

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Kajian pustaka menggambarkan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan sebagai acuan dan perbandingan dengan topik penelitian terkait. Berikut ini adalah beberapa penelitian yang sudah dilakukan.

Penelitian tentang perancangan perangkat yang dapat mendeteksi kualitas telur dengan menggunakan sensor fotodiode berbasis mikrokontroler [6]. Makanan sehat seperti telur ayam dapat kehilangan kualitasnya jika didiamkan dalam waktu tertentu yang lama. Untuk mengetahui kualitas telur ayam dalam penelitian ini, telur ayam dilakukan penyinaran memakai lampu pijar. Sensor fotodiode menerima sinar lampu pijar dari telur yang baik, sedangkan telur yang buruk tidak menerima sinar yang sama. Data dari sensor fotodiode kemudian diproses oleh Atmega 8535 dan hasilnya ditampilkan pada layar monitor untuk menunjukkan telur baik atau buruk [6].

Penelitian merancang bangun peralatan pendeteksi kebusukan telur dengan menrapkan metode *fuzzy logic* [7]. Dalam penelitian ini, sensor BH1750 dan MQ-2 digunakan untuk mengidentifikasi telur busuk, yang kemudian diproses menggunakan mikrokontroler nano Arduino. Kecerdasan buatan *fuzzy logic* mengolah data ini berdasarkan fungsi keanggotaan dari sensor, yang didasarkan pada parameter tersebut [7].

Penelitian melakukan perancangan sistem *prototype* pendeteksi kondisi telur dan berat berbasis Arduino Uno [8]. Studi ini diimplementasikan untuk membantu peternak secara otomatis menyortir telur ayam mereka dan mencegah kelalaian. Alat ini menggunakan sensor LDR untuk mendeteksi intensitas cahaya dari telur, mendeteksi telur yang lewat dengan sensor ultrasonik, kemudian menghitung berat telur dengan sensor *Load Cell*. Berdasarkan hasil pada kondisi yang dideteksi oleh sensor LDR, Arduino akan memberikan perintah kepada motor servo untuk membedakan telur ayam yang baik dan telur ayam buruk yang secara otomatis akan mengirimkan data ke LCD [8].

Penelitian tentang pengembangan alat penetas telur ayam otomatis yang menggunakan gateway sms berbasis Arduino Nano [9]. Penelitian ini bertujuan untuk membuat mesin penetas telur yang menggunakan Arduino Nano sebagai pengontrol otomatis. Tujuannya untuk membuat proses penetasan lebih mudah, mendapatkan hasil optimal sesuai dengan harapan dan untuk mengetahui informasi alat penetas dari jarak jauh melalui pengiriman informasi *via sms gateway* [9].

2.2 DASAR TEORI

Penelitian memerlukan dasar pengetahuan mengenai hal-hal yang nantinya menjadi landasan dalam penelitian. Penelitian ini mengambil dua dasar pengetahuan pengambilan kualitas telur ayam secara konvensional. Metode pencahayaan, sumber cahaya seperti senter dan matahari diarahkan pada telur ayam yang ingin diuji. Telur yang memiliki rambatan cahaya lebih besar menyatakan kualitas telur baik, apabila cahaya merambat sedikit atau redup maka dinyatakan telur tersebut busuk. Metode apung, telur-telur yang ingin diuji dimasukkan ke dalam wadah berisi air, telur ayam yang mengapung maka telur tersebut baik dan telur ayam yang tenggelam maka telur tersebut busuk.

Kedua metode tersebut terdapat kesamaan yaitu hasil baik dan buruk diamati dari kualitas kuning telur di dalamnya. Pada metode pencahayaan, cahaya yang merambat sedikit atau redup diakibatkan oleh kuning telur yang sudah hancur dan membusuk di dalam sehingga dinyatakan sebagai telur busuk. Pada metode apung, telur yang tenggelam diakibatkan oleh kuning telur yang sudah hancur di dalam sehingga berkurangnya rongga udara (*air cell*) pada telur tersebut maka dapat dinyatakan sebagai telur busuk.

2.2.1 Ayam Ras

Ayam betina dewasa yang ditenakkan khusus untuk memproduksi telur disebut ayam petelur. Ayam petelur berasal dari itik liar dan ayam hutan yang ditangkap dan dipelihara untuk bertelur. Setiap tahun, para pakar memilih ayam hutan dari seluruh dunia. Seleksi dilakukan untuk meningkatkan produksi, karena ayam hutan ini dapat dimanfaatkan untuk telur dan dagingnya, sehingga arah seleksi menjadi lebih spesifik. Ayam broiler dipilih untuk produksi daging,

sementara ayam petelur dipilih untuk produksi telur. Pada akhirnya, ayam petelur putih dan coklat ditemukan berdasarkan warna kulit telurnya. Jenis ayam petelur saat ini dihasilkan melalui proses persilangan dan seleksi yang membutuhkan waktu yang cukup lama. Sifat buruk dibuang setiap kali, sedangkan sifat baik dipertahankan (terus dimurnikan). Ini adalah apa yang disebut sebagai ayam petelur unggul [10].

Ayam liar telah menjadi bagian dari pola kehidupan masyarakat di pedesaan sejak awal abad ke-20. Baru pada saat menginjak tahun 1940-an, kesadaran tentang ayam liar mulai meningkat, memicu perbedaan dengan ayam yang dibawa oleh orang Belanda, yang menjajah Indonesia. Ayam liar yang sering dijumpai di pedesaan, kemudian dikenal sebagai ayam lokal atau ayam kampung. Di sisi lain, ayam yang dibawa oleh orang Belanda pada awalnya disebut "ayam luar negeri", tetapi seiring waktu kemudian lebih dikenal sebagai "ayam negeri" dan ayam negeri tetap dianggap sebagai ayam galur asli. Meskipun beberapa penggemar ayam negeri masih memelihara ayam dari tahun 1950-an ini, tetapi pola pengetahuan masyarakat Indonesia tentang klasifikasi ayam baru mulai semakin berkembang pada akhir tahun 1980-an. Pada waktu itu, masyarakat mulai merasakan bahwa ayam kampung tidak hanya menghasilkan telur berkualitas tinggi, tetapi juga memiliki daging yang lebih lezat dari ayam negeri.[10].

Ayam ras petelur putih *Leghorn* yang ramping biasanya, setelah masa produktifnya berakhir, merupakan jenis ayam pertama yang dimasukkan dan dibudidayakan pada periode ini. Hingga akhir 1990-an, daging dari ayam ras kurang diminati. Pertumbuhan peternakan ayam *broiler* yang khusus untuk daging memicu popularitas ayam petelur dwiguna dan coklat. Masyarakat mulai mengakui bahwa ayam ras dapat dianggap sebagai sumber daging yang lezat dan telur berkualitas tinggi. Persaingan antara telur dan daging ayam ras dengan telur dan daging ayam kampung menjadi semakin ketat. Telur ayam ras coklat mulai populer, sedangkan penggunaan telur ayam kampung dalam resep makanan tradisional mulai menurun. Persaingan ini menunjukkan betapa banyaknya ayam petelur [10].

Meskipun telur yang dihasilkan oleh ayam kampung bisa dimakan dan dagingnya juga dapat dimanfaatkan, mereka tidak bisa dianggap sebagai ayam dwiguna yang unggul secara komersial karena perbedaan genetik yang signifikan

dengan ayam ras petelur dwiguna (yang menghasilkan daging dan telur). Ayam kampung sangat fleksibel dan lebih tahan terhadap perubahan iklim dibandingkan ayam ras, tetapi perbedaan utamanya terletak pada warisan genetisnya. Ayam ras ini, berasal dari ayam liar yang ditemukan di Afrika dan Asia [10].

Jenis ayam petelur dibagi menjadi 2 tipe [10], yaitu :

1. Ayam Petelur Ringan

Ayam petelur putih, yang juga dikenal sebagai ayam petelur ringan, merupakan varietas dengan mata cerah, badan ramping, dan kecil. Bulunya berwarna putih bersih dengan jengger merah, berasal dari galur murni ayam kaki putih. Meskipun jarang ditemukan dalam galur aslinya, varietas ayam petelur ringan komersial tersedia di Indonesia dengan berbagai nama. Hampir semua peternak ayam petelur di Indonesia memiliki dan menjual varietas ini yang terkenal karena kemampuannya menghasilkan lebih dari 260 telur per tahun di peternakan.. Secara genetik, ayam jenis ini dioptimalkan untuk produksi telur, dengan dagingnya yang sedikit sehingga lebih berfokus pada fungsi bertelur. Mereka cenderung sensitif terhadap suhu panas dan kebisingan, mudah terkejut dan stres dapat mengurangi produktivitas mereka secara signifikan. Dengan demikian, fokus utama dari pemeliharaan ayam petelur ini adalah memastikan lingkungan yang stabil dan kondusif bagi proses bertelur yang optimal, sehingga dapat memaksimalkan hasil telur yang dihasilkan per individu ayam dalam satu tahun.



Gambar 2.1 Ayam Petelur Ringan [10]

2. Ayam Petelur Medium

Ayam ini memiliki bobot yang cukup signifikan. Walaupun tidak seberat ayam broiler, beratnya lebih dari ayam petelur ringan. Karena karakteristik tersebut, ayam ini dikenal sebagai ayam petelur medium. Meskipun tidak terlihat kurus, ayam ini memiliki tubuh subur dengan produksi telur dan daging yang cukup besar.. Mereka juga sering disebut sebagai ayam dwiguna atau ayam petelur cokelat karena ciri khas bulu berwarna cokelat dan telur dengan cangkang berwarna yang sama. Secara umum, telur cokelat lebih mahal daripada telur putih di pasar. Hal ini disebabkan oleh produksi telur cokelat yang lebih sedikit dan beratnya yang lebih besar. Meskipun begitu, baik telur cokelat maupun telur putih memiliki nilai nutrisi yang hampir sama. Namun, banyak orang percaya bahwa telur cokelat memiliki keunggulan dalam warna kulit yang lebih menarik secara visual. Ayam petelur medium ini juga memiliki daya tarik tersendiri di pasaran karena rasanya yang khas dan kualitas yang dianggap lebih baik oleh sebagian konsumen.



Gambar 2.2 Ayam Petelur Medium [10]

Beberapa jenis ayam petelur [10], yaitu:

1. Ayam *Plymouth Rock* (*Barred Rock*)

Ayam *Plymouth Rock* (PR) adalah ayam asli Amerika yang sering disebut Ayam *Rock* atau Ayam *Barred Rock*. Bagi yang baru saja memulai bisnis ayam

petelur, memilih Ayam *Plymouth Rock* adalah pilihan yang baik karena mereka cenderung lebih mudah dipelihara dan lebih kokoh secara fisik. Ayam *Plymouth Rock* dikenal dapat menghasilkan hingga 200 butir telur setiap tahunnya. Meskipun demikian, telur yang dihasilkannya cenderung memiliki ukuran yang lebih kecil jika dibandingkan dengan telur dari jenis ayam lainnya. Secara fisik, bulu ayam *Plymouth Rock* didominasi dengan warna abu-abu ditambah garis-garis putih yang terdistribusi secara merata di seluruh tubuhnya.



Gambar 2.3 Ayam *Plymouth Rock* [10]

2. Ayam Petelur Putih (*White Leghorn*)

Jengger ayam jenis ini menonjol dengan jengger berwarna merah yang cerah dan mencolok, kontras dengan bulu-bulu putih bersih yang melapisi tubuhnya. Ayam ras petelur ini tergolong dalam kategori ayam ras petelur ringan karena memiliki tubuh yang langsing, dengan proporsi tubuh yang proporsional antara ukuran dan kebutuhan untuk menghasilkan telur secara efisien. Fokus utama dari pemeliharaan ayam ras ini tidak hanya terbatas pada kegunaannya sebagai penghasil telur yang berlimpah, namun juga pada kualitas telur yang dihasilkan. Ayam petelur ini dikenal dapat menghasilkan lebih dari 260 butir telur setiap tahunnya, menjadikannya pilihan utama dalam industri peternakan telur yang produktif dan efektif.



Gambar 2.4 Ayam White Leghorn [10]

Ayam *Leghorn* White tidak tahan terhadap cuaca panas dan suara ramai, yang dapat menyebabkan penurunan produksi telur. Ayam petelur putih, juga disebut *Leghorn* Putih, berasal dari Tuscany di tengah Italia. Mereka sangat produktif dan dapat menghasilkan hingga 280 butir telur setiap tahunnya. Ayam petelur putih yang umum dikenal termasuk *Hisex White*, *Hubbarb Leghorn*, *Ross White*, *Babcock B 300*, *Dekalb XI-Link*, *H & W Nick* dan *Shaver S 288*. *Strain Hisex White*, di sisi lain, menghasilkan telur yang paling banyak, mencapai 288 butir per tahun dengan berat telur sekitar 62 gram.

3. Ayam Ras Petelur Coklat (*Hybrid*)

Ayam ras petelur coklat memiliki bulu berwarna coklat dan telur berwarna coklat. Ayam ini memiliki berat yang signifikan mencapai 2 kg, dagingnya lebih enak dibandingkan ayam broiler. Oleh karena itu, ayam ras petelur ini juga dikategorikan sebagai dwiguna, yang berarti mereka menghasilkan daging dan telur.. Harga ayam petelur coklat lebih tinggi karena sifatnya yang lebih santai, ukuran telur yang lebih besar dari ayam petelur putih dan sifatnya yang tenang. *Strain* ayam ras petelur coklat yang umum dikenal termasuk *Hubbarb Golden Cornet*, *Roos Brown*, *Babcock B 380*, *Hisex Brown* dan *Shaver Star Cross*. *Strain Babcock B 380* memiliki berat telur terbesar, mencapai 64 gram dan mampu menghasilkan sekitar 260 hingga 275 butir telur per tahun.



Gambar 2.5 Ayam Petelur Coklat (*Hybrid*) [10]

4. Ayam Ras *Rhode Island Red*

Ayam *Rhode Island Red* merupakan salah satu varietas ayam petelur yang berasal dari negara bagian *Rhode Island*, Amerika Serikat. Mereka dikembangkan pada akhir abad ke-19 dari campuran ayam-ayam lokal yang kuat dan produktif. Ras ini telah menjadi favorit di banyak peternakan dan rumah tangga di seluruh dunia karena kombinasi unggulannya dalam produksi telur dan daging yang berkualitas. Dalam hal produktivitas telur, ayam *Rhode Island Red* termasuk yang terbaik. Mereka mampu menghasilkan hingga 250 telur per tahun, dengan telur-telur yang besar dan berkualitas tinggi. Keandalan mereka dalam menghasilkan telur membuat mereka sangat dihargai di industri peternakan. Secara fisik, ayam ini memiliki tubuh yang besar dan kokoh dengan bulu yang berwarna coklat ke merah-merahan, sering kali dengan sentuhan hitam. Meskipun warna bulunya tidak sesuai dengan nama mereka yang mengandung kata "*Red*", penampilan mereka yang menonjol membuatnya mudah dikenali. Mereka memiliki kepala yang kecil dengan jengger merah yang mencolok, serta kaki yang kuat dan kokoh.

Selain itu, ayam *Rhode Island Red* juga dikenal karena karakteristiknya yang ramah dan mudah diurus. Mereka cenderung menjadi ayam yang tangguh dan dapat beradaptasi dengan baik dalam berbagai kondisi cuaca, termasuk cuaca ekstrim. Sifat-sifat ini membuat mereka menjadi pilihan yang populer baik untuk peternak pemula maupun berpengalaman yang mencari ayam dengan produktivitas tinggi dan mudah dipelihara.



Gambar 2.6 Ayam *Rhode Island Red* [10]

5. Ayam Ras Petelur (*Sussex*)

Tujuan utama pemeliharaan ayam *Sussex*, sebagaimana dengan ayam ras *Rhode Island Red*, adalah untuk memanfaatkan produksi telur yang konsisten dan kualitas daging yang baik. Setiap ayam *Sussex* rata-rata dapat menghasilkan sekitar 250 telur setiap tahunnya. Telur yang dihasilkan bisa bervariasi dalam warna, termasuk coklat gelap atau putih krem, tergantung pada individu masing-masing. Ayam *Sussex* memiliki beragam warna bulu yang menarik, termasuk variasi yang mencakup delapan warna yang berbeda. Meskipun variasi lainnya ada, warna yang paling umum adalah ayam dengan bulu putih murni dengan sentuhan hitam di leher dan ekor. Sifat alami mereka yang ramah dan santai membuat mereka tidak hanya menyenangkan untuk dipelihara tetapi juga mudah diurus. Ayam *Sussex* terkenal karena kemampuannya untuk mencari makanan secara mandiri di lingkungan taman atau halaman, tanpa menimbulkan gangguan terhadap pertanian atau area sekitarnya. Hal ini membuat mereka menjadi pilihan yang sangat sesuai bagi pemilik yang mencari ayam peliharaan yang ramah terhadap manusia, produktif dalam menghasilkan telur dan mampu beradaptasi dengan baik dalam lingkungan tempat tinggal mereka.



Gambar 2.7 Ayam Petelur (*Sussex*) [10]

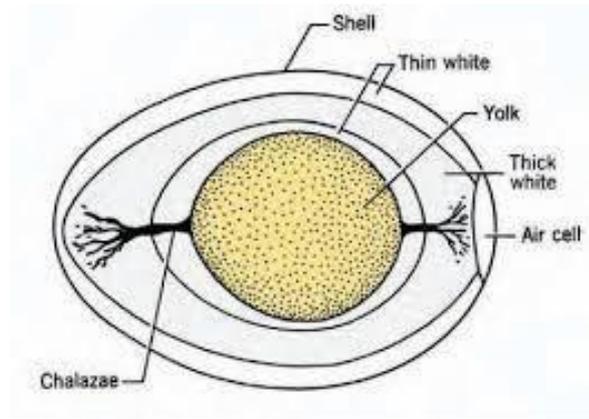
2.2.2 Telur Ayam

Telur ayam menjadi salah satu sumber protein hewani yang melimpah dan mudah didapatkan di Indonesia. Komposisi telur terdiri dari dua bagian utama: putih telur (*albumen*) dan kuning telur (*yolk*), masing-masing memberikan nutrisi penting untuk tubuh manusia. Putih telur kaya akan protein dengan kandungan sekitar 10,9% dari berat telur, sementara kuning telur mengandung protein sekitar 16,5% dan juga mengandung lemak sehat, vitamin (seperti *riboflavin*, vitamin B6, B12 dan asam folat), mineral (seperti besi, kalsium, *fosfor* dan *potassium*), serta *choline* yang mendukung fungsi otak dan sistem saraf [11].

Protein dalam telur diakui sebagai sumber protein berkualitas tinggi karena mengandung semua asam amino esensial yang diperlukan untuk sintesis protein dalam tubuh manusia. Selain itu, telur memiliki profil nutrisi yang seimbang. Asam amino esensial ini sangat penting untuk berbagai fungsi biologis, seperti pertumbuhan dan perbaikan jaringan tubuh, serta pembentukan enzim dan hormon vital.. Kandungan protein yang tinggi dalam telur mendukung regenerasi sel, memelihara otot dan menjaga keseimbangan cairan dalam tubuh. Dengan kualitas gizi yang unggul, telur tidak hanya berperan penting dalam memenuhi kebutuhan

nutrisi harian, tetapi juga memberikan kontribusi yang signifikan terhadap kesehatan jantung, fungsi saraf dan sistem kekebalan tubuh manusia.

Telur mempunyai komponen-komponen yang terkandung di dalamnya [11], yaitu:



Gambar 2.8 Komponen Telur Ayam [11]

1. Putih telur (*Thick white*)

Putih telur, atau albumen telur, sebagian besar terdiri dari protein dan air. Berbeda dengan kuning telur yang kaya akan rasa dan warna, putih telur cenderung tidak kuat dan hampir tidak berwarna, membuatnya lebih netral dari segi rasa dan penampilan. Bagian *albumin* terdiri dari empat lapisan yang berbeda dalam kekentalannya. Lapisan encer luar (putih tipis luar), lapisan encer dalam (putih tebal atau tebal dalam), lapisan kental (putih dalam yang kental) dan lapisan kental dalam (putih dalam yang kental atau *chalaziferous*) adalah lapisan yang membentuk bagian albumin. Perbedaan dalam kandungan airnya menyebabkan perbedaan kekentalan ini. Selama penyimpanan, bagian albumin yang banyak mengandung air mudah rusak. Kerusakan ini disebabkan oleh air yang keluar dari jala-jala *ovomusin*, yang membentuk struktur putih telur.

2. Kuning telur (*Yolk*)

Disebabkan fakta bahwa *embrio* hewan berada dan berkembang di kuning telur, terutama di bagian telur yang sudah dibuahi dan bahwa bagian ini menyimpan jumlah zat gizi yang sangat penting untuk perkembangan *embrio*, kuning telur atau *egg yolk* adalah bagian yang paling penting dari isi telur.

Kuning telur tertutup oleh lapisan tipis dan elastis yang disebut *membran vitelin*, yang terbuat dari *keratin* dan *musin*. Sekitar setengah dari kuning telur terdiri dari uap basah, atau uap air, sementara setengah lainnya adalah kuning padat. Kuning telur menyerap uap basah dari putih telur seiring bertambahnya usia, sehingga menjadi lebih tipis dan rata ketika dipecahkan di permukaan datar. Hal ini akan mempengaruhi kualitas telur..

3. Kulit telur (*Shell*)

11% berat telur terdiri dari kulit telur. Kulit telur terdiri dari dua membran, dalam dan luar, yang menyelimuti lapisan telur secara keseluruhan. Ini melindungi telur. Tampak keras dan menutupi isi telur, kulit telur sebenarnya berpori atau pori. Dengan kata lain, kulit telur dapat mengeluarkan uap basah, atau uap dan gas, terutama karbon dioksida. Ayam dengan bulu putih dan cuping putih akan memiliki kulit putih, sementara ayam dengan bulu merah dan cuping merah akan memiliki kulit cokelat. Warna kulit telur tidak berdampak pada rasanya, nutrisinya, atau kegunaannya.

4. Rongga udara (*Air Cell*)

Saat telur diletakkan, ada lubang udara di antara selaput telur. Rongga udara akan membesar dan menyebabkan telur yang sudah lama berada di air mengapung karena telur kehilangan uap basah (lembab) seiring bertambahnya usianya.

5. *Chalazae*

Chalazae adalah tali telur putih dengan telur kuning di tengahnya.

Faktor-faktor yang dapat diamati dari luar yang dapat menunjukkan kualitas telur ayam yang baik [11] adalah sebagai berikut:

1. Kulit telur harus bersih, bebas dari kotoran dan tidak dicuci, yang berarti itu adalah telur asli yang dikelurkan dari *oviduk* ayam dan tidak retak.
2. Index telur menunjukkan bentuk telur: perbandingan panjang dan lebar dikalikan 100%. *Index* telur berkisar antara 65 dan 82%, dengan *index* telur oval memanjang 65% dan bulat 82%. *Index* telur menurun seiring bertambahnya usia, menurun dari 77% pada awal peneluran hingga 74% pada akhir peneluran.

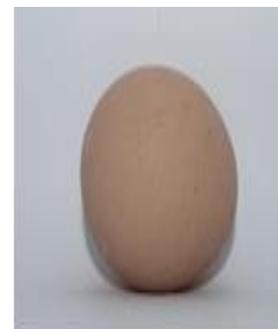
3. Warna kerabang telur dipengaruhi oleh jenis ayam dan warna yang disekresikan. Untuk mengetahui tingkat refleksi kerabang telur, gunakan reflektometer yang dibuat dengan magnesium karbonat atau kromameter. Kerabang putih menunjukkan tingkat refleksi 5, sedangkan kerabang coklat menunjukkan tingkat refleksi 4,5. Homogeneisasi warna telah digunakan sebagai salah satu kriteria standar mutu pada produksi telur peternak ayam modern. Soliditas kerabang telur sangat bergantung pada material yang membentuknya; keretakan telur terhadap kekuatan yang menindihnya menentukannya.

Berikut ini adalah beberapa jenis telur ayam yang tidak baik atau sudah kehilangan kualitasnya [10], yaitu :

1. Perubahan warna menjadi kusam atau memudar, menandakan kemungkinan penanganan atau penyimpanan yang kurang baik.
2. Adanya bintik-bintik hitam muncul pada telur dapat menjadi tanda adanya kerusakan atau pertanda bahwa telur tersebut tidak segar lagi.
3. Tekstur telur yang kasar mungkin terjadi akibat penanganan yang kurang hati-hati atau penyimpanan pada kondisi yang tidak sesuai..
4. Telur ayam yang tidak bersih atau kotor dapat mengindikasikan praktik sanitasi yang kurang baik saat penanganan atau produksi.
5. Kuning telur (*yolk*) menjadi encer atau tidak utuh sempurna kembali.
6. Telur putih pecah dan selaput kuning tekur lemas disebabkan oleh penyimpanan telur dalam suhu yang tidak sesuai atau terlalu tinggi sehingga dapat mempengaruhi integritas struktur telur tersebut.



(a)



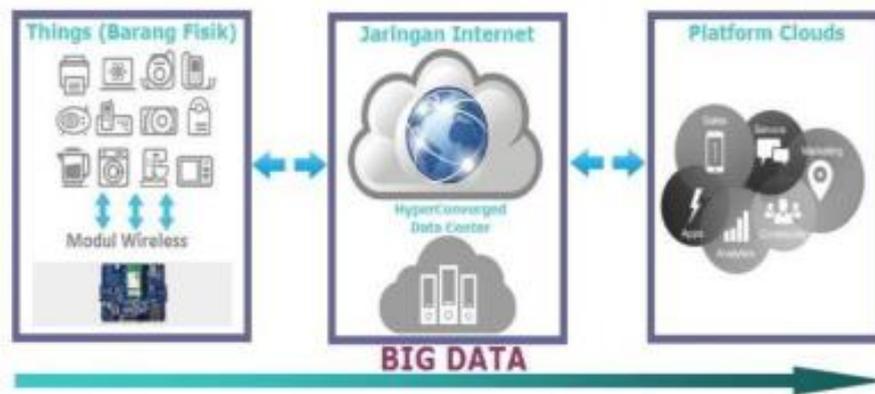
(b)

Gambar 2.9 (a) Telur Yang Baik (b) Telur Yang Kurang Baik

Internet of Things (IoT) bekerja dengan berbagai mesin yang berinteraksi satu sama lain secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan di mana pun. Dengan demikian, internet berfungsi sebagai penghubung antara kedua interaksi mesin tersebut dan pengguna hanya perlu bertindak sebagai pengatur dan pengawas cara alat bekerja secara langsung [13].

Gambar 2.11 menunjukkan komponen utama arsitektur *Internet of Things* (IoT) [13], yaitu :

1. Barang fisik yang memiliki modul IoT.
2. Perangkat yang dapat terhubung ke Internet, seperti *modem* dan *router*.
3. Pusat Data *Cloud*, di mana aplikasi dan basis data disimpan.



Gambar 2.11 Komponen IoT [13]

2.2.4 Mikrokontroler NodeMCU

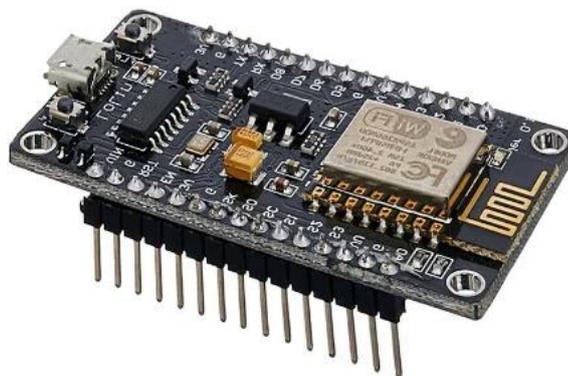
Mikrokontroler adalah sistem komputer yang dibangun pada satu *chip*. Oleh karena itu, satu *chip Intergrated Circuit* (IC) dapat digunakan untuk membuat sistem komputer yang dapat mengontrol alat. Mikrokontroler adalah komponen elektronik yang terdiri dari rangkaian mikroprosesor, memori (RAM/ROM) dan *input/output* (I/O). Rangkaian mikroprosesor terletak di tingkat *chip*, atau biasanya disebut sebagai mikrokomputer *single chip*. Komponen-komponen mikroprosesor yang saling berhubungan termasuk kontrol gangguan, RAM, ROM, *timer* dan I/O *serial* dan paralel. Mikrokontroler dibangun dari komponen dasar dan merupakan bagian penting dari sistem komputer mainframe. Komputer umumnya mengeluarkan hasil tertentu berdasarkan masukan serta program yang dijalankannya, sedangkan mikrokontroler merupakan perangkat yang menjalankan instruksi-instruksi yang

diberikan kepadanya. Program yang dibuat oleh seorang *programmer* adalah inti dari *programming* sistem terkomputerisasi. Untuk melakukan tugas yang diinginkan oleh *programmer*, program ini mengintruksikan komputer untuk melakukan rangkaian panjang dari aksi-aksi sederhana [14].

NodeMCU, yang dikembangkan oleh *Espressif System*, adalah platform *Internet of Things* dengan fitur *General Purpose Input/Output* (GPIO), *Analog to Digital Conversion* (ADC) dan *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter* (UART). Karena modul ini bersifat *open source*, pengembang dapat mengembangkannya seperti sistem operasi Linux. Dengan mikrokontroler dan fitur *Wi-Fi* NodeMCU, pengiriman data dari sensor ke *smartphone* dapat dilakukan secara instan tanpa menggunakan perangkat tambahan [14].

Gambar 2.12 menampilkan *board* NodeMCU v3, sebuah *platform* elektronik yang menggunakan *chip* ESP8266 sebagai mikrokontroler utama. NodeMCU v3 dirancang khusus untuk konektivitas *Wi-Fi*, memungkinkan pengiriman dan penerimaan data secara nirkabel dalam aplikasi IoT. *Board* ini dilengkapi dengan berbagai pin *input/output* (I/O) yang mendukung pengembangan aplikasi yang kompleks, termasuk *monitoring* dan kontrol pada sistem yang terhubung ke internet.

NodeMCU v3 dapat mengimplementasikan berbagai sensor dan perangkat elektronik untuk mengumpulkan data secara *real-time* dan mengontrol perangkat dari jarak jauh melalui koneksi *Wi-Fi*. Menjadikan NodeMCU v3 pilihan yang ideal untuk proyek-proyek IoT yang memerlukan integrasi yang cepat, efisien dan dapat diandalkan dengan teknologi mikrokontroler yang handal dan mudah dikembangkan. Beberapa pin I/O tersedia untuk dikembangkan sebagai aplikasi *monitoring* maupun kontrol dalam proyek IOT.



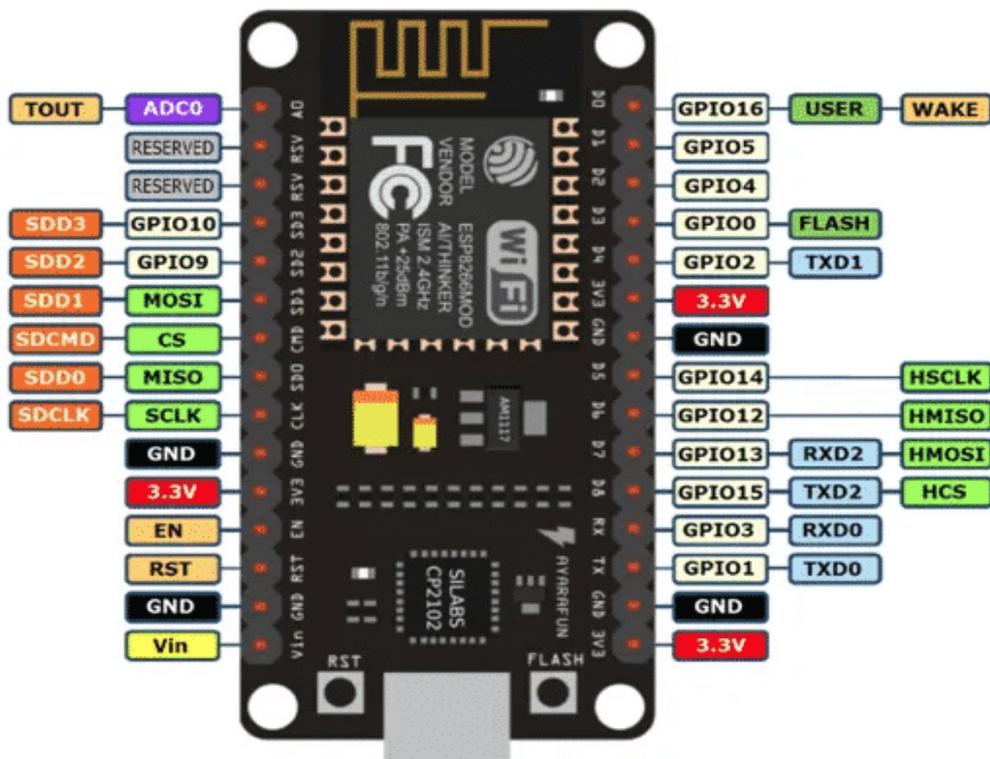
Gambar 2.12 Board NodeMCU [14]

Spesifikasi mikrokontroler NodeMCU V3 diperlihatkan dalam tabel 2.1 :

Tabel 2.1 Spesifikasi dari NodeMCU V3

KETERANGAN	NODEMCU V3
<i>Mikrokontroller</i>	ESP8266
<i>Dimensi Board</i>	57 mmx 30 mm
<i>Tegangan Keluaran</i>	3.3 ~ 5V
<i>Saluran PWM</i>	10 Kanal
<i>GPIO</i>	13 Pin
<i>10 bit ADC Pin</i>	1 Pin
<i>Kecepatan Clock</i>	40/26/24 MHz
<i>Flash Memory</i>	4 MB
<i>Port USB</i>	Micro USB
<i>USB ke Serial Converter</i>	CH340G
<i>Wi-Fi</i>	IEEE 802.11 b/g/n
<i>Frekuensi</i>	2.4 GHz – 22.5 Ghz
<i>Mikrokontroller</i>	ESP8266

NodeMCU ini memiliki 30 pin yang tersedia untuk digunakan dan koneksi untuk setiap pinnya terlihat pada Gambar 2.13. Pin tersebut bisa dipakai untuk kebutuhan peripheral, seperti kanal ADC 10bit dan kanal ADC lainnya. Susunan pin pada mikrokontroler NodeMCU [22] terdiri dari



Gambar 2.13 Susunan Pin NodeMCU [15]

Susunan pin pada NodeMCu terdiri dari [15] :

- a. **Pin Power.** Terdiri dari empat pin *power supply*, yaitu satu VIN dan tiga pin 3.3V. Dalam keadaan sumber tegangan yang stabil, pin Vin dapat digunakan sebagai *power supply* dan *peripheral*. Pin 3.3V digunakan untuk menyediakan tegangan kepada komponen luar, sehingga menjadi *output* dari board sirkuit *voltage regulator*.
- b. **GND.** Merupakan pin yang memiliki fungsi sebagai *ground* pada *board* sirkuit NodeMCU.
- c. **Pin Inter Integrated Circuit (I2C).** Untuk menghubungkan berbagai sensor dan perangkat yang memerlukan koneksi I2C pada proyek. Dengan frekuensi *clock* maksimal 100 kHz, antarmuka I2C ini dapat digunakan secara programtik. Perlu diperhatikan bahwa antarmuka I2C ini harus mempunyai frekuensi clock yang lebih tinggi dari frekuensi *clock* paling rendah dari perangkat *slave*.
- d. **Pin GPIO** . Terdiri dari 17 pin GPIO yang mempunyai fungsi seperti I2C, *Inter-IC Sound Bus (I2S)*, UART, *Pulse Width Modulation (PWM)*, *Infrared (IR) remote kontrol*, *Light Emiting Diode (LED)* dan tombol *programmatic*. GPIO Digital dilakukan pengaturan untuk *pull-up* dan *pull-down* secara internal atau pengaturan dengan impedansi tinggi. Pada saat pengaturan untuk input, pin ini juga dapat diubah menjadi *edge-trigger* atau *level-trigger* untuk melakukan interupsi terhadap *Control Processing Unit (CPU)*.
- e. **Kanal ADC.** Mikrokontroler NodeMCU terkoneksi dengan 10-bit SAR ADC, bisa dipakai menjalankan 2 fungsi ADC, yaitu pengecekan tegangan daya pin VDD3P3 serta pengecekan tegangan *input* pin TOUT. Tapi keduanya tidak bisa dilakukan dalam waktu bersama-sama.
- f. **Pin UART.** Mikrokontroler NodeMCU dilengkapi dengan dua pin antarmuka UART berupa UART0 serta UART1, yang bisa melakukan komunikasi secara *asynchronous* lewat RS232 serta RS485 dan mempunyai kecepatan komunikasi sebesar 4,5 MBps. Antarmuka UART0 bisa dipakai di TXD0, RXD0, RST0 dan CTS0. Pin tersebut mempunyai kemampuan dalam *controlling fluida*. Sementara itu untuk pin UARTX1 atau TXD1 hanya dapat digunakan untuk pengiriman sinyal tanpa dukungan *controlling fluida*.

- g. **Pin Serial Peripheral Interface (SPI).** Mempunyai 2 fitur SPI yaitu SPI dan HSPI dalam bentuk *slave* dan *master*. Pin SPI mempunyai kemampuan dalam mendukung berbagai fitur yang digunakan oleh peralatan, diantaranya:
 - 1. Memiliki empat *mode* format pewaktuan *transfer* SPI
 - 2. Memiliki *Clock* hingga 80 MHz
 - 3. *Up to 64 – Byte* FIFO
- h. **Pin SDIO.** *Secure Digital Input/Output Interface* (SDIO) merupakan fitur di NodeMCU. Pin ini mendukung versi SDIO 4 – bit 25 MHz v1.1 dan SDIO 4-bit 50 MHz v2.0.
- i. **Pin PWM.** *board* ini mempunyai modulasi lebar pulsa empat kanal, yang dapat diprogram dan diatur untuk motor digital dan LED. Frekuensi PWM berkisar antara 100 Hz dan 1 kHz.
- j. **Control Pin.** Pin ini mempunyai pin pengaktif *chip* (EN), pin *reset* (RST) dan pin WAKE, yang digunakan untuk mengontrol NodeMCU.
 - 1. Pin EN – Ketika pin EN ditarik *HIGH*, *chip* akan aktif dan ketika pin EN ditarik *LOW*, *chip* akan bekerja dengan daya minimal.
 - 2. Pin RST – Untuk melakukan *reset* ESP8266.
 - 3. Pin WAKE – *Chip* dibangunkan dari keadaan *deepsleep*.

2.2.5 Light Dependent Resistor (LDR) Sensor

Salah satu jenis resistor yang sering digunakan dalam berbagai rangkaian elektronik adalah sensor cahaya (*Light Dependent Resistor/LDR*). LDR adalah resistor yang dapat mengubah resistansinya saat menerima perubahan cahaya. Mereka melakukan ini dengan mengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik [16].

Nilai resistansi sensor LDR, yang juga dapat digunakan sebagai sensor cahaya, bergantung pada intensitas cahaya. Semakin banyak cahaya yang mengenainya, semakin sedikit daya tahannya. Sebaliknya, semakin sedikit cahaya yang masuk ke sensor (gelap), semakin besar nilai hambatannya, sehingga arus listrik terhambat. Nilai hambatan akan meningkat atau menurun sebanding dengan jumlah cahaya yang diterimanya. Nilai hambatan LDR biasanya 200 Kilo Ohm ($k\Omega$) dalam kondisi gelap dan 500 Ohm (Ω) dalam kondisi cahaya terang [16].



Gambar 2.14 *Light Dependent Resistor (LDR) Sensor* [16]

Light Dependent Resistor (LDR) sebuah komponen elektronika yang peka terhadap cahaya, umumnya diaplikasikan dalam berbagai rangkaian elektronika seperti sensor pada lampu jalan, saklar cahaya otomatis, lampu sensor, pelacak cahaya matahari, pengikut garis untuk robot, dan aplikasi lainnya..

2.2.6 *Light Emitting Diode (LED)*

Diode Pencahayaan, juga dikenal sebagai *Light Emitting Diode* (LED) merupakan komponen elektronika yang mampu menghasilkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. LED termasuk dalam keluarga dioda yang menggunakan bahan semikonduktor untuk menentukan warna cahayanya. Selain itu, LED juga dapat memancarkan sinar inframerah yang tidak terlihat oleh mata manusia, serupa dengan yang digunakan pada pengontrol *remote* TV atau perangkat elektronik-elektronik lainnya. Bentuk LED mirip dengan bola lampu atau bohlam dan dapat diintegrasikan ke berbagai perangkat elektronik. Berbeda dengan lampu pijar yang menggunakan *filamen* untuk proses pembakaran dan menghasilkan panas, LED tidak menghasilkan panas dalam proses menghasilkan cahaya. Akibatnya, *Light Emitting Diode* (LED) yang berukuran kecil telah banyak digunakan sebagai lampu penerang dalam LCD TV sebagai pengganti lampu pipa [17].

LED adalah jenis *diode* yang memiliki kemampuan untuk memancarkan cahaya saat mendapat arus bias maju atau *forward bias*. Karena menggunakan *dropping gallium*, *arsenic* dan *phorus*, yang merupakan jenis bahan yang berbeda, LED dapat memancarkan cahaya saat dikenai arus bias maju. LED adalah jenis *diode* yang hanya menghasilkan arus listrik satu arah. Jika dikenai *forward bias*,

mereka akan memancarkan cahaya. LED memiliki dua kutub, yaitu positif dan negatif, seperti dioda semikonduktor. LED terdiri dari *chip* semikonduktor yang *didoping* sehingga menciptakan *junction* P dan N. Proses *doping* dalam semikonduktor adalah proses yang menambah ketidakmurnian (*impurity*) kelistrikan yang diinginkan ketika LED dialiri tegangan maju atau bias maju, yaitu dari anoda (P) menuju katoda (K). Dalam hal ini, kelebihan elektron pada material berjenis N akan ditambahkan [17].



Gambar 2.15 *Light Emitting Diode (LED)* [17]

2.2.7 *Liquid Crystal Display (LCD)*

Liquid Crystal Display (LCD) sesuai namanya, sistem kerjanya menggunakan kristal cair sebagai media tampilan utamanya, dengan setiap piksel terdiri dari satu kristal cair yang berperan sebagai titik cahaya. Meskipun disebut sebagai titik cahaya atau piksel, kristal cair ini tidak memancarkan cahaya sendiri. LCD 16x2 mampu menampilkan 32 karakter dalam dua baris, dengan masing-masing baris memiliki 16 karakter. Salah satu media visual yang menampilkan masukkan atau hasil adalah LCD, yang menggunakan kristal cair (*liquid crystal*). Perangkat LCD, juga dikenal sebagai penampil kristal cair, banyak digunakan pada berbagai produk elektronik. Ini termasuk kalkulator, jam digital, *thermometer digital*, *handphone*, laptop, *monitor* komputer, layar *game* portabel, televisi dan barang elektronik lainnya [18].

Karena LCD 16x2 biasanya menggunakan 16 pin sebagai kontrol, tentunya akan sangat boros. Oleh karena itu, dibutuhkan *driver* khusus agar LCD dapat

dikontrol dengan modul I2C atau *Inter-Integrated Circuit*. Dengan modul I2C, LCD 16×2 hanya memerlukan empat pin untuk dihubungkan ke NodeMCU [18], yaitu:

1. GND terhubung ke *ground*
2. VCC terhubung dengan 5V
3. SDA terhubung ke pin D2 sebagai I2C data
4. SCL terhubung ke pin D1 sebagai I2C data



Gambar 2.16 *Liquid Crystal Display (LCD)* [18]

Modul I2C atau *Inter-Integrated Circuit* adalah standar komunikasi serial dua arah dengan dua saluran yang dirancang untuk mengirim dan menerima data. Sistem I2C terdiri dari saluran *Serial Clock* (SCL) dan *Serial Data* (SDA), yang membawa informasi data antara I2C dan pengontrolnya. Saluran SCL digunakan untuk mengatur kecepatan *transfer* data antara piranti-piranti I2C. Sinyal *clock* ini dihasilkan oleh piranti *Master* dan dikontrol selama proses komunikasi. Saluran SDA membawa informasi data antara piranti-piranti dalam sistem I2C. Data dikirimkan berurutan melalui salurannya. Perangkat yang terhubung ke sistem *Bus* I2C berperan sebagai *Master* atau *Slave*. Sebagai *Master*, perangkat memulai *transfer data* pada *Bus* I2C dengan menginisiasi sinyal *Start*, mengakhiri *transfer data* dengan menghasilkan sinyal *Stop*, dan mengatur sinyal *clock*. *Slave* adalah

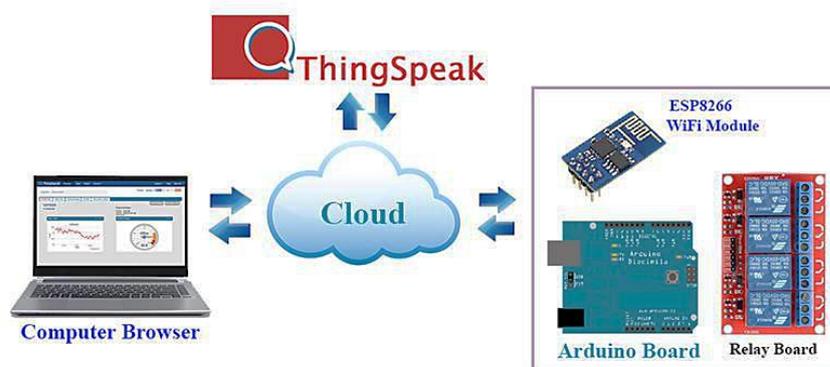
piranti yang mengirimkan data kepada *Master*. Komunikasi I2C memungkinkan koneksi antara beberapa piranti dengan menggunakan dua kabel (SCL dan SDA), yang membuatnya efisien untuk aplikasi yang memerlukan banyak perangkat terhubung dalam sebuah sistem. Pada gambar 2.17 menunjukkan bentuk fisik I2C:



Gambar 2.17 Modul I2C

2.2.8 Thingspeak

Thingspeak merupakan *platform website* berbasis *open API* yang menawarkan layanan untuk kebutuhan *Internet of Things* (IoT). Thingspeak memiliki banyak aplikasi, seperti penggunaan sensor *log* dan pengawasan lokasi. Thingspeak memungkinkan pengguna untuk mengumpulkan, memvisualisasikan dan menganalisis berdasarkan data dari sensor atau aktuator. Data yang dikirimkan dapat dari berbagai *protocol* komunikasi seperti HTTP, MQTT atau *protocol* khusus lainnya. Data dapat disimpan dalam bentuk tabel atau grafik, memungkinkan pengguna untuk mengakses dan menganalisis data secara historis. Thingspeak juga dapat memvisualisasikan data dalam bentuk grafik, plot atau tampilan lainnya yang memudahkan pemahaman pola data. Pengguna Thingspeak dapat membagikan data secara publik atau membatasi akses ke data tertentu sesuai kebutuhan. Hal ini memungkinkan kolaborasi atau pemantauan bersama antara pengguna yang berbeda [19].



Gambar 2.18 Thingspeak Sebagai Cloud Server

2.2.9 Delay

Waktu yang diperlukan data untuk menempuh jarak dari posisi awal ke posisi tujuan dikenal sebagai *delay*. Jarak, media fisik, *congesti* atau juga waktu proses yang lama dapat mempengaruhi *delay* [20]. *Delay* yang terlalu lama dapat mempengaruhi responsivitas sistem atau aplikasi terhadap *Quality of Services* (QoS) system itu sendiri. Persamaan perhitungan *delay* sebagaimana ditunjukkan pada persamaan 2.1 :

$$Delay = \frac{\text{Waktu antar paket}}{\text{Jumlah Paket}} \quad (2.1)$$

Tabel 2.2 Kategori Delay

Kategori Delay	Besar Delay
Sangat Baik	<150 ms
Baik	150 ms s.d. 300 ms
Cukup	300 ms s.d. 450 ms
Kurang Baik	>450 ms

Standard delay terdiri dari 4 (empat) dikategorikan sangat baik, baik, cukup dan kurang baik berdasarkan besarnya persentase terjadinya *delay*.

2.2.10 Packet Loss

Parameter *Packet loss* menunjukkan berapa banyak paket yang hilang karena kegagalan transmisi paket data untuk mencapai tujuan tertentu [20]. *Packet loss* dapat menyebabkan *overhead system*. *Packet loss* dapat ditentukan dengan rumus pada persamaan 2.2.

$$Packet\ loss = \frac{(\text{packet sent} - \text{packet received})}{\text{packet sent}} \times 100\% \quad (2.2)$$

Kategori kinerja pada parameter *Packet Loss* ditunjukkan dalam tabel 2.2 :

Tabel 2.3 Kategori Packet Loss

Kategori	Packet Loss (%)
Sangat Baik	0%
Baik	3%
Cukup	15%
Kurang Baik	>25%

Standard packet loss terdiri dari 4 (empat) dikategorikan sangat baik, baik, cukup dan kurang baik berdasarkan besarnya persentase kehilangan paket data.

2.2.11 Metode *Prototype*

Prototipe adalah tahap awal dari sebuah sistem perangkat lunak yang digunakan untuk menunjukkan konsep, menguji berbagai opsi desain, serta mengidentifikasi masalah dan solusi yang potensial. Pengembangan prototipe yang cepat dan iteratif sangat penting untuk mengontrol biaya dan pemangku kepentingan sistem dapat menggunakan prototipe saat proses perangkat lunak dimulai [21].

Selama proses pengembangan perangkat lunak, prototipe perangkat lunak dapat digunakan untuk mengantisipasi perubahan yang mungkin diperlukan [22]:

1. *Prototype* membantu dalam pengumpulan dan validasi kebutuhan sistem selama proses rekayasa persyaratan.
2. *Prototype* digunakan untuk meninjau perangkat lunak solusi tertentu dan mendukung desain antarmuka pengguna selama proses perancangan sistem.

Pada gambar 2.19 menunjukkan tahapan *prototyping* melalui siklus :



Gambar 2.19 Tahapan Metode *Prototype* [22]

Berikut ini adalah penjelasan model *prototype* [22]:

1. Komunikasi awal (*Communication*). Langkah awal dalam metode prototipe dimulai dengan mengadakan komunikasi yang intensif. Tim pengembang perangkat lunak berinteraksi secara langsung dengan pihak-pihak terkait, termasuk pengguna potensial dan pemangku kepentingan lainnya. Tujuan

utamanya adalah untuk mengidentifikasi dengan jelas kebutuhan yang ada. Tim juga fokus untuk mengklarifikasi area-area spesifik yang memerlukan pemahaman lebih dalam atau perincian tambahan untuk proses iterasi yang akan datang.

2. Perencanaan cepat (*quick plan*) dan pemodelan desain cepat (*modeling quick design*). Setelah kebutuhan awal teridentifikasi, tim melakukan perencanaan iteratif yang cepat. Ini melibatkan penentuan prioritas elemen-elemen kunci dari perangkat lunak yang akan dipertimbangkan pengguna, seperti tata letak antarmuka pengguna atau format tampilan yang optimal. Proses ini diikuti dengan pembuatan model desain yang cepat, di mana konsep-konsep awal dari desain antarmuka atau fitur-fitur utama dikembangkan lebih lanjut dalam bentuk yang lebih konkret.
3. Konstruksi prototipe (*construction of prototype*). Pengembang mulai dengan merancang komponen-komponen perangkat lunak secara iteratif, fokus pada pengembangan awal dari fitur-fitur yang telah direncanakan sebelumnya. Setelah prototipe mencapai tingkat kelayakan yang memadai, hasilnya dipresentasikan kepada pemangku kepentingan terlibat (*stakeholder*). Presentasi ini bertujuan untuk mendapatkan masukan dan umpan balik yang diperlukan untuk menyempurnakan prototipe lebih lanjut.
4. *Deployment delivery and feedback*. Prototipe kemudian diberikan kepada pemangku kepentingan (*stakeholder*) untuk dievaluasi secara mendalam. Umpan balik (*feedback*) dari pengguna potensial dan pemangku kepentingan lainnya digunakan untuk melakukan perbaikan dan peningkatan pada prototipe. Proses iterasi dilakukan secara berkelanjutan untuk memastikan bahwa prototipe akhir memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan dengan baik. Hal ini juga memungkinkan untuk menanggapi perubahan kebutuhan atau masukan baru yang muncul selama proses pengembangan.