

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan Masalah

Anemia merupakan kondisi tubuh dimana kadar hemoglobin dalam sel darah merah (eritrosit) tidak dapat mencukupi kebutuhan fisiologis seseorang. Kebutuhan fisiologis ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis kelamin, dimana wanita lebih rentan terkena anemia dibandingkan pria, usia, bahkan kebiasaan merokok [1]. Turunnya kadar hemoglobin ini akan memengaruhi peredaran oksigen keseluruhan tubuh, hal ini akan berujung pada penurunan kerja fisik seperti kelelahan dan sesak napas [2].

Menurut WHO, Pada tahun 2019, diperkirakan anemia mempengaruhi 37% (32 juta) wanita hamil dan 30% (571 juta) wanita usia subur (15–49 tahun). Angka ini menunjukkan bahwa diprediksi tidak banyak negara yang dapat memenuhi target gizi global dalam mengurangi 50% angka anemia pada wanita usia reproduksi tahun 2025 atau 2030, dengan kata lain, diperlukan usaha untuk mengurangi anemia secara global [3].

Di Indonesia sendiri, anemia menjadi salah satu masalah kesehatan utama, Survei Kesehatan Indonesia (SKI) tahun 2023 yang dilakukan oleh Kementerian Kesehatan RI menunjukkan prevalensi anemia pada wanita usia subur (WUS) sebesar 27,2%, Sebagian besar dari angka ini adalah wanita hamil dengan prevalensi 48,9% dan remaja putri sebesar 32% [4]. Selain itu, AKI (angka kematian ibu) di Indonesia cukup tinggi, yaitu sebesar 189/100.000 kelahiran hidup [5], sangat jauh dari target *Sustainable Development Goals (SDGs)* pada tahun 2030 yaitu 70/100.000 kelahiran hidup. Salah satu alasan tingginya angka kematian pada wanita hamil adalah anemia [6].

Survei juga dilakukan pada beberapa daerah di Indonesia. Hasilnya, wanita usia subur memiliki pengetahuan yang rendah mengenai anemia, misalnya studi di Desa Sukamulya, Ciamis menyebutkan 95% persen (dari total 33 orang) tidak memiliki pengetahuan mengenai pencegahan anemia [7]. Selanjutnya pada penelitian lainnya di Cibinong, Bogor, didapatkan hubungan pengetahuan terhadap niat WUS

melakukan deteksi dini anemia, yang mana pengetahuan yang terbatas mendorong pada rendahnya pertisipasi untuk deteksi dini [8].

Selain itu, tantangan utama besarnya prevalensi anemia salah satunya disebabkan oleh gejala klinisnya yang serupa dengan penyakit lainnya, tidak ada perbedaan indikasi khusus. Cara menegakkan diagnosis anemia adalah dengan metode sahli yaitu melakukan cek kadar hemoglobin menggunakan sample darah, cara ini disebut invasif (melukai). Kelemahan metode ini selain pada rasa sakit yang akan dirasakan pasien karena jarum suntik adalah proses pengecekan yang relatif lama karena membutuhkan analisis terlebih dahulu di laboratorium [3]. Penelitian menunjukkan TAT (*turn around time*) total atau waktu yang dibutuhkan dari sampel masuk ke laboratorium hingga hasilnya diketahui oleh dokter atau pasien selama 4 jam, sedangkan TAT intra-lab atau waktu yang dibutuhkan untuk analisis didalam lab selama 55 menit [9]. Penggunaan hb meter untuk mengukur kadar hemoglobin juga dapat menyebabkan infeksi apabila tidak dilakukan dengan steril.

Menurut dr. Sri Rahmadani, dokter di Puskesmas Pauh, Padang, diperlukan adanya alat yang dapat mendeteksi anemia secara non-invasif (tidak melukai) terhadap wanita usia subur agar anemia dapat diatasi sedini mungkin. Anemia yang kategorinya berat (kadar hemoglobin <8 g/dl) akan menyebabkan banyak permasalahan, terutama saat kehamilan, janin dapat terdampak dari anemia yang diderita ibu hamil tersebut. Selain itu, alat konvensional sekarang memerlukan darah sehingga bersifat invasif, hal ini menjadi salah satu faktor banyak wanita usia subur yang enggan memeriksa anemia yang dideritanya. Penjelasan lebih rinci mengenai hasil wawancara terdapat pada lampiran 1.

Permasalahan ini menjadi kompleks untuk diselesaikan karena melibatkan beberapa *stakeholder*, yaitu wanita penderita anemia yang memiliki keadaan fisiologis yang berbeda-beda seperti kehamilan, kebiasaan merokok, atau riwayat penyakit tertentu. Sebagai kelompok utama yang terlibat, solusi yang dibuat diharapkan dapat membantu pasien dalam mengetahui anemia yang dideritanya secara praktis. Selain itu, permasalahan ini melibatkan tenaga medis yang membantu diagnosis anemia pasien, solusi yang akan dibuat diharapkan lebih efektif untuk menegakkan diagnosa anemia saat gejala klinisnya dirasakan oleh pasien dan tenaga medis dapat

memberikan penanganan yang tepat. Instansi kesehatan juga terlibat secara tidak langsung karena jika solusi untuk masalah ini dapat diterapkan pada fasilitas kesehatan (faskes) pertama yang cenderung didatangi masyarakat seperti puskesmas, maka anemia akan lebih cepat dideteksi dan diberikan pengobatan langsung. Alat ini hanya akan digunakan di faskes karena mempertimbangkan efektifitas alat. Faskes 1 yang berfokus pada tindakan preventif, sesuai dengan tujuan alat yang ditawarkan. Selain itu, faskes 1 rutin mengadakan penyuluhan dan edukasi ke sekolah-sekolah untuk memperkecil prevalensi anemia pada remaja, sehingga alat ini dapat digunakan karena lebih efisien dibandingkan pemeriksaan secara langsung yang bersifat subjektif. Hal ini membuat proses pengobatan menjadi lebih singkat.

1.1.1 Informasi Pendukung Masalah

Anemia lebih sering terjadi pada wanita. Hal ini karena wanita mengalami menstruasi yang menyebabkan defisiensi zat besi, selain itu, saat kehamilan, wanita membutuhkan zat besi yang lebih banyak daripada kebutuhan asupan harian. Wanita hamil membutuhkan 800 mg besi, yang mana 300 mg untuk janin dan sisanya sebagai kebutuhan harian wanita hamil tersebut. Untuk mencegah anemia saat kehamilan, salah satu caranya adalah suplementasi zat besi pada wanita hamil dengan dosis 1 tablet (60 mg elemental iron dan 0,25 g asam folat) perhari selama 90 hari berturut-turut [10]. Jika hal ini tidak terpenuhi, maka akan berpengaruh pada kadar hemoglobin dalam darah dan berujung pada anemia.

Hemoglobin adalah pigmen yang membuat sel darah berwarna merah. Hemoglobin ini berupa protein yang berfungsi mengangkut oksigen ke seluruh jaringan tubuh dan mengangkut karbondioksida dari jaringan kembali ke paru-paru[11]. Kadar hemoglobin merupakan indikasi utama seseorang terkena anemia. Anemia berprogresi secara bertahap mulai dari anemia ringan (*mild anaemia*), anemia sedang (*moderate anaemia*) dan anemia berat (*severe anaemia*), tahapan ini bergantung pada penurunan kadar hemoglobin[1]. Usia kehamilan yang semakin tinggi akan memperparah *grade* anemia yang diderita pasien. Pasien dengan kehamilan trimester akhir memerlukan zat besi yang lebih banyak, terlebih saat melahirkan dapat terjadi pendarahan yang mengakibatkan isovolemik akut anemia [12]. Menurut WHO, kadar hemoglobin untuk indikasi anemia dapat terlihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Kadar hemoglobin untuk indikasi anemia[13]

Populasi	Konsentrasi hemoglobin (g/dl)			
	Tidak anemia	Anemia ringan	Anemia sedang	Anemia berat
Wanita tidak hamil (15-65 tahun)	≥12	11.0–11.9	8.0 – 10.9	< 8
Wanita hamil trimester pertama	≥11.0	10.0–10.9	7 - 9.9	< 7
Wanita hamil trimester kedua	≥10.5	9.5 – 10.4	7 - 9.4	< 7
Wanita hamil trimester ketiga	≥11.0	10.0–10.9	7 - 9.9	< 7

Pada kehamilan, status graviditas juga menjadi faktor penting seseorang menderita anemia. Pasien nulligravida (belum pernah hamil) biasanya hanya menderita anemia ringan karena satu-satunya faktor biologis yang menyebabkan ia kekurangan zat besi hanyalah menstruasi, begitupun pada pasien primigravida (kehamilan pertama kali), cadangan zat besi yang tersedia lebih banyak. Pada pasien multigravida (pernah hamil lebih dari sekali), resiko terkena anemia berat lebih tinggi. Penelitian [14] menunjukkan faktor resiko multigravida terhadap anemia berat. Pasien anemia dengan kondisi multigravida lebih rentan mengalami penurunan zat besi hingga 9.58 gr/dl. Salah satu faktor hal ini terjadi adalah jarak kelahiran yang tidak cukup dapat mengambil cadangan zat besi ibu karena meningkatnya kebutuhan nutrisi pada kehamilan dan kehilangan darah nifas yang dapat menyebabkan anemia tingkat sedang pada kehamilan berikutnya [15].

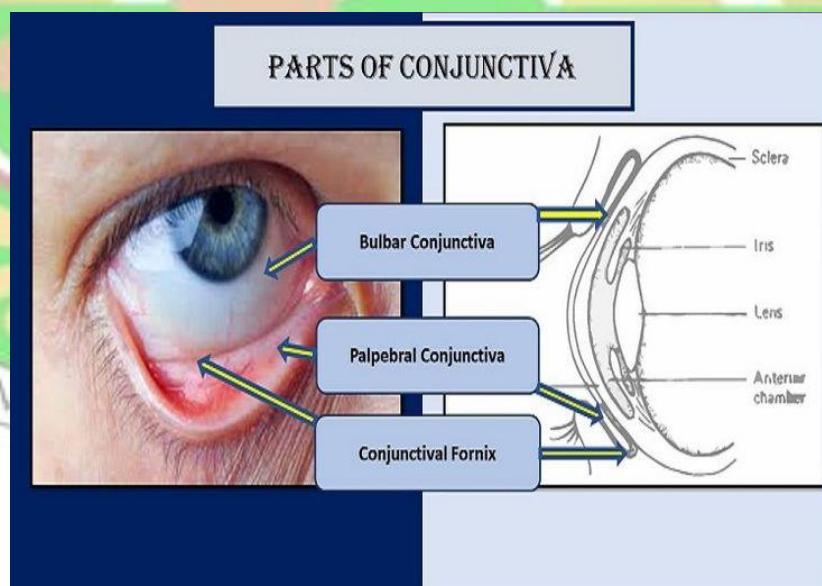
Penelitian [16] menemukan hubungan signifikan antara kadar hemoglobin dan saturasi oksigen pada penderita anemia. Seorang pasien dengan anemia ringan sampai sedang kemungkinan tidak mengalami penurunan saturasi, tetapi jika hemoglobin terlalu rendah, maka saturasi oksigen beresiko mengalami penurunan juga. Perlu adanya pemeriksaan saturasi untuk memperkuat diagnosis anemia. Nilai saturasi normal berkisar antara 95 – 100%, yang mana, jika berada dibawah nilai ini dapat diidentifikasi bahwa hemoglobin dalam tubuh pasien tidak cukup untuk

mengirimkan oksigen melalui darah ke jaringan tubuh, kondisi ini yang disebut hipoksemia [17].

Tubuh mengkompensasi anemia dengan cara menunjukkan gejala klinis seperti pusing dan tidak bertenaga, gejala-gejala ini bersifat bias sehingga acapkali diabaikan [18], tetapi salah satu mekanisme kompensasi tubuh yang dapat diukur dan dapat diindikasi anemia adalah dengan peningkatan denyut jantung. Kondisi hemoglobin yang menurun membuat tubuh meningkatkan denyut jantung agar darah dapat terpompa ke seluruh jaringan tubuh, kondisi ini disebut takikardia, yaitu kondisi saat jantung memompa darah lebih dari 100 bpm [19], [20].

Selain denyut jantung, kadar hemoglobin dan saturasi oksigen, tanda-tanda seseorang menderita anemia diantaranya adalah pucat pada konjungtiva, dasar kuku, wajah, dan lipatan telapak tangan, tetapi hanya kepuatan konjungtiva yang dapat digunakan pada pasien untuk mendeteksi anemia dari ras apapun [21].

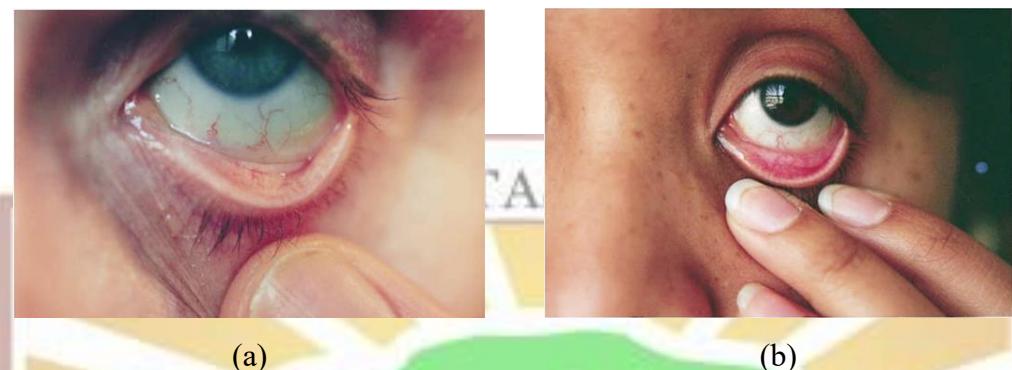
Palpebral (kelopak mata) berfungsi untuk melindungi bola mata terhadap kontak debu atau kotoran. Konjungtiva merupakan lapisan permukaan kelopak mata yang memiliki tiga bagian utama, yaitu konjungtiva palpebral, konjungtiva bulbar, dan fornix. Bagian konjungtiva secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Bagian-bagian konjungtiva mata

Konjungtiva palpebral dapat digunakan sebagai indikator anemia karena lapisannya yang sangat tipis, sehingga dapat langsung diidentifikasi jika terjadi penurunan kadar

hemoglobin akibat anemia yang menyebabkan keputihan [21]. Perbedaan warna konjungtiva pucat dan normal untuk indikasi anemia dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1. 2 (a) Konjungtiva pucat indikasi anemia. (b) Konjungtiva normal [21].

Banyak upaya yang dilakukan dalam mencegah meningkatnya prevalensi anemia, misalnya adalah himbauan untuk mengonsumsi tablet tambah darah (TTD) secara rutin sejak remaja. Namun, hal ini belum efektif karena berkaitan dengan kesadaran diri remaja tersebut yang sulit untuk dikontrol. Untuk menanggulangi anemia, pemeriksaan kadar hemoglobin dilakukan secara invasif (melalui pemeriksaan darah pada laboratorium) maupun non-invasif, solusi non-invasif yang konvensional adalah dengan menggunakan alat NBM 200, tetapi alat ini hanya menentukan kadar hemoglobin pasien, belum dapat menentukan apakah pasien menderita anemia atau tidak. Penelitian yang lain mengembangkan pendekripsi anemia menggunakan ANN *backpropagation* dengan konjungtiva mata. Solusi ini efektif karena dapat menentukan apakah seseorang terkena anemia hanya dengan melihat konjungtiva mata dan tidak perlu menggunakan alat invasif, tetapi akurasinya cukup rendah yaitu sebesar 70% [22].

1.1.2 Analisis Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan, terdapat tiga aspek penting yang menjadi dampak dari masalah ini, yaitu:

1. Aspek kesehatan: Anemia sangat berdampak pada kualitas hidup seorang wanita, terutama wanita usia subur. Kekurangan hemoglobin pada darah dapat menghambat pendistribusian oksigen ke seluruh jaringan tubuh. Hal ini dapat menyebabkan lemas, letih, lesu, lunglai, dan lalai atau yang dikenal

dengan sebutan 5L, pada kondisi yang lebih parah, anemia dapat beresiko pada penyakit kronis seperti hipertensi. Pada ibu hamil, anemia dapat berakibat komplikasi, kelahiran prematur atau berat badan lahir rendah (BBLR) pada bayi. Jika tidak ditangani dengan baik, anemia dapat menyebabkan kematian. Penanganan anemia yang tidak tepat dapat meningkatkan beban sektor kesehatan salah satunya karena penderita anemia banyak membutuhkan transfusi darah.

2. Aspek ekonomi: Wanita yang menderita anemia dapat mengurangi produktivitas kerja yang nantinya dapat menghambat pertumbuhan ekonomi, terutama pada sektor-sektor yang bergantung pada tenaga fisik. Penelitian [23] menunjukkan bahwa ada hubungan signifikan antara wanita yang terkena anemia yang dapat memperlambat kelangsungan usaha. Hal ini disebabkan karena gejala anemia yang pusing, lemah, dan lainnya sehingga individu yang terkena anemia tidak dapat melaksanakan pekerjaannya secara maksimal yang secara tidak langsung berpengaruh terhadap kesejahteraan masyarakat.
3. Aspek pendidikan: Remaja putri yang menderita anemia dapat mengalami penurunan perkembangan kognitif dan performa akademik. Anemia dapat menurunkan konsentrasi, daya ingat dan meningkatkan resiko kelelahan saat proses pembelajaran. Hal ini dapat memperburuk sektor pendidikan terutama untuk individu tersebut. Jika tidak ditangani dan berlanjut hingga dewasa, maka dapat menimbulkan masalah yang lebih kompleks [24].

1.1.3 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

Berdasarkan analisis masalah yang telah dilakukan, solusi yang ditawarkan harus memenuhi:

1. Solusi yang ditawarkan harus mampu mendeteksi konjungtiva mata, detak jantung, dan saturasi oksigen pasien.
2. Solusi yang ditawarkan harus mampu memberikan hasil status anemia, detak jantung, dan saturasi oksigen pasien.
3. Solusi yang ditawarkan harus mampu menyimpan riwayat pembacaan anemia sehingga dapat menjadi bagian dari rekam medis pasien.

1.1.4 Tujuan

Berdasarkan kebutuhan yang harus dipenuhi, Penulis bertujuan membuat alat deteksi dini anemia non-invasif yang dapat membantu penderita anemia dalam mendeteksi anemia yang dideritanya beserta saturasi oksigen dan detak jantung sebagai indikator sekunder. Hasil pengukuran tersebut kemudian akan disimpan dan dapat diakses kembali sebagai rekam medis sehingga tenaga medis dapat monitoring perkembangan anemia pasien.

1.2 Solusi

1.2.1 Karakteristik Produk

Berdasarkan tujuan, berikut adalah fitur yang harus ada pada solusi yang ditawarkan:

1.2.1.1 Fitur Dasar

1. *Sensing capability*: Solusi yang ditawarkan harus mampu mendeteksi parameter untuk menentukan status anemia yang diderita pasien secara non-invasif. Parameter tersebut adalah konjungtiva mata, saturasi oksigen dan detak jantung.
2. *Computing capability*: Solusi yang ditawarkan harus mampu menganalisis parameter hasil pembacaan untuk menentukan status anemia pasien yang mana nantinya hasil pengukuran harus *reliable* dan valid.
3. *Real time feedback*: Solusi yang ditawarkan dapat memberikan *feedback* secara *real-time* apabila pembacaan anemia telah selesai dilakukan.
4. *Storage capability*: Solusi yang ditawarkan harus mampu menyimpan hasil pengukuran sebelumnya dan riwayat penyakit anemia yang dideritanya (jika ada) dengan hal ini diharapkan tenaga medis dapat memantau perkembangan penyakit anemia pasien secara berkala.

1.2.1.2 Fitur Tambahan

1. *Low power consumption*: karena sistem pendekripsi anemia ini tidak perlu untuk monitoring *real-time*, sehingga solusi yang ditawarkan diharapkan bisa hemat daya dengan parameter dibawah 5W dengan pertimbangan sistem tidak

bekerja secara terus-menerus (hanya bekerja saat ada pasien yang ingin memeriksakan anemia yang dideritanya).

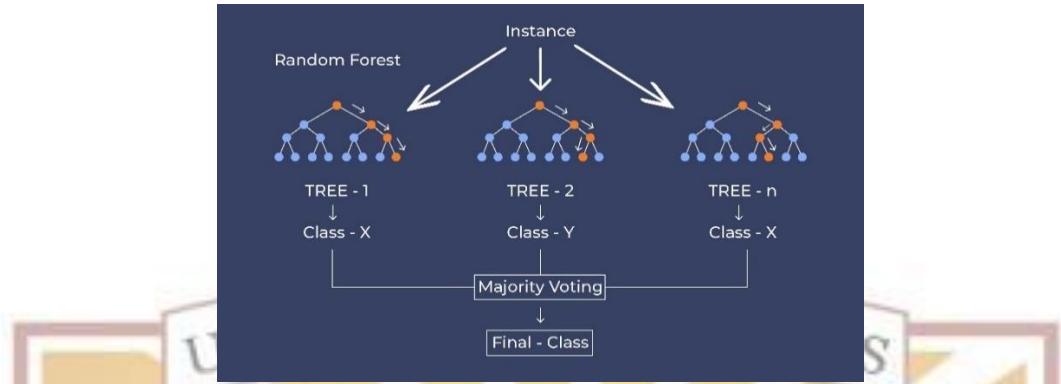
2. *Easy to use*: Solusi yang ditawarkan harus dapat dengan mudah digunakan oleh pengguna, fitur ini ditambahkan dengan pertimbangan kemungkinan besar tenaga medis atau pengguna adalah orang awam teknologi.
3. *Low cost*: Solusi yang ditawarkan dapat diselesaikan dengan biaya kurang dari Rp 5.000.000 dengan pertimbangan kemungkinan solusi yang ditawarkan memerlukan SBC sebagai unit pemrosesan.
4. *Able to solve within 6 months*: Solusi yang ditawarkan harus dapat diselesaikan dengan rentang waktu 6 bulan untuk memenuhi tugas akhir Departemen Teknik Komputer.

1.2.2 Usulan Solusi

1.2.2.1 Solusi 1 (Sistem deteksi dini anemia secara non-invasif menggunakan sensor optik dan algoritma *random forest*)

Solusi 1 menggunakan indikator citra konjungtiva palpebral mata untuk menentukan seseorang menderita anemia atau tidak. Cara kerjanya adalah pasien akan memposisikan konjungtiva mata ke kamera dengan menarik sedikit kelopak mata bagian bawah lalu kamera akan menangkap gambarnya. Selain itu pasien menempelkan jari pada sensor optik yang akan membaca saturasi oksigen dan detak jantung pasien sebagai parameter sekunder untuk menguatkan indikasi, setelah itu, data akan diproses menggunakan algoritma *random forest* dan hasil pembacaan ini akan dikelompokkan kedalam dua kelas yaitu anemia atau normal.

Algoritma *random forest* adalah algoritma klasifikasi yang merupakan pengembangan dari algoritma *decision tree* yang bekerja dengan cara menggabungkan beberapa pohon untuk dilatih secara acak dengan fitur yang berbeda dan nantinya akan membentuk vektor acak[25]. Pohon-pohon ini akan membuat keputusan dan hasil prediksi akan bergantung pada voting kelas terbanyak. Ilustrasinya dapat terlihat pada Gambar 1.3.



Gambar 1. 3 Algoritma random forest

Algoritma *random forest* dapat menangani *overfitting* dengan baik karena keputusan terakhir ditentukan oleh banyak pohon, dan pohon-pohon ini memiliki fitur acak yang berbeda-beda sehingga keputusan satu pohon tidak berkaitan dengan pohon lainnya. Algoritma ini juga banyak diterapkan untuk diagnosis medis dengan keperluan akurasi yang tinggi sehingga sejalan dengan pendekripsi anemia yang akan dilakukan [26]. Untuk menerapkan algoritma *random forest* diperlukan sistem yang kompatibel karena komputasinya yang cukup kompleks, hal ini mulai dari membuat subset data dari dataset yang besar, membuat pohon tanpa *prune* (memotong cabang yang terlalu dalam) hingga pemilihan keputusan terakhir.

Sensor optik digunakan untuk membaca sinyal dari tubuh manusia, dalam hal ini detak jantung dan saturasi oksigen (SPO_2). Pada sistem ini sensor optik diperlukan untuk mengukur parameter sekunder untuk menguatkan diagnosis. Sebagai pelengkap sistem, sensor ini juga akan digunakan pada solusi 2 dan 3.

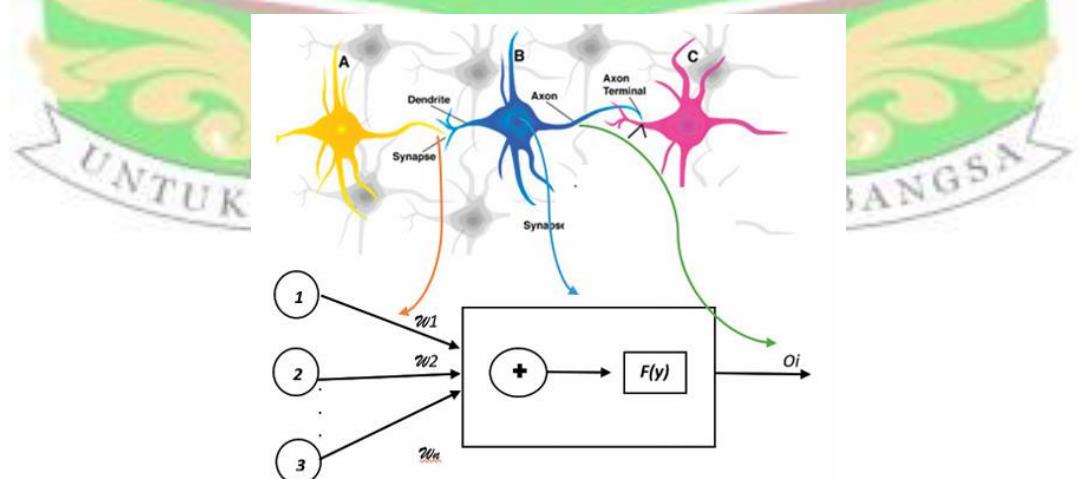
Solusi 1 dapat memenuhi fitur dasar *sensing capability* karena anemia akan dideteksi menggunakan tingkat kepuatan konjungtiva palpebral dengan kamera. Kamera yang digunakan akan lebih baik jika memiliki resolusi tinggi. Objek yang ditangkap juga tidak bergerak sehingga tidak diperlukan *frame rate* yang tinggi, hal ini mendukung fitur tambahan *low cost*. Gambar yang ditangkap oleh kamera akan diproses oleh model *random forest*, yang mana model ini telah teruji untuk diagnosis medis sehingga hasil pengukuran *reliable*, tetapi karena komputasinya yang kompleks, *power* yang digunakan lebih banyak. Setelah pembacaan anemia selesai, hasil diagnosis berupa status anemia pasien akan ditampilkan dan *feedback* akan diberikan oleh sistem dan hasil pembacaan akan disimpan di-website sebagai *history* medis

pengguna sehingga tenaga medis dan pengguna dapat memantau perkembangan penyakit anemia yang dideritanya. Solusi 1 mendukung fitur tambahan *easy to use* karena mudah digunakan oleh tenaga medis dan pasien sebagai *stakeholder* utama.

1.2.2.2 Solusi 2 (Sistem deteksi dini anemia secara non-invasif menggunakan sensor optik dan algoritma *artificial neural network*)

Solusi 2 menggunakan indikator citra konjungtiva palpebral mata untuk menentukan seseorang menderita anemia atau tidak. Cara kerjanya adalah pasien akan memposisikan konjungtiva mata ke kamera dengan menarik sedikit kelopak mata bagian bawah lalu kamera akan menangkap gambarnya. Selain itu pasien menempelkan jari pada sensor optik yang akan membaca saturasi oksigen dan detak jantung pasien sebagai parameter sekunder untuk menguatkan indikasi, setelah itu, data akan diproses menggunakan algoritma *artificial neural network* (ANN) dan hasil pembacaan ini akan dikelompokkan kedalam dua kelas yaitu anemia atau normal.

Artificial neural network (ANN) adalah algoritma klasifikasi gambar dengan cara meniru kinerja otak manusia. ANN bekerja dengan mengekstraksi fitur-fitur penting pada gambar seperti warna (RGB) dan tekstur (GLCM). Setelah fitur-fitur gambar diekstraksi, fitur tersebut akan masuk ke *input layer* lalu diproses melalui beberapa lapis *hidden layer* dan hasilnya akan keluar setelah melewati *output layer* yang biasanya berupa kelas anemia normal atau tidak [27]. Ilustrasi cara kerja ANN dijelaskan dalam Gambar 1.4.



Gambar 1. 4 Cara kerja ANN berdasarkan jaringan syaraf [27]

ANN efekif untuk digunakan sebagai diagnosis awal medis. Hal ini dikarenakan ANN dapat mendeteksi pola kompleks pada gambar ataupun pada teks (jika input berupa data). Sebuah penelitian mengembangkan ANN untuk memprediksi penyakit arteri koroner dan menyimpulkan bahwa model tersebut dapat mengidentifikasi pasien berisiko tinggi [28].

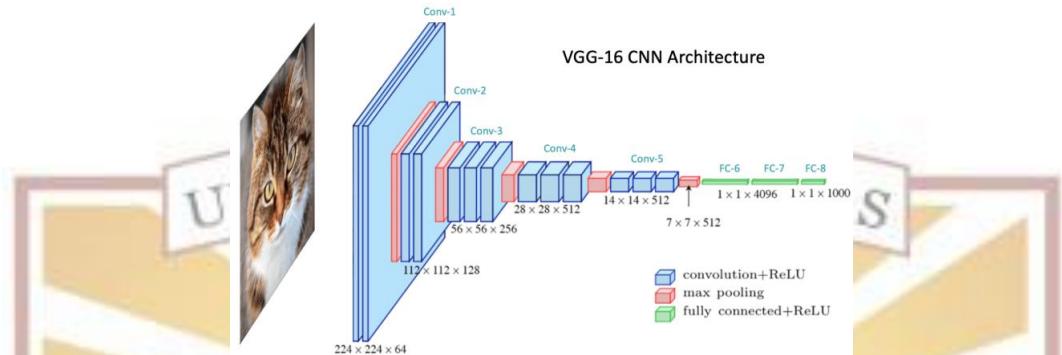
Solusi 2 memenuhi fitur dasar *sensing capability* karena solusi akan diimplementasikan secara non-invasif dan karena menggunakan algoritma ANN membuat hasil pengukuran *reliable*. Solusi ini juga mendukung komputasi yang kompleks namun *capable* untuk dijalankan pada SBC (*single board computer*), tetapi pemrosesan yang dilakukan lebih lama karena memerlukan ekstraksi fitur terlebih dahulu sehingga hasil pembacaan *real time*. Setelah dilakukan pengukuran, sistem akan memberikan *feedback* dan hasil pembacaan akan disimpan pada *website* sehingga pasien dapat memantau perubahan dan riwayat anemia yang dideritanya. Solusi 2 mendukung fitur tambahan *easy to use* karena mudah digunakan oleh pengguna yaitu tenaga medis yang mengoperasikan alat dan pasien yang akan diperiksa.

1.2.2.3 Solusi 3 (Sistem deteksi dini anemia secara non-invasif menggunakan sensor optik dan algoritma *convolutional neural network*)

Solusi 3 menggunakan indikator citra konjungtiva palpebral mata untuk menentukan seseorang menderita anemia atau tidak. Cara kerjanya adalah pasien akan memposisikan konjungtiva mata ke kamera dengan menarik sedikit kelopak mata bagian bawah lalu kamera akan menangkap gambarnya. Sensor optik akan membaca saturasi oksigen dan detak jantung pasien sebagai parameter sekunder untuk menguatkan indikasi, setelah itu, data akan diproses menggunakan algoritma *convolutional neural network* (CNN) dan hasil pembacaan ini akan dikelompokkan kedalam dua kelas yaitu anemia atau normal.

Algoritma *convolutional neural network* (CNN) adalah jenis algoritma jaringan syaraf tiruan yang dirancang untuk memproses data yang berbentuk gambar karena keunggulannya yang baik dalam mengenali pola visual. CNN bekerja dengan mengekstraksi fitur dari gambar menggunakan filter/kernel yang nantinya akan mereduksi skala *input*. *Input* akan dikalikan dengan fungsi aktivasi seperti ReLU

(rectified linear unit). Output dari satu *kernel* akan dimasukkan ke *layer* berikutnya hingga *layer output*[29]. Ilustrasi cara kerja CNN dapat dilihat pada Gambar 1.5.



Gambar 1. 5 Algoritma CNN

Input gambar berbentuk matriks angka intensitas piksel RGB (*red, blue and green*) dari 0-255. Angka-angka ini kemudian di filter menggunakan kernel yang biasanya berukuran 3×3 , kernel ini digunakan untuk mengekstraksi fitur visual dari gambar, hasil dari pergeseran kernel akan membentuk *feature map*. *Feature map* akan masuk ke *hidden layer* berikutnya dan akan dimasukkan ke fungsi aktivasi seperti ReLU (*rectified linear unit*), hasil dari ReLU akan di-*pooling* untuk mencegah *overfitting*, proses ini akan berulang hingga ke *layer* transisi yaitu mengubah vektor gambar menjadi 1D sebelum masuk ke *danse layer* untuk diberikan keputusan mengenai semua fitur yang telah digabungkan [29].

Solusi 3 dapat memenuhi fitur dasar karena *sensing capability* nya yang akurat, CNN banyak digunakan untuk diagnosis medis berbasis pemrosesan gambar, diantaranya pneumonia, kanker payudara dan COVID-19, karena itulah proses komputasi yang dilakukan cukup rumit dan memerlukan SBC (*single board computer*) untuk menjalankannya sehingga membutuhkan daya yang lebih tinggi daripada mikrokontroler biasa. Sistem memberikan *feedback* yang menandakan pembacaan telah selesai dilakukan. Setelah itu, hasil pengukuran akan disimpan pada *website* sehingga pasien dapat memantau perubahan dan riwayat anemia yang dideritanya. Solusi 3 mendukung fitur tambahan *easy to use* karena mudah digunakan oleh tenaga medis, tidak memerlukan prosedur khusus. Biaya yang digunakan untuk pembuatan sistem juga masih dalam *range* yang ditetapkan dan dapat diselesaikan dalam 6 bulan.

1.2.3 Analisis Usulan Solusi

Untuk mempertimbangkan solusi yang digunakan dapat dianalisis menggunakan *house of quality* seperti yang terlihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 *House of quality*

	↑	↑	↑	↑	Jumlah	↓		
						Sensing capability	Computing capability	real-time feedback
low power consumption	2	△	△	△	○	12	○	○
easy to use	5			●	●	50	●	●
low cost	4	△	△	△	○	24	○	○
Able to solve within 6 months	5	○	○	○	○	60	○	○
Important rating	11	11	36	33	91	58	58	68
Presentage rating	12,09%	12,09%	39,56%	36,26%	100%	34,12%	34,12%	40,00%
Solusi 1		●	△	●	●	4,51648		
Solusi 2		●	○	●	●	4,75824		
Solusi 3		●	●	●	●	5		

Dengan keterangan:

△: hubungan tidak erat (1)

○: hubungan normal (3)

●: hubungan erat (5)

$$\text{Solusi 1} = (5 * 6,8\%) + (1 * 13,13\%) + (5 * 47,75\%) + (5 * 36,25\%) = 4,512$$

$$\text{Solusi 2} = (5 * 6,8\%) + (3 * 13,13\%) + (5 * 47,75\%) + (5 * 36,25\%) = 4,758$$

$$\text{Solusi 3} = (5 * 6,8\%) + (5 * 13,13\%) + (5 * 47,75\%) + (5 * 36,25\%) = 5$$

Hasil analisis menunjukkan solusi 3 mendapatkan nilai tertinggi dibandingkan dengan 2 solusi lainnya. Untuk menyelesaikan permasalahan ini, diperlukan solusi yang dapat menentukan status anemia pasien dengan akurat, untuk menentukan itu, diperlukan kemampuan *sensing* dan *computing* yang baik, sehingga dapat menghasilkan *real-time feedback* dan hasilnya dapat disimpan di *database*. Ketiga solusi memiliki cara kerja yang sama, sehingga memenuhi semua fitur dasar, yang membedakan hanya metode komputasinya, walaupun CNN memerlukan waktu dalam pemrosesannya, tetapi hasil pembacaan yang diberikan lebih *reliable*, tetapi karena selisih solusi yang terpilih tidak lebih dari 1 (<1) dari solusi lainnya, maka dilakukan pemetaan terhadap fitur tambahan yang menghasilkan:

$$\text{Solusi 1} = (3*2) + (5*5) + (3*4) + (3*5) = 58$$

$$\text{Solusi 2} = (3*2) + (5*5) + (3*4) + (3*5) = 58$$

$$\text{Solusi 3} = (3*2) + (5*5) + (3*4) + (5*5) = 68$$

Jumlah = 184, dengan masing-masing *percentage rating*-nya adalah:

$$\text{Solusi 1} = (58 / 184) * 100\% = 31,52\%$$

$$\text{Solusi 2} = (58/184) * 100\% = 31,52\%$$

$$\text{Solusi 3} = (68/184) * 100\% = 36,96\%$$

Berdasarkan pemetaan dengan fitur tambahan, didapatkan nilai solusi 3 lebih tinggi dibandingkan dua solusi lainnya. Maka, dapat disimpulkan solusi 3 dipilih untuk menyelesaikan permasalahan ini.

1.2.4 Solusi yang Dipilih

Setelah menganalisis pilihan solusi menggunakan *house of quality*, solusi 3 mendapatkan nilai tertinggi diantara 2 solusi lainnya. Hal ini karena algoritma CNN mendukung fitur *low power* yang jika dibandingkan dengan algoritma *artificial neural network* yang membutuhkan lebih banyak konsumsi daya. Selain itu, jika dibandingkan dengan *random forest*, CNN lebih akurat sehingga hasil pembacaan status anemia pasien dapat dipercaya. CNN dapat digunakan untuk pemrosesan langsung gambar konjunktiva dibandingkan 2 solusi lainnya yang memerlukan ekstraksi fitur terlebih dahulu. CNN juga telah teruji banyak digunakan untuk keputusan-keputusan medis sehingga hasil pembacaannya *reliable*. Penelitian [30] mengatakan untuk mengembangkan model pembacaan anemia dibutuhkan model CNN agar akurasi dapat ditingkatkan meskipun komputasi yang diperlukan lebih kompleks dibandingkan solusi 1 dan 2. CNN mampu mengenali pola spasial pada konjunktiva mata sehingga lebih akurat dibandingkan algoritma lain.