

BAB 1

ANALISIS KEBUTUHAN

Masalah yang akan diselesaikan pada *capstone design* ini adalah metode diagnosis osteoporosis yang masih menjadi *gold standard* internasional saat ini adalah metode *Dual Energy X-ray Absorptiometry* (DEXA) yang masih memiliki beberapa kendala menjadi standar untuk pemeriksaan densitas tulang sekarang ini sehingga diperlukan alternatif karena ketidakakuratan pada skoliosis dan implan logam seperti masalah posisi dengan DEXA dapat menyebabkan hasil yang tidak valid [1] [2], keterbatasan ukuran dan paparan radiasi sebesar 1 sampai 3 mrad tiap pengukuran [3]. Metode lain yang dapat diterapkan, yaitu pengukuran kepadatan tulang dengan metode spektroskopi ultrasonik mode-A. Metode ini dapat digunakan sebagai skrining awal densitas tulang untuk diagnosis osteoporosis, osteopenia, tulang normal dan mudah dalam pengambilan data serta tidak menimbulkan efek radiasi karena menggunakan gelombang akustik sekaligus dapat dilakukan pengambilan data dalam waktu kurang dari 1 menit.

1.1 Latar Belakang Masalah

Osteoporosis adalah penyakit umum yang terutama menyerang wanita menopause dan ditandai dengan kepadatan tulang yang rendah dan peningkatan risiko patah tulang [4]. Hal ini ditandai dengan menurunnya massa tulang (kepadatan tulang) secara keseluruhan akibat ketidakmampuan tubuh dalam mengatur kandungan mineral dalam tulang dan disertai dengan rusaknya arsitektur tulang, hal ini mengakibatkan penurunan kekuatan model tulang yang dalam hal ini adalah pengeroposan tulang, sehingga risiko mudah terjadi patah tulang.

Dampak osteoporosis terhadap kualitas hidup sangat signifikan, terutama pada individu yang lebih tua. Kondisi tersebut dapat menyebabkan gangguan fungsional, imobilisasi berkepanjangan, dan pembatasan aktivitas hidup sehari-hari, yang mengakibatkan penurunan kualitas hidup terkait kesehatan [5]. Sangat penting untuk mempertimbangkan dampak osteoporosis terhadap kualitas hidup, karena harapan hidup dan status ekonomi meningkat di antara orang dewasa lanjut usia [5]. Sehingga diperlukan mitigasi sebagai tindakan pencegahan untuk meminimalisir terjadinya osteoporosis dengan melakukan *screening* dengan metode yang paling sederhana dan unggul.

Spektroskopi ultrasonografi, juga dikenal sebagai pengukuran ultrasound, adalah alat diagnostik yang banyak digunakan di berbagai bidang medis. Ini menggunakan gelombang

suara frekuensi tinggi untuk menghasilkan sinyal akustik dari struktur internal dalam tubuh. Spektroskopi ultrasonografi telah terbukti menjadi teknik yang berharga dalam berbagai spesialisasi medis, termasuk anesthesiologi, kedokteran darurat, bedah toraks, ginekologi, kedokteran hewan, ortopedi, kedokteran gigi, gastroenterologi, dan pulmonologi.

Di bidang anesthesiologi, ultrasonografi telah terbukti lebih unggul daripada teknik palpasi tradisional untuk kateterisasi arteri radialis [6]. Studi telah melaporkan tingkat keberhasilan yang lebih tinggi dan akurasi yang lebih baik saat menggunakan teknik yang dipandu ultrasonografi. Misalnya, sebuah penelitian dengan menunjukkan tingkat keberhasilan percobaan pertama sebesar 95% pada kelompok ultrasonografi dibandingkan dengan tingkat keberhasilan yang lebih rendah pada kelompok palpasi [6].

Untuk menjawab persoalan ini, ultrasonografi dapat dijadikan metode alternatif yang menjanjikan. Dengan segala kelebihan yang telah disebutkan di atas, ultrasonografi lebih cocok digunakan untuk pemeriksaan awal.

1.2 Informasi Pendukung

Model tulang 3D menjadi semakin penting dalam berbagai aplikasi biomedis, termasuk perencanaan bedah, rekayasa jaringan, dan desain implan. Model-model ini memberikan representasi struktur tulang yang terperinci dan akurat, memungkinkan visualisasi dan pemahaman fitur anatomi yang lebih baik [7] [8] [9].

Satu studi dengan berfokus pada reproduktifitas dan akurasi model tulang 3D yang dicetak menggunakan teknologi *fused deposition modeling* (FDM) dengan *polylactic acid* (PLA) [10]. Para penulis menggunakan gambar *computed tomographic* (CT) dari mayat kucing untuk membuat file rendering permukaan tulang, yang kemudian dicetak menggunakan printer 3D desktop. Studi tersebut menemukan bahwa model cetakan 3D menunjukkan kesepakatan yang hampir sempurna ketika membandingkan model dari tulang kadaver yang sama, menunjukkan reproduktifitas yang tinggi. Keakuratan model dinilai menggunakan pengukuran yang diambil dari model plastik dan tulang kadaver, dan hasilnya menunjukkan kesesuaian sedang hingga kuat antara keduanya. Studi ini juga menyelidiki efek sterilisasi autoklaf pada model cetakan dan tidak menemukan dampak yang signifikan terhadap keandalan ukurannya.

Selain itu, model tulang 3D telah terbukti memfasilitasi diagnosis klinis dan meningkatkan hasil bedah [11]. Mereka memungkinkan ahli bedah untuk memvisualisasikan anatomi dalam tiga dimensi, membantu dalam perencanaan dan pelaksanaan operasi yang kompleks. Penggunaan teknologi pencetakan 3D dalam membuat struktur berpori untuk model

tulang telah ditemukan untuk meningkatkan proses fabrikasi dan meningkatkan pemahaman baik untuk studi akademik maupun perencanaan bedah [9].

1.3 Constraint

Dalam mengoptimalkan hasil dan tujuan kerja maka diputuskan untuk memberikan batasan guna menjaga paramater agar tetap dalam batas yang ditentukan, untuk aspek batasan yang digunakan sebagai berikut :

1.3.1 Aspek Keberlanjutan (*sustainability*)

Membahas bahwa dengan menggunakan metode ini sebagai skrining awal, pemeriksaan densitas model tulang sehingga memudahkan untuk diagnosa awal pasien yang berisiko osteopenia/osteoporosis sekaligus dapat dikembangkan lebih lanjut dan mudah digunakan.

1.3.2 Aspek Ketepatan (*Accuracy*)

Penting untuk memastikan bahwa purwarupa dapat menghasilkan pengukuran densitas tulang yang akurat dan konsisten. Validasi dan kalibrasi perangkat harus dilakukan secara menyeluruh untuk memastikan ketepatan hasil pengukuran.

1.4 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

Berdasarkan analisis dan rumusan masalah yang telah dilakukan, adapun kebutuhan-kebutuhan yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Sistem dapat mengklasifikasi densitas model tulang (normal 90%, osteopenia 70%, dan osteoporosis 30% dan 50%).
2. Sistem dapat mengambil data dalam waktu kurang dari 1 menit.
3. Dapat melakukan pengukuran dengan mudah.

1.5 Tujuan

Capstone design ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah alat diagnosis osteoporosis menggunakan ultrasonografi yang dapat mengklasifikasikan kondisi kepadatan tulang menggunakan model tulang *3D printing* yaitu tulang normal, osteopenia, dan osteoporosis dengan variasi kepadatan yang berbeda.