

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

¹ Ultrasonografi (USG) adalah teknik pencitraan medis non-invasif yang memanfaatkan gelombang suara frekuensi tinggi untuk menghasilkan gambar organ dan struktur dalam tubuh. USG sering digunakan dalam diagnosis berbagai kondisi medis karena kemampuannya memberikan visualisasi real-time tanpa menggunakan radiasi (Binawan Student Journal (BSJ)) . Dalam bidang obstetri, USG digunakan untuk memantau perkembangan janin selama kehamilan. Menurut World Health Organization (WHO) pada tahun 2017, USG merupakan moda pencitraan dengan menggunakan gelombang suara frekuensi tinggi yang menghasilkan gambaran irisan melintang dari janin.

Ultrasonografi (USG) adalah salah satu alat diagnostik yang sangat penting dalam dunia medis. Alat ini menggunakan gelombang suara frekuensi tinggi untuk menghasilkan gambar organ dan jaringan di dalam tubuh, yang membantu dokter dalam melakukan diagnosis dan pemantauan kondisi pasien. Keunggulan USG termasuk non-invasif, tidak menggunakan radiasi ionisasi, dan mampu memberikan hasil secara real-time, membuatnya menjadi pilihan utama dalam berbagai aplikasi klinis seperti kehamilan, kardiologi, dan pemeriksaan organ internal lainnya. Namun, meskipun memiliki banyak keunggulan, alat USG sering menghadapi berbagai masalah teknis dan operasional. Masalah yang sering muncul meliputi penurunan kualitas gambar, gangguan pada transduser, kegagalan perangkat lunak, serta downtime yang disebabkan oleh kerusakan alat. Masalah-masalah ini tidak hanya

mempengaruhi kualitas diagnosis, tetapi juga dapat menyebabkan penundaan dalam layanan kesehatan dan meningkatkan biaya operasional rumah sakit.

Dalam upaya untuk mengatasi masalah tersebut dan meningkatkan kinerja alat USG, diperlukan pendekatan perbaikan yang sistematis dan terstruktur. Salah satu metode yang terbukti efektif dalam mengidentifikasi dan mengatasi masalah operasional adalah Six Sigma. Metode ini menggunakan pendekatan berbasis data untuk menghilangkan cacat dan variasi dalam proses, serta meningkatkan kualitas dan efisiensi operasional.

Six Sigma menggunakan tahapan DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) yang memungkinkan analisis mendalam terhadap masalah, identifikasi akar penyebab, serta implementasi solusi yang berkelanjutan. Dengan menerapkan metode Six Sigma pada perbaikan dan peningkatan kinerja alat USG, diharapkan dapat tercapai peningkatan signifikan dalam kualitas hasil diagnostik dan efisiensi operasional.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana kondisi kinerja alat USG sebelum penerapan metode Six Sigma!
- b. Bagaimana penerapan metode Six Sigma dapat memperbaiki dan meningkatkan kinerja alat USG!
- c. Sejauh mana penerapan metode Six Sigma berhasil meningkatkan kinerja dan efisiensi alat USG!

1.3 Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya berfokus pada perbaikan kinerja alat **Ultrasonografi (USG)** di satu rumah sakit dengan menggunakan metode **Six Sigma** pada tahapan **DMAIC**.

2. Data yang dianalisis terbatas pada **frekuensi downtime** dan **kualitas gambar** alat USG sebelum dan sesudah perbaikan dilakukan.
3. Penelitian ini tidak membahas aspek **biaya perbaikan** atau **pengaruh perbaikan terhadap pasien**, hanya terbatas pada **kinerja alat** dan kepuasan pengguna (dokter dan operator).

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Menganalisis kondisi kinerja alat USG sebelum penerapan metode Six Sigma.
- b. Menerapkan metode Six Sigma untuk memperbaiki dan meningkatkan kinerja alat USG.
- c. Mengevaluasi hasil penerapan metode Six Sigma terhadap kinerja dan efisiensi alat USG

1.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi yang signifikan dalam berbagai aspek, baik praktis maupun akademis. Manfaat penelitian ini dapat dirinci sebagai berikut:

1.5.1 Manfaat Bagi Rumah Sakit dan Fasilitas Kesehatan

- 1 Peningkatan Kualitas Layanan Kesehatan : Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja alat ultrasonografi (USG) yang merupakan salah satu alat diagnostik utama dalam berbagai bidang medis. Dengan penerapan metode Six Sigma, diharapkan terjadi peningkatan kualitas hasil diagnostik yang lebih akurat dan konsisten, sehingga dapat mendukung dokter dalam pengambilan keputusan klinis yang lebih tepat.
- 2 Pengurangan Downtime dan Biaya Operasional: Dengan identifikasi dan eliminasi akar penyebab masalah yang sering terjadi pada alat USG,

penelitian ini diharapkan dapat mengurangi frekuensi kerusakan dan downtime alat. Hal ini secara langsung dapat mengurangi biaya perbaikan dan pemeliharaan, serta meningkatkan efisiensi operasional rumah sakit.

- 3 Peningkatan Kepuasan Pasien: Alat USG yang berfungsi optimal akan memberikan pengalaman yang lebih baik bagi pasien, dengan waktu tunggu yang lebih singkat dan hasil yang lebih cepat. Peningkatan kepuasan pasien ini dapat berdampak positif pada reputasi rumah sakit dan tingkat kepercayaan masyarakat terhadap layanan yang disediakan.

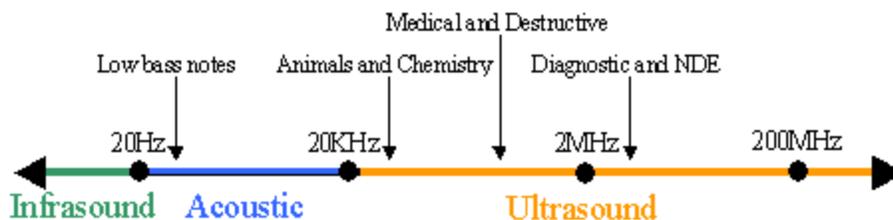
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi dan Fungsi Alat Ultrasonografi (USG)

¹Ultrasonografi (USG) adalah alat diagnostik noninvasif menggunakan gelombang suara dengan frekuensi tinggi diatas 20.000 hertz (>20 kilohertz) untuk menghasilkan gambaran struktur organ di dalam tubuh.¹ Manusia dapat mendengar gelombang suara 20-20.000 hertz.¹ Gelombang suara antara 2,5 sampai dengan 14 kilohertz digunakan untuk diagnostik. Gelombang suara dikirim melalui suatu alat yang disebut transducer atau probe. Obyek didalam tubuh akan memantulkan kembali gelombang suara yang kemudian akan ditangkap oleh suatu sensor, gelombang pantul tersebut akan direkam, dianalisis dan ditayangkan di layar. Daerah yang tercakup tergantung dari rancangan alatnya.^{1,2} Ultrasonografi yang terbaru dapat menayangkan suatu obyek dengan gambaran tiga dimensi, empat dimensi dan berwarna

Gelombang suara yang digunakan dalam USG diproduksi oleh transduser, yang juga berfungsi sebagai penerima gelombang yang dipantulkan kembali dari jaringan tubuh. Gambar yang dihasilkan memberikan informasi penting tentang struktur dan fungsi organ, serta membantu dalam diagnosis dan pemantauan berbagai kondisi kesehatan.



Gambar2.1 frekuensi Ultrasound (USG)
(Heat Raftery 2007)

Semua gelombang suara mempunyai karakteristik yang ditentukan oleh frekuensi, waktu, panjang gelombang, kecepatan, amplitudo, intensitas dan variabel akustik. Variabel akustik meliputi tekanan, densitas, suhu dan gerakan partikel

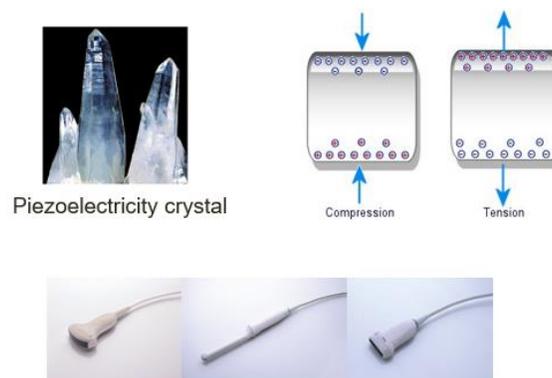
- a) Frekuensi Frekuensi gelombang suara atau pulsasi menentukan resolusi atau gambar yang terbentuk di layar monitor dan kedalaman penetrasi. Semakin tinggi frekuensi semakin baik resolusinya, semakin rendah frekuensi, semakin dangkal penetrasinya. Satuan frekuensi adalah jumlah frekuensi per detik atau Hertz (Hz).¹
- b) Waktu Gelombang Waktu gelombang adalah waktu yang dibutuhkan untuk penjaran satu siklus gelombang, diukur dalam detik atau mikrodetik.
- c) Panjang Gelombang Panjang gelombang adalah jarak yang dibutuhkan untuk penjaran atau satu siklus gelombang, diukur dengan satuan meter (m) atau milimeter (mm), sangat penting dalam menentukan resolusi gambar di layar monitor. Panjang gelombang harus melewati suatu medium untuk sehingga kecepatan ditentukan medium yang dilewati.
- d) Kecepatan Gelombang suara berjalan melalui berbagai media dengan kecepatan tertentu tergantung pada kepadatan (densitas) dan kompresibilitasnya. Makin padat media tersebut makin tinggi kecepatan suara. Satuan kecepatan adalah meter perdetik (m/dtk) atau millimeter per mikrodetik (mm/ μ dtk). Secara umum kecepatan suara yang melewati suatu gas adalah rendah, cairan mempunyai kecepatan suara yang sedang, sedangkan pada benda padat memiliki kecepatan paling tinggi.
- e) Amplitudo Amplitudo adalah variasi tinggi gelombang maksimum yang terjadi pada suatu gelombang suara. Pengukuran dalam watts (w) dan microwatts (μ w). Amplitudo sangat penting dalam menentukan gambar di layar monitor.

- f) Intensitas Intensitas adalah energi yang dipaparkan oleh gelombang suara pada area tertentu. Intensitas menunjukkan kekuatan suara dan mempunyai satuan W/cm^2 .

2.2 Komponen dan Cara Kerja Alat USG

Sistem USG terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

- a. Transduser: Komponen yang mengubah energi listrik menjadi gelombang suara dan sebaliknya. Terdapat berbagai jenis transduser yang dirancang untuk aplikasi tertentu, seperti transduser linear, convex, dan endokavitasi. bagian ini yang sangat penting dari suatu alat USG oleh karena melalui transduser gelombang suara ultra dihasilkan. Kemampuan menghasilkan gelombang suara dengan frekuensi tinggi dimungkinkan adanya bahan yang bersifat piezoelektrik. Rangsangan listrik dilanjutkan ke transduser dan menghasilkan gelombang suara ultrasonik yang dipancarkan ke jaringan. Gelombang suara yang terpantul balik akan ditangkap oleh penerima (receiver). Receiver ini akan memperkuat gelombang suara yang diterima kemudian menyimpannya dan mengubahnya



Gambar 2.2 transduser (Piezoelektrik)

(Heat Raftery 2007)

- b. Unit Pemrosesan Sinyal: Bagian ini mengolah sinyal yang diterima dari transduser untuk menghasilkan gambar yang dapat ditampilkan pada monitor.
 - 1. Monitor: Layar yang menampilkan gambar hasil pemrosesan sinyal USG. Ada beberapa model penampilan gambar pada monitor mesin ultrasonografi A-Mode (Amplitudo modulation) Gelombang suara digambarkan sebagai garis-garis vertikal pada layar monitor. Tinggi garis defleksi merupakan besarnya amplitudo gelombang suara tersebut. Jarak antara transduser dan permukaan pantulan dapat diukur dengan melihat posisi dari defleksi tadi pada garis dasar. A-mode ini antara lain dapat digunakan untuk mengukur diameter biparietal dan membedakan antara tumor kistik dan padat.
 - 2. B-Mode (Brightness Modulation) Gelombang yang muncul digambarkan sebagai titik-titik yang terang sepanjang garis dasar. Bila titik-titik gelombang ini didata kembali sesuai dengan lokasinya maka akan terbentuk suatu gambaran dua dimensi pada bidang pengamatan.
 - 3. M-Mode (Motion Modulation) Digunakan untuk melihat benda-benda yang bergerak misalnya pergerakan jantung janin.
 - 4. Real time Teknologi yang dimiliki mampu menghasilkan pencitraan USG sebagai gambaran hidup. Hal ini disebabkan citra yang didapat mampu membentuk dan mengganti suatu potongan gambar ke potongan gambar lainnya secara cepat kemudian digabungkan sehingga membentuk seperti film (cinema). Setiap detik dapat dihasilkan puluhan potongan gambar sehingga gambar tersebut berkelanjutan. Gambaran seperti ini dinamakan Real Time Scanning, sehingga dapat membuat gambaran cross sectional tapi juga dapat mengikuti pergerakan dari organ-organ/target yang diinginkan

- c. Sistem Penyimpanan dan Pengarsipan: Menyimpan hasil gambar untuk analisis lebih lanjut dan dokumentasi medis.

Cara kerja alat USG melibatkan proses pengiriman gelombang suara ke tubuh, menerima gelombang pantulan, dan memproses sinyal tersebut menjadi gambar. Variasi dalam pantulan gelombang suara (berdasarkan kepadatan jaringan yang dilalui) memungkinkan identifikasi dan visualisasi struktur internal tubuh.

2.3 Prinsip Kerja USG

Prinsip kerja USG didasarkan pada fenomena fisik yang disebut **refleksi gelombang suara**. Berikut adalah langkah-langkah utama dalam prinsip kerja USG:

1. Emisi Gelombang Suara

Transduser USG mengandung kristal piezoelektrik yang menghasilkan gelombang ultrasound ketika diberikan arus listrik. Gelombang ini memiliki frekuensi tinggi, biasanya dalam rentang 2–15 MHz, yang aman untuk jaringan tubuh manusia.

2. Interaksi dengan Jaringan Tubuh

Gelombang suara yang dihasilkan transduser dipancarkan ke dalam tubuh melalui medium gel atau cairan yang berfungsi sebagai konduktor. Saat gelombang suara ini mengenai jaringan tubuh dengan kepadatan berbeda, sebagian gelombang dipantulkan kembali (echo) ke transduser, sementara sebagian lainnya terus merambat.

3. Refleksi dan Pengukuran Waktu

Gelombang yang dipantulkan (echo) kembali ditangkap oleh transduser. Waktu yang dibutuhkan gelombang untuk kembali ke transduser digunakan

untuk menghitung jarak antara transduser dan struktur yang dipantulkan. Semakin dekat objek dengan transduser, semakin cepat gelombang kembali.

4. Konversi Sinyal ke Gambar

Gelombang echo yang diterima oleh transduser diubah menjadi sinyal listrik. Sinyal ini kemudian diproses oleh perangkat lunak USG untuk menghasilkan gambar visual dari struktur internal tubuh. Kepadatan jaringan yang berbeda menghasilkan intensitas echo yang berbeda, sehingga menciptakan kontras pada gambar.

5. Real-Time Imaging

Proses pengambilan, pengolahan, dan penyajian gambar terjadi secara kontinu sehingga menghasilkan gambar real-time. Hal ini memungkinkan operator untuk memvisualisasikan pergerakan organ atau aliran darah secara langsung.

Jenis Citra USG

- **Mode B (Brightness Mode):** Mode yang paling umum digunakan, menghasilkan gambar dua dimensi dari kepadatan jaringan.
- **Mode M (Motion Mode):** Digunakan untuk mencitrakan gerakan, seperti aktivitas jantung.
- **Doppler Mode:** Digunakan untuk memvisualisasikan dan mengukur aliran darah.

2.4 Masalah Umum pada Alat USG

Penggunaan rutin alat USG dalam lingkungan klinis sering kali dihadapkan pada berbagai masalah teknis yang dapat mempengaruhi kinerja dan kualitas diagnostik, antara lain:

- a. Penurunan Kualitas Gambar: Faktor seperti degradasi transduser, interferensi listrik, dan kegagalan perangkat lunak dapat menyebabkan penurunan kualitas gambar.
- b. Kerusakan Transduser: Transduser merupakan komponen yang rentan terhadap kerusakan karena seringnya penggunaan dan kontak fisik dengan pasien.
- c. Downtime: Periode di mana alat USG tidak berfungsi atau tidak tersedia untuk digunakan karena kerusakan atau pemeliharaan. Downtime dapat mengganggu alur kerja dan menyebabkan penundaan dalam layanan kesehatan.
- d. Kesalahan Kalibrasi: Kalibrasi yang tidak tepat dapat menghasilkan data yang tidak akurat dan mempengaruhi diagnosis.

2.5 Metode Six Sigma

Six Sigma adalah metodologi manajemen yang berfokus pada peningkatan kualitas dengan mengidentifikasi dan menghilangkan cacat serta variasi dalam proses. Metode ini menggunakan alat statistik dan pendekatan berbasis data untuk mencapai tingkat kualitas yang sangat tinggi. metodologi yang digunakan untuk meningkatkan proses dengan mengidentifikasi dan menghilangkan penyebab cacat atau kesalahan serta meminimalkan variabilitas dalam proses. Dalam kasus perbaikan dan peningkatan kinerja alat USG, Six Sigma dapat diterapkan untuk memastikan bahwa alat USG bekerja dengan optimal, memberikan kualitas gambar yang baik, dan meminimalkan downtime. Berikut adalah penjelasan tahapan penerapan Six Sigma dalam skripsi ini: *Six sigma* menggunakan DMAIC metode ini sendiri merupakan singkatan yang mendefinisikan yang berarti mendefinisikan tujuan meningkatkan proses yang konsisten dengan permintaan pelanggan dan strategi perusahaan secara formal

Tahapan DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) adalah inti dari metodologi Six Sigma:

- a. Define: Mendefinisikan masalah dan menetapkan tujuan perbaikan.
- b. Measure: Mengukur kinerja saat ini dan mengumpulkan data yang relevan.
- c. Analyze: Menganalisis data untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah.
- d. Improve: Mengembangkan dan mengimplementasikan solusi untuk memperbaiki masalah.
- e. Control: Memantau hasil perbaikan dan menetapkan kontrol untuk memastikan perbaikan yang berkelanjutan.

2.6 Analisis Pareto

Analisis Pareto dalam konteks skripsi ini berkaitan dengan pemahaman mengenai bagaimana faktor-faktor tertentu dalam perawatan dan penggunaan alat USG dapat menimbulkan sejumlah besar masalah yang berdampak pada kinerja keseluruhan alat tersebut. Analisis Pareto, yang sering kali dikaitkan dengan prinsip "80/20", menyatakan bahwa sekitar 80% dari dampak atau masalah umumnya disebabkan oleh 20% dari faktor penyebabnya. Prinsip ini pertama kali diperkenalkan oleh ekonom Italia **Vilfredo Pareto pada tahun 1896** dan sejak itu diterapkan dalam berbagai bidang untuk mengidentifikasi elemen-elemen utama yang membutuhkan perhatian khusus dalam proses perbaikan.

Dalam konteks perbaikan alat medis, terutama alat USG, Analisis Pareto bermanfaat untuk menentukan prioritas perbaikan dengan cara mengidentifikasi jenis-jenis kerusakan atau gangguan yang paling sering terjadi atau yang memiliki dampak terbesar terhadap kinerja alat. Tahapan yang dilakukan dalam Analisis Pareto, yaitu mengumpulkan data tentang masalah atau kerusakan, menghitung frekuensinya, serta mengurutkan dari yang tertinggi hingga terendah, memungkinkan tim perbaikan untuk fokus pada masalah utama yang menyebabkan downtime dan penurunan kualitas kinerja alat USG.

Dalam penelitian ini, penerapan Analisis Pareto berfungsi sebagai langkah awal dalam metode Six Sigma untuk tahap **Define** dan **Analyze**. Melalui pendekatan ini, kita dapat:

- Menentukan masalah utama pada alat USG yang paling berdampak pada kinerja dan pelayanan.
- Mengidentifikasi faktor-faktor yang paling sering menyebabkan downtime atau penurunan kualitas alat.
- Memberikan dasar yang kuat untuk fokus pada peningkatan kinerja yang paling kritis, sehingga proses perbaikan alat USG menjadi lebih efektif dan tepat sasaran.

2.6.1 Menghitung Total Frekuensi

1. Total frekuensi adalah jumlah dari seluruh frekuensi masalah yang ada:

$$\text{Total Frekuensi} = \sum_{i=1}^n f_i$$

2. Hitung Persentase Masing-Masing Masalah

$$\text{Persentase Masalah} = \left(\frac{f_i}{\text{Total Frekuensi}} \right) \times 100\%$$

3. Hitung Persentase Kumulatif

$$\text{Persentase Kumulatif Masalah}_i = \sum_{j=1}^i \text{Persentase Masalah}_j$$