

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 3.1 <i>Confusion matrix</i> lima kelas..... | 28 |
| Tabel 4.1 Hasil pengaruh <i>optimizer</i> ketika menggunakan data citra asli..... | 32 |
| Tabel 4.2 Hasil pengaruh <i>learning rate</i> ketika menggunakan data citra asli..... | 33 |
| Tabel 4.3 Pengaruh <i>batch size</i> ketika menggunakan data citra asli. | 33 |
| Tabel 4.4 Hasil pengaruh <i>optimizer</i> ketika menggunakan data <i>balanced</i> | 35 |
| Tabel 4.5 Hasil pengaruh <i>learning rate</i> ketika menggunakan data <i>balanced</i> | 35 |
| Tabel 4.6 Pengaruh <i>batch size</i> ketika menggunakan data <i>balanced</i> | 36 |
| Tabel 4.7 Hasil pengaruh <i>optimizer</i> ketika menggunakan data citra asli..... | 37 |
| Tabel 4.8 Hasil pengaruh <i>learning rate</i> ketika menggunakan data citra asli..... | 37 |
| Tabel 4.9 Pengaruh <i>batch size</i> ketika menggunakan data citra asli. | 38 |
| Tabel 4.10 Hasil pengaruh <i>optimizer</i> ketika menggunakan data <i>balanced</i> | 39 |
| Tabel 4.11 Hasil pengaruh <i>learning rate</i> ketika menggunakan data <i>balanced</i> | 39 |
| Tabel 4.12 Pengaruh <i>batch size</i> ketika menggunakan data <i>balanced</i> | 40 |
| Tabel 4.13 Hasil pengaruh <i>optimizer</i> ketika menggunakan data citra asli..... | 41 |
| Tabel 4.14 Hasil pengaruh <i>learning rate</i> ketika menggunakan data citra asli. | 41 |
| Tabel 4.15 Pengaruh <i>batch size</i> ketika menggunakan data citra asli. | 42 |
| Tabel 4.16 Hasil pengaruh <i>optimizer</i> ketika menggunakan data <i>balanced</i> | 43 |
| Tabel 4.17 Hasil pengaruh <i>learning rate</i> ketika menggunakan data <i>balanced</i> | 43 |
| Tabel 4.18 Pengaruh <i>batch size</i> ketika menggunakan data <i>balanced</i> | 44 |
| Tabel 4.19 Hasil pengaruh <i>optimizer</i> ketika menggunakan data citra asli..... | 45 |
| Tabel 4.20 Hasil pengaruh <i>learning rate</i> ketika menggunakan data citra asli. | 45 |
| Tabel 4.21 Pengaruh <i>batch size</i> ketika menggunakan data citra asli. | 46 |
| Tabel 4.22 Hasil pengaruh <i>optimizer</i> ketika menggunakan data <i>balanced</i> | 47 |
| Tabel 4.23 Hasil pengaruh <i>learning rate</i> ketika menggunakan data <i>balanced</i> | 47 |
| Tabel 4.24 Pengaruh <i>batch size</i> ketika menggunakan data <i>balanced</i> | 48 |
| Tabel 4.25 Hasil dan parameter terbaik pengujian di setiap arsitektur dan jenis data..... | 49 |
| Tabel 4.26 Jumlah data dan nilai <i>true positive</i> per kelas..... | 51 |
| Tabel 4.27 Nilai presisi, <i>recall</i> , dan <i>F1-Score</i> model terbaik..... | 52 |
| Tabel 4.28 Perbedaan hasil akurasi Tugas Akhir dengan penelitian sebelumnya. | 52 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Singkong merupakan salah satu komoditas pertanian yang telah banyak diolah menjadi berbagai produk jadi yang memiliki nilai tambah tinggi. Indonesia menjadi salah satu negara yang memproduksi singkong dengan produksi sebesar 19 hingga 20 juta ton lebih pada tahun 2021, menjadikan Indonesia menjadi negara ke empat terbesar yang memproduksi singkong di dunia [1]. Setiap tahun berdasarkan data dari [2] tahun 1995 – hingga sekarang produksi singkong di Indonesia selalu bertambah setiap tahunnya secara kumulatif. Hal ini tentu menjadikan singkong sebagai salah satu mata pencaharian paling menjanjikan bagi petani karena banyaknya target konsumen yang bisa di jangkau baik di dalam negeri maupun di luar negeri.

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi baik atau buruknya kualitas dari tanaman singkong adalah penyakit pada singkong [3]. Pengklasifikasian penyakit singkong sangat memakan waktu bagi petani karena memiliki gejala yang berbeda-beda. Melakukan identifikasi penyakit tanaman singkong melalui laboratorium membutuhkan waktu yang lama, biaya yang mahal, dan terbatasnya laboratorium yang ada. Oleh karena itu, baik atau buruknya kualitas singkong dapat berdampak bagi nilai jual dari tanaman singkong itu sendiri [3].

Teknologi *machine learning* (ML) adalah subbidang dari *artificial intelligence* di mana bisa di artikan sebagai interaksi antara sejumlah data dan kondisi dengan aksi yang disediakan oleh manusia melalui sedikit pemrograman dengan meniru cara belajar manusia [4]. Penggunaan *machine learning* telah banyak digunakan di perusahaan berbasis teknologi informasi dan terbukti lebih efisien dan akurat dalam mengerjakan pekerjaan manusia sehari-hari dibandingkan manusia sendiri. Sedangkan teknologi *deep learning* (DL) adalah subbidang dari *machine learning*, perbedaannya adalah penggunaan *neural network* sebagai algoritma untuk pekerjaan-pekerjaan kompleks di mana sangat sulit bagi mesin untuk pelajari tapi bukan berarti tidak mungkin [4]. Dalam penelitian ini, penulis akan membahas bagaimana menggunakan teknologi model *machine learning* untuk

mengklasifikasi penyakit singkong melalui dataset berupa citra data daun singkong sebagai solusi untuk mendeteksi jenis penyakit menggunakan metode *deep learning* dengan algoritma *convolutional neural network* (CNN) [5].

Pada penelitian [6] Patike Kiran Rao, R Sandeep Kumar, dan Dr K Sreenivasulu klasifikasi penyakit tanaman singkong menggunakan *deep learning* dengan model arsitektur UNet terhadap dua kelas penyakit yaitu CMD dan CBB, penelitian ini mendapatkan hasil akurasi sebesar 83.9%. Klasifikasi yang dilakukan menggunakan kaggle *challenge* dataset dengan jumlah 21397 citra data yang diambil dan dilabel ke dua kelas klasifikasi yaitu CMD dan CBB.

Pada penelitian Tugas Akhir ini, penulis menggunakan metode CNN dan melakukan perbandingan terhadap beberapa arsitektur CNN berupa MobileNet [7], MobileNet V2, MobileNet V3, dan CropNet [8] dengan mengukur performa parameter akurasi, presisi, dan F1-Score. Penelitian menggunakan arsitektur MobileNet dikarenakan model arsitektur tersebut bersifat ringan, memiliki latensi rendah, dan berdaya rendah di mana cocok untuk berbagai kasus penggunaan seperti di *smartphone android* [7].

Pengklasifikasian dilakukan berdasarkan lima kelas penyakit tanaman berupa *Cassava Brown Streak Disease* (CBSD), *Cassava Mosaic Disease* (CMD), *Cassava Bacterial Blight* (CBB), *Cassava Green Mite* (CGM), daun yang sehat (*healthy*) menggunakan masukan data *training* berupa citra data yang berformat JPG untuk melatih model arsitektur. Data tersebut diperoleh dari situs web www.kaggle.com dengan total citra data sebanyak 5656 citra data. Hasil analisis dari penelitian ini akan dilihat dari hasil prediksi dari model MobileNet, MobileNet V2, MobileNet V3, dan CropNet, hasil tersebut akan di evaluasi berdasarkan parameter yang akan digunakan untuk menentukan bagus atau tidaknya sebuah model tersebut melalui parameter akurasi, presisi, dan F1-Score.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan deskripsi latar belakang dan penelitian terkait yang telah dirumuskan, maka berikut beberapa rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana implementasi Convolutional Neural Network (CNN) untuk klasifikasi penyakit daun tanaman singkong berbasis citra yang terdiri dari lima jenis penyakit daun tanaman singkong?
2. Bagaimana cara menentukan parameter yang mempengaruhi sistem klasifikasi penyakit daun singkong menggunakan *convolutional neural network*?
3. Bagaimana performansi sistem yang telah dirancang untuk mengklasifikasi penyakit daun singkong menggunakan *convolutional neural network*?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Berdasarkan deskripsi rumusan masalah dan latar belakang yang telah dirumuskan, maka berikut tujuan pada penelitian ini:

1. Mengimplementasikan Convolutional Neural Network (CNN) untuk klasifikasi penyakit daun tanaman singkong berbasis citra yang terdiri dari lima jenis penyakit daun tanaman singkong.
2. Menganalisa parameter yang mempengaruhi sistem yang telah dirancang.
3. Mengukur dan menganalisis hasil akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-Score* yang dihasilkan dari pengklasifikasian.

Adapun manfaat yang didapatkan pada penelitian ini:

1. Menerapkan sistem klasifikasi dengan metode *convolutional neural network* pada penyakit daun tanaman singkong.
2. Membuat suatu *prototype* aplikasi android menggunakan sistem klasifikasi pada penyakit daun tanaman singkong.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian sebagai berikut:

1. Dataset yang digunakan diambil dari www.kaggle.com berupa citra data.
2. Menggunakan lima kelas penyakit singkong yaitu *Cassava Brown Streak Disease* (CBSD), *Cassava Mosaic Disease* (CMD), *Cassava Bacterial Blight* (CBB), *Cassava Green Mite* (CGM), dan daun yang sehat (*healthy*).

3. Dataset berupa citra gambar yang digunakan berjumlah 5656 citra gambar dengan format JPG.
4. Parameter performansi yang digunakan meliputi akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-Score*.
5. Menggunakan metode *Deep Learning Convolutional Neural Network* dengan arsitektur MobileNet, MobileNet V2, MobileNet V3, dan CropNet.
6. Menggunakan bahasa pemrograman *Python*.

1.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah
Identifikasi masalah dilakukan guna mengetahui latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat dari penelitian yang dilakukan.
2. Studi literatur
Studi literatur dilakukan guna mendapatkan informasi mengenai penyakit tanaman singkong menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) sebagai landasan penelitian dalam penyusunan Tugas Akhir lewat jurnal, buku, dan video *tutorial* youtube.
3. Pengambilan citra data
Pengambilan citra data menggunakan dataset sekunder yang bersumber dari www.kaggle.com dengan lima kelas klasifikasi yaitu *Cassava Brown Streak Disease* (CBSD), *Cassava Mosaic Disease* (CMD), *Cassava Bacterial Blight* (CBB), *Cassava Green Mite* (CGM), dan daun yang sehat (*healthy*).
4. Perancangan sistem
Perancangan sistem dilakukan menggunakan *Pre-processing* data dan mengimplementasikan arsitektur CNN menggunakan bahasa *python* sebagai bahasa pemrograman yang digunakan di penelitian ini.
5. Analisis hasil pengujian performansi model
Analisis performansi model dilakukan berdasarkan hasil dari tiap nilai akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-Score* yang dihasilkan dari tiap arsitektur yang digunakan.

BAB II KONSEP DASAR

2.1 Penyakit Tanaman Singkong

Singkong adalah tanaman yang dapat digunakan sebagai bahan kebutuhan pangan sehari-hari maupun sebagai obat herbal untuk berbagai macam penyakit seperti rematik [9]. Sama seperti tanaman pada umumnya, tanaman singkong rentan terhadap hama dan penyakit, di mana dapat berdampak pada kualitas hasil tanaman singkong dan juga harga jual jika dipanen secara besar [10]. Faktor-faktor yang dapat memicu terjadinya penyakit pada tanaman singkong sama seperti tanaman lainnya yaitu berupa hama, dan kondisi lingkungan yang kurang mendukung bagi tanaman singkong. Macam-macam penyakit yang ada pada singkong yaitu berupa *Cassava Brown Streak Disease (CBSD)*, *Cassava Mosaic Disease (CMD)*, *Cassava Bacterial Blight (CBB)*, dan *Cassava Green Mite (CGM)*, penyakit yang ada pada tanaman singkong memiliki gejala dan juga penanganan yang berbeda-beda [3].

2.1.1 *Cassava Brown Streak Disease (CBSD)*

CBSD merupakan penyakit yang umum ditemukan di tanaman singkong dengan kondisi intensitas cuaca hujan dan suhu yang tinggi [11]. Penyebaran penyakit ini membawa spora jamur melalui medium angin dan juga air hujan yang dibawa dari tanaman singkong yang sakit ke tanaman singkong yang sehat didekatnya. Pada saat musim kemarau, jamur berlindung melalui bercak-bercak dan juga pada daun-daun yang telah rontok.



Gambar 2.1 Gejala penyakit CBSD pada tanaman singkong

Gejala dari penyakit ini bisa dilihat melalui daun yang sudah tua karena rentan terkena penyebaran melalui medium air yang ada di tanah. Gejala awal dari penyakit ini berupa bercak kecil putih hingga coklat muda pada sisi atas daun, terkadang bercak dibatasi lingkaran berwarna sedikit ungu, dan untuk bercak coklat dikarenakan jaringan daun mati (nekrosis) [3]. Jaringan daun nekrotik mudah rontok sehingga nampak adanya lubang-lubang bekas penyakit.

2.1.2 *Cassava Mosaic Disease (CMD)*

Penyakit CMD disebabkan virus yang berasal dari genus *Begomovirus* di dalam keluarga *Geminiviridae* [12]. Gejala pada penyakit ini dapat dilihat dari pengurangan ukuran, distorsi lamina daun, memiliki pola mosaik klorosis, dan juga bintik-bintik. Dari semua gejala yang ada, gejala pola mosaik adalah yang paling sering terlihat pada penyakit ini, gejala tersebut dapat dilihat melalui daun di mana warnanya berupa warna hijau pucat hingga keputihan kuning [13].



Gambar 2.2 Gejala penyakit CBSD pada tanaman singkong.

2.1.3 *Cassava Bacterial Blight (CBB)*

CBB merupakan serangan bakteri hawar pada bagian batang dan daun dengan gejala awal berupa kerusakan jaringan (lesion) berwarna abu-abu mirip seperti tersiram air panas. Penyakit ini dapat menular melalui perantara air, tanah, dan kontaminasi dari alat potong stek. Bakteri masuk ke dalam tanaman melalui lubang stomata dan luka pada daun atau batang. Serangga hama seperti belalang juga membantu mempercepat penularan penyakit tersebut dan juga dapat menyebar lebih cepat dengan kondisi cuaca yang hujan [14].



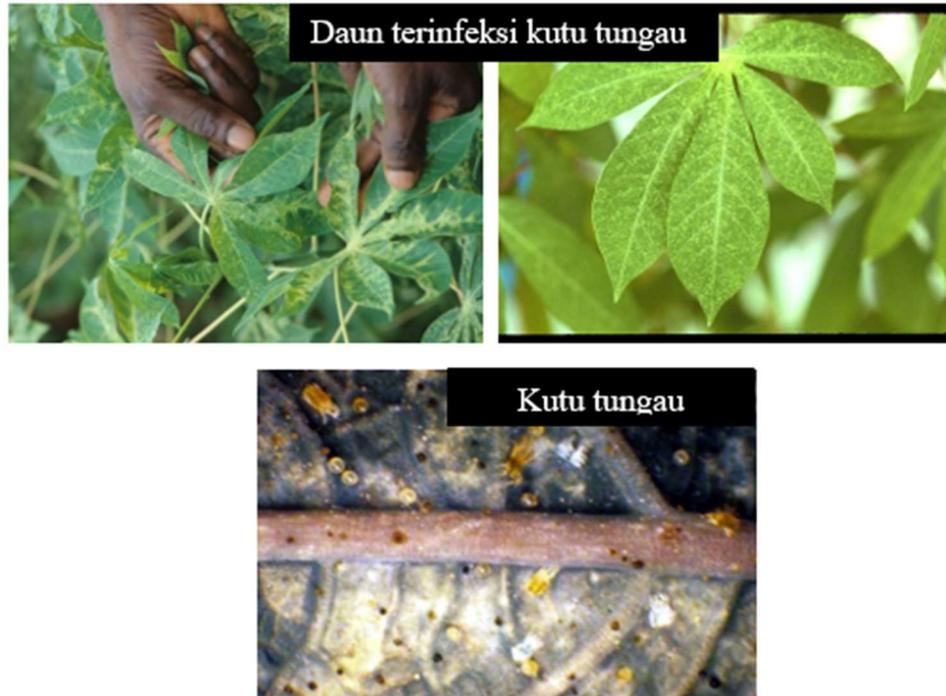
Gambar 2.3 Gejala penyakit CBB pada tanaman singkong.

Gejala pada penyakit ini memiliki 4 tingkatan:

1. Lesio dengan bentuk menyudut.
2. Lesio meluas menjadi bercak nekrotik (kematian jaringan pada lokasi infeksi).
3. Perlendiran massa bakteri yang terjadi pada tangkai, helai daun, serta batang.
4. Mati pucuk.

2.1.4 *Cassava Green Mite (CGM)*

CGM adalah penyakit kutu tungau hijau pada tanaman singkong, biasanya ditemukan di bagian bawah daun muda tanaman singkong, batang hijau, dan kuncup daun singkong. Tungau bertahan hidup di batang singkong dan daun singkong, tungau tersebut berwarna hijau kekuningan bintik-bintik dan dapat dilihat dengan mata telanjang [14].



Gambar 2.4 Gejala dari CGM.

Gejala penyakit [15] ini dapat dilihat dari:

1. Klorosis (Penguningan pada daun).
2. Daun menjadi keriput dan berbintik-bintik jika dalam kasus yang serius.
3. Tungau dapat dilihat di bagian bawah daun muda.
4. Bintik-bintik kuning merata pada daun muda yang biasanya di bagian atas tanaman singkong.

2.2 Digital Image Processing

Digital image processing adalah suatu proses untuk mendeteksi sebuah citra yang dilihat melalui citra gambar di mana diproses agar komputer dapat menghasilkan representasi yang dapat dihitung [16]. Elemen yang akan diproses dari citra gambar tersebut yaitu berupa nilai angka *pixels* suatu gambar. Untuk citra *grayscale*, nilai yang dihasilkan hanya satu jenis di mana berkisar dari 0 – 255, sedangkan untuk citra gambar yang memiliki warna, nilai warna tersebut akan direpresentasikan dengan tiga nilai yaitu berupa *Red*, *Green*, dan *Blue* (RGB). Proses dari *image processing* memiliki lima tahap teknik [16]:

1. *Image Generation*

Tahap ini mengambil gambar melalui sebuah sensor (kamera) untuk menghasilkan representasi elektronik dari dunia.

2. *Pre-processing*

Pada tahap ini, gambar yang diambil dimodifikasi untuk meningkatkan kualitas gambar. Tahap ini bisa termasuk kompresi, menghaluskan, dan perbaikan warna.

3. *Segmentation*

Selanjutnya citra data akan diproses untuk mengekstrak elemen penting seperti objek, garis, dan bagian yang ingin di proses.

4. *Feature Extraction*

Selanjutnya karakteristik citra data akan dipilih untuk mengidentifikasi sesuatu yang unik dari citra data tersebut.

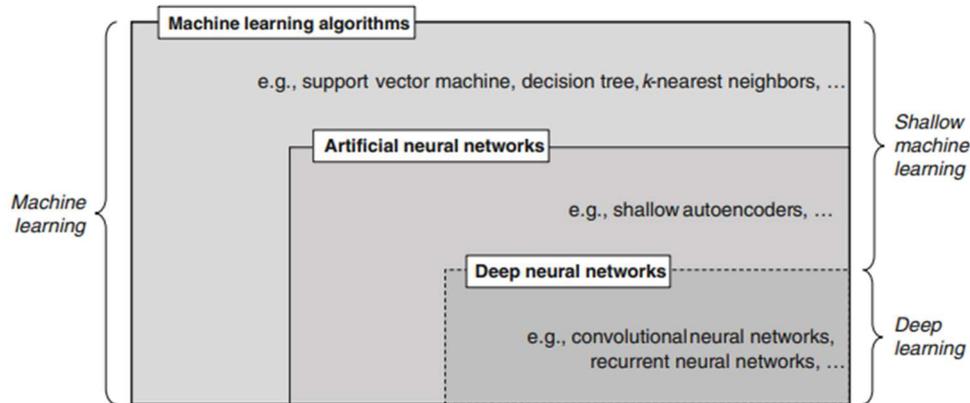
5. *Image Understanding*

Bagian terakhir adalah tahap tertinggi dalam metode *image processing*. Dibagian ini, pengetahuan dan makna dapat disimpulkan dari citra data tersebut.

2.3 *Machine Learning* (ML)

Machine learning adalah metode dari sebuah sistem mesin untuk mempelajari bagaimana cara manusia belajar untuk kegiatan sehari-hari dengan menggunakan data yang sudah di latih dari suatu subjek untuk dijadikan pondasi atau bahan pembelajaran untuk sistem *machine learning* dalam menyelesaikan tugas terkait subjek yang dipermasalahkan. Data yang sudah dilatih tersebut akan dibaca oleh mesin *machine learning* untuk mengenali suatu pola khusus di mana akan membedakan bagaimana suatu permasalahan dapat dipelajari, diselesaikan, bahkan diklasifikasikan oleh mesin *machine learning* itu sendiri. *Machine learning* sendiri memiliki banyak algoritma yang memungkinkan mesin tersebut dapat mempelajari suatu pola dalam dataset yang sudah disediakan seperti algoritma *Support Vector Machine*, *Decision Tree*, *K-Nearest Neighbors*, dan lain-lain yang memiliki keuntungan dan kekurangan tersendiri. *Machine learning* memiliki tiga tipe jenis cara belajar yaitu *supervised learning*, *unsupervised learning*, dan *reinforcement*

learning. machine learning juga memiliki subbidang seperti *artificial neural networks* dan *deep neural networks* [17].



Gambar 2.5 Venn diagram dari konsep *machine learning* dan kelas-kelasnya.

2.2.1 Supervised Learning

Supervised learning adalah metode belajar *machine learning* dengan cara mempelajari pola pada dataset yang sudah dilabeli dengan kelas-kelas terkait subjek yang ingin dipelajari, dengan dilabelinya dataset tersebut terhadap kelas yang ditentukan maka model *machine learning* bisa mempelajari dan memprediksi permasalahan tersebut [18]. *Supervised learning* biasanya digunakan untuk beberapa tipe permasalahan seperti klasifikasi, kontrol tanaman, prediksi, ramalan cuaca, dan lain-lain..

2.2.2 Unsupervised Learning

Unsupervised learning adalah metode belajar *machine learning* dengan cara mencari pola tersembunyi dari dataset yang diberikan. Pola tersembunyi tersebut akan dibandingkan dengan dataset yang lain sehingga model dari *machine learning* tersebut dapat mengetahui apa perbedaan pola dari setiap dataset yang diberikan. Komputasi yang dilakukan dari metode ini biasanya melakukan pembelajaran secara mandiri di mana model *machine learning* akan mempelajari kembali jika pola yang awalnya didapatkan tidak terlalu berguna untuk digunakan kedepannya sehingga model akan melakukan pengecekan ulang dalam pencarian pola tersembunyi yang lainnya sehingga mendapatkan hasil yang maksimal [18].

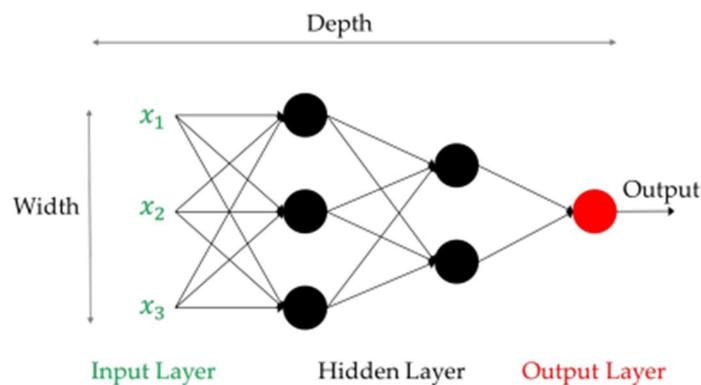
Biasanya metode ini digunakan untuk tipe permasalahan seperti *clustering*, *speech recognition*, deteksi anomali, dan lain-lain.

2.2.3 Reinforcement Learning

Reinforcement learning adalah metode belajar *machine learning* di mana memiliki basis berupa *agent* dan *environment* di mana dua hal tersebut harus ada dalam metode pembelajaran ini, *environment* (lingkungan) adalah entitas dimana seorang *agent* bisa berinteraksi terhadap lingkungan tersebut. *Agent* dapat melakukan *action* (aksi yang bisa dilakukan seorang *agent* di dalam *environment*) dengan tujuan untuk mendapatkan *reward* (hasil positif dari suatu *action*). Jika hasil yang didapatkan kurang bagus maka *agent* akan mengulang kembali *action* sudah dilakukan dengan harapan mendapatkan hasil terbaik dengan *action* yang berbeda dari sebelumnya, kejadian tersebut biasanya disebut dengan konsep *trial and error* [19].

2.4 Artificial Neural Network (ANN)

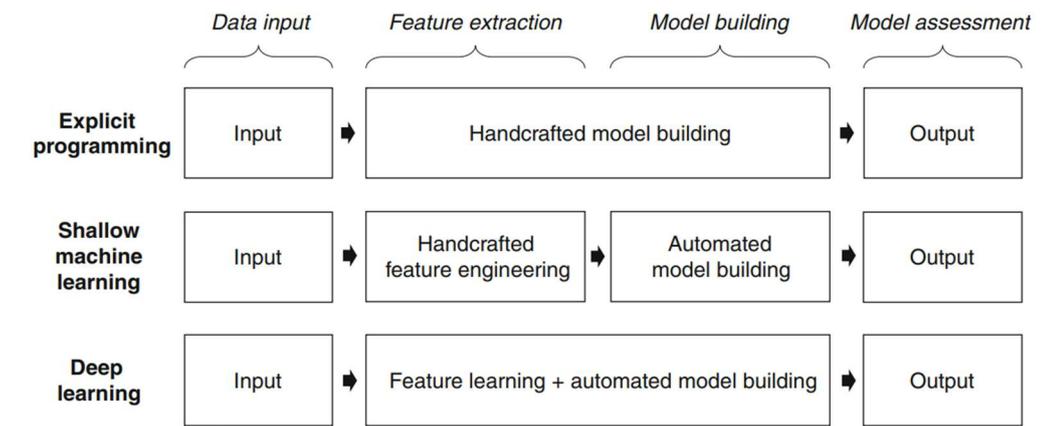
ANN adalah subbagian dari *machine learning* yang meniru cara kerja otak manusia bekerja atau bisa dikatakan meniru bagaimana proses belajar manusia. ANN memiliki unit yang disebut *neuron* di mana memiliki banyak lapisan *neuron* yang saling berhubungan satu sama lain, terorganisir secara hirarki, dan memiliki nilai atau bobot yang berbeda tiap lapisannya dimana tiap lapisan melakukan transformasi yang berbeda pada masukan untuk mendapatkan tingkat abstraksi dan ekstraksi fitur yang berbeda pada *output* [20].



Gambar 2.6 Gambaran *neural network* dengan tiga lapisan.

2.5 Deep Learning (DL)

Deep learning adalah sebuah bagian dari *machine learning* di mana metode ini menggunakan struktur *multi-layer* untuk melakukan belajar otomatis dan melakukan ekstraksi tingkat tinggi dari dataset mentah yang disediakan. Perbedaan *deep learning* dengan *machine learning* terletak pada cara belajarnya yang super efisien tanpa adanya manual pembuatan algoritma untuk sebuah model di mana pastinya sangat kompleks dan memakan sangat banyak waktu. Kata dari “*deep*” merupakan representasi dari banyaknya lapisan pada *neuron* di mana meniru cara kerja otak manusia dengan menghubungkan antar *neuron*. Lapisan-lapisan tersebut disebut *artificial neural network* (ANN) di mana merupakan basis dari semua model *deep learning* [20].



Gambar 2.7 Proses perbedaan pembuatan model antara program eksplisit, *machine learning*, dan *deep learning*.

2.6 Convolutional Neural Network (CNN)

CNN adalah salah satu tipe *multi-layer neural network* dan juga arsitektur *deep learning* yang terinspirasi dari cara melihat makhluk hidup. CNN sangat cocok untuk berbagai subjek model *machine learning* yang berhubungan dengan pengenalan pola seperti *computer vision* dan *natural language processing* [21]. Sebuah *deep CNN* umumnya membahas tentang sebuah struktur yang berisi *convolutional layers*, *pooling layers*, dan *fully connected layers*. Di bagian *feature learning*, operasi konvolusi digunakan untuk fitur ekstraksi yang berguna menghitung suatu bagian dari citra data untuk mendapatkan nilai agar bisa