

BAB 1

ANALISIS KEBUTUHAN

Pada dokumen ini, diangkat masalah observasi sifat akustik jarum spinal pada medium uji fantom tiruan jaringan. Diperlukan untuk menguji parameter sifat akustik jarum spinal karena sering kali terjadi kehilangan visibilitas jarum saat dilakukan penusukan menggunakan USG. Pengujian ini dilakukan dengan membuat alat uji yang memungkinkan penempatan jarum spinal dengan variasi sudut dan kedalaman.

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada dokumen ini, latar belakang masalah yang diangkat adalah penusukan jarum khususnya jarum spinal pada bagian punggung manusia yang membutuhkan penempatan yang tepat. Karena bagian punggung mengandung banyak syaraf penting, diperlukan feedback visual yang berasal dari pencitraan medis seperti sinar-X, CT-scan, MRI, dan USG. Dari berbagai pencitraan medis tersebut, penggunaan Ultrasonografi (USG) dianggap lebih tepat karena tidak melibatkan radiasi atau ionisasi yang berisiko, memiliki resolusi temporal yang tinggi, ukuran perangkat yang relatif kecil dan harga yang lebih terjangkau [1], serta dapat memvariasikan bidang pencitraan [2]. Meskipun USG memiliki risiko yang lebih kecil, kualitas citra USG tidak sebaik pencitraan medis lainnya. USG memiliki visibilitas terbatas pada jarum, dan menurut laporan klinis dari para dokter, lebih dari 100 prosedur yang dibantu oleh USG menghadapi masalah visibilitas pada ujung jarum [3]. Hal ini dapat mempengaruhi tingkat keberhasilan prosedur, misalnya 9-18% biopsi yang dilakukan oleh para ahli tidak cukup akurat karena visibilitas jarum yang buruk [4].

Pentingnya konsistensi visibilitas jarum mendorong kebutuhan untuk melakukan pengujian terhadap parameter yang mempengaruhinya. Berdasarkan penelitian sebelumnya, diperoleh bahwa perambatan gelombang ultrasonik, perbedaan karakteristik akustik antar medium, serta bentuk dan dimensi yang unik dari jarum merupakan parameter – parameter yang dapat mempengaruhi fenomena fisis perambatan pada jarum [5]. Untuk melakukan pengujian terhadap parameter tersebut, dibutuhkan suatu robot pemosisian jarum yang memenuhi beberapa kebutuhan yaitu mampu memvariasikan sudut dan posisi jarum, menghasilkan gerakan yang akurat, dan presisi.

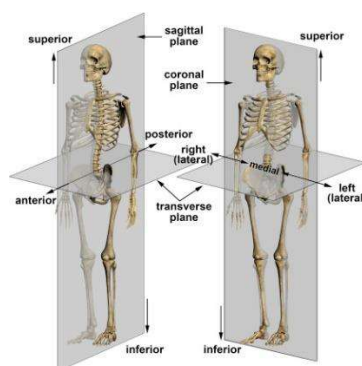
Terdapat penelitian yang menyebutkan bahwa penggunaan medium penusukan atau fantom untuk pengujian tergantung pada tujuan pengukuran yang dapat dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu water bath fantom dan fantom tiruan jaringan. Penelitian tersebut melakukan pengujian terhadap parameter serupa dengan pengukuran menggunakan water bath fantom dan

hasilnya menunjukkan bahwa pengujian tersebut hanya cocok untuk pemetaan umum visibilitas jarum, tetapi tidak mewakili sifat akustik jaringan tubuh manusia. Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini, akan dirancang sebuah alat uji untuk memosisikan jarum pada variasi sudut dan kedalaman tertentu untuk dapat mengamati sifat akustik dari jarum spinal dengan menggunakan fantom tiruan jaringan untuk mendapatkan informasi tentang sifat akustik dari jarum spinal berupa peta visibilitas pada grid dengan ukuran 1 cm×1 cm, ukuran ini sudah cukup untuk mewakili daerah yang ada dalam peta grid pada alat pengujian sifat akustik jarum ini.

1.2 Informasi Pendukung

Dalam penelitian yang dilakukan oleh P. H. Conroy, Luyet, J. McCartney, dan P. G. McHardy, disebutkan bahwa sebanyak 100 pasien telah menjadi subjek penelitian dengan karakteristik pasien yang terperinci. Dalam penelitian ini, pengambilan cairan serebrospinal (CSF) dilakukan dengan menggunakan bimbingan ultrasonografi secara waktu nyata, dan berhasil dilakukan pada 97% kasus sesuai dengan batas yang ditetapkan dalam protokol penelitian. Namun, terdapat kegagalan dalam pengambilan *Cerebrospinal Fluid* (CSF) melalui bimbingan waktu nyata pada 3 pasien. Selain itu, dari jumlah keseluruhan pasien yaitu 100 orang, 3 di antaranya mengalami kegagalan penusukan meskipun telah diterapkan metode konvensional dalam proses penusukan. Dalam hal ini, diperlukan observasi lebih lanjut mengenai sifat akustik jarum yang lebih baik agar penusukan jarum spinal dapat dilakukan secara optimal [6].

Dalam dunia medis ultrasonografi (USG), terdapat tiga nama koordinat utama yang digunakan untuk menggambarkan posisi dan orientasi probe USG [7]. Ketiga koordinat tersebut adalah aksial (anteroposterior), lateral (mediolateral), dan elevasi (superoinferior) seperti pada Gambar 1.1.

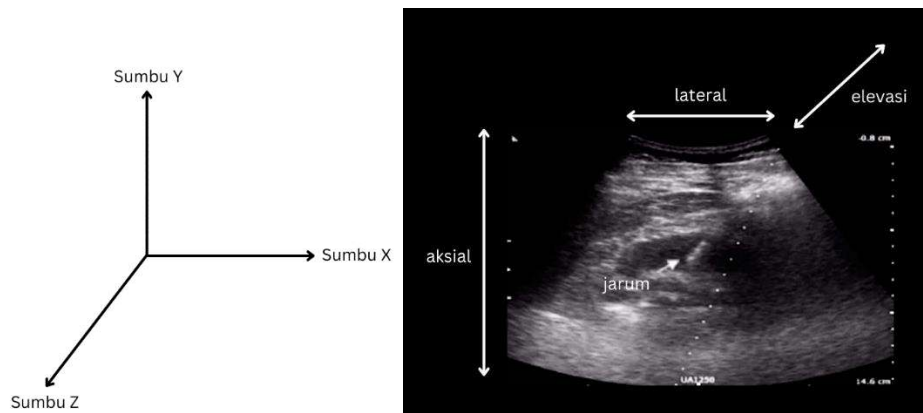


Gambar 1.1 Translasi arah aksial, lateral dan elevasi. (sciencedirect.com)

Berdasarkan Gambar 1.1 didapatkan bahwa:

1. Arah aksial (Anteroposterior): Koordinat aksial menggambarkan arah dari depan ke belakang atau dari belakang ke depan. Dalam konteks USG, koordinat aksial mengacu pada pergerakan probe USG dari satu sisi tubuh ke sisi lainnya, atau sejauh sumbu anteroposterior tubuh pasien. Dalam gambar USG, tumpukan gambar yang dihasilkan secara aksial memberikan gambaran melintang tubuh pasien.
2. Lateral (Mediolateral): Koordinat lateral menggambarkan pergerakan atau orientasi probe USG dari sisi ke sisi, yaitu ke arah kanan atau kiri. Dalam konteks USG, koordinat lateral mengacu pada gerakan probe USG dari satu sisi tubuh pasien ke sisi tubuh lainnya, atau sejauh sumbu mediolateral tubuh pasien. Dalam gambar USG, pergerakan probe USG secara lateral menghasilkan gambar yang menggambarkan bagian sisi tubuh pasien.
3. Elevasi (Superoinferior): Koordinat elevasi mengacu pada pergerakan probe USG dari atas ke bawah atau dari bawah ke atas. Dalam konteks USG, koordinat elevasi menggambarkan pergerakan probe USG secara vertikal sepanjang sumbu superoinferior tubuh pasien. Dalam gambar USG, pergerakan probe USG secara elevasi menghasilkan gambaran yang menggambarkan bagian atas dan bawah tubuh pasien.

Gambar 1.2 menunjukkan perbandingan arah pergerakan pada koordinat antara kartesius dan USG. Dapat dilihat bahwa arah aksial pada koordinat USG sama dengan sumbu Y pada kartesius, arah lateral pada koordinat USG sama dengan sumbu X pada kartesius dan arah elevasi pada koordinat USG sama dengan sumbu Z pada kartesius. Ketiga koordinat ini akan digunakan pada penelitian ini dalam memandu pergerakan jarum spinal.



Gambar 1.2 Perbandingan koordinat kartesius dan koordinat USG
(researchgate.net)

Model fantom ultrasonik ditujukan untuk menguji sifat akustik jarum spinal di medium yang memiliki sifat akustik mendekati sifat akustik jaringan tubuh manusia. Kedalaman

jaringan kulit manusia berkisar 5 mm – 60 mm [8]. Media yang digunakan yaitu fantom berbasis tofu atau gelatin. Fantom yang digunakan memiliki nilai densitas mendekati kulit manusia yaitu $1,10 \text{ g/cm}^2$ [9]. Densitas tofu itu memiliki nilai yang tetap pada $1048,23 \text{ kg/m}^3$ [10]. Sementara untuk densitas gelatin dapat dilakukan takaran tersendiri untuk mendekati densitas yang dibutuhkan untuk pembuatan fantom tersebut berdasarkan takaran densitas (ρ) pada rumus (1.1).

$$\rho = \frac{\text{massa benda}}{\text{volume benda}} \quad (1.1)$$

Pemilihan fantom yang digunakan pada penelitian ini yaitu berbasis gelatin. Selain bahan gelatin yang lebih mudah untuk dibuat, visibilitas dalam penusukan jarum pada fantom gelatin dapat terlihat dalam hal posisi saat jarum menusuk fantom tersebut. Sedangkan pada tofu memiliki keterbatasan dalam ukuran yang dibutuhkan dalam pengujian dan tidak dapat melihat posisi jarum saat penusukan jarum spinal.

1.3 Constraint

1.3.1 Aspek Manufaktorial

Alat pemosisian jarum spinal yang dikembangkan ini memiliki keunggulan dalam segi manufaktorial. Aspek manufaktorial yang diperoleh dari penggunaan alat ini adalah kemampuan untuk menguji berbagai jenis jarum spinal yang beredar di pasaran dengan biaya yang lebih rendah dan tanpa memerlukan pasien sebagai subjek uji. Dengan demikian, alat ini dapat membantu dalam memahami pergerakan jarum spinal yang lebih aman dan efisien dalam penggunaan jarum nya dan menghindari risiko penggunaan langsung pada pasien. Alat pemosisian jarum spinal digunakan untuk pengujian sifat akustik jarum spinal yang ditusukkan pada fantom tiruan jaringan. Penggunaan alat ini hanya ditujukan untuk pengujian sifat akustik jarum pada tiruan jaringan, bukan untuk pengujian terhadap penusukan kepada pasien secara langsung.

1.3.2 Aspek Lingkungan

Selain aspek manufaktorial, alat pemosisian jarum spinal ini juga memiliki dampak positif terhadap lingkungan. Dengan menggunakan alat ini, paramedis dan tenaga medis dapat mempelajari sifat akustik jarum spinal dengan lebih baik, meningkatkan kepercayaan diri dalam menjalani prosedur penusukan. Hal ini memungkinkan pemilihan jarum yang lebih tepat sasaran, mengurangi jumlah jarum yang perlu digunakan. Dampaknya adalah penggunaan

jarum yang lebih sedikit, mengurangi limbah medis yang dihasilkan dan berkontribusi pada pengelolaan lingkungan yang lebih baik.

1.3.3 Aspek Keamanan

Alat pemosisian jarum spinal ini memiliki sejumlah keunggulan dalam aspek keamanan. Dengan menjadi alat pengujian, alat ini memastikan bahwa tidak perlu memiliki tingkat keamanan setingkat dengan alat medis yang langsung digunakan pada pasien. Pengujian sifat akustik jarum secara terpisah membantu mengurangi risiko penggunaan langsung pada pasien saat prosedur penusukan. Dengan demikian, alat ini membantu meminimalkan potensi cedera atau komplikasi yang mungkin timbul dari pengujian langsung pada pasien. Selain itu, alat ini memberikan manfaat tambahan dengan meningkatkan kepercayaan diri para paramedis dan tenaga medis dalam menjalani prosedur penusukan. Dengan pengetahuan tentang sifat akustik jarum yang lebih baik, mereka dapat lebih memahami karakteristik jarum, yang pada akhirnya membawa dampak positif pada kualitas keseluruhan dari prosedur tersebut dan mengurangi potensi kesalahan.

1.3.4 Aspek Ekonomi

Dari segi ekonomi, alat pemosisian jarum spinal ini membantu mengoptimalkan penggunaan jarum berkat pengetahuan yang lebih baik tentang sifat akustik jarum. Dengan begitu, kebutuhan untuk menggunakan jarum berulang kali dapat dikurangi, mengurangi pembelian jarum baru, dan mengurangi pengeluaran. Secara keseluruhan, aspek ekonomi dari penggunaan alat pemosisian jarum spinal ini menunjukkan potensi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan jarum spinal.

1.4 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, rumuskan **kebutuhan yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan permasalahan**. Kebutuhan dapat berupa **rencana sistem dan rencana spesifikasi secara umum** (misal dimensi alat harus kecil, harus bisa dikendalikan jarak jauh, bisa tahan air, dan lainnya).

Penyusunan kebutuhan ini dilakukan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

a. *Mission statement*

- | | |
|--------------------------|---|
| Deskripsi Produk | : Alat penusukan jarum spinal pada media berbasis fantom tiruan jaringan |
| Keunggulan produk | : Mengetahui Karakteristik dari sifat akustik jarum memiliki pergerakan aksial, lateral dan elevasi |

| | |
|----------------------------|---|
| Tujuan Utama Produk | : Menusukkan jarum spinal dengan akurat dan presisi |
| Pasar Primer | : Peneliti |
| Pasar Sekunder | : Lembaga Kesehatan |
| Asumsi | : Dapat mengetahui sifat akustik dari jarum spinal |
| Stakeholders | : Peneliti Lembaga Kesehatan Tenaga Medis |

b. Interpretasi kebutuhan berdasarkan hasil wawancara dengan user

Metode penusukan jarum spinal pada tubuh manusia membutuhkan ketepatan dalam penempatan jarum spinal yang didukung dengan *feedback visual* yang berasal dari pencitraan medis seperti USG. Namun penggunaan USG memiliki kekurangan konsistensi visibilitas pada jarum spinal. Maka dari itu akan dibuat suatu alat uji untuk memosisikan jarum spinal dengan variasi sudut dan kedalaman tertentu. Alat uji tersebut menggunakan media berbasis fantom tiruan jaringan untuk mengetahui sifat akustik jarum spinal.

c. Pengelompokan kebutuhan

- ** Alat uji jarum spinal menggunakan fantom
- ** Menggunakan fantom tiruan jaringan
- * Menggunakan *water bath* fantom

- ** Alat uji jarum spinal memiliki derajat kebebasan
- ** Melakukan gerakan aksial, lateral dan elevasi
- * Melakukan gerakan aksial dan lateral

- ** **Alat uji jarum spinal mendapatkan hasil yang akurat dan presisi dengan nilai eror maksimal 10mm**
- ** **Alat uji jarum spinal dapat dicitrakan dalam *feedback visual***
- * Alat uji jarum menggunakan pencitraan medis
- ** Alat uji jarum menggunakan pencitraan non medis

**** Alat uji jarum spinal memiliki dimensi yang sesuai kebutuhan**

****** Memiliki dimensi fantom 200 mm×100 mm×200 mm

***** Memiliki dimensi fantom 150 mm×100 mm×150 mm

d. Penyusunan prioritas kebutuhan

1. Alat uji jarum spinal menggunakan medium fantom tiruan jaringan dengan dimensi 200 mm×100 mm×200 mm.
2. Alat uji jarum spinal dapat melakukan gerakan variasi sudut antara 20°-60° dan kedalaman 10 mm - 60 mm.
3. Alat uji jarum spinal dapat melakukan gerakan aksial 270 mm, lateral 390 mm, dan elevasi sebesar 200 mm.
4. Alat uji jarum spinal memiliki nilai eror 10 mm×10 mm.

1.5 Tujuan

Dapat menghasilkan perangkat atau alat uji coba pemosisi jarum spinal secara akurat dan presisi dengan tingkat kesalahan maksimal 10 mm ke titik yang diinginkan pada medium fantom tiruan jaringan dengan variasi sudut antara 20°-60° dan kedalaman 10 mm - 60 mm. Pengujian alat juga dapat ditampilkan secara visual melalui umpan balik visual menggunakan alat uji yang memiliki dimensi yang sesuai dengan kebutuhan.