

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tulang merupakan jaringan ikat khusus yang memiliki peran penting sebagai penyusun utama rangka dan penopang tubuh manusia. Tulang memiliki jenis dan sifat yang bervariasi tergantung pada posisi dan peran tulang dalam melakukan suatu fungsi. Namun, secara umum tulang memiliki 3 fungsi utama, yaitu fungsi mekanis sebagai penopang dan tempat perlekatan otot untuk bergerak, fungsi pelindung organ vital tubuh seperti pada area kepala dan dada, serta sebagai fungsi metabolik untuk cadangan kalsium dan fosfat yang digunakan untuk homeostasis (Devi, 2016). Selain itu jaringan tulang juga berkaitan dengan sistem endokrin dalam menghasilkan *fibroblast growth factor 23* (FGF 23) dan osteokalsin yang berguna untuk mengatur penanganan fosfat di ginjal dan mengatur metabolisme energi dan glukosa (Moreira *et al.*, 2019).

Tulang merupakan bagian yang sangat penting dalam mendukung pergerakan tubuh, sebagai salah satu pendukung dalam sistem gerak selain sendi dan otot. Oleh karena itu, jika fungsi ini terganggu maka akan menimbulkan masalah yang cukup berarti bagi manusia. Kerusakan pada tulang dapat disebabkan karena penyakit ataupun disebabkan karena dampak dari suatu aktivitas. Salah satu kerusakan pada tulang yang umum terjadi adalah patah tulang (*Bone fracture*) (Apley dan Solomon, 2010).

Fraktur tulang (*Bone fracture*) merupakan suatu kondisi terputusnya seluruh atau sebagian kontinuitas struktur dari tulang. Fraktur tulang dapat disebabkan oleh cedera, tekanan yang berulang pada tulang dan kondisi patologis atau disebabkan suatu kondisi penyakit. Fraktur tulang yang disebabkan oleh cedera dapat terjadi ketika tulang memperoleh tekanan secara tiba-tiba dan berlebihan. Sementara itu, fraktur tulang karena tekanan terjadi pada tulang normal yang mendapatkan tekanan terus menerus dalam waktu yang cukup lama. Sedangkan fraktur tulang yang disebabkan kondisi patologis terjadi karena adanya

perubahan struktur tulang, kondisi ini dapat disebabkan oleh osteoporosis, kanker tulang, penyakit paget, kelainan genetik, dan lainnya (Apley dan Solomon, 2010).

Menurut sebuah penelitian yang dilakukan pada 204 negara, menyatakan bahwa secara global pada tahun 2019 terdapat peningkatan sebesar 95% kasus fraktur tulang baru sejak tahun 1990 dengan jumlah 178 juta kasus, 455 juta kasus gejala fraktur tulang akut dengan peningkatan 70,1% sejak tahun 1990, dan 25,8 juta dengan kasus *Years Lived with Disability* (YLDs) dengan peningkatan 65,3% sejak 1990. Fraktur tungkai bawah pada patela, tibia, fibula, dan pergelangan kaki merupakan kasus patah tulang yang umum terjadi (Wu *et al.*, 2021). Sedangkan, di Indonesia prevalensi jenis cedera patah tulang menduduki angka sebesar 5,5% dengan besar prevalensi cedera pada anggota gerak atas 32,7% dan anggota gerak bawah sebesar 67,9% (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2018).

Proses penanganan fraktur tulang dilakukan dalam beberapa langkah, salah satunya yaitu pemeriksaan diagnostik. Pemeriksaan diagnostik juga terdiri dari beberapa tindakan, salah satunya yaitu melakukan pemeriksaan radiologi atau pemeriksaan dengan bantuan alat pencitraan yang bertujuan untuk menentukan keadaan, lokasi, serta ekstensi fraktur. Pemeriksaan dapat dilakukan dengan alat pencitraan seperti *X-ray*, *Computed Tomography* (CT), *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), dan *Ultrasound*. Diantara alat tersebut yang paling umum dan banyak digunakan adalah *X-ray* dikarenakan paling mudah dan cepat untuk mendeteksi fraktur tulang. Namun, penggunaan *X-ray* dalam jangka waktu yang lama menyebabkan masalah baru pada tubuh dan lingkungan. Penggunaan *X-ray* dapat menimbulkan efek kumulatif dari radiasi pengion, sehingga menyebabkan kemungkinan kerusakan inti sel yang dapat mengarahkan kepada mutasi sel (Dell'osa *et al.*, 2019). Paparan radiasi *X-ray* pada tubuh dan lingkungan dapat menimbulkan berbagai masalah kesehatan, mulai dari meningkatnya kemungkinan terkena kanker, kelainan pada darah, penyakit katarak mata, kelainan pada perkembangan janin, serta kemungkinan terjadinya mutasi DNA (Zhekova-Maradzhieva *et al.*, 2017). Oleh sebab itu, diperlukan suatu alat yang dapat mendeteksi fraktur tulang tanpa menimbulkan efek radiasi,

yaitu dengan menggunakan bioimpedansi yang lebih aman terhadap pasien dan lingkungan.

Bioimpedansi didefinisikan sebagai pengukuran impedansi pada sistem biologis. Impedansi merupakan besarnya aliran arus listrik bolak-balik (AC) dalam rangkaian listrik ketika diberikan tegangan. Dengan kata lain, impedansi dapat disebut sebagai kemampuan rangkaian listrik untuk menahan aliran arus listrik. Pada prinsipnya, sistem biologis memiliki sifat resistif dan kapasitif. Sistem biologi dapat berupa sel, jaringan atau organ. Jika diinjeksikan tegangan dengan variasi frekuensi tertentu, maka akan dihasilkan spektrum impedansi elektrik yang merupakan karakteristik dari jaringan biologis, inilah yang disebut dengan *Electrical Impedance Spectroscopy* (EIS). Oleh karena itu, perbedaan spektrum impedansi dapat secara langsung berkaitan dengan perubahan sifat jaringan (Dell'osa *et al.*, 2019). Impedansi telah banyak digunakan dalam dunia medis untuk mendiagnosis beberapa kasus seperti respirasi, kardio sirkulasi, dermatologi, otot, dan bahkan digunakan untuk mendeteksi beberapa jenis kanker (Dell'osa *et al.*, 2020).

Kelebihan *Electrical Impedance Spectroscopy* (EIS) adalah berpotensi menjadi alat non-invasif dan dapat digunakan untuk memantau secara *real time*. Hal ini didasarkan pada penelitian terkait penggunaan EIS untuk memantau proses penyembuhan *Bone Critical- Size Defect* (CSDs) dengan karakterisasi kuantitatif perubahan hidroksiapatit. Pengukuran EIS membutuhkan biaya yang lebih murah dan akurat karena memiliki sensitivitas yang cukup tinggi. Selain itu, EIS memiliki kemampuan untuk membedakan jaringan otak, tumor, dan penilaian terhadap cedera radiasi (Kozhevnikov *et al.*, 2016).

Penelitian yang dilakukan oleh A.H. Dell Osa *et al.* (2020) memaparkan bahwa setiap kelompok dalam tubuh memiliki spektrum karakteristiknya masing-masing. Dari hasil penelitian dengan menggunakan dua *phantom* tulang sapi dengan kondisi normal dan fraktur menunjukkan adanya perbedaan bentuk bode plot pada kedua kondisi *phantom* tersebut. Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis melakukan rancang bangun alat *Electrical Impedance Spectroscopy* (EIS) untuk mendeteksi fraktur tulang.

Hal yang berbeda dilakukan dari penelitian sebelumnya yaitu perancangan alat yang menggunakan *Analog Discovery 2* sebagai generator fungsi, osiloskop, *power supply* dan sebagai *impedance analyzer* untuk menampilkan hasil impedansi. Penggunaan *Analog Discovery 2* diharapkan dapat meningkatkan ketelitian rangkaian alat yang dirancang.

Pada penelitian ini akan digunakan *phantom* yaitu *3D Printed Model Tulang femur* berbahan *Polylactic Acid (PLA)* sebagai pengganti tulang femur manusia dengan kondisi tulang normal dan tulang fraktur. Penggunaan *3D Printed Model tulang femur* bertujuan untuk meminimalisir perbedaan dari objek yang akan dilakukan pengujian pada alat. Pengukuran impedansi akan dilakukan dengan rentang variasi frekuensi 100-1M Hz dengan empat titik pengukuran. Pengukuran dengan menggunakan *Analog Discovery 2* akan memperoleh data *phase* (θ), *magnitude* impedansi ($|Z|$), nilai real dan imajiner, yang dari data tersebut dapat diperoleh spektrum impedansi pada *3D Printed Model tulang normal* dan tulang fraktur, dimana pada hasil tersebut antara tulang normal dan tulang fraktur diharapkan memiliki spektrum impedansi yang berbeda.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang alat *Electrical Impedance Spectroscopy (EIS)* untuk mendeteksi fraktur tulang?
2. Bagaimana spektrum impedansi pada tulang normal dan tulang fraktur?

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka diperoleh batasan masalah sebagai berikut:

1. Perancangan alat *Electrical Impedance Spectroscopy (EIS)* menggunakan *Analog Discovery 2*.

2. Penelitian menggunakan *3D Printed Model* Tulang femur untuk menginterpretasikan tulang femur normal dan tulang femur fraktur yang terbuat dari *Polilactid Acid* (PLA).
3. Pengukuran impedansi dilakukan dengan 4 titik dengan lokasi berada di sekitar fraktur.
4. Pengukuran impedansi dilakukan dengan memberikan empat variasi jarak peletakan elektroda, yaitu pada elektroda pengukur tegangan.
5. Data hasil pengukuran berupa nilai *phase*, *magnitude* impedansi, *Z* real dan *Z* imajiner yang diperoleh dari *software Digilent Waveform*.
6. Hasil akhir berupa spektrum impedansi pada *phantom* tulang fraktur dan *phantom* tulang normal.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui rancangan alat untuk mendeteksi patah tulang dengan menggunakan *Electrical Impedance Spectroscopy* (EIS).
2. Mengetahui bentuk spektrum impedansi pada tulang normal dan tulang patah.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Menambah wawasan mengenai pengembangan alat deteksi fraktur tulang dengan menggunakan metode *Electrical Impedance Spectroscopy* (EIS).
2. Diharapkan dapat dijadikan acuan untuk pengembangan alat deteksi tulang yang non-invasif serta dapat meminimalisir paparan radiasi.
3. Dimasa yang akan datang diharapkan dapat membantu tenaga kesehatan dalam mendiagnosa fraktur tulang dengan alat yang lebih sensitif, cara yang lebih sederhana dan lebih akurat.