

# Pengembangan Teknologi Rekonstruksi Electrical Impedance Tomography Berbasis Open Source untuk Nondestructive Testing Kualitas Buah Tropis

Galih Sukron Insani(G64154024)\*, Muhammad Asyhar Agmalaro

28/08/2017

## Abstrak/Abstract

Penelitian ini merupakan pengembangan dan implementasi dari system electrical impedance tomography yang murah dan aman digunakan. Mendesain sebuah sistem yang mampu melihat penampang dalam sebuah objek buah tropika secara 2 dimensi untuk mengetahui kualitas buah tersebut. Dengan menempatkan 16 elektroda melingkar diseluruh sisi sebuah tangki phantom yang saling terhubung. Arus 1mA dan 60 kHz gelombang sinusoida diinduksikan kepada elektroda pertama dan kedua secara konstan kemudian dilakukan pengukuran dan pengambilan data potensial tegangan untuk masing-masing elektroda yang saling bertetangga dengan menggunakan pin analog yang dimiliki oleh Arduino. Data ini akan direkonstruksi oleh aplikasi open source yang dibangun menggunakan bahasa pemrograman python.

## Kata Kunci

EIT; open source; Arudino Uno

\*Alamat Email: galih.sukron@gmail.com

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

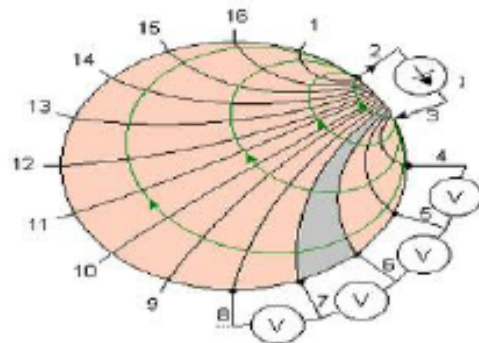
Salah satu permasalahan pasca panen buah tropika adalah adanya sejumlah hama serangga yang menghabiskan siklus hidup dari menetas hingga dewasa di dalam buah, ketika sampai tahapan dewasa baru keluar dari buah saat buah matang. Masalah ini akan menyebabkan kualitas buah rusak menjadi bahan buangan yang tak bernilai. Misalnya, pada buah mangga, salah satu hama endemik antara lain adalah kutu *Sternonchetus (Fabricius)* misalnya, yang tingkat kerusakannya baru diketahui saat buah matang. Begitu pula pada kasus buah manggis, misalnya penyakit getah kuning baru diketahui tingkat kerusakan pada buah manggis saat buah manggis dibelah.

Dengan demikian, perlu upaya secara dini untuk mengetahui kualitas buah tanpa merusak. Cara seperti demikian akan menjamin kualitas buah dari segi produsen/petani, serta menguntungkan konsumen atas keterjaminan kualitas buah.

Sehingga peristiwa yang disebutkan oleh Bapak Siswono Yudhohusodo mengenai penolakan 1 kontainer buah jika ditemukan 1 buah yang kualitasnya buruk atau busuk dapat dihindari. Karena menurutnya untuk negara-negara Eropa memasang standar pengemasan yang tinggi(Ramdani 2012).

EIT adalah alat yang memungkinkan rekonstruksi

gambar dari objek apapun tanpa merusak bentuk dari objek tersebut. Ia merekonstruksi sebuah gambar berdasarkan pengukuran voltase listrik yang diperoleh dari elektroda yang terpasang secara merata di sekitar lingkaran konduktif. Arus diinduksi dengan metode ketetanggaan dan pengukuran voltase dilakukan secara berdekatan seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



**Gambar 1.** Urutan Pengukuran Tegangan Dilakukan pada Conductive Ring

(Chitturi *et al.* 2014) sudah mengembangkan sistem EIT yang murah dan terjangkau untuk memodelkan dan mendiagnosis penyakit paru-paru. Namun mereka masih menggunakan aplikasi berbayar untuk melakukan processing dan rekonstruksi data yang didapat hingga menjadi sebuah citra yang dapat dianalisis.

## Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

Penelitian ini bertujuan membuat sistem EIT yang dikembangkan (Prasetyo 2017) agar memproses data objek secara real. Dan juga menekan biaya pembuatan aplikasi yang sebelumnya tidak dilakukan oleh (Chitturi *et al.* 2014) dengan menggantikan aplikasi server penghitung dan rekonstruksi citra menggunakan pyEIT yang dalam hal ini merupakan aplikasi open source.

## Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian adalah:

1. Objek yang dicitrakan adalah dalam bentuk lingkaran 2 dimensi.
2. Data potensial tegangan didapatkan dengan menggunakan tangki phantom.
3. Penelitian ini merupakan pengembangan disisi pengambilan data potensial tegangan dan proses rekonstruksi yang menggunakan aplikasi open source.

## Manfaat

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat digunakan oleh industri-industri yang bergerak dalam bidang ekspor buah-buahan tropis untuk dapat menyeleksi kualitas buah yang akan diekspor dengan melihat melalui citra dari penampang dalam buah tanpa harus merusaknya dan dengan biaya yang tidak terlalu mahal.

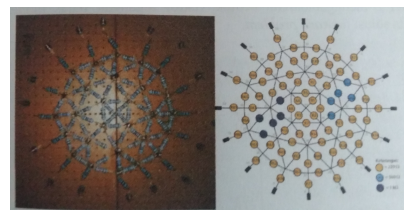
## METODE PENELITIAN

(Prasetyo 2017) sebelumnya sudah memodelkan EIT namun data penelitian menggunakan phantom resistor pada circuit board yang menyerupai penampang buah (gambar 2) dimana nilai tegangannya dibuat tetap karena untuk simulasi. Pengembangan yang akan dilakukan adalah dengan menggantikan phantom resistor dengan tangki phantom (gambar 3). Sebuah tangki phantom EIT dikembangkan dengan ember plastik yang memiliki diameter 25 cm dan tinggi 29 cm. Enam belas elektroda stainless steel yang dipasang dengan jakrak yang sama pada dinding dalam tangki dan dipasang di dinding bagian dalam menggunakan sekrup dan mur.

Sistem EIT diharuskan untuk menerima arus konstan dan mengukur tegangan yang ada pada elektroda. Sistem ini bekerja pada frekuensi sinusoidal yang konstan 60 kHz dan dengan arus hingga 1 mA yang diinduksi pada elektroda pertama dan kedua dan pengukuran

potensial root-mean-square pada semua pasangan elektroda berdekatan yang ditempatkan searah jarum jam. Keuntungan dari penerapan arus ke elektroda dan pengukuran tegangan adalah noise yang diakibatkan variasi spasial berkurang bila dibandingkan dengan pengaplikasian tegangan pada elektroda yang kemudian dilakukan pengukuran arus.

Sinyal sinusoidal dihasilkan dengan membuat osilator yang tegangannya dikontrol menggunakan IC ICL8038 dan memasukkannya ke dalam VCCS yang merupakan generator Howland yang dikembangkan dengan IC LMC6482. Arus AC disuntikkan ke modul automatic switching module yang dibuat dari multiplexer analog CMOS berkecepatan tinggi yang disebut IC CD4067B. Setelah arus AC sinusoidal disuntikkan ke sepasang elektroda, tegangan diukur dari seluruh pasangan elektroda yang berdekatan. Peralihan injeksi saat ini setelah satu siklus pengukuran voltase ke pasangan elektroda yang berdekatan dilakukan secara otomatis oleh multiplexer yang dihubungkan dengan mikrokontroler arduino oleh program yang dikembangkan untuk mengendalikan multiplexer melalui arduino berdasarkan kondisi yang ditentukan. Saat injeksi saat ini berubah pada pasangan, voltase diukur melintasi elektroda yang berdekatan melalui mikrokontroler dan disimpan sebagai berkas .mat. Proses ini berulang dengan sendirinya sampai mencapai  $13 \times 16 = 208$  set pengukuran voltase. Akhirnya, data ini akan dimasukkan ke dalam unit pengolahan dan dijalankan di server dengan menggunakan bahasa pemrograman python dan library pyEIT yang open source.



Gambar 2. Phantom Resistor dan model resistivitasnya



Gambar 3. Tangki Phantom

## Rekonstruksi Citra

Data yang diterima oleh server dari mikrokontroller selanjutnya akan direkonstruksi menjadi citra. Permasalahan dalam rekonstruksi citra pada EIT dapat dipecah menjadi Forward problem dan inverse problem.

Pada forward problem, struktur phantom direkonstruksi berdasarkan nilai potensial pengukuran impedansi yang didefinisikan sebagai suatu matriks dimana komponen-komponen matriks tersebut menunjukkan struktur phantom yang sebenarnya. Oleh karena representasi geometri phantom ini cukup kompleks, maka membutuhkan metode komputasi paralel seperti finite elemen method (FEM) untuk meminimalisasi computational cost.

Proses forward problem akan menghasilkan dua buah keluaran berbentuk matriks, yaitu Jacobian (J) dan Vektor tegangan batas (Y). Matriks Jacobian merupakan hasil dari turunan parsial persamaan-persamaan medan listrik, dimana matriks ini berperan sebagai penghubung perubahan tegangan batas hasil pengukuran dengan distribusi konduktivitas setiap elemen yang membentuk geometri objek.

$$J = \begin{pmatrix} \frac{\partial Y_1^1}{\partial X_1} & \frac{\partial Y_1^1}{\partial X_2} & \dots & \frac{\partial Y_1^1}{\partial X_N} \\ \frac{\partial Y_2^1}{\partial X_1} & \frac{\partial Y_2^1}{\partial X_2} & \dots & \frac{\partial Y_2^1}{\partial X_N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial Y_K^1}{\partial X_1} & \frac{\partial Y_K^1}{\partial X_2} & \dots & \frac{\partial Y_K^1}{\partial X_N} \end{pmatrix}$$

Gambar 4. Matriks Jacobian

$$Y = \begin{pmatrix} Y_{1n1} \\ Y_{2n1} \\ \vdots \\ Y_{208n1} \end{pmatrix}$$

Gambar 5. Vektor Tegangan Batas

Kedua matriks ini akan menjadi masukan untuk proses inverse problem. Inverse problem adalah proses akhir untuk menentukan distribusi konduktivitas yang diberikan oleh pengukuran tegangan. Inverse problem akan menghasilkan citra akhir yang menunjukkan gejala resistivitas sebuah objek.

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan inverse problem yaitu Back projection dan GREIT

(graz consensus reconstruction algorithm for EIT). Pada penelitian kali ini menggunakan algoritma back projection. Algoritma ini bekerja menggunakan piksel-piksel kecil irisan melintang yang didasarkan pada nilai absorpsi linier dan disusun menjadi sebuah profil sehingga terbentuk sebuah matriks. Rekonstruksi dilakukan dengan langkah saling menambah antar elemen matriks (Anam C 2011). Berdasarkan algoritma ini, fungsi fisik citra dapat diprediksi dengan melakukan proyeksi balik (penjumlahan memutar seluruh hasil proyeksi).

Matriks jacobian yang dihasilkan dari proses forward problem digunakan untuk menyelesaikan solusi persamaan dalam inverse problem (persamaan H).

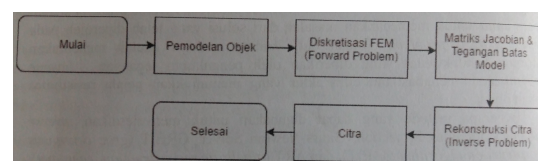
$$H = (J^T J + R)^{-1} * J^T$$

H merupakan matriks solusi dari inverse problem. Sedangkan R merupakan sebuah regulator hasil perkalian antara parameter regulasi yang mempunyai harga positif antara 0 sampai 1 dengan matriks identitas (Warsito 2005). Berdasarkan operasi matriks pada persamaan diatas, matriks H memiliki jumlah elemen yang sama dengan matriks jacobian transpose. Baris pada matriks H merepresentasikan jumlah mesh pada forward problem yang selanjutnya akan diolah menjadi piksel-piksel pada citra.

Selanjutnya, model inverse dijelaskan melalui persamaan dibawah.

$$\Delta X = H \Delta Y$$

Dengan  $\Delta X$  merupakan selisih matriks yang menyatakan tingkat warna citra terhadap background, H merupakan solusi inverse problem yang diperoleh dari operasi matriks Jacobian, dan  $\Delta Y$  merupakan selisih antara tegangan hasil pengukuran pada perangkat EIT dengan tegangan batas model hasil proses FEM pada forward problem. Dari operasi matriks pada persamaan tersebut, diketahui bahwamatriks  $\Delta X$  memiliki satu dimensi dengan jumlah baris sebanyak mesh yang telah didefinisikan. Secara garis besar, proses rekonstruksi citra dalam EIT mengikuti diagram alir pada gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir rekonstruksi citra

## Jadwal Kegiatan

Penelitian ini akan dilakukan selama 4.5 bulan dengan rincian kegiatan seperti tercantum pada Tabel 1.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anam C, Sutapa GN. 2011. “Uji kecepatan rekonstruksi citra pada CT-scan metode back-projection (BP) dan metode filtered back-projection (FBP) dengan pemfilteran pada domain spasial.”
- Chitturi, Venkatratnam, Nagi Farrukh, Vinesh Thiruchelvam, dan Thang Ka Fei. 2014. “A Low Cost Electrical Impedance Tomography (EIT) for Pulmonary Disease Modelling and Diagnosis” dalam: *Jurnal Generic*.
- Prasetyo, Agung Dwi. 2017. “RPI.EIT: Purwarupa Rekonstruksi Citra Pada Electrical Impedance Tomography Berbasis Internet of Things”. Skripsi. Departemen Ilmu Komputer, Institut Pertanian Bogor. 32 pp.
- Ramdani, Alwan Ridha. 2012. “Ada satu saja manggis busuk, satu kontainer ditolak Australia”. 1 (1). [Internet]. [Diunduh tanggal 27/8/2017 ]. Dapat diunduh dari: <https://www.merdeka.com/uang/ada-satu-saja-manggis-busuk-satu-kontainer-ditolak-australia.html>.

**Tabel 1.** Rencana Jadwal Penelitian

[illegible]