

PROGRAM RISET DAN INOVASI ITB 2012

PENGEMBANGAN ALGORITMA REKONSTRUKSI CITRA OBJEK 2-D *DIFFUSE OPTICAL TOMOGRAPHY* UNTUK INSPEKSI PRODUK PERTANIAN

Tim Peneliti:

Deddy Kurniadi

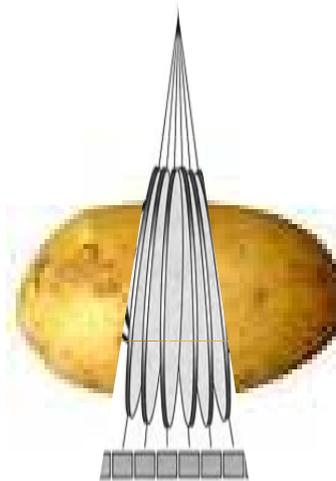
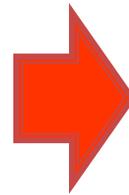
Endang Juliastuti

Vebi Nadhira

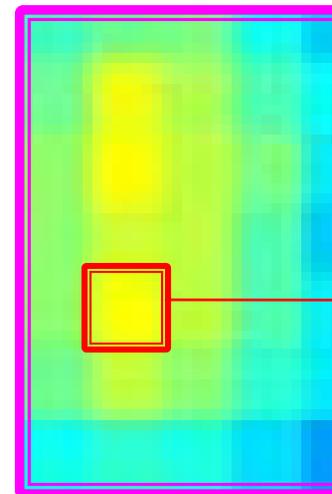
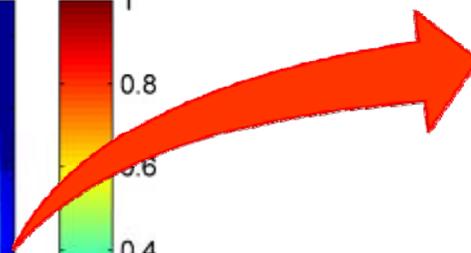
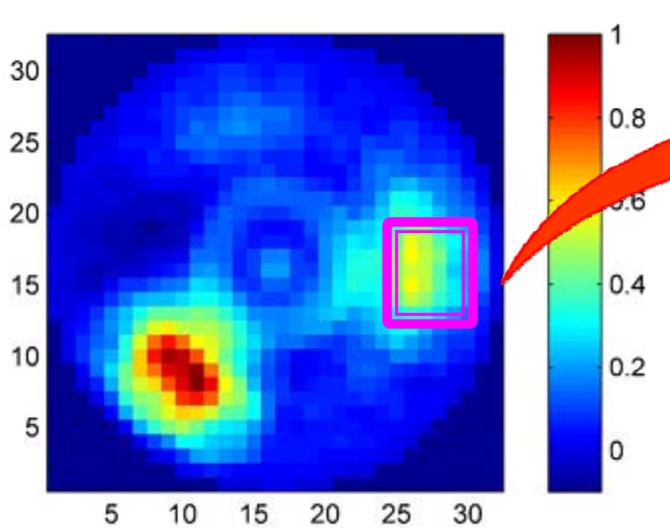
PENGANTAR

- Judul Penelitian
 - Pengembangan Algoritma Rekonstruksi Citra Objek 2-D *Diffuse Optical Tomography* untuk Inspeksi Produk Pertanian
- Objektif
 - Tujuan penelitian ini mengembangkan algoritma rekonstruksi citra dengan pendekatan *one step* Gauss-Newton dan pemodelan Elemen Hingga pada DOT untuk pemeriksaan produk pertanian.
- Target *Outcome*
 - Tersedianya metoda baru untuk rekonstruksi citra DOT dengan pendekatan Gauss-Newton dan pemodelan Elemen Hingga pada aplikasi pemeriksaan produk pertanian
- Target *Output*
 - Makalah pada Jurnal & Seminar Internasional

PENDAHULUAN



Detektor



Properti

- Elektrik
- Optik
- Magnetik
- Akustik

PENDAHULUAN

- Teknologi Tomography →
CT Scan
MRI
PET

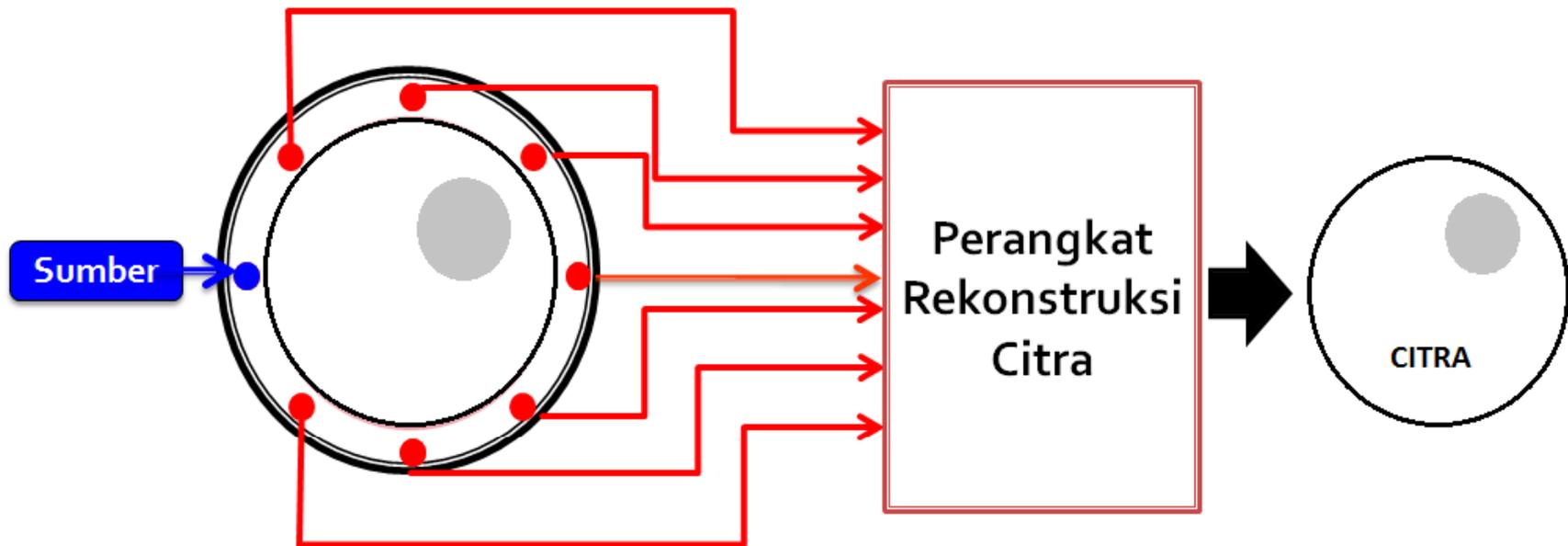
Ionization
Tidak portable

Optical Tomography

- Cahaya (optik) merupakan sinyal yang bersifat *non-ionizing*
- **Inframerah-dekat** dapat melalui jaringan biologis dengan mudah
- Inframerah-dekat mampu ditoleransi dengan baik oleh objek walaupun dengan intensitas cahaya yang kuat

Near Infrared Tomography (Diffuse Optical Tomography) berpotensi → teknik tomografi *non-ionizing* dan *portable*.

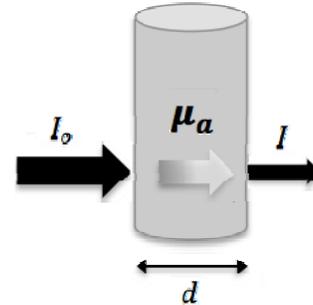
DIFFUSE OPTICAL TOMOGRAPHY



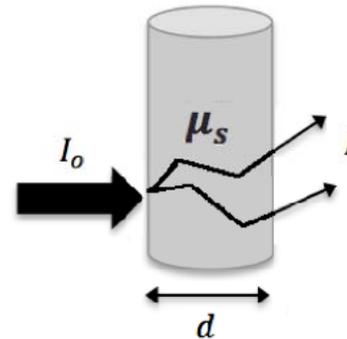
- Posisi Detektor Cahaya
- Posisi Sumber Cahaya

PARAMETER OPTIK PADA OBJEK

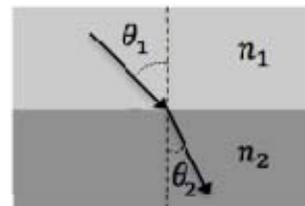
- Koefisien penyerapan



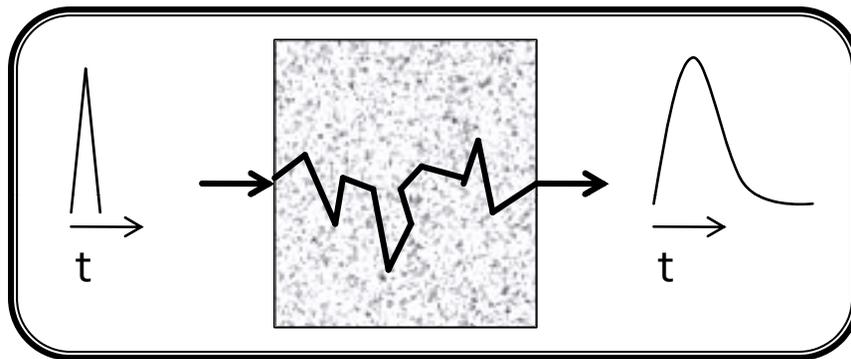
- Koefisien hamburan



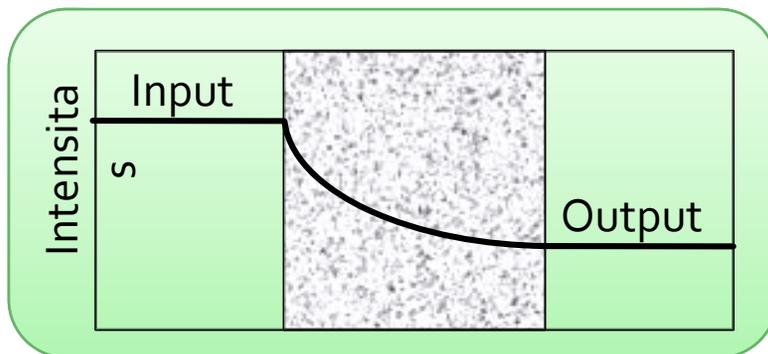
- Indeks Refraksi



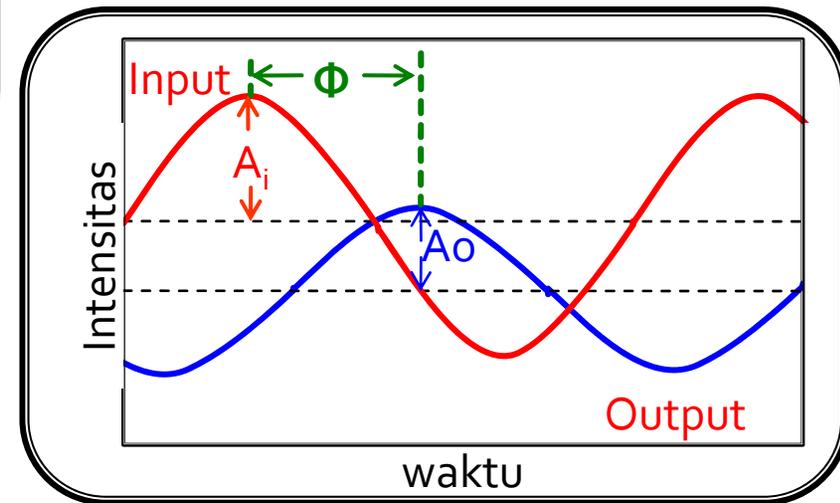
SINYAL CAHAYA PADA DOT



Domain waktu

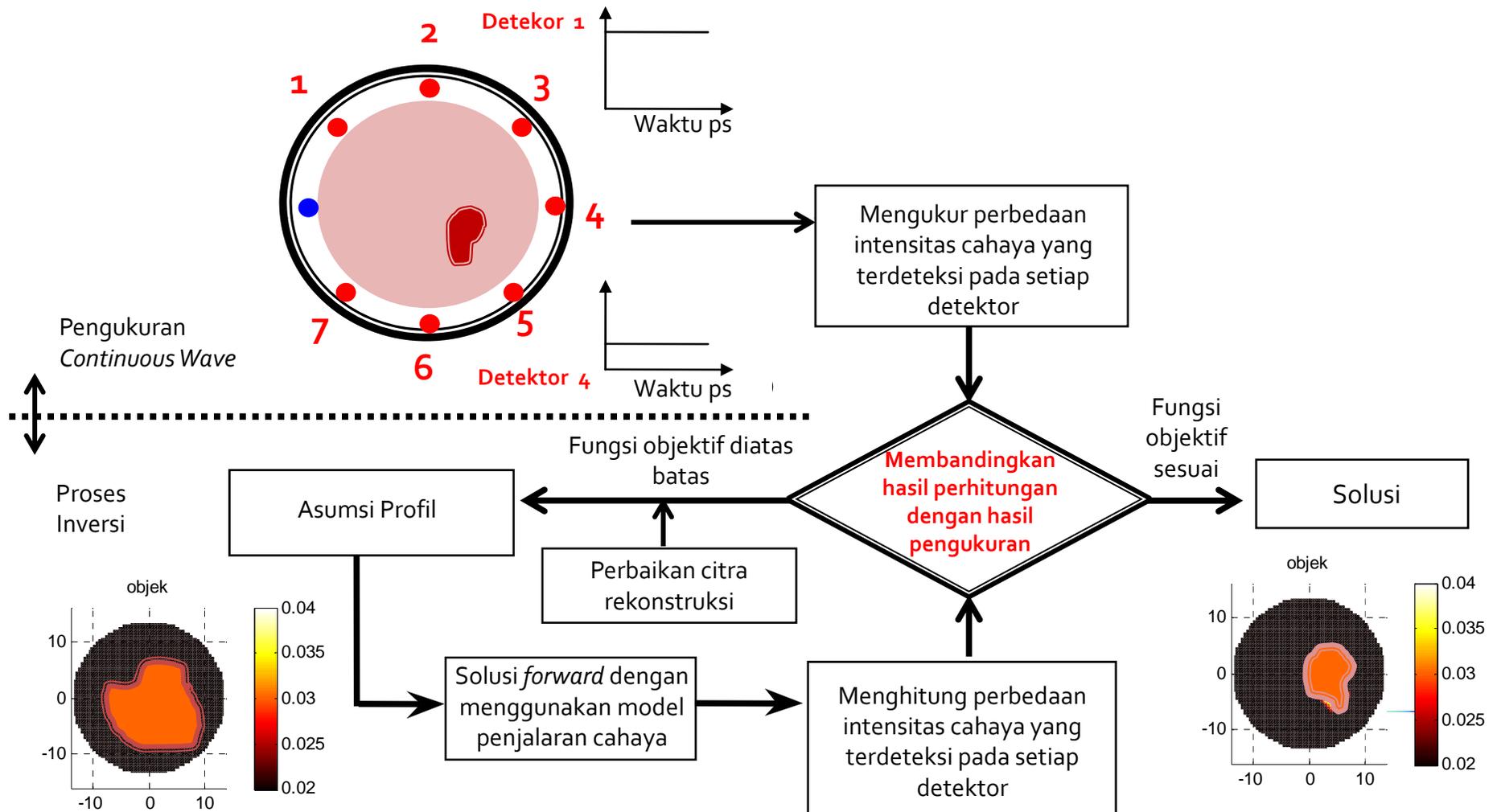


Domain *continuous wave*



Domain frekuensi

ALGORITMA REKONSTRUKSI



PERAMBATAN CAHAYA

- Dinyatakan dalam persamaan Boltzman

$$\frac{1}{c} \frac{\partial \Phi(r, t)}{\partial t} - \nabla \cdot D(r) \nabla \Phi(r, t) + \mu_a(r) \Phi(r, t) = q_0(r, t)$$

dimana

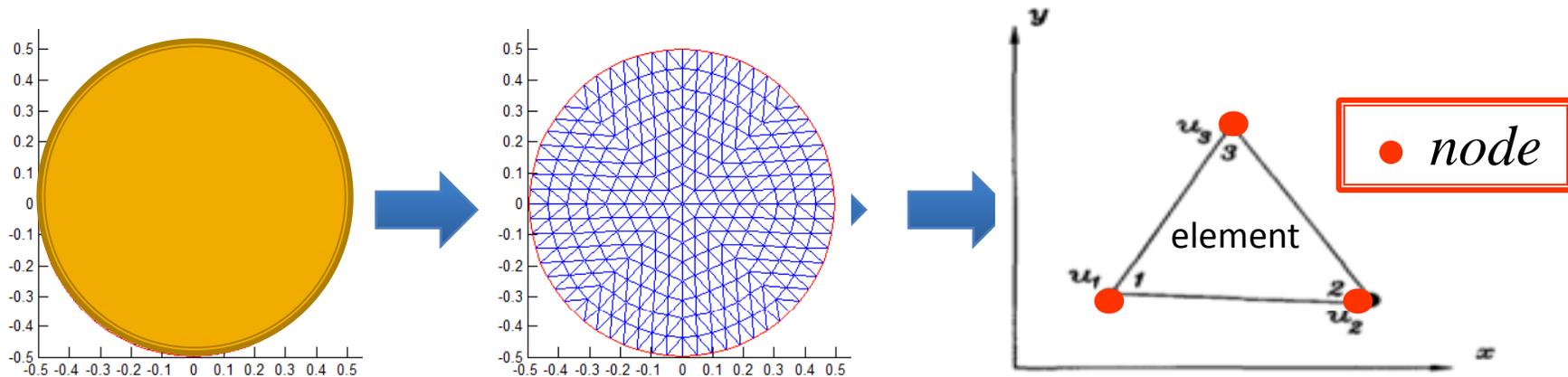
$\Phi(r, t)$ intensitas cahaya (watt/m²)

$q_0(r, t)$ kerapatan daya cahaya (watt/m³)

$$D = \frac{1}{3[\mu'_s + \mu_a]} = \frac{1}{3[(1-g)\mu_s + \mu_a]} \quad \text{nilai koefisien difusi (m)}$$

g = koefisien *anisotropy* yang merepresentasikan rata-rata *cosinus* sudut hamburan, dimana nilai $g = 0,9$ pada jaringan biologis (*forward scattering*)

METODA ELEMEN HINGGA



$$\Phi \implies \Phi^h$$

$$\Phi^h(\mathbf{r}, t) = \sum_{j=1}^N \Phi_j(\mathbf{r}) u_j(\mathbf{r}) \quad u_i(n_j) = \delta_{ij} \quad (i, j = 1, \dots, N)$$

Kondisi Batas DIRICHLET: $\Phi(\mathbf{r}_b) = \Phi_0 \quad \forall \mathbf{r}_b \in \partial\Omega$

Kondisi Batas ROBIN: $-D(\mathbf{r}_b) \nabla_n \Phi(\mathbf{r}_b) = \frac{1}{2A} \Phi(\mathbf{r}_b)$

dimana: $A = \frac{1 + R_f}{1 - R_f}$

$$R_f = -1.440n^{-2} + 0.170n^{-1} + 0.668 + 0.064n$$

PERSAMAAN REKONSTRUKSI

$$\langle t \rangle = \mathbf{M}_v = \frac{\int_0^{\infty} \Gamma_v(t) t dt}{\int_0^{\infty} \Gamma_v(t) dt} = \frac{\mathbf{T}}{\mathbf{I}}, \quad (v = x, t)$$

$$\delta \langle t \rangle = \frac{\mathbf{T} + \Delta \mathbf{T}}{\mathbf{I} + \Delta \mathbf{I}} - \frac{\mathbf{T}}{\mathbf{I}} = \frac{\mathbf{I} \Delta \mathbf{T} - \mathbf{T} \Delta \mathbf{I}}{\mathbf{I}(\mathbf{I} + \Delta \mathbf{I})} \approx \frac{\mathbf{I} \Delta \mathbf{T} - \mathbf{T} \Delta \mathbf{I}}{\mathbf{I}^2}$$

$$\mathbf{J} = \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \boldsymbol{\mu}}$$

$$\delta \boldsymbol{\mu} = -[\mathbf{J}^T \mathbf{J}]^{-1} \mathbf{J}^T [\hat{\mathbf{M}} - \mathbf{M}]$$

DOT INSPEKSI HASIL PERTANIAN

Contoh : KENTANG

- Saat ini pengujian (inspeksi) komoditas kentang masih manual sehingga membutuhkan waktu yang panjang
- Produk Kentang yang rusak akan merugikan petani dan Konsumen
- Kentang merupakan produk pertanian yang mempunyai koefisien optik sebagai berikut:

$$\mu_s' = 0.68 \text{ mm}^{-1}$$

$$\mu_a = 0.0024 \text{ mm}^{-1}$$

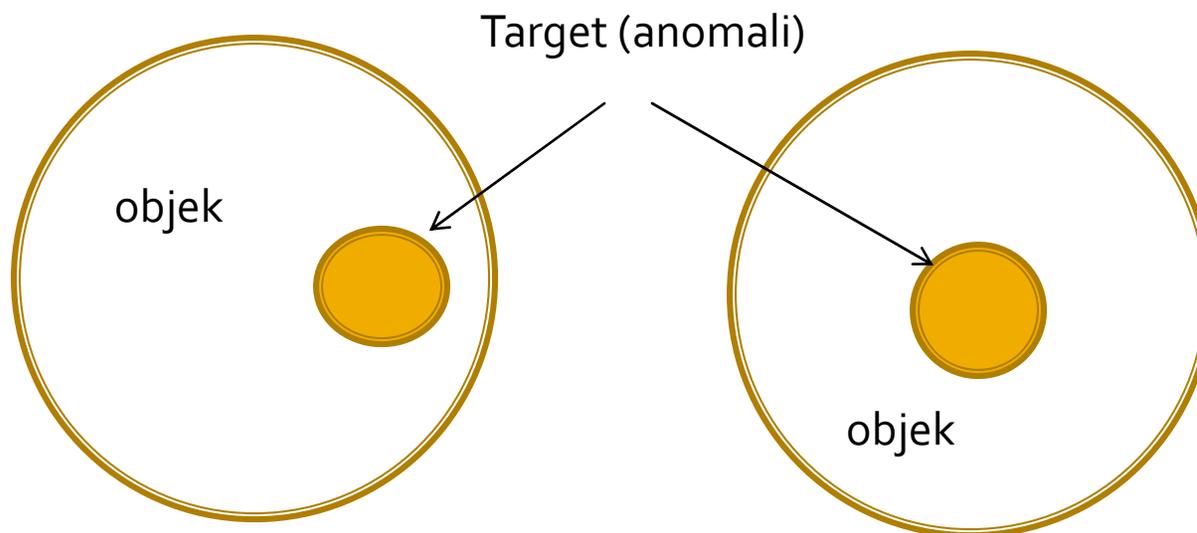
dimana nilai koefisien ini akan berubah bila terdapat kecacatan atau kebusukan pada kentang

Akan dirancang cara pengambilan data yang optimum untuk uji kualitas kentang

STUDI KASUS

Simulasi Numerik :

- Objek : Kentang
- Koefisien Absorpsi Target (anomali) :
 - 0.0048mm^{-1} ($2 \times$ Koefisien Absorpsi Kentang)



ANALISIS FORWARD

Variasi jumlah sumber :

Objek diiluminasi dengan memvariasikan jumlah sumber cahaya objek homogen dan objek dengan target simetrik

Jumlah Sumber	Deviasi rata-rata intensitas cahaya pada bidang batas (watt/m ²)
1	0.667×10^{-4}
2	1.75×10^{-4}
4	2.33×10^{-4}

ANALISIS FORWARD

Variasi koefisien absorpsi pada target (anomali)

$\Delta\mu = \mu_{a_t} - \mu_{a_b}$	Deviasi rata2 intensitas cahaya pada bidang batas (10^{-6} watt/m ²)
0.01	0
0.1	0.667×10^{-4}
1	2.67×10^{-4}
10	17×10^{-4}

ANALISIS FORWARD

Variasi posisi target (anomali)

Jarak Target ke Pusat Objek	Deviasi Rata-2 intensitas Cahaya pada Bidang Batas (watt/m ²)
0.25 * jari-jari objek	1.58
0.4 * jari-jari objek	2.33

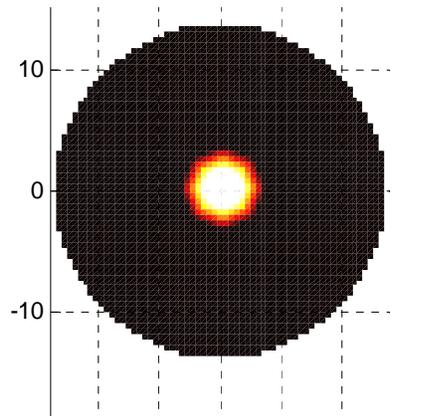
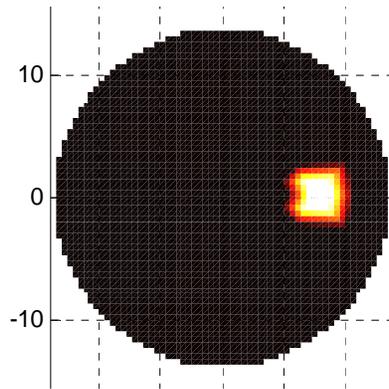
ANALISIS FORWARD

Variasi Ukuran Target (anomali)

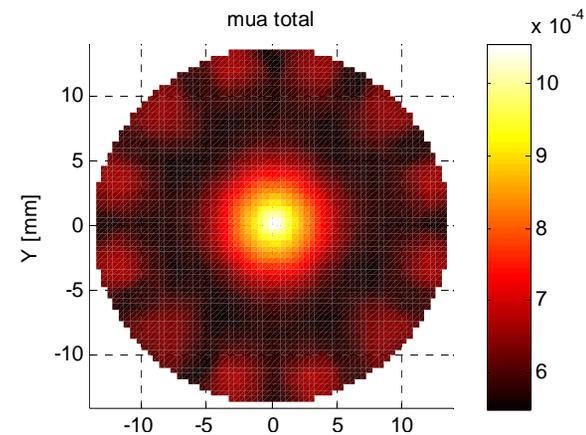
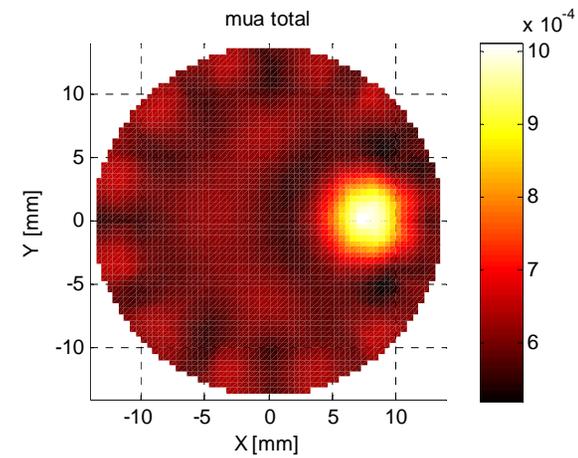
Ukuran Target	Deviasi Rata-2 intensitas Cahaya pada Bidang Batas (watt/m ²)
0.2 * radius object	2.92
0.3 * radius object	9.08

HASIL REKONSTRUKSI CITRA

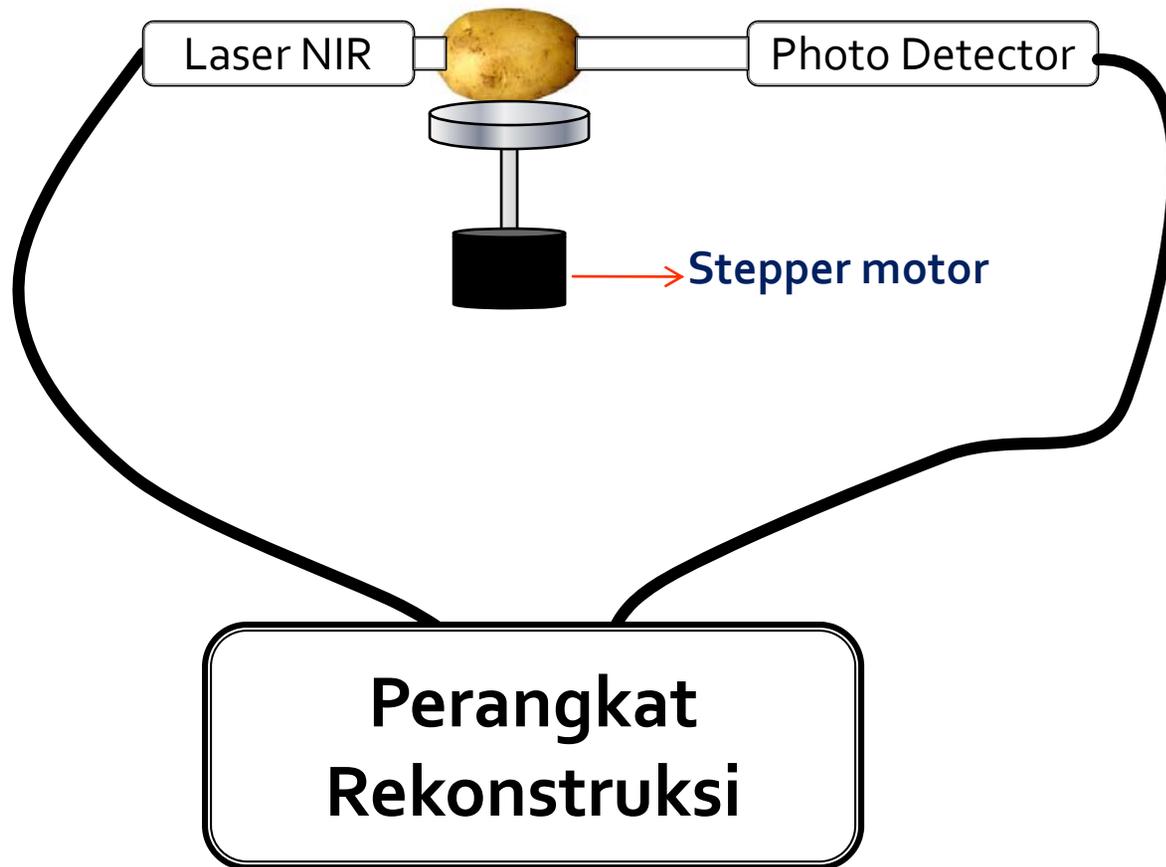
Objek Simulasi



Citra Rekonstruksi



Rancangan Alat



TINDAK LANJUT

- Pengembangan Algoritma Single Step Gauss-Newton
 - Waktu komputasi lebih singkat
- Penanganan Ill-posed Problem
 - Menggunakan Teknik Regularisasi
- Pengembangan FDOT
 - Meningkatkan akurasi citra dengan menambahkan sumber cahaya di dalam objek yaitu dengan bahan Fluorescence sehingga didapatkan data eksitasi dan emisi



TERIMA KASIH