

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan Masalah

Katarak adalah penyakit gangguan penglihatan yang menjadi penyebab utama kebutaan di dunia. Katarak merupakan penyakit dengan gejala peningkatan kekeruhan pada lensa mata yang disebabkan oleh adanya hidrasi atau peningkatan cairan lensa, denaturasi protein lensa, atau gabungan dari keduanya [1]. Akibat dari opasifikasi pada mata, penglihatan akan terganggu secara parsial hingga total akibat terhalangnya cahaya masuk ke mata. 90% kasus katarak terjadi berkaitan dengan usia atau dengan kata lain sebagian besar merupakan kasus katarak Senilis. Umumnya, katarak terjadi pada usia di atas 50 tahun ditandai dengan pengkeruhan lensa mata.

Katarak merupakan masalah kesehatan pada masyarakat yang cukup penting untuk diatasi. *World Health Organization* (WHO) memperkirakan pada tahun 2018, sebanyak 1,3 Miliar orang di dunia menderita gangguan penglihatan. Katarak menjadi penyebab utama gangguan penglihatan terbanyak kedua (33%), setelah gangguan refraksi yang tidak terkoreksi (42%) [2]. Namun katarak menjadi penyebab utama kebutaan sebesar 51%. Berdasarkan data terbaru dari riset dasar kesehatan Indonesia pada tahun 2013, prevalensi katarak di Indonesia untuk semua umur adalah 1,8% dan sebanyak 51,6% belum dioperasi karena ketidaktahuan [3]. Tingkat kebutaan di Indonesia mencapai 1,6 juta atau sekitar 3 dari 100 orang yang berusia lebih dari 50 tahun. Sekitar 5 sampai 6 juta yang mengalami gangguan penglihatan masih dapat dicegah dari kebutaan [4]. Dari angka tersebut, dapat diketahui bahwa katarak merupakan masalah penglihatan yang serius.

Di Indonesia sendiri, gangguan penglihatan parah dan kebutaan (katarak menjadi prevalensi terbesar) menyebabkan kerugian ekonomi hingga mencapai 84,7 Triliun Rupiah. Hal ini menunjukkan bahwa kesehatan penglihatan sangat penting untuk menunjang produktivitas demi meningkatkan kesejahteraan ekonomi.

Dengan deteksi katarak sedini mungkin, maka kemungkinan untuk mengembalikan kualitas penglihatan menjadi lebih besar. Deteksi dini juga mencegah penurunan kualitas penglihatan lebih serius. Keberadaan alat yang dapat dibawa kemana –

mana (*mobile*) dapat membuat pelaksanaan *screening* atau deteksi katarak dapat menjangkau masyarakat lebih luas terutama yang tinggal di daerah terpencil dan sulit mengakses layanan kesehatan, sehingga tingkat kebutaan dapat ditekan.

1.1.1 Informasi Pendukung Masalah

Katarak dapat mengurangi tingkat visus pada mata penderitanya. Visus adalah sebutan lain dari ketajaman penglihatan. Mata yang sehat memiliki nilai visus 6/60, artinya mata dapat melihat dengan jelas pada jarak 6 meter. Katarak akan mengurangi nilai visus di tiap tahap perkembangannya. Katarak mengalami beberapa tahap yang disebut maturitas katarak. Pada tiap tahap katarak, visus akan semakin berkurang. Tahap tersebut adalah sebagai berikut [1].

1. Iminens/ Insipiens

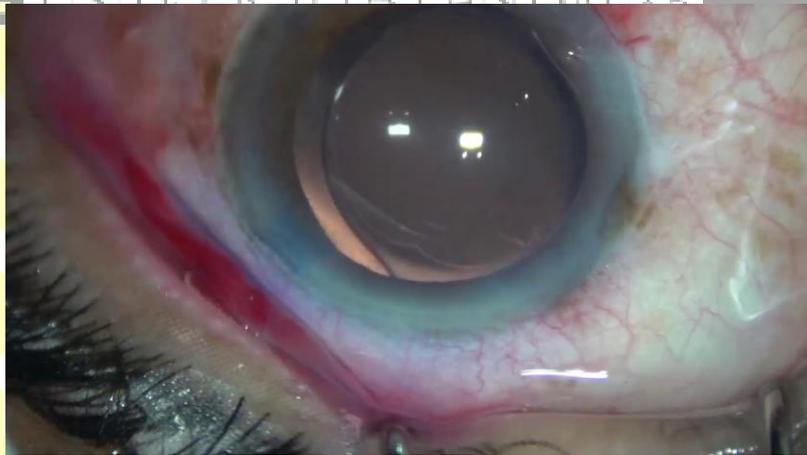
Pada tahap ini, lensa bengkak akibat dimasukinya air, kekeruhan lensa masih ringan. Pada saat dilakukan pemeriksaan ditemukan iris normal, bilik mata depan normal, sudut bilik mata normal, serta *shadow test* didapatkan negatif. Dari pemeriksaan, kekeruhan akibat katarak pada tahap ini tidak dapat dilihat secara visual. Katarak ini baru terdeteksi pada pemeriksaan menggunakan oftalmoskop. Pada gambar 1.1 dapat dilihat bahwa katarak pada tahap ini hampir terlihat seperti mata normal.



Gambar 1. 1 Katarak Insipiens [5]

2. Imatur

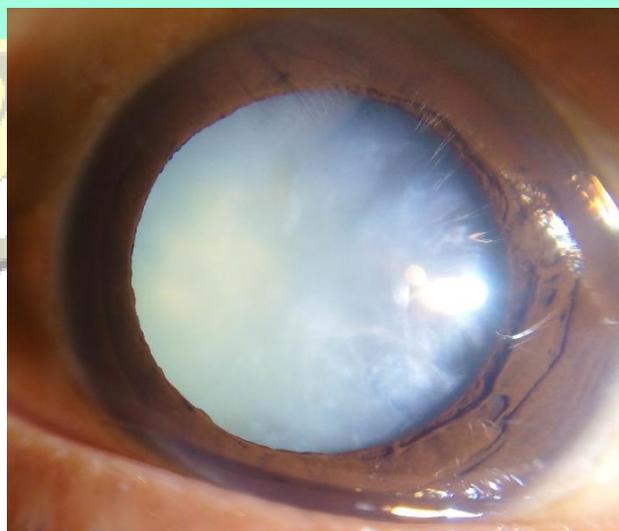
Pada tahap ini, opasitas lensa bertambah dan visus menurun menjadi 5/60 sampai 1/60. Cairan lensa menjadi semakin banyak sehingga iris terdorong dan bilik mata menjadi dangkal, sudut bilik mata sempit, dan sering terjadi glaukoma. Pada tahap ini, kekeruhan pada lensa dapat terlihat samar-samar secara visual. Pada gambar 1.2 terlihat bahwa lensa mata mulai terlihat keruh.



Gambar 1. 2 Katarak Imatur [6]

3. Matur

Pembiaran katarak akan menyebabkan lensa menjadi keruh seluruhnya dan visus menurun drastis menjadi 1/300 atau penglihatan berjarak 1 meter. Pada tahap ini, penderita mulai kesulitan untuk melihat dengan jelas. Kekeruhan pada lensa sudah dapat dilihat dengan jelas. Pada gambar 1.3 dapat terlihat lensa mata yang hampir tertutup seluruhnya akibat katarak.



Gambar 1. 3 Katarak Matur [7]

4. Hiper matur

Pada tahap ini, korteks telah mencair sehingga nukleus jatuh dan lensa turun dari kapsulnya (Morgagni). Lensa telah keruh seluruhnya hingga visus mencapai 0, dan terancam terjadi komplikasi berupa uveitis dan glaukoma. Katarak yang dibiarkan hingga mencapai hiper matur akan menyebabkan kebutaan. Hal ini diakibatkan oleh lensa yang sudah menutup sepenuhnya hingga visus mencapai 0 sehingga cahaya tidak bisa mencapai retina. Pada gambar 1.4 dapat dilihat bahwa lensa mata tertutup total oleh katarak.



Gambar 1. 4 Katarak Hiper matur [8]

Katarak dapat dilakukan pemeriksaan menggunakan beberapa metode seperti penggunaan Tonometri yang mengukur tekanan bola mata dan pemeriksaan oftalmoskopi yang dapat dilakukan di rumah sakit. Namun dengan pemanfaatan teknik komputer, pemeriksaan secara dini katarak dapat dilakukan dengan mengidentifikasi tampilan visual mata penderita katarak melalui tangkapan visual kamera untuk memprediksi keadaan mata katarak. Dari penjelasan mengenai ciri-ciri tiap tahap katarak, pada tahap insipiens belum dapat dideteksi secara visual, dan penderita belum merasakan gangguan penglihatan yang berarti. Gejala gangguan penglihatan akibat katarak mulai dirasakan penderita saat mencapai tahap imatur. Kekeruhan lensa juga dapat dideteksi secara visual pada tahap ini, sehingga kepastian mengenai kondisi mata apakah terkena katarak dapat diprediksi menggunakan model *machine learning* yang dapat mempelajari fitur secara otomatis.

Data menunjukkan bahwa 90% masyarakat yang mengalami gangguan penglihatan terdapat di daerah berpenghasilan rendah, sehingga sulit untuk menjangkau akses

kesehatan dan menimbulkan ketidaksadaran masyarakat terhadap kesehatan penglihatan mereka. Meskipun katarak dapat diobati dengan melalui prosedur pembedahan yang relatif sederhana, tantangan utama terletak pada diagnosis dini dan pemantauan perkembangannya. Di banyak wilayah, terutama pedesaan di negara berkembang, akses terhadap kesehatan mata yang memadai seringkali terbatas, sehingga pemeriksaan katarak sering tidak terlaksana. Akibatnya, operasi katarak yang telah ditanggung pemerintah melalui BPJS. Pada salah satu studi [10] menyebutkan bahwa kendala pada pelayanan operasi katarak. Kendala tersebut adalah sebagai berikut.

1. Biaya. biaya operasi katarak di rumah sakit pemerintah bervariasi antara 3 juta hingga 7 juta, sedangkan untuk rumah sakit swasta bisa lebih tinggi.
2. Dirasa tidak perlu. Kebanyakan dari mereka berusia 70 tahun ke atas memiliki anggapan bahwa pengurangan kemampuan penglihatan merupakan bagian dari takdir Tuhan.
3. Ketakutan. Kurangnya pengetahuan mengenai prosedur operasi katarak membuat tersebar anggapan keliru, seperti proses yang menyakitkan atau pencabutan bola mata selama operasi.
4. Ketidaktahuan bahwa perawatan itu mungkin dilakukan. Kurangnya informasi dan pendidikan membuat sebagian penderita tidak menyadari kondisi mata mereka. Perkembangan katarak yang cenderung lambat dan penglihatan yang baik pada mata yang lain, membuat penderita menyesuaikan diri dengan gangguan dan tidak merasakan adanya perubahan.

Dengan adanya deteksi katarak pada masyarakat, tenaga kesehatan setempat dapat segera merujuk warga ke fasilitas kesehatan untuk mendapatkan perawatan, supaya dapat beraktivitas normal kembali. Dengan begitu, kerugian akibat hilangnya produktivitas akibat gangguan penglihatan (katarak menyumbang prevalensi terbesar), dapat dihindari.

1.1.2 Analisis Masalah

Pembuatan proyek ini mesti mempertimbangkan berbagai bidang yang akan dianalisa. Permasalahan yang akan diselesaikan meninjau aspek – aspek seperti berikut.

1. Aspek Ekonomi, Total biaya yang digunakan untuk solusi tidak lebih dari Rp5.000.000
2. Aspek *Manufacturability*, Solusi yang diberikan dapat dibuat tanpa menggunakan PCB.
3. Aspek *Sustainability*, Bahan yang digunakan untuk solusi bersifat tahan lama untuk pemakaian jangka panjang.
4. Aspek Waktu, Solusi dapat dikerjakan oleh 1 orang dalam waktu 6 bulan dengan jam kerja 12 jam per minggu.
5. Aspek Etika, Solusi tidak mengganggu privasi pengguna.
6. Aspek Kesehatan, solusi tidak menyebabkan gangguan kesehatan pada pengguna.

1.1.3 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

Dari analisa permasalahan yang telah dilakukan, maka solusi diharapkan dapat mendeteksi katarak dari tahap dini. Solusi dianalisis dengan kebutuhan sebagai berikut.

1. Alat mampu mendeteksi katarak dengan mengklasifikasikan keadaan mata dalam waktu relatif singkat dan akurasi tinggi.
2. Alat dapat digunakan untuk mendeteksi tingkat katarak dengan penggunaan antarmuka yang mudah digunakan.

1.1.4 Tujuan

Berdasarkan kebutuhan yang dianalisis, tujuan yang ingin dicapai adalah pembuatan sistem yang dapat membantu pendeteksian katarak, terutama katarak tahap dini yang dapat dideteksi secara visual yaitu katarak imatur, sehingga masyarakat dapat lebih diyakinkan untuk mendapatkan perawatan katarak

secepatnya untuk menghindari dampak yang buruk akibat katarak yang dibiarkan berlarut – larut, yang mana pada tahap hiper matur telah menyebabkan kebutaan.

1.2 Solusi

1.2.1 Karakteristik Produk

1. Fitur Dasar

- a. *Computing Performance*: Membutuhkan *computing performance* yang baik sehingga dapat memproses data dari kamera dan memproses inputan dengan baik dan waktu yang singkat.
- b. *Sensing Capability*: Membutuhkan kemampuan *sensing capability* yang baik sehingga dapat menangkap citra dengan kualitas yang baik.
- c. *Outputting Capability*: Alat memungkinkan mengirimkan notifikasi mengenai hasil identifikasi kesehatan mata.
- d. *Low Cost*: Biaya yang dikeluarkan diminimalisir seterjangkau mungkin.

2. Fitur Tambahan

- a. *Offline*
Solusi yang ditawarkan dapat bekerja tanpa memerlukan jaringan internet.
- b. Dapat menggunakan baterai (*Battery-powered*)
Solusi dapat menggunakan baterai sebagai sumber daya, sehingga dapat digunakan dimana saja.

3. Sifat Solusi

- a. Mobilitas yang mudah
Solusi yang ditawarkan memiliki bentuk yang ringkas dan mudah dibawa kemana - mana.

1.2.2 Usulan Solusi

1.2.2.1 Solusi 1: Tangkapan Citra Kamera Inframerah dengan Klasifikasi SVM

Solusi 1 menggunakan kamera inframerah yang dapat menangkap cahaya diluar spektrum cahaya tampak, kemudiandengan bantuan *Support Vector Machine* (SVM) akan mendeteksi keadaan katarak. SVM digunakan untuk melakukan

prediksi, baik dalam kasus klasifikasi maupun regresi. SVM dikembangkan oleh Boser, dan Vapnik [7]. SVM memiliki prinsip dasar *linear classifier*, yaitu dapat memisahkan kasus klasifikasi linier. SVM telah dikembangkan sehingga dapat bekerja pada masalah non-linier dengan memasukkan konsep kernel pada ruang kerja berdimensi tinggi. Dalam ruang berdimensi tinggi tersebut, SVM mencoba mencari *hyperplane* terbaik yang dapat memaksimalkan jarak (*margin*) antar lapisan data. Citra yang telah ditangkap oleh kamera akan mengolah data citra tersebut untuk mengidentifikasi kondisi mata sesuai pengaturan parameter SVM yang telah ditetapkan.

1.2.2.2 Solusi 2: Tangkapan Citra Kamera RGB dengan Klasifikasi dan Segmentasi YOLO

Solusi 2 menggunakan kamera RGB, yang mampu menangkap spektrum cahaya tampak, kemudian menggunakan algoritma *You Only Look Once* (YOLO) sebagai alat untuk melakukan segmentasi area lensa mata dan kemudian lensa akan diklasifikasikan keadaannya berdasarkan fitur yang dibaca. YOLO merupakan pendekatan baru pada pendeteksian objek yang dapat memprediksi jenis objek dan posisinya. YOLO meringkaskan deteksi objek sebagai regresi ke sebuah *bounding box* yang terpisah secara spasial dan probabilitas kelas yang terasosiasi, yang diprediksi dengan sebuah jaringan syaraf tunggal [11]. YOLO dapat secara otomatis mengekstraksi fitur karena termasuk dalam kategori deep learning yang mana memiliki kemampuan mengolah gambar [12]. Dalam penerapannya, YOLO akan membaca citra kemudian mendeteksi keberadaan lensa, lalu melakukan segmentasi agar pendeteksian lebih terfokus dan akurat. Kemudian fitur lensa akan dibaca, dan memberikan hasil pengklasifikasian keadaan lensa.

1.2.2.3 Solusi 3: Tangkapan Citra Kamera Ultraviolet dengan Klasifikasi *Random Forest*

Solusi 3 menggunakan kamera ultraviolet dengan *Random Forest* sebagai sistem klasifikasi mata katarak. Kamera ini dapat menangkap detail yang tidak terlihat oleh mata. *Random Forest* merupakan klasifikasi yang dilakukan dengan mengembangkan metode *Decision Tree* berdasarkan pemilihan atribut acak pada setiap node untuk menentukan klasifikasi. *Random Forest* dapat dibangun dengan

menggunakan bagging dengan pemilihan atribut acak. Metode CART (*Classification and Regression Tree*) digunakan untuk menumbuhkan pohon keputusan (*Decision Tree*). Pohon tersebut tumbuh hingga ukuran maksimum dan tidak dipangkas. Sehingga menghasilkan kumpulan pohon yang disebut hutan (*forest*) [13]. Citra mata akan ditangkap kamera dengan menangkap citra fundus mata lalu citra akan dipelajari untuk mengidentifikasi kondisi mata saat ini.

1.2.3 Analisis Usulan Solusi

Berikut ini pada tabel 1.1 merupakan analisa usulan solusi yang diberikan menggunakan *House of Quality*. Bagan tersebut akan membandingkan kebutuhan pengguna dengan spesifikasi yang ditawarkan.

Tabel 1.1 House of Quality

Konstrain	Prioritas	Computing Performance	Sensing Capability	Outputting Capability	Mobilitas yang mudah	Offline	Low Cost	Battery-powered	
Biaya < Rp 5.000.000	5	•	•	•	•	○	•	○	
Menggunakan komponen yang tahan lama	4								
Dapat diselesaikan kurang dari 6 bulan	3	○		○			▽		
Tidak mengganggu privasi pengguna	2		•			○			
Dapat dibuat tanpa PCB	3						•	○	
Importance Rating		21	21	21	15	14	39	16	147
Percentage Rating		14,20%	14,20%	14,20%	10,20%	9,50%	27%	11%	100%
Solusi 1		•	○	•	•	•	○	•	2,597
Solusi 2		•	•	•	•	•	•	•	3,009
Solusi 3		•	▽	•	○	•	▽	•	2,083

Ket Bobot
 • 3
 ○ 2
 ▽ 1

Dari bagan tersebut dapat dilihat bobot prioritas yang diharapkan konsumen. Biaya yang menjadi prioritas tertinggi konsumen dengan tidak melebihi anggaran. Kebutuhan biaya ini memiliki hubungan yang kuat terhadap hampir semua karakteristik produk yang ditawarkan, sehingga biaya menjadi pertimbangan yang sangat penting. Penggunaan komponen yang tahan lama juga berpengaruh pada karakteristik *Low-Cost* yang ditawarkan, sehingga komponen yang dibutuhkan dan sesuai akan dipilih dengan pertimbangan biaya serendah mungkin namun tetap tahan lama. Pada kebutuhan penyelesaian selama 6 bulan, hal ini cukup erat kaitannya dengan *computing performance* dan *outputting capability*, karena pemodelan untuk mencari sistem terbaik akan membutuhkan waktu. Kemudian kebutuhan yang tidak mengganggu privasi pengguna akan erat kaitannya dengan karakteristik *sensing capability* dan *offline*. Hal ini menjamin bahwa kamera yang memiliki *sensing capability* tidak akan mengganggu privasi dengan tangkapan layar

tanpa konsen pengguna dengan tambahan karakteristik *offline* yang tidak akan dapat diakses melalui internet oleh orang tidak bertanggung jawab. Selain itu, alat ini juga diharapkan mudah dibawa kemana – mana supaya dapat menjangkau daerah – daerah pedalaman yang sulit diakses. Penggunaan baterai sebagai sumber daya juga akan memudahkan penggunaan alat di daerah yang belum tersuplai listrik. Hal ini membuat hubungan yang kuat antara kebutuhan untuk mudah dibawa kemana – mana dengan karakteristik pendayaan baterai menjadi cukup erat. Dengan karakteristik yang tidak membutuhkan PCB, maka *cost* dapat menjadi lebih rendah. Berikut ini adalah hasil perhitungan dari masing – masing solusi.

$$\text{Solusi 1} = (3 \times 14,2\%) + (2 \times 14,2\%) + (3 \times 14,2\%) + (3 \times 10,2\%) + (3 \times 9,5\%) + (2 \times 27\%) + (3 \times 11\%) = \mathbf{2,597}$$

$$\text{Solusi 2} = (3 \times 14,2\%) + (3 \times 14,2\%) + (3 \times 14,2\%) + (3 \times 10,2\%) + (3 \times 9,5\%) + (3 \times 27\%) + (3 \times 11\%) = \mathbf{3,009}$$

$$\text{Solusi 3} = (3 \times 14,2\%) + (1 \times 14,2\%) + (3 \times 14,2\%) + (2 \times 10,2\%) + (3 \times 9,5\%) + (1 \times 27\%) + (3 \times 11\%) = \mathbf{2,083}$$

1.2.4 Solusi yang Dipilih

Berdasarkan analisa usulan solusi yang telah dilakukan, didapatkan bahwa solusi 1 memiliki skor tertinggi dibandingkan solusi yang lain. Solusi 1 memiliki kelebihan di dalam karakteristik *Low Cost* -nya yang paling terkait dengan kebutuhan spesifikasi komponen. Solusi 1 juga menggunakan metode YOLO yang cocok untuk *machine learning* yang dapat memfokuskan pendeteksian melalui segmentasi serta ekstraksi fitur yang otomatis, sehingga lebih efisien dan akurat. Dengan penggunaan kamera yang dapat menangkap citra lensa mata, karakteristik katarak sudah dapat diidentifikasi, dan juga kebutuhan alat yang rendah biaya juga terpenuhi.