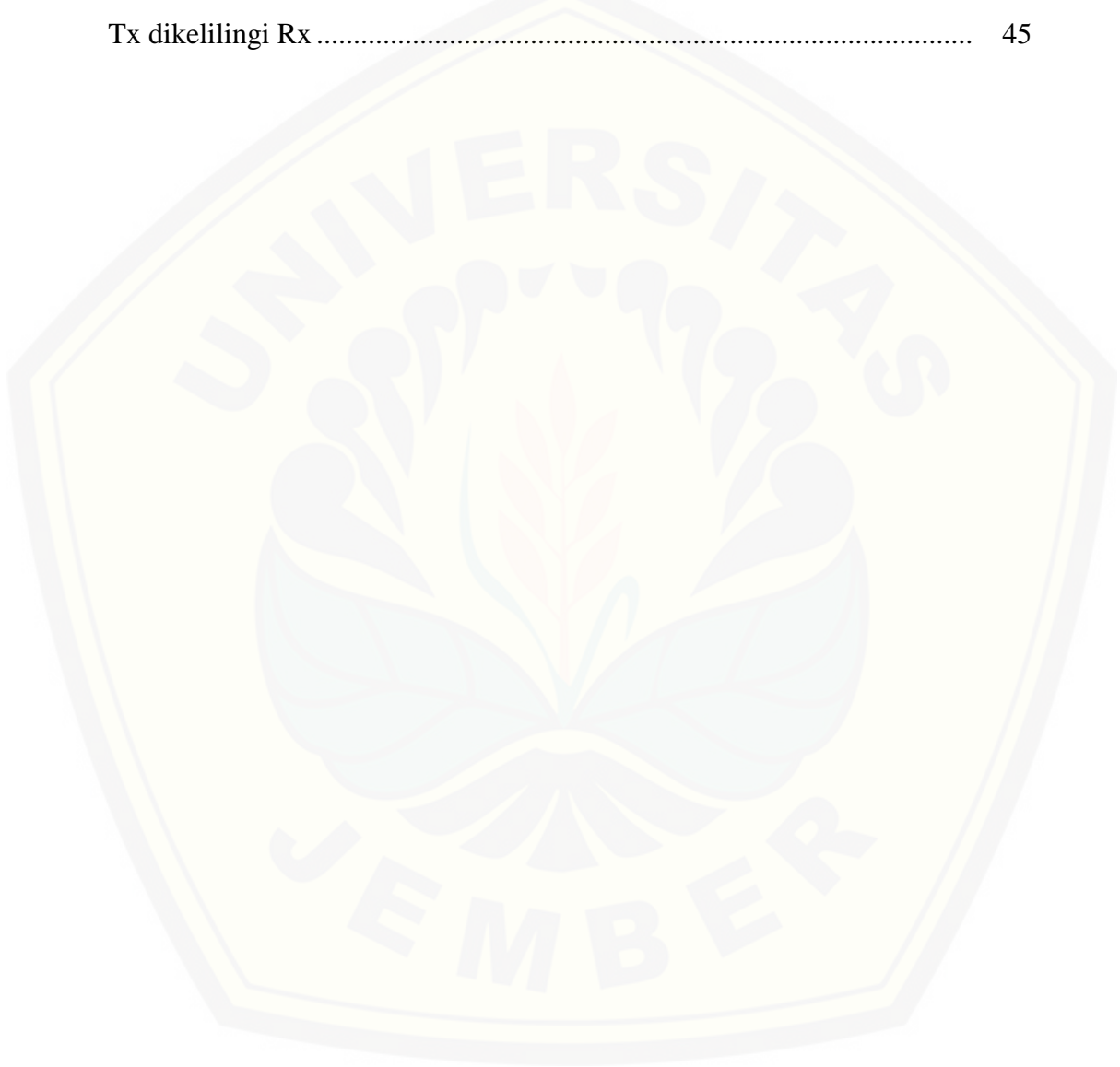
	Halaman
1.1 Prinsip tomografi .....	3
1.2 Data proyeksi benda menggunakan sinyal <i>Wi-Fi smartphone</i> .....	4
2.1 Dua proyeksi dari sepasang silinder .....	7
2.2 Tabung sinar-x menyinari material homogen dengan detektor untuk menentukan atenuasi objek.....	7
2.3 Atribut dalam pencitraan sinar-x .....	8
2.4 Prinsip dasar atenuasi sinar gamma.....	9
2.5 Transmisi sinar gamma.....	10
2.6 Spektrum gelombang elektromagnetik.....	12
2.7 Efek perbedaan jumlah orang terhadap pengukuran RSS .....	14
2.8 Digitasi citra dan data proyeksi .....	17
2.9 Proyeksi jumlah perpotongan pixel .....	18
3.1 Desain antena array melingkar .....	21
3.2 Desain antena array berhadapan .....	21
3.3 Desain antena array Tx dikelilingi Rx .....	22
3.4 Diagram kerja rekonstruksi posisi benda .....	23
4.1 Objek domain 16 piksel .....	27
4.2 Pengambilan data pada desain melingkar .....	28
4.3 Grafik perbandingan intensitas <i>Wi-Fi</i> desain melingkar ketika tidak ada benda dengan ketika ada benda di sel ke-6 pada Tx <sub>4</sub> .....	29
4.4 Grafik perbandingan intensitas <i>Wi-Fi</i> desain melingkar ketika tidak ada benda dengan ketika ada benda di sel ke-10 pada Tx <sub>2</sub> .....	29
4.5 Pengambilan data pada desain berhadapan.....	31
4.6 Grafik perbandingan intensitas <i>Wi-Fi</i> desain berhadapan ketika tidak ada benda dengan setelah ada benda di sel ke-6 pada Tx <sub>3</sub> .....	32
4.7 Grafik perbandingan intensitas <i>Wi-Fi</i> desain berhadapan ketika tidak ada benda dengan setelah ada benda di sel ke-10 pada Tx <sub>7</sub> .....	32
4.8 Pengambilan data pada desain Tx dikelilingi Rx .....	34

4.9	Grafik perbandingan intensitas <i>Wi-Fi</i> desain Tx dikelilingi Rx ketika tidak ada benda dengan setelah ada benda di sel ke-6 pada Tx <sub>2</sub> .....	35
4.10	Grafik perbandingan intensitas <i>Wi-Fi</i> desain Tx dikelilingi Rx ketika tidak ada benda dengan setelah ada benda di sel ke-10 pada Tx <sub>1</sub> .....	35
4.11	Titik pusat sel pada <i>sensing area</i> .....	37
4.12	Citra hasil rekonstruksi posisi objek pada sel ke-6 dan sel ke-10 ....	38



**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
Data hasil pengukuran intensitas sinyal <i>WI-FI</i> sebelum ada benda dan setelah ada benda pada desain melingkar, berhadapan dan Tx dikelilingi Rx .....	45





## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tomografi memungkinkan untuk memvisualisasi struktur bagian dalam dari sebuah objek tanpa memasukkan alat ke dalam objek (Kalender, 2000). Umumnya sistem tomografi digunakan dalam pencitraan sinar-x yaitu pada *Computed Tomography* (CT). CT adalah sebuah teknik untuk pencitraan penampang suatu objek menggunakan serangkaian pengukuran sinar-x yang diambil dari berbagai sudut sekitar objek. Pada prinsipnya, CT menciptakan gambar penampang dengan merekonstruksi proyeksi objek dengan foton dipancarkan melewati salah satu bidang objek. Ketika sinar-x (foton yang dipancarkan) melewati sebuah objek, maka beberapa akan diserap dan beberapa ditransmisikan, sehingga terjadi pengurangan intensitas sinar-x yang disebut atenuasi. Foton yang ditransmisikan benda, diterima oleh detektor dan divisualisasikan dengan komputer, kemudian rekonstruksi dari objek yang dipindai akan tampak pada komputer (Cantatore dan Muller, 2011). Implementasi dari sistem sinar-x CT pertama kali yaitu pada bidang kesehatan berupa *CT Scanner*. Selain itu di bidang industri, CT digunakan untuk pengujian benda tanpa merusak dan CT sinar-x telah diaplikasikan pada bidang lainnya meliputi bidang pangan, elektronik, geofisika, militer, arkeologi, keamanan, dan automotif. Keuntungan dari sistem ini yaitu tidak merusak objek, dapat menggambarkan struktur dalam objek dan dapat digunakan sebagai alat diagnosis. Kekurangan dari sistem ini yaitu radiasi ionisasi yang dapat menyebabkan perubahan sel normal dan kematian sel serta perubahan genetik (Su *et al*, 2005). Oleh sebab itu, diperlukan alternatif sistem untuk mensubstitusi keadaan tersebut. Salah satu alternatif tersebut yaitu *Microwave Tomography System* (MTS).

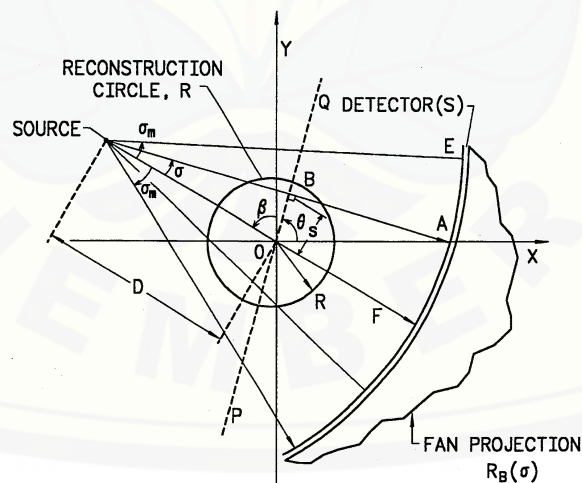
MTS merupakan teknik pencitraan struktur dalam suatu objek menggunakan gelombang mikro. Saat ini pengembangan MTS dalam bidang biomedik sangat menarik, karena memiliki potensi untuk memberikan informasi tentang kondisi psikologi dan struktur anatomi jaringan manusia. Dalam pengembangannya pada bidang biomedik, MTS dibagi menjadi dua sistem yaitu

sistem aktif dan pasif. Pada sistem pasif, energi radiasi diterima dari objek yang dicitrakan dalam bentuk medan elektromagnetik lemah dari jaringan manusia. Pada sistem aktif, objek disinari dengan gelombang mikro dan medan terhambur diukur di sekitar objek pada sejumlah posisi yang berbeda (Petrovic, 2014). Gelombang terhambur terjadi karena gelombang mikro yang ditransmisikan ke obyek mengalami difraksi (Richmond, 1965). Kelebihan menggunakan MTS yaitu menghindari radiasi ionisasi, spesifik, lebih murah dan metodenya lebih cepat. Masalah dari metode ini yaitu MTS memiliki efek difraksi yang menyebabkan sukar dalam proses pencitraan atau yang dikenal dengan pencitraan tomografi, sehingga belum banyak aplikasi dari sistem ini.

Pencitraan tomografi merupakan teknologi untuk mencitrakan objek pasif dengan suatu sinyal gelombang. Untuk mencitrakan objek pasif, tomografi dibedakan menjadi dua jenis yaitu tomografi linier dan tomografi tak linier. Tomografi linier merupakan proses pencitraan yang mengukur atenuasi gelombang pada detektor yang searah dengan objek. Ketika sinar-x dipancarkan melewati objek, maka atenuasi yang terukur akan menghasilkan model proyeksi dari objek tersebut (Denisov *et al.*, 2005). Keuntungan sistem ini lebih mudah dalam rekonstruksi sehingga aplikatif dan waktu yang dibutuhkan lebih cepat, tetapi informasi data yang diperoleh sedikit dan tidak dapat menghasilkan ketebalan irisan yang sesungguhnya. Tomografi tak linier adalah proses pencitraan dengan mengukur gelombang yang dihamburkan dan diteruskan di sekitar objek pada sejumlah posisi yang berbeda. Contoh tomografi tak linier yaitu MTS. Keuntungan tomografi tak linier, informasi data yang diterima lebih banyak dan dapat menghasilkan ketebalan irisan yang seragam. Namun kelemahan dari tomografi tak linier yaitu sangat sukar dalam proses rekonstruksi yang disebabkan adanya efek difraksi gelombang dan aplikasinya belum luas serta saat ini masih dikembangkan. Oleh sebab itu, pada penelitian ini akan dilakukan proses pencitraan tomografi tak linier menggunakan sistem tomografi linier yang memanfaatkan sinyal *Wi-Fi smartphone*.

Perkembangan *Wi-Fi tethering* merupakan pengembangan teknologi *Wi-Fi* yang memungkinkan *smartphone* untuk menyebarkan sinyal *Wi-Fi*. *Wi-Fi tethering*

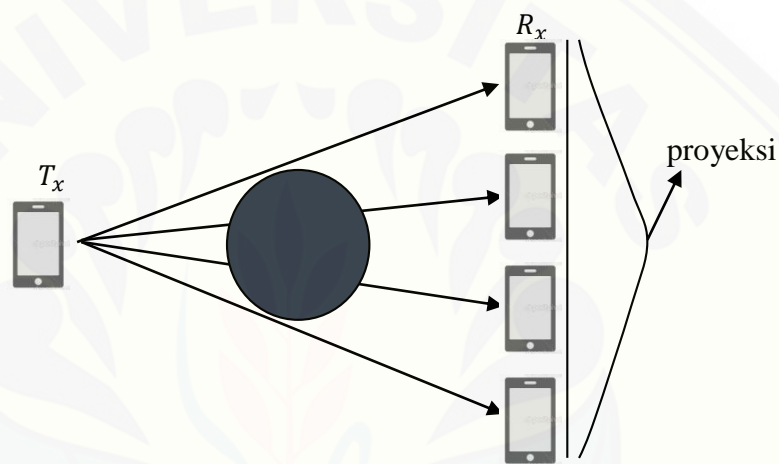
menggunakan gelombang radio untuk mengirim dan menerima data dengan kecepatan tinggi dan memiliki frekuensi kerja 2,4 GHz serta *Wi-Fi* beroperasi pada rentang frekuensi 2,4 GHz sampai dengan 2,484 GHz (Pahlavan dan Krishnamurthy, 2002). Kelebihan *Wi-Fi smartphone* antara lain mobilitas, fleksibel, *simple* dan mudah diperoleh. Selain itu, *Wi-Fi smartphone* memiliki kekurangan antara lain terjadi interferensi, difraksi dan jangkauannya terbatas. Namun, dalam hal ini sinyal *Wi-Fi smartphone* akan dimanfaatkan untuk merekonstruksi posisi suatu benda menggunakan sistem tomografi. Seperti yang diketahui, pada prinsipnya sistem tomografi menciptakan gambar dengan merekonstruksi proyeksi objek dari gelombang yang dipancarkan melewati objek tersebut seperti pada Gambar 1.1. Ketika *Wi-Fi* dipancarkan pada sebuah objek, sinyal *Wi-Fi* akan ada yang diserap, dihamburkan dan diteruskan, sehingga *Wi-Fi* termasuk tomografi tak linier. Pada penelitian ini, sinyal *Wi-Fi* yang dihamburkan akan diabaikan dan yang diukur hanya atenuasi sinyal *Wi-Fi* yang diteruskan, sehingga seakan-akan berperilaku seperti sinar-x, yang merupakan tomografi linier. Selanjutnya, dari sinyal *Wi-Fi smartphone* yang dipancarkan, dilakukan rekonstruksi data proyeksi benda yang akan dicitrakan.



Gambar 1.1 Prinsip tomografi (Sumber: Kak dan Slaney, 1988)

Data proyeksi diperoleh dari penyinaran benda dengan sinyal *Wi-Fi smartphone* yang menembus benda tersebut. Proyeksi benda diukur dengan

mengabaikan efek difraksi dan hanya menerima atenuasi dari sinyal *Wi-Fi smartphone*. Proses pengambilan data proyeksi dilakukan pada gelombang yang dipancarkan dari *transmitter* kemudian berinteraksi dengan objek dan diukur oleh *receiver* seperti Gambar 1.2. Data yang diukur berupa intensitas sinyal *Wi-Fi* yang diterima *receiver* yang telah mengalami atenuasi sepanjang jalur transmisi (Warsito, 2005). Data proyeksi diperoleh pada antena *receiver* Rx dengan antena *transmitter* Tx. Oleh sebab itu, diperlukan antena *array* untuk menangkap proyeksi objek tersebut.



Gambar 1.2 Data proyeksi benda menggunakan sinyal *Wi-Fi smartphone*

Antena *array* diperoleh dari susunan *transmitter* (Tx) dan *receiver* (Rx). Antena *array* digunakan untuk menangkap proyeksi benda yang akan direkonstruksi. Proyeksi benda mempengaruhi hasil dari rekonstruksi, sehingga dibutuhkan desain antena *array* yang tepat untuk mendapatkan hasil rekonstruksi yang sesuai. Spruijt *et al.* (1997) telah membandingkan antena yang diletakkan sejajar objek dengan antena yang diletakkan mengelilingi objek. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terlihat dari kedua variasi geometri tidak banyak pengaruh, hanya saja efisiensi dari antena yang sejajar objek mengharuskan objek atau antena digerakkan. Gerakan mekanis ini akan mempengaruhi ketelitian pengukuran. Pada penelitian ini, desain yang akan digunakan yaitu melingkar, berhadapan dan Tx dikelilingi Rx. Untuk desain melingkar, antena disusun melingkari benda dengan

setiap antena merupakan Tx maupun Rx. Selanjutnya, antena disusun sejajar pada dua sisi objek dengan jumlah antena tiap sisi sama. Terakhir, Rx akan disusun melingkar dengan Tx bersama objek berada di dalam lingkaran tersebut.

### 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh desain antena *array* pada hasil rekonstruksi posisi benda menggunakan *Wi-Fi smartphone*?

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

- a. Desain antena *array* yang digunakan ialah melingkar, berhadapan dan Tx dikelilingi Rx.
- b. Kualitas hasil rekonstruksi ditinjau berdasarkan citra hasil rekonstruksi posisi objek.

### 1.4 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh desain antena *array* pada hasil rekonstruksi posisi benda menggunakan *Wi-Fi smartphone*.

### 1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui aplikasi *Wi-Fi smartphone* dalam teknologi tomografi untuk merekonstruksi posisi benda.
- b. Mengetahui kualitas hasil rekonstruksi posisi benda dengan desain antena *array* melingkar, berhadapan kiri-kanan dan Tx dikelilingi Rx.
- c. Mengetahui desain antena *array* yang paling sesuai untuk memperoleh kualitas hasil rekonstruksi posisi benda terbaik.



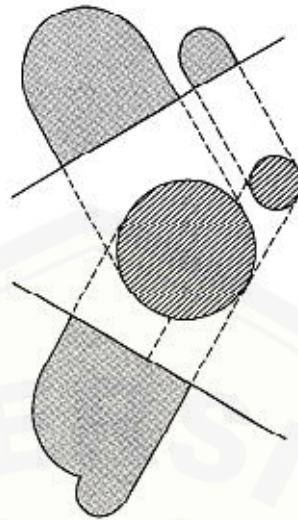
## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tomografi

Tomografi berasal dari kata dalam bahasa Yunani "tomos" yang artinya memotong sedangkan "grafi" yang artinya gambar. Tomografi adalah teknik untuk menghasilkan citra tampak lintang atau struktur internal suatu obyek dengan memanfaatkan radiasi foton gamma yang dapat menembus obyek dan dianalisa oleh suatu sistem deteksi (Suparta, 1999).

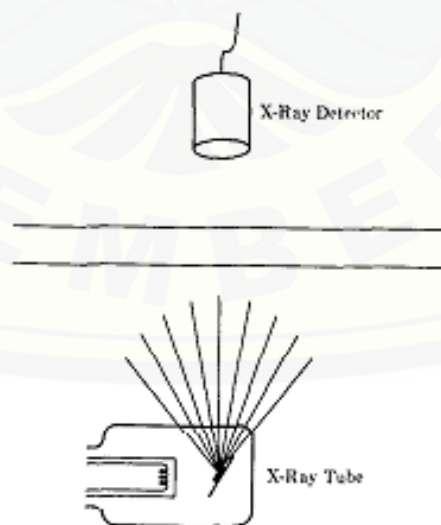
Tomografi mengacu pada pencitraan penampang objek dari data transmisi atau refleksi yang dikumpulkan dengan menyinari objek dari berbagai arah (Kak dan Slaney, 1988). Dampak dari teknik ini pada diagnosis kesehatan telah terbaharukan, karena memungkinkan dokter untuk melihat organ dalam dengan ketepatan dan keamanan yang belum pernah terjadi sebelumnya kepada pasien. Aplikasi medis pertama menggunakan sinar-x untuk membentuk citra jaringan berdasarkan koefisien atenuasi sinar-x. Namun baru-baru ini, pencitraan medis juga telah berhasil dilakukan dengan radioisotop, ultrasonik, dan resonansi magnetik, parameter yang dicitrakan berbeda dalam setiap kasus.

Pada dasarnya, pencitraan tomografi berhubungan dengan merekonstruksi citra dari proyeksi (Sumariyah *et al*, 2010). Dalam arti kata yang sempit, proyeksi pada sudut tertentu adalah integral gambar dengan arah yang ditentukan oleh sudut itu, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.1. Namun, dalam pengertian yang luas, proyeksi berarti informasi yang berasal dari energi yang ditransmisikan, saat benda disinari dari sudut tertentu. Ungkapan "proyeksi dari difraksi" mungkin digunakan saat sumber energi terdifraksi, seperti halnya gelombang ultrasonik dan gelombang mikro.



Gambar 2.1 Dua proyeksi dari sepasang silinder (Sumber: Kak dan Slaney, 1988)

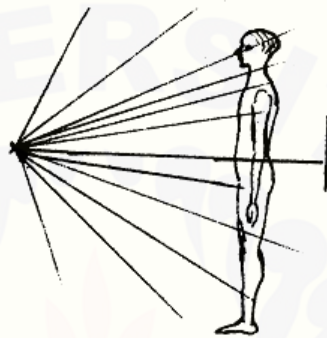
Dalam tomografi sinar-x, proyeksi terdiri atas integral dari koefisien atenuasi, untuk itu penting memahami parameter ini. Misalkan sinar-x yang menyebar melalui lempeng homogen dari beberapa bahan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2. Karena kita asumsikan bahwa foton bergerak sepanjang jalur sejajar satu sama lain, tidak ada intensitas sinar yang hilang karena perbedaan sinar. Namun, sinar tersebut menipis karena foton diserap oleh atom material atau tersebar jauh dari arah bergerak mereka yang sebenarnya.



Gambar 2.2 Tabung sinar-x menyinari material homogen dengan detektor untuk menentukan atenuasi objek (Sumber: Kak dan Slaney, 1988)



Dalam diagnostik sinar-x, memanfaatkan radiasi yang sebagian ditransmisikan dan sebagian diserap oleh objek yang diiradiasi (Quinto, 2005). Citra sinar-x menunjukkan variasi pada transmisi yang disebabkan oleh struktur di dalam objek dari variasi ketebalan, kerapatan atau komposisi atom yang bervariasi. Pada Gambar 2.3, atribut yang diperlukan untuk pencitraan sinar-x yaitu: sumber sinar-x, objek (pasien) dan detektor radiasi (reseptor gambar).



Gambar 2.3 Atribut dalam pencitraan sinar-x (Sumber: Carlsson dan Carlsson, 1996)

Sinar-x berperilaku seperti gelombang radio dan radiasi elektromagnetik cahaya tampak. Tetapi, sinar-x memiliki frekuensi lebih tinggi dan panjang gelombang yang lebih pendek daripada gelombang cahaya dan radio (Carlsson dan Carlsson, 1996).

Dalam formulasi tomografi transmisi yang paling sederhana, diasumsikan sinar bergerak sepanjang garis lurus melalui objek, intensitas awal sinar diketahui dan intensitas sinar saat keluar dari benda tersebut diukur untuk setiap baris. Tujuannya adalah untuk memperkirakan dan mencitrakan fungsi atenuasi sinar-x, yang berkorelasi erat dengan distribusi spasial bahan pelemahan di dalam objek. Misalnya, pelemahan dari atenuasi bisa mengindikasikan patah tulang (Byrne, 2009).

Pada dasarnya ada dua proses interaksi yang menghasilkan variasi transmisi foton melalui pasien yang menjadi dasar pencitraan sinar-x, yaitu hamburan dan penyerapan foton. Untuk hamburan terdiri dari dua macam: hamburan yang tidak

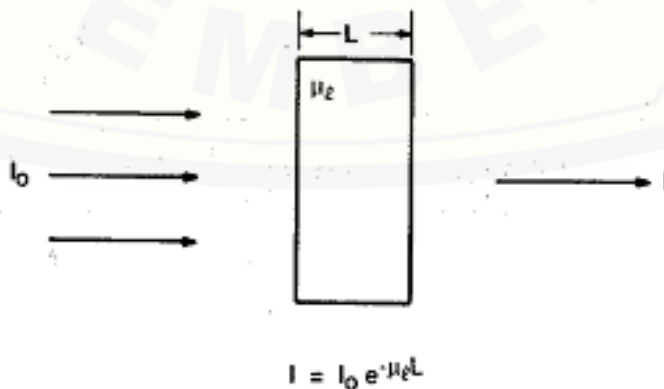
koheren (Compton) dan hamburan yang koheren. Sebuah foton yang telah mengalami proses interaksi akan hilang sebagai atenuasi utama: foton telah diserap atau telah berubah arah gerakannya. Sebuah foton yang berubah arah gerakannya disebut hamburan foton (Carlsson dan Carlsson, 1996).

## 2.2 Atenuasi

Intensitas radiasi berkurang ketika melewati suatu substansi. Ketika radiasi berinteraksi dengan materi, intensitasnya akan menurun saat melewati material. Sifat atenuasi radiasi akan menunjukkan seberapa tebal material yang dilewati dan berapa besar intensitas yang diterima. Ketika radiasi membawa energi saat ia bergerak, jumlah intensitas yang diterima bergantung pada bagaimana radiasi dilemahkan (Knoll, 1979). Salah satu contoh yaitu bagaimana intensitas sinar gamma berkurang saat melewati material. Sinar gamma pertama kali diidentifikasi pada tahun 1900 oleh Becquerel dan Villard sebagai komponen radiasi dari uranium dan radium yang memiliki penetrasi lebih tinggi daripada partikel alfa dan beta. Pada tahun 1909, Soddy dan Russell menemukan bahwa pelemahan sinar gamma mengikuti hukum eksponensial dan rasio koefisien atenuasi terhadap densitas bahan pelemahan hampir konstan untuk semua bahan.

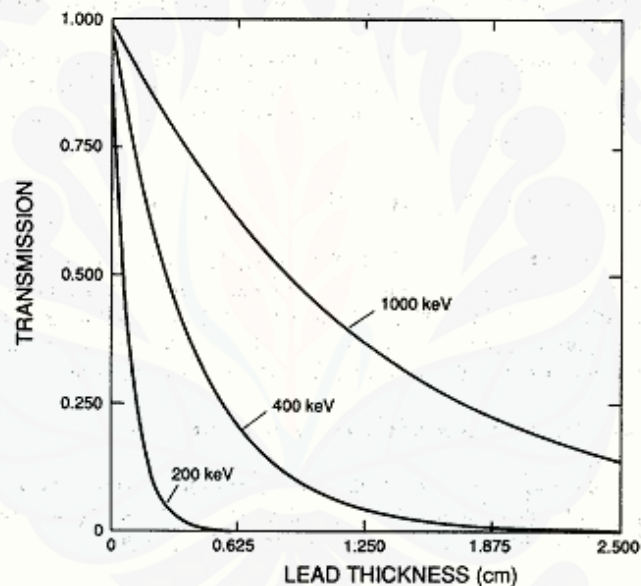
Gambar 2.4 mengilustrasikan percobaan atenuasi sederhana. ketika radiasi gamma dengan intensitas  $I_0$  melewati suatu peredam dengan ketebalan  $L$ , intensitas  $I$  ditransmisikan oleh penghalang tersebut, diberikan ekspresi eksponensial

$$I = I_0 e^{-\mu_e L} \quad (2.1)$$



Gambar 2.4 Prinsip dasar atenuasi sinar gamma (Sumber: Reilly *et al.*, 1991 )

Dimana persamaan (2.1) merupakan koefisien atenuasi linier dengan  $\mu_l$  adalah koefisien atenuasi (dinyatakan dalam  $\text{cm}^{-1}$ ). Rasio  $I / I_0$  disebut transmisi sinar gamma. Gambar 2.5 menggambarkan atenuasi eksponensial untuk tiga energi sinar gamma yang berbeda dan menunjukkan bahwa transmisi meningkat dengan meningkatnya energi sinar gamma dan berkurang dengan meningkatnya ketebalan peredam. Pengukuran dengan sumber dan peredam yang berbeda menunjukkan bahwa koefisien atenuasi ( $\mu_l$ ) bergantung pada energi sinar gamma dan nomor atom ( $Z$ ) dan densitas ( $\rho$ ) dari peredam. Misalnya, timbal memiliki kepadatan dan nomor atom tinggi dan mentransmisikan radiasi gamma lebih rendah daripada aluminium atau baja dengan ketebalan yang serupa (Reilly *et al.*, 1991).



Gambar 2.5 Transmisi sinar gamma (Sumber: Evans, 1955)

Koefisien atenuasi linier adalah koefisien peredaman yang paling sederhana untuk pengukuran secara eksperimen, namun biasanya tidak ditabulasikan karena bergantung pada densitas bahan peredam. Sebagai contoh, diberikan suatu energi, koefisien atenuasi linier air, es, dan uap semuanya berbeda meskipun bahan yang dilibatkan sama. Sinar gamma berinteraksi terutama dengan elektron atom. Oleh karena itu, koefisien atenuasi harus sebanding dengan densitas elektron  $P$ . Rasio  $Z / A$  hampir konstan untuk semua kecuali unsur terberat dan hidrogen.

$$P = Z\rho/A \quad (2.2)$$

Dimana P: densitas elektron ( $\text{g/cm}^3$ )  
 Z: nomer atom  
 $\rho$ : densitas massa ( $\text{g/cm}^3$ )  
 A: nomer massa

Rasio koefisien atenuasi linier terhadap densitas ( $\mu_e/\rho$ ) disebut koefisien atenuasi massa  $\mu$  dan memiliki dimensi luas per satuan massa ( $\text{cm}^2/\text{g}$ ). Koefisien atenuasi massa dapat ditulis dalam bentuk,  $\sigma(\text{cm}^2)$

$$\mu = \frac{N_0 \sigma}{A} \quad (2.3)$$

Dimana  $N_0$  adalah bilangan Avagadro ( $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ) dan A adalah berat atom peredam (gram). Penampang melintang yang dihasilkan kemungkinan merupakan interaksi sinar gamma dengan atom. Dengan menggunakan koefisien atenuasi massa, Persamaan (2.1) dapat ditulis ulang sebagai

$$I = I_0 e^{-\mu \rho L} = I_0 e^{-\mu x} \quad (2.4)$$

dimana  $x = \rho L$

jika logaritma natural diletakkan pada kedua sisi persamaan (4), maka

$$\ln(I) = \ln(I_0) + \ln(e^{-\mu x}) \quad (2.5)$$

dan

$$\ln(I) = \ln(I_0) - \mu x \quad (2.6)$$

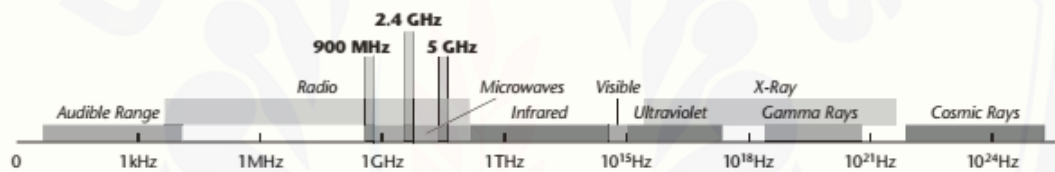
Persamaan ini berbentuk persamaan garis lurus,  $y = a + bx$ , dimana  $y = \ln(I)$ ,  $\ln(I_0) = a$ ,  $b = -\mu$ , dan  $x = x$ . Jika  $\ln(I)$  sebagai fungsi  $x$ , maka hasilnya harus berupa garis lurus yang kemiringannya negatif dan memiliki nilai  $\mu$ .

### 2.3 Jaringan Nirkabel (Wi-Fi)

Jaringan nirkabel mempunyai prinsip yang sama seperti pada telepon tanpa kabel dan semua perangkat nirkabel lainnya. Sebuah *transceiver* (kombinasi antara pemancar dan penerima) mengirimkan sinyal gelombang getar radiasi elektromagnetik menyebar dari antena, antena yang sama menerima sinyal dengan getaran yang tepat dengan melewatkan sinyal pada frekuensi yang tepat (Srirahayu *et al*, 2015).

Awalnya jaringan nirkabel menggunakan frekuensi radiasi elektromagnetik, yaitu inframerah. Jaringan inframerah memiliki (dan masih memiliki) keterbatasan yang sangat besar, yaitu akan memerlukan garis pandang yang sempurna dari satu *transceiver* inframerah ke lainnya. Di kantor besar dengan banyak bilik, sulit untuk memposisikan *transceiver* cukup tinggi sehingga sinyal bisa melewati partisi dan sama sulitnya memastikan orang berdiri di sekitar *gabbing* tidak menghalangi sinyal jaringan.

Jaringan nirkabel mengatasi masalah garis pandang dengan berpindah ke bagian yang berbeda dari spektrum elektromagnetik. Jaringan nirkabel modern biasanya bekerja pada 2,4 GHz atau 5 GHz, jauh di bawah spektrum cahaya tampak (Gambar 2.6). Pada frekuensi tersebut, panjang gelombang setiap transmisi sangat kecil sehingga sinyal bisa melewati benda yang tampak kokoh.



Gambar 2.6 Spektrum gelombang elektromagnetik (Sumber: Engst dan Fleishman, 2004)

Jaringan nirkabel bekerja sangat baik pada jarak pendek dalam ruangan. Namun, beberapa kendala interior bisa mengurangi kualitas sinyal dan membuatnya perlu menyesuaikan tata letak jaringan. Misalnya, dinding bata bisa menahan banyak air dan air bisa menghalangi energi dari frekuensi di mana jaringan 2,4 GHz bekerja (Khasanah *et al*, 2010). Beberapa rumah dan perkantoran memiliki logam di interiornya, saluran air dan logam juga bisa mengganggu sinyal jaringan. Dengan menggunakan sebagian spektrum yang dapat menembus benda padat merupakan langkah penting untuk membuat jaringan nirkabel, namun aspek penting lain dari jaringan nirkabel perlu ditingkatkan juga, bagaimana data benar-benar dikirim melalui gelombang radio dan diterima oleh *receiver*.

Jaringan nirkabel memiliki kemampuan untuk memilah-milah sinyal data yang tumpang tindih. Di daerah yang sangat padat, seperti jalanan kota yang terdapat banyak kafe atau kantor yang sibuk, beberapa atau bahkan beberapa lusin



perangkat pesaing mungkin mentransmisikan sinyal pada waktu yang bersamaan dengan serangkaian frekuensi. Perangkat nirkabel menggunakan salah satu dari dua pendekatan yang berbeda untuk mengatasi semua sinyal yang saling tumpang tindih ini: *frequency hopping spread spectrum* (sering disingkat FHSS atau hanya FH) atau *direct sequence spread spectrum* (sering disingkat menjadi DSSS atau DS) (Engst dan Fleishman, 2004).

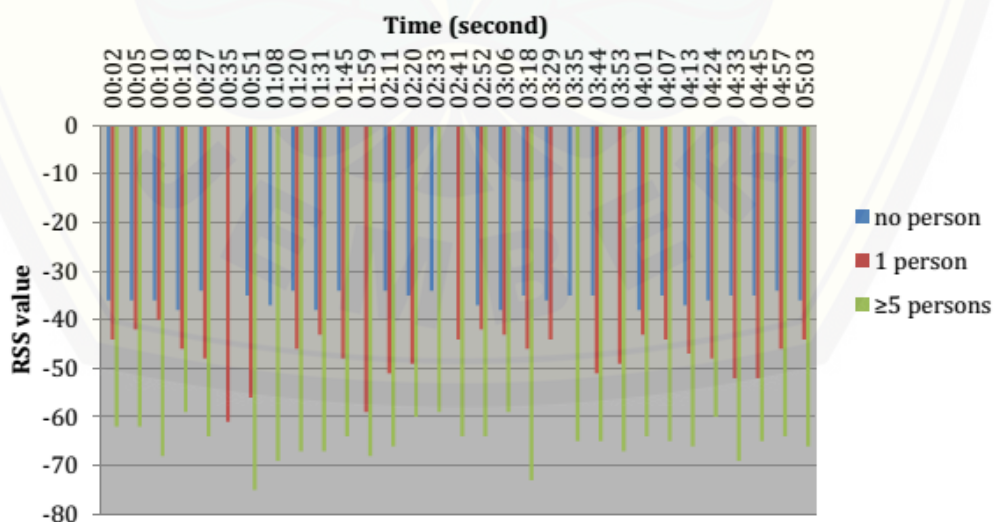
Dengan FHSS, frekuensi pada data yang ditransmisikan berubah sangat cepat. Pada salah satu *standard*, frekuensi berubah 1600 kali per detik. Pada *standard* lainnya, tingkat perubahannya lebih lambat. Namun, lompatan frekuensi pada semua *standard* memiliki banyak pola lompatan sehingga jaringan atau kelompok yang berbeda menggunakan *standard* yang sama di tempat yang sama memiliki probabilitas rendah untuk menggunakan frekuensi yang sama pada waktu yang sama (Engst dan Flesihman, 2004). DSSS merupakan sebuah metode pengiriman data dimana pengiriman dan penerimaan data berada pada range frekuensi 22 MHz. Chanel yang lebih lebar akan membuat peralatan dapat mengirim informasi lebih tinggi daripada sistem FHSS. DSSS menggabungkan sebuah data sinyal pada pusat pengiriman dengan kecepatan *bit sequence* yang tinggi dimana direferensikan sebagai *chipping code* atau penguatan prosesor. Sebuah prosesor yang tinggi akan menambah resistansi sinyal untuk saling berinterferensi (Sukaridhoto, 2009).

Saat ini *Wi-Fi* merupakan teknologi yang diakui dan digunakan secara luas untuk penentuan posisi (Hu, 2013). Posisi dapat ditentukan dengan akurasi yang baik dalam lingkungan *indoor* saat infrastruktur *Wi-Fi* tersedia. Sebagian besar pendekatan penentuan posisi menggunakan sistem *Wi-Fi* serupa dengan pendekatan sel ID. Metode *Received Signal Strength* (RSS) digunakan untuk sistem penentuan posisi *Wi-Fi* yang paling maju (Beom-Ju *et al*, 2010), di mana kekuatan sinyal *Wi-Fi* diamati dari berbagai APs di area yang diinginkan. Kemudian hasil pengamatan disimpan dalam database sebelum diterapkan untuk menentukan posisi sebenarnya di suatu area menggunakan sensor *Wi-Fi smartphone*. Pada penerapan penentuan posisi yang sesungguhnya, pengguna menentukan lokasinya dengan mencocokkan pengamatan kekuatan sinyal *Wi-Fi*-nya dengan nilai RSS pada

database. Satu kecocokkan terbaik ditentukan sebagai estimasi lokasi. APs juga disebut titik referensi lokasi yang telah diketahui.

*Smartphone* adalah telepon seluler yang menggunakan sistem operasi *mobile* dengan kemampuan komputasi dan konektivitas canggih. Telepon seluler dianggap sebagai miniatur komputer portabel karena mirip dengan laptop dan komputer. Berbagai sensor dibangun pada *smartphone*, yang awalnya dirancang untuk komunikasi dan hiburan, telah diadopsi sebagai layanan berbasis lokasi saat ini, dan penggunaan *smartphone* untuk penentuan posisi dalam ruangan sangat penting.

Tubuh manusia normal terdiri dari sekitar 70% air. Kekuatan sinyal *Wi-Fi* 2,4 GHz, yang memiliki frekuensi yang sama dapat sangat dilemahkan bila melewati air karena air dapat menyerap frekuensi tersebut. Ini berarti bahwa dalam beberapa kasus, orang yang berada di antara APs dan perangkat seluler dapat memblokir sinyal *Wi-Fi*. Gambar 2.7 menyajikan perbandingan variasi RSS yang diukur di lokasi yang sama, yaitu di ruang 33 lantai 10 Gedung 12 Universitas RMIT, dari AP yang sama dengan jumlah orang yang berbeda. Ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah orang yang menghalangi sinyal, semakin lemah RSS yang diukur (Hu, 2013).



Gambar 2.7 Efek perbedaan jumlah orang terhadap pengukuran RSS (Sumber: Hu, 2013)



Untuk jaringan nirkabel di kantor, penghalang seperti dinding, furnitur, dan orang-orang dapat mempengaruhi penyebaran sinyal. Berbagai jenis bahan bangunan menyebabkan tingkat penghalang yang berbeda. Di gedung bertingkat, melemahnya sinyal antara lantai yang berdekatan juga terjadi dan berkurang sekitar 6 dB biasanya dialami antara lantai yang berdekatan. Tabel 2.1 menunjukkan pelemahan khas yang disebabkan oleh berbagai bahan bangunan pada kekuatan sinyal 2.4 GHz (Rackley, 2007).

Tabel 2.1 Peredaman Sinyal oleh Beberapa Material Bangunan pada 2.4 GHz

Kisaran	Material	Pelemahan (dB)
Rendah	Kaca tak berwarna, pintu kayu, balok dinding <i>cinder</i>	2-4
Sedang	Dinding bata, marmer, <i>wiremesh</i> , kaca berwarna metallic	5-8
Tinggi	Beton, kertas, <i>ceramic bulletproof-glass</i>	10-15
Sangat Tinggi	Logam, cermin	>15

Sumber: Hu, 2013

#### 2.4 Algebraic Reconstruction Technique (ART)

Suatu pendekatan diperkenalkan oleh Gordon et al (1970), di mana masalah rekonstruksi citra dirumuskan sebagai sistem persamaan linier dan solusinya disediakan dengan metode iteratif. Tetapi pendekatan ini pertama kali digunakan oleh Hounsefield (1975), kemudian diamati bahwa metode iteratif ini serupa dengan metode yang diberikan oleh Kaczmarz (1937) untuk solusi sistem persamaan linier. ART banyak digunakan sebagai solusi berulang untuk masalah rekonstruksi citra dari proyeksi dalam CT (Nirvikar, 2012). Hal ini menunjukkan bahwa untuk masalah khusus, ART dapat diimplementasikan secara paralel pada susunan prosesor linier. Teknik paralel dapat diterapkan pada berbagai model geometris rekonstruksi citra.

*Algebraic Reconstruction Technique* (ART) yang diperkenalkan oleh Gordon *et al.* (1970), menggunakan sejumlah besar proyeksi untuk merekonstruksi distribusi kepadatan sinar 2D. Algoritma ART dimulai dengan beberapa perkiraan awal citra yang akan direkonstruksi dan memodifikasi perkiraan ini berulang kali sampai nilai piksel tampak memenuhi beberapa kriteria. ART memutuskan

bagaimana memodifikasi citra dengan menjumlahkan piksel pada beberapa jalur lurus dan membandingkan jumlah ini dengan jumlah sinar yang diukur. Metode ART dalam CT didasarkan pada representasi integral garis proyeksi sebagai jumlah sinar diskrit (Nirvikar, 2012).

Citra yang akan direkonstruksi dalam bidang dibagi menjadi sejumlah besar piksel (elemen persegi) yang diberi nomor 1 sampai  $n$ . Pelemahan total (penyerapan dan refleksi) radiasi (sinar-x dan sebagainya) diasumsikan konstan untuk piksel  $x_j$  yang dapat bervariasi dari piksel ke piksel pada gambar. Perpotongan sinar ke- $i$  (garis antara sumber dan detektor) dengan pixel ke- $j$ ,  $W_{ij}$  mewakili berat kontribusi piksel  $j$  ke total pelemahan energi sepanjang sinar yang dilambangkan dengan  $y_i$  (data/pengukuran). Dengan demikian,  $y_i$  mewakili integral garis dari fungsi atenuasi yang tidak diketahui di sepanjang sinar. Ini berarti integral garis adalah jumlah pelemahan yang dihasilkan oleh semua piksel dalam satu garis dan keseluruhan gambar dapat digambarkan oleh sistem persamaan linier.

$$y_i = \sum_{j=1}^n W_{ij} x_j, i = 1, 2, \dots, m \quad (2.7)$$

Dalam bentuk matriks, persamaan (4) dapat ditulis menjadi

$$y = A_{m \times n} f_{n \times 1} = P_{m \times 1} \quad (2.8)$$

Dimana

$f_{n \times 1} = (f_1, f_2, \dots, f_n)$  adalah vektor citra,

$P_{m \times 1} = (P_1, P_2, \dots, P_m)$  adalah vektor yang diukur dan

$A_{m \times n} = (W_{ij})$  adalah matriks proyeksi.

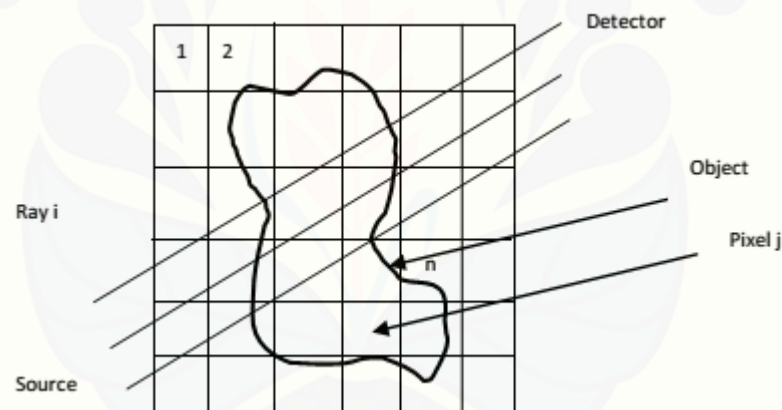
Sehingga masalah dari rekonstruksi citra dari proyeksi sekarang adalah mendapatkan nilai  $f$  dari persamaan (2.8).

Seperti disebutkan di atas, diambil sebuah persegi yang dibagi menjadi kotak kartesian dari piksel persegi (Gambar 2.8). Ukuran piksel dipilih sesuai dengan resolusi yang dibutuhkan untuk pengukuran yang disebut data proyeksi. Nilai atenuasi di tengah piksel diambil sebagai fungsi untuk piksel tersebut dan diasumsikan sama sepanjang piksel, misalkan  $f_j$  untuk piksel ke- $j$ . Piksel diberi nomor dari pojok kiri atas ke pojok kanan bawah seperti 1, 2, 3, ...,  $n-1$ ,  $n$ . Total pelemahan energi sepanjang garis disebutkan bahwa garis ke- $i$  dilambangkan

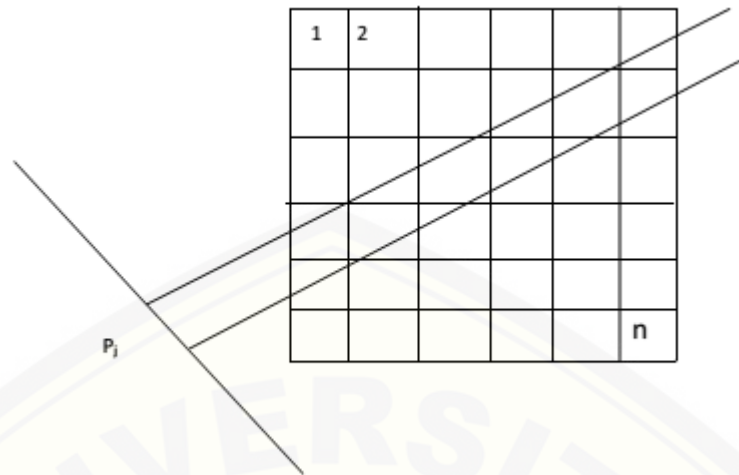
dengan  $P_i$  adalah jumlah absorpsi pada semua piksel yang berpotongan dengan sinar (garis) untuk  $i = 1, 2, \dots, m-1, m$ . Jadi model pengukuran fisiknya adalah

$$\sum_{j=1}^n W_{ij} f_j = P_i; \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.9)$$

Dimana  $f_j$  adalah nilai fungsi gambar untuk piksel ke- $j$  sedangkan  $P_i$  adalah pengukuran redaman total sepanjang sinar dan  $W_{ij}$  adalah koefisien perpotongan sinar  $i$  dengan piksel ke- $j$ . Semua uraian ini ditunjukkan pada Gambar 2.8. Pada Gambar 10, sumber digunakan untuk mentransmisikan energi melalui objek dan detektor berada di sisi lain untuk menerima energi yang ditransmisikan, diskritisasi objek dalam bentuk piksel dimana energi ditransmisikan seperti yang telah ditunjukkan. Gambar 2.9 menunjukkan strip garis untuk elemen proyeksi  $P_j$  yang menunjukkan data pengukuran (penjumlahan strip garis yang melewati benda) untuk menemukan nilai citra.



Gambar 2.8 Digitasi citra dan data proyeksi (Sumber: Nirvikar, 2012 )



Gambar 2.9 Proyeksi jumlah perpotongan piksel (Sumber: Nirvikar, 2012)

Selanjutnya konsep solusi dari sistem persamaan linier harus dipilih. Solusi dari masalah rekonstruksi citra dimaksudkan untuk mendapatkan solusi sistem persamaan aljabar linier yang diberikan dalam persamaan (2.8), berbagai metode penyelesaian persamaan (2.8) dengan berbagai asumsi. Untuk menyelesaikan sistem persamaan linier (2.9), identik dengan algoritma Kaczmarz, metode iteratif di mana nilai fungsi  $f_j$  untuk setiap piksel yang berpotongan dengan sinar, disebutkan 'i' pada iterasi ke-k diubah menjadi  $(k + 1)$  dengan mendistribusi ulang perbedaan (*error*) antara nilai pengukuran (proyeksi) secara langsung untuk sinar ke-i dari iterasi citra ke-k  $\sum_{j=1}^n W_{ij} f_j^k$  diantara piksel sinar ke-i sebanding dengan  $W_{ij}$ . Jika diasumsikan  $f^k = (f_1^k, f_2^k, \dots, f_n^k)$  sebagai iterasi citra ke-k, kemudian  $\mathbf{f}^0 \in \mathbb{R}^n$  dipilih, sehingga langkah iteratifnya yaitu

$$f_j^{k+1} = f_j^k + \frac{p_i - \sum_{j=1}^n W_{ij} f_j^k}{\sum_{j=1}^n W_{ij}^2} W_{ij} \quad (2.10)$$

$$\sum_{j=1}^n W_{ij} f_j^k = Q_i$$

$f_j^{k+1}$ , dikoreksi menggunakan  $\Delta f_j^k$ , dimana

$$\Delta f_j^k = f_j^k - f_j^{k+1} + \frac{p_i - Q_i}{\sum_{j=1}^n W_{ij}^2} W_{ij} \quad (2.11)$$

$P_i$  adalah jumlah sinar yang diukur sepanjang sinar ke- $i$ ,  $Q_i$  dapat dianggap sinar pembanding yang dihitung untuk sinar yang sama berdasarkan solusi ke- $(k + 1)$ . Koreksi  $\Delta f_j^i$ , untuk sel ke- $j$  diperoleh dengan menghitung selisih antara jumlah sinar yang diukur dan jumlah sinar yang dihitung, menormalisasi perbedaan ini menggunakan  $\sum_{j=1}^n W^2 ij$ , kemudian menempatkan nilai tersebut pada semua sel di sinar ke- $i$ , setiap penempatan disesuaikan dengan  $W_{ij}$  (Kak dan Slaney, 1988).

Dalam beberapa implementasi ART,  $W_{ij}$  di persamaan (2.11) dapat diganti oleh 1 dan 0, tergantung pada apakah pusat sel ke- $k$  berada di bawah sinar. Hal ini membuat implementasinya lebih mudah karena keputusan seperti itu dapat dengan mudah dilakukan pada saat perhitungan berjalan. Dalam hal ini penyebut pada persamaan (2.11) diberikan oleh  $\sum_{j=1}^n W^2 ij = N_i$  yang merupakan jumlah sel citra yang pusatnya berada diantara sinar ke- $i$ . Koreksi ke sel ke- $j$  dari persamaan ke- $i$ , sekarang dapat ditulis sebagai

$$\Delta f_j^k = \frac{P_i - Q_i}{N_i} \quad (2.12)$$

Diperkirakan pada persamaan (2.12), walaupun mudah diterapkan, tetapi sering mengarah pada kesalahan dalam citra yang tidak ada hubungannya dengan objek yang diperiksa pada saat direkonstruksi, terutama jika  $N_i$  bukan perkiraan yang tepat. Rekonstruksi yang bagus dapat diperoleh jika persamaan (2.12) digantikan oleh

$$\Delta f_j^i = \frac{P_i}{L_i} - \frac{Q_i}{N_i} \quad (2.13)$$

Dimana  $L_i$  adalah panjang sel dari sinar ke- $i$  yang melalui daerah rekonstruksi.



### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Rancangan Penelitian

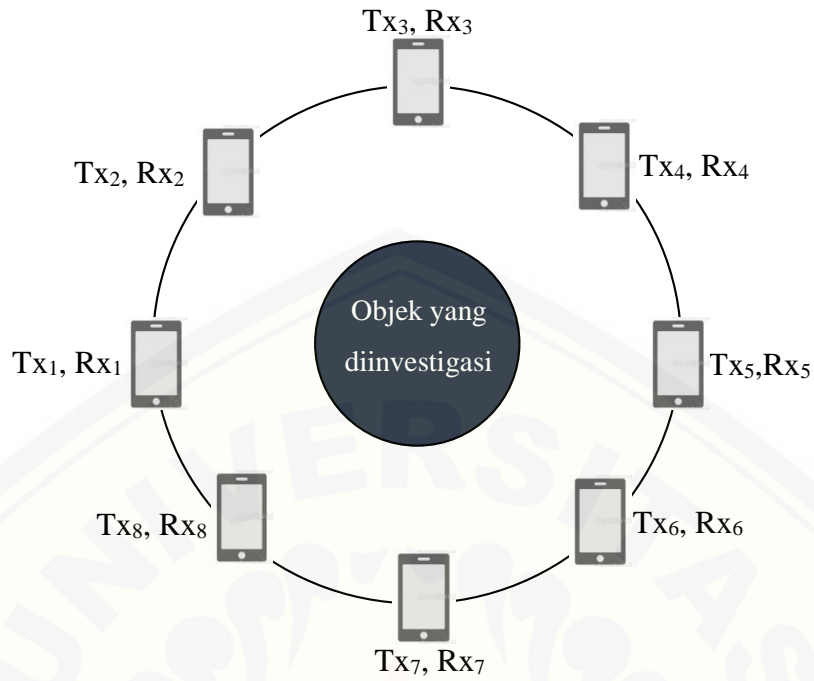
Penelitian dilakukan untuk menentukan posisi benda berbasis *Wi-Fi smartphone tomography*. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental, diawali dengan membuat desain antena *array* yang terdiri atas *smartphone* dengan fitur *tethering Wi-Fi*, antara lain desain melingkar, berhadapan dan Tx dikelilingi Rx. Selanjutnya dari masing-masing desain akan diberi perlakuan untuk menentukan posisi objek dengan objek yang investigasi yaitu manusia. Hasil dari perlakuan tiap desain direkonstruksi menggunakan MATLAB. Citra hasil rekonstruksi dari tiap desain diuji berdasarkan kualitas citra. Uji kualitas citra dievaluasi berdasarkan kecocokan posisi yang dihasilkan. Selanjutnya dari hasil pengujian digunakan untuk menentukan desain mana yang paling efektif untuk mendeteksi posisi benda.

#### 3.2 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Auditorium Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember. Waktu pengambilan data mulai dari Bulan Agustus sampai September 2017.

#### 3.3 Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan untuk menentukan posisi benda merupakan data primer yang diperoleh melalui penelitian. Untuk mendapatkan data, dilakukan pengukuran dari tiap desain antena *array* yang telah ditentukan. Pada desain melingkar yakni antena Tx dan Rx disusun melingkari benda yang diuji seperti pada Gambar 3.1. Jumlah antena yang digunakan adalah 8 buah dan setiap antena bisa menjadi Tx maupun Rx. Pengukuran dilakukan dengan menentukan salah satu antena menjadi Tx dan antena lainnya menjadi Rx. Proses ini dilakukan secara bergantian pada seluruh antena.



Gambar 3.1 Desain antenna *array* melingkar.

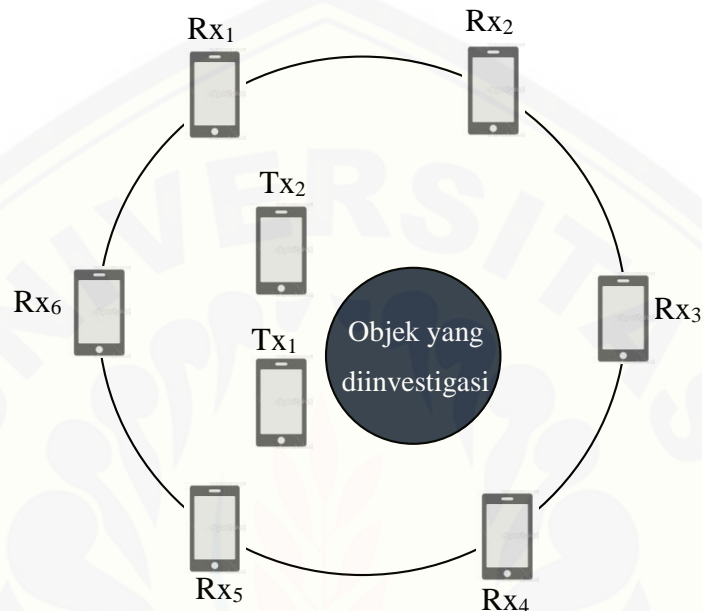
Selanjutnya yakni desain berhadapan, dimana antenna disusun seperti Gambar 3.2. Jumlah antenna yang digunakan 8 buah dengan setiap antenna merupakan Tx dan Rx.



Gambar 3.2 Desain antenna *array* berhadapan.



Antena disusun sejajar berhadapan membentuk 4 pasang antena. Pengukuran dilakukan dengan menentukan salah satu antena pada satu sisi menjadi Tx sedangkan antena-antena disisi lainnya menjadi Rx. Proses berlangsung dengan bergantian pada tiap sisi hingga seluruh antena.



Gambar 3.3 Desain antena *array* Tx dikelilingi Rx.

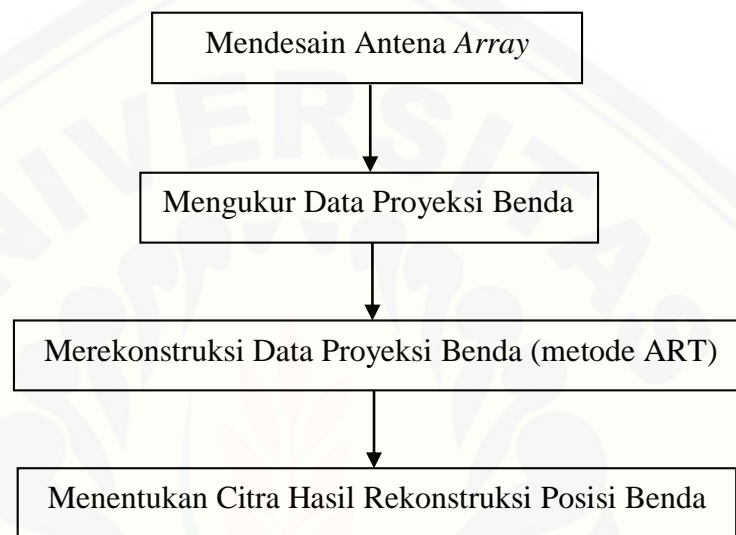
Desain terakhir yaitu Tx dikelilingi oleh Rx seperti pada Gambar 3.3. Antena disusun dengan meletakkan Tx di dalam susunan Rx. Jumlah antena yang digunakan 8 buah dengan dua antena sebagai Tx dikelilingi oleh enam Rx. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan Tx1 dan Tx2 secara bergantian antena lainnya sebagai Rx

### 3.4 Definisi Oprasional Variabel dan Skala Pengukuran

Pada penelitian ini diberikan perlakuan pada suatu variabel penelitian untuk mempengaruhi variabel lainnya. Terdapat dua variabel pada penelitian ini, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas berupa desain antena *array*, dimana dibuat tiga desain dengan arsitektur antena yang berbeda. Desain antena *array* dibuat melingkar, berhadapan dan Tx dikelilingi Rx, dimana setiap desain

mempengaruhi kualitas hasil rekonstruksi posisi. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kualitas hasil rekonstruksi posisi yang ditinjau berdasarkan citra hasil rekonstruksi posisi benda.

### 3.5 Kerangka Pemecahan Masalah



Gambar 3.4 Diagram kerja rekonstruksi posisi benda

Berdasarkan Gambar 3.4, penelitian diawali dengan membuat desain antena *array*. Dibuat tiga desain menggunakan 8 antena yaitu melingkar, berhadapan dan Tx dikelilingi oleh Rx. Untuk mengukur proyeksi data pada tiap desain pengukuran dilakukan menggunakan 1 Tx dan  $n$ Rx. Pada desain melingkar, pengukuran data proyeksi dilakukan dengan menentukan salah satu antena sebagai Tx antena lainnya sebagai Rx. Diawali dengan antena pertama ditentukan sebagai Tx<sub>1</sub> antena lainnya sebagai Rx. Kemudian antena kedua ditentukan sebagai Tx<sub>2</sub> dan antena lainnya sebagai Rx. Proses ini terus berlangsung hingga seluruh antena bergantian sebagai Tx dan Rx. Selanjutnya desain berhadapan, pengukuran proyeksi data dilakukan dengan menentukan salah satu antena pada satu sisi sebagai Tx dan antena pada sisi lain sebagai Rx. Antena pertama sebagai Tx<sub>1</sub>, antena pada sisi lainnya sebagai Rx. Proses ini terus dilakukan hingga seluruh antena pada kedua sisi telah ditentukan sebagai Tx dan Rx. Untuk desain Tx dikelilingi Rx, ditentukan dua antena sebagai

$Tx_1$  dan  $Tx_2$  yang dikelilingi oleh enam antena sebagai Rx. Pengukuran data proyeksi dilakukan dengan menggunakan salah satu antena Tx secara bergantian. Pengukuran proyeksi dari tiap desain dilakukan dengan mengukur intensitas sinyal *Wi-Fi* yang diterima Rx menggunakan aplikasi pada *smartphone*. Pertama mengukur intensitas ketika tidak ada benda ( $I_0$ ). Selanjutnya mengukur intensitas sinyal ketika ada benda ( $I$ ). Kemudian atenuasi sinyal dihitung menggunakan persamaan (2.6). Data yang diperoleh dicatat dalam bentuk matriks sebagai  $Q_{ij}$ ,  $i = Tx_1, Tx_2, \dots, Tx_n$  dan  $j = Rx_1, Rx_2, \dots, Rx_n$  seperti pada tabel berikut.

Tabel 3.1 Data perhitungan proyeksi pada desain melingkar

Tx \ Rx	1	2	3	4	5	6	7	8
1	X	$Q_{1,2}$	$Q_{1,3}$	$Q_{1,4}$	$Q_{1,5}$	$Q_{1,6}$	$Q_{1,7}$	$Q_{1,8}$
2	$Q_{2,1}$	X	$Q_{2,3}$	$Q_{2,4}$	$Q_{2,5}$	$Q_{2,6}$	$Q_{2,7}$	$Q_{2,8}$
3	$Q_{3,1}$	$Q_{3,2}$	X	$Q_{3,4}$	$Q_{3,5}$	$Q_{3,6}$	$Q_{3,7}$	$Q_{3,8}$
4	$Q_{4,1}$	$Q_{4,2}$	$Q_{4,3}$	X	$Q_{4,5}$	$Q_{4,6}$	$Q_{4,7}$	$Q_{4,8}$
5	$Q_{5,1}$	$Q_{5,2}$	$Q_{5,3}$	$Q_{5,4}$	X	$Q_{5,6}$	$Q_{5,7}$	$Q_{5,8}$
6	$Q_{6,1}$	$Q_{6,2}$	$Q_{6,3}$	$Q_{6,4}$	$Q_{6,5}$	X	$Q_{6,7}$	$Q_{6,8}$
7	$Q_{7,1}$	$Q_{7,2}$	$Q_{7,3}$	$Q_{7,4}$	$Q_{7,5}$	$Q_{7,6}$	X	$Q_{7,8}$
8	$Q_{8,1}$	$Q_{8,2}$	$Q_{8,3}$	$Q_{8,4}$	$Q_{8,5}$	$Q_{8,6}$	$Q_{8,7}$	X

Tabel 3.2 Data perhitungan proyeksi pada desain berhadapan

Tx \ Rx	1	2	3	4	5	6	7	8
1	X	X	X	X	$Q_{1,5}$	$Q_{1,6}$	$Q_{1,7}$	$Q_{1,8}$
2	X	X	X	X	$Q_{2,5}$	$Q_{2,6}$	$Q_{2,7}$	$Q_{2,8}$
3	X	X	X	X	$Q_{3,5}$	$Q_{3,6}$	$Q_{3,7}$	$Q_{3,8}$
4	X	X	X	X	$Q_{4,5}$	$Q_{4,6}$	$Q_{4,7}$	$Q_{4,8}$
5	$Q_{5,1}$	$Q_{5,2}$	$Q_{5,3}$	$Q_{5,4}$	X	X	X	X
6	$Q_{6,1}$	$Q_{6,2}$	$Q_{6,3}$	$Q_{6,4}$	X	X	X	X
7	$Q_{7,1}$	$Q_{7,2}$	$Q_{7,3}$	$Q_{7,4}$	X	X	X	X
8	$Q_{8,1}$	$Q_{8,2}$	$Q_{8,3}$	$Q_{8,4}$	X	X	X	X

Tabel 3.3 Data perhitungan proyeksi pada desain Tx dikelilingi Rx

$\begin{matrix} \text{Rx} \\ \text{Tx} \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6	7	8
1	$Q_{1,1}$	$Q_{1,2}$	$Q_{1,3}$	$Q_{1,4}$	$Q_{1,5}$	$Q_{1,6}$	$Q_{1,7}$	$Q_{1,8}$
2	$Q_{2,1}$	$Q_{2,2}$	$Q_{2,3}$	$Q_{2,4}$	$Q_{2,5}$	$Q_{2,6}$	$Q_{2,7}$	$Q_{2,8}$

Untuk selanjutnya data yang telah diperoleh akan direkonstruksi menggunakan algoritma ART pada persamaan (2.10).

### 3.6 Metode Analisis Data

Setelah data yang diperoleh direkonstruksi menggunakan algoritma ART, kemudian dilakukan analisa data untuk membandingkan hasil rekonstruksi pada desain melingkar, berhadapan dan Tx dikelilingi Rx berdasarkan citra hasil rekonstruksi posisi. Analisa yang dilakukan menggunakan metode deskriptif kualitatif. Selanjutnya dilakukan identifikasi penjabaran dari citra hasil rekonstruksi tiap desain yang diperoleh. Citra hasil rekonstruksi akan dianalisa berdasarkan fakta-fakta atau hasil yang tampak dan yang ditunjukkan pada tiap desain.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Citra hasil rekonstruksi dari tiga desain antena *array* pada penelitian ini menunjukkan bahwa masing-masing desain berpengaruh terhadap hasil rekonstruksi posisi. Untuk desain melingkar dapat merekonstruksi posisi objek sesuai dengan yang diteliti. Sedangkan desain berhadapan dan Tx dikelilingi Rx tidak dapat merekonstruksi posisi objek sesuai dengan posisi sebenarnya. Hal ini disebabkan karena arsitektur desain berpengaruh dalam proses pengambilan data proyeksi yang digunakan untuk merekonstruksi posisi. Desain melingkar melakukan pengukuran dari berbagai sisi objek sedangkan desain berhadapan dan Tx dikelilingi Rx hanya dari beberapa sisi. Akurasi posisi pada penelitian ini ditentukan dari kecocokan hasil rekonstruksi tiap desain dengan posisi sebenarnya. Dari tiga desain yang digunakan, hasil rekonstruksi yang menunjukkan kecocokan dengan posisi objek sebenarnya yaitu desain melingkar.

### 5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan *smartphone* dengan merk dan jenis yang sama agar mendapatkan data proyeksi yang baik. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menggunakan *Transmitter* dan *Receiver* lebih banyak sehingga dapat melakukan scan objek dengan baik. Peneliti selanjutnya juga dapat menggunakan metode algoritma yang lain dalam merekonstruksi data proyeksi untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal. Untuk itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang desain antena *array* dan metode algoritma yang digunakan dalam deteksi posisi berbasis *Wi-Fi smartphone tomography*.



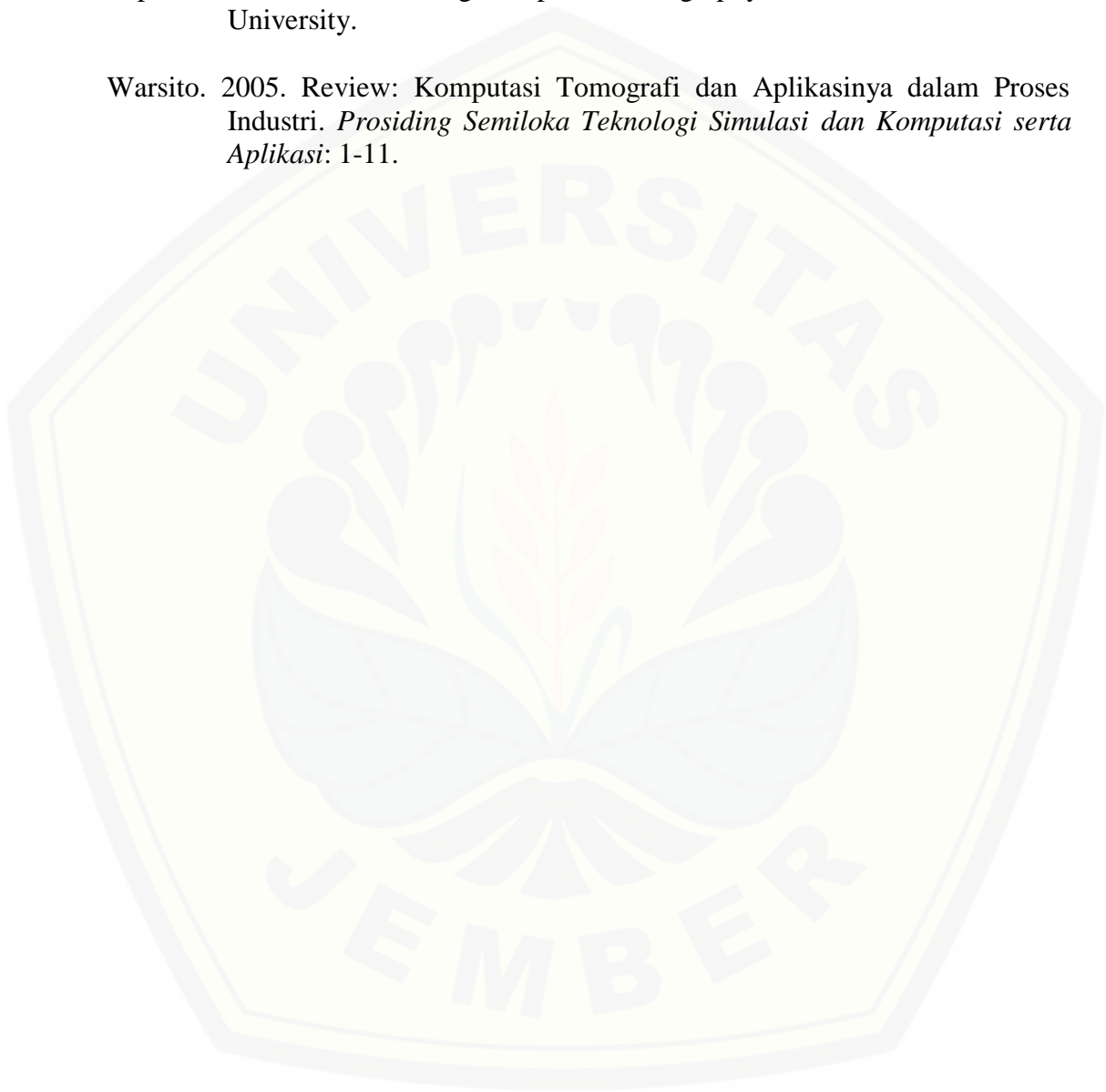
**DAFTAR PUSTAKA**

- Beom-Ju, S., K. W. Lee, S. H. Choi, J. Y. Kim., W. J. Lee. dan H. S. Kim. 2010. Indoor Wi-Fi Positioning System for Danroid-Based Smartphone. *Information dan Communication Technology Convergence (ICTC) International Conference on*.
- Byrne, C. L. 2009. *Applied dan Computational Linear Algebra: A First Course*. Lowell: University of Massachusetts Lowell.
- Cantatore, A. dan P. Müller. 2011. *Introduction to computed tomography*. Kgs.Lyngby: DTU Mechanical Engineering.
- Carlsson, C. A. dan G. A. Carlsson. 1996. *Basic Physics of X-ray Imaging*. Sweden: Linköping University.
- Denisov, I. V., Y. N. Kulchin, A. V. Panov dan N. A. Rybalchenko. 2005. Neural Network Method of Reconstruction Tomography Problem Solutions. *Optical Memory & Neutral Networks*. 14 (1): 45-48.
- Engst, A dan G. Fleishman. 2004. *The Wireless Networking Starter Kit Second Edition*. Berkeley: Peachpit Press.
- Evans, R. D. 1955. *The Atomic Nucleus*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Gordon, R, R. Bender, dan G. T. Herman. 1970. Algebraic Reconstruction Techniques (ART) for Three-Dimensional Electron Microscopy dan X-ray Photography. *J. Theoret. Biol.* 29: 471-482.
- Hounsfield, G. N. 1975. *A Method of dan Apparatus for Examination of a Body by Radiation such as X or Gamma Radiation*. London: US Patent.
- Hu, B. 2013. Wi-Fi Based Indoor Positioning System Using Smartphones. *Thesis*. Melbourne: Royal Melbourne Institute of Technology (RMIT) University.
- Kaczmarz, S. 1937. Angentihrtte Auflosung von Systemen linearer Gleichungen. *Bull. Int. Acad. Pol. Sei. Lett.* 35: 355-357.
- Kalender, W. 2000. *Computed Tomography: Fundamentals, System Technology, Image Quality, Applications*. Ann Harbor: Publicis.
- Kak, A. C., dan M. Slaney. 1988. *Principles Of Computerized Tomographic Imaging*. New York: IEEE PRESS.



- Khasanah, N., T. B. Santoso dan H. Mahmudah. 2010. Visualisasi Propagasi Gelombang Indoor pada Wi-Fi 2,4 GHz. *Seminar Proyek Akhir Jurusan Teknik Telekomunikasi PENS-ITS*.
- Knoll, G. F. 1979. *Radiation Detection and Measurement*. New York: John Wiley and Sons.
- Nirvikar. 2012. Algebraic Reconstruction Technique for Computerized Tomography with Parallel Beam Projection Data. *Thesis*. Meerut: Shobhit University.
- Pahlavan, K. dan P. Krishnamurthy. 2002. *Principles of Wireless Networks*. New Jersey: Prentice Hall.
- Petrović, N. 2014. Measurement System for Microwave Imaging Toward a Biomedical Application. *Dissertation*. Västerås: Arkitektkopia.
- Quinto, E. T. 2005. An Introduction to X Ray Tomography dan Radon Transform. *Proceedings of Symposium in Applied Mathematics*. American Mathematical Society.
- Rackley, S. 2007. *Wireless Networking Technology: From Principle to Successful Implementation*. Oxford: Newnes Publisher.
- Reilly, D., N. Ensslin, H. Smith dan S. Kreiner. 1991. *Passive Nondestructive Assay of Nuclear Materials*. Washington: US Nuclear Regulatory Commission.
- Richmond, J. 1965. *Scattering by a Dielectric Cylinder of Arbitrary Cross Section Shape*. IEEE Trans Antennas Propagat.
- Spruijt, R. J., C. M. Korstjens, W. G. M. Geraets, L. Mosekilde, dan P. F. van der Stelt. 1997. Reliability of an Image Analysis System for Quantifying the Radiographic Trabecular Pattern. *IEEE Transactions On Medical Imaging*. 16(2).
- Srirahayu, A., Y. H. Pramono dan M. S. Muntini. 2015. Antena Monopole sebagai Transceiver Wi-Fi Frekuensi 2,4 GHz pada Saluran Transmisi Silinder (Pipa PDAM). *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIX HFI Jateng & DIY*. Yogyakarta.
- Su, Y., F. Zhang, K. Xu, J. Yao dan R. K. Wang. 2005. A Photoacoustic Tomography System for Imaging of Biological Tissues. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 38: 2640–2644.
- Sukaridhoto, S. 2009. *Wireless*. Surabaya: PENS-ITS.

- Sumariyah, Z. Muchlisin dan E. Setiawati. 2010. Rekontruksi Citra Tomografi Sinar-X Flouresens 2D Berbasis Teknik Radiografi Digital Menggunakan Bahasa Pemrograman Matlab 7.1. *Berkala Fisika*. 13(4): 133-138.
- Suparta, G. B. 1999. Focussing Computed Tomography. *Thesis*. Victoria: Monash University.
- Warsito. 2005. Review: Komputasi Tomografi dan Aplikasinya dalam Proses Industri. *Prosiding Semiloka Teknologi Simulasi dan Komputasi serta Aplikasi*: 1-11.



## LAMPIRAN

Data hasil pengukuran intensitas sinyal *Wi-Fi* sebelum ada benda dan setelah ada benda pada desain melingkar, berhadapan dan Tx dikelilingi Rx.

Tabel 1. Intensitas *Wi-Fi* pada desain melingkar ketika tidak ada benda

<b>Tx/Rx</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>1</b>	X	36	41	43	45	43	44	38
<b>2</b>	38	X	37	42	44	46	44	45
<b>3</b>	42	38	X	36	42	45	45	44
<b>4</b>	44	44	38	X	36	43	44	45
<b>5</b>	44	44	43	38	X	34	40	42
<b>6</b>	43	44	44	42	39	X	36	40
<b>7</b>	44	43	42	43	40	36	X	37
<b>8</b>	36	43	45	42	41	43	38	X

Tabel 2. Intensitas *Wi-Fi* pada desain melingkar dengan benda di *cell* ke-6

<b>Tx/Rx</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>1</b>	X	36	43	45	46	44	44	39
<b>2</b>	38	X	37	42	45	46	44	45
<b>3</b>	44	37	X	37	42	45	45	44
<b>4</b>	46	45	39	X	38	44	44	51
<b>5</b>	44	44	43	38	X	34	40	42
<b>6</b>	43	44	44	42	39	X	36	40
<b>7</b>	44	43	42	43	40	36	X	37
<b>8</b>	38	43	45	52	41	43	38	X

Tabel 3 Intensitas *Wi-Fi* pada desain melingkar dengan benda di *cell* ke-10

<b>Tx/Rx</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>1</b>	X	38	42	43	44	43	44	37
<b>2</b>	36	X	37	42	44	53	44	45
<b>3</b>	44	38	X	37	43	44	45	44
<b>4</b>	45	44	38	X	36	43	44	45
<b>5</b>	45	44	43	38	X	34	40	43
<b>6</b>	44	51	44	42	39	X	36	40
<b>7</b>	44	43	42	43	40	36	X	37
<b>8</b>	36	44	45	42	41	43	38	X

Tabel 4. Intensitas *Wi-Fi* pada desain behadapan ketika tidak ada benda

<b>Tx/Rx</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>1</b>	X	X	X	X	41	42	44	46
<b>2</b>	X	X	X	X	43	40	43	44
<b>3</b>	X	X	X	X	43	42	40	43
<b>4</b>	X	X	X	X	45	44	41	41
<b>5</b>	42	43	44	46	X	X	X	X
<b>6</b>	42	41	43	44	X	X	X	X
<b>7</b>	44	45	42	41	X	X	X	X
<b>8</b>	45	43	42	42	X	X	X	X

Tabel 5. Intensitas *Wi-Fi* pada desain behadapan dengan benda di *cell* ke-6

<b>Tx/Rx</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>1</b>	X	X	X	X	42	42	45	46
<b>2</b>	X	X	X	X	43	41	44	52
<b>3</b>	X	X	X	X	45	44	51	44
<b>4</b>	X	X	X	X	51	51	43	42
<b>5</b>	44	43	45	52	X	X	X	X
<b>6</b>	42	43	44	51	X	X	X	X
<b>7</b>	44	46	50	42	X	X	X	X
<b>8</b>	45	52	43	43	X	X	X	X

Tabel 6. Intensitas *Wi-Fi* pada desain behadapan dengan benda di *cell* ke-10

<b>Tx/Rx</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>1</b>	X	X	X	X	43	44	44	51
<b>2</b>	X	X	X	X	44	42	44	50
<b>3</b>	X	X	X	X	45	43	50	44
<b>4</b>	X	X	X	X	45	51	42	43
<b>5</b>	43	44	44	45	X	X	X	X
<b>6</b>	44	43	44	52	X	X	X	X
<b>7</b>	45	45	51	43	X	X	X	X
<b>8</b>	51	51	43	44	X	X	X	X

Tabel 7. Intensitas *Wi-Fi* pada desain Tx dikelilingi Rx ketika tidak ada benda

<b>Tx/Rx</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>1</b>	41	42	43	43	42	38
<b>2</b>	40	37	41	44	43	41

Tabel 8. Intensitas *Wi-Fi* desain Tx dikelilingi Rx ketika benda di sel ke-6

<b>Tx/Rx</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>1</b>	40	44	44	45	43	37
<b>2</b>	41	38	43	51	44	43

Tabel 9. Intensitas *Wi-Fi* desain Tx dikelilingi Rx ketika benda di sel ke-10

<b>Tx/Rx</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>1</b>	41	43	52	45	44	39
<b>2</b>	40	38	42	44	44	42