**SKRIPSI**

***CHATBOT* DENGAN PENDEKATAN HYBIRD *MACHINE LEARNING***

**DAN *RULE-BASED*: STUDI KASUS PERPUSTAKAAN**

**STMIK BINA PATRIA**



**Disusun oleh:**

**Arief Rizal Bayhaqi**

**NIM : 21.11.037**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA (S1)**

**STMIK BINA PATRIA**

**MAGELANG**

**2025**

# MOTTO

*“Meski tak mudah, berfikirlah bahwa semua itu not easy”*

# ABSTRAK

**Arief Rizal Bayhaqi**: *Chatbot Dengan Pendekatan Hybird Machine Learning Dan Rule-Based: Studi Kasus Perpustakaan Stmik Bina Patria*. **Skripsi Teknik Informatika S1 STMIK Bina Patria 2025.**

Tujuan penelitian adalah merancang dan membangun sebuah sistem chatbot berbasis hybrid yang menggabungkan pendekatan machine learning dan rule-based untuk meningkatkan efisiensi layanan informasi di perpustakaan STMIK Bina Patria. Metodologi penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif, dengan pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dan kuesioner kepada pengguna perpustakaan. Perancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah model iterative-incremental dari SDLC, yang memungkinkan pengembangan sistem chatbot dilakukan secara bertahap dan bertingkat. Setiap iterasi menghasilkan produk yang dapat diuji dan dievaluasi sebelum ditingkatkan pada tahap berikutnya. Proses perancangan mencakup arsitektur sistem chatbot, desain, serta integrasi antara modul machine learning dan rule-based. Hasil penelitian ini adalah …………………………….

**Kata Kunci**: Chatbot, Hybrid, Machine Learning, Rule-Based, IndoBERT, Intent Classification, Perpustakaan Digital, Natural Language Processing

# ABSTRACT

**Arief Rizal Bayhaqi**: *Chatbot with Hybird Machine Learning and Rule-Based Approach: Case Study of Stmik Bina Patria Library*. **Skripsi Teknik Informatika S1 STMIK Bina Patria 2025.**

The research objective is to design and build a hybrid-based chatbot system that combines machine learning and rule-based approaches to improve the efficiency of information services in the STMIK Bina Patria library. The research methodology used is a quantitative approach, with data collection through observation, interviews, and questionnaires to library users. The design used in this research is the iterative-incremental model of SDLC, which allows the development of chatbot systems to be carried out in stages and stages. Each iteration produces a product that can be tested and evaluated before being improved at the next stage. The design process includes chatbot system architecture, design, and integration between machine learning and rule-based modules. The result of this research is ..................................

**Keywords**: Chatbot, Hybrid, Machine Learning, Rule-Based, IndoBERT, Intent Classification, Digital Library, Natural Language Processing

**KATA PENGANTAR**

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah yang telah menganugrahkan rahmat dan karunia-Nya. Sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang saya beri judul “*Chatbot Dengan Pendekatan Hybird Machine Learning Dan Rule-Based: Studi Kasus Perpustakaan Stmik Bina Patria*” dengan baik.

Adapun penyusunan tugas akhir ini adalah untuk menyelesaikan program studi Sistem Informasi S1 pada STMIK Bina Patria Magelang. Penyusunan Skripsi ini telah memperoleh masukan dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. Sukris Sutiyatno, MM, M.Hum, selaku Ketua STMIK Bina Patria Magelang.
2. Bapak Kartika Imam Santoso, SE, M.Kom, selaku pembimbing I ………

Mengingat keterbatasan kemampuan dan pengetahuan saya sebagai penyusun skripsi ini, sehingga saya yakin masih banyak kekurangan di dalam penyajian maupun pembahasannya. Kritik dan saran selalu saya nantikan, sehingga saya dapat lebih baik di dalam menyelesaikan tugas-tugas yang akan datang.

Akhir kata semoga Tuhan Allah memberikan anugrah serta membalas budi Bapak/Ibu dan saudara sekalian. Semoga skripsi ini bermanfaat dan menambah pengetahuan bagi pembaca.

Magelang, ......... Agustus 2025 Penulis

# DAFTAR ISI

[MOTTO 3](#_Toc196430128)

[ABSTRAK 4](#_Toc196430129)

[ABSTRACT 5](#_Toc196430130)

[DAFTAR ISI 7](#_Toc196430131)

[BAB 1 PENDAHULUAN 9](#_Toc196430132)

[1.1. Latar Belakang 9](#_Toc196430133)

[1.2. Rumusan Masalah 11](#_Toc196430134)

[1.3. Batasan Masalah 11](#_Toc196430135)

[1.4. Tujuan Penelitian 12](#_Toc196430136)

[1.5. Manfaat Penelitian 12](#_Toc196430137)

[BAB 2 LANDASAN TEORI 13](#_Toc196430138)

[2.1. Landasan Teori 13](#_Toc196430139)

[2.1.1. Kecerdasan buatan 13](#_Toc196430140)

[2.1.2. Chatbot 14](#_Toc196430141)

[2.1.3. Natural Language Processing 15](#_Toc196430142)

[2.1.4. Machine Learning 17](#_Toc196430143)

[2.1.5. Rule-Based 19](#_Toc196430144)

[2.1.6. Transformers 21](#_Toc196430145)

[2.1.7. IndoBERT 24](#_Toc196430146)

[2.1.8. Evaluasi Metrix 25](#_Toc196430147)

[2.1.9. Perpustakaan 27](#_Toc196430148)

[2.1.10. Interaksi Manusia dan Komputer 28](#_Toc196430149)

[2.1.11. Whitebox Testing 30](#_Toc196430150)

[2.1.12. Kuesioner 31](#_Toc196430151)

[2.1.13. Skala Likert 32](#_Toc196430152)

# BAB 1 PENDAHULUAN

## Latar Belakang

Dalam era digital yang terus berkembang, sistem perpustakaan tidak hanya berfungsi sebagai tempat penyimpanan dan penyediaan buku, tetapi juga sebagai pusat informasi yang harus mampu memberikan layanan cepat, akurat, dan interaktif bagi penggunanya. Di STMIK Bina Patria, kebutuhan akan layanan perpustakaan yang lebih efisien meningkat seiring bertambahnya mahasiswa dan kompleksitas informasi yang dicari. Saat ini, perpustakaan memiliki lebih dari 620 anggota aktif dengan ratusan transaksi peminjaman buku setiap bulan.

STMIK Bina Patria telah mengembangkan sistem informasi perpustakaan berbasis web (Siperpus) untuk membantu mahasiswa mencari koleksi buku dan layanan perpustakaan secara daring. Namun, penggunaannya masih rendah karena minimnya fitur interaktif dan tampilan yang kurang intuitif. Akibatnya, mahasiswa lebih sering bertanya langsung kepada staf perpustakaan pertanyaan seperti jadwal operasional, prosedur peminjaman, dan ketersediaan buku, yang membebani sumber daya manusia dan menghambat layanan, terutama di luar jam kerja.

Sejalan dengan kebutuhan tersebut, pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan dalam bentuk chatbot menawarkan solusi inovatif dalam pelayanan perpustakaan. Chatbot dapat berperan sebagai asisten virtual yang mampu menjawab pertanyaan pengguna secara otomatis terkait informasi perpustakaan, seperti pencarian buku, ketersediaan koleksi, dan layanan akademik lainnya. Dengan penerapan chatbot, mahasiswa dapat memperoleh informasi yang mereka butuhkan secara cepat dan akurat tanpa harus menunggu bantuan dari staf perpustakaan.

Menurut Dwiyono et al. (2024) Intent Classification merupakan langkah krusial dalam menentukan alur percakapan dan memahami konteks interaksi agar dapat memberikan tanggapan yang relevan dan sesuai. Terdapat dua pendekatan utama dalam melakukan intent classification, yaitu Rule-based dan berbasis machine learning Chatbot berbasis aturan menggunakan struktur pohon skrip yang telah ditentukan sebelumnya, di mana setiap pertanyaan memiliki jawaban spesifik (Maeng & Lee, 2021).

Chatbot berbasis aturan lebih mudah diimplementasikan dan dapat memberikan respons yang terstruktur, chatbot ini memiliki keterbatasan dalam menangani pertanyaan dengan variasi yang berbeda namun memiliki makna yang sama. Di sisi lain, chatbot berbasis ML lebih fleksibel karena dapat memahami maksud pertanyaan pengguna melalui model bahasa yang telah dilatih. Model seperti GPT mampu menghasilkan respons yang lebih dinamis dan alami. Namun, pengembangan chatbot berbasis ML membutuhkan data yang besar, sumber daya komputasi yang tinggi, dan waktu pelatihan yang lama. Menurut penelitian OpenAI (Brown et al., 2020) model GPT dilatih menggunakan lebih dari 500 gigabyte data teks dengan waktu pelatihan mencapai 34 hari dan biaya yang diperkirakan mencapai jutaan dolar.

Untuk mengatasi kelemahan masing-masing metode, pendekatan hybrid yang menggabungkan rule-based dan ML menjadi alternatif yang lebih optimal. Pendekatan ini memungkinkan chatbot memahami intent pengguna secara fleksibel melalui model berbasis ML, sementara rule-based digunakan untuk menangani pertanyaan spesifik dan memberikan jawaban yang lebih terstruktur. Dengan demikian, kombinasi ini tidak hanya meningkatkan akurasi dan relevansi respons chatbot tetapi juga mengurangi beban pelatihan model ML yang kompleks.

Berdasarkan permasalahan dan peluang yang telah diidentifikasi, maka penulis melakukan penelitian yang berjudul “CHATBOT DENGAN PENDEKATAN HYBIRD MACHINE LEARNING DAN RULE-BASED: STUDI KASUS PERPUSTAKAAN STMIK BINA PATRIA”.

## Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang bangun chatbot dengan pendekatan hybird machine learning dan rule-based untuk perpustakaan STMIK Bina Patria.
2. Apa dampak yang diperolah dari penerapan chatbot di Perpustakaan STMIK Bina Patria?

## Batasan Masalah

1. Model chatbot dilatih dengan pre-trained model IndoBERT yang memproses input berbahasa Indonesia dan tidak memproses Bahasa lain.
2. Sistem berbasis aturan digunakan untuk memproses intent user untuk memberi respon output yang tepat.
3. Chatbot berfokus pada layanan informasi perpustakaan STMIK Bina Patria untuk anggota perpustakaan.
4. Chatbot berinteraksi dengan menerima dan merespons berbasis teks.

## Tujuan Penelitian

1. Merancang dan membangun chatbot dengan pendekatan hybrid machine learning dan rule-based untuk perpustakaan STMIK Bina Patria.
2. Mengetahui dampak penerapan chatbot terhadap layanan perpustakaan STMIK Bina Patria.

## Manfaat Penelitian

* 1. Bagi Perpustakaan STMIK Bina Patria: Meningkatkan efisiensi layanan dengan menghadirkan chatbot yang mampu menjawab pertanyaan pengguna secara otomatis, mempercepat akses informasi, dan mengurangi beban kerja petugas perpustakaan.
  2. Bagi STMIK Bina Patria: Mendukung transformasi digital dengan mengintegrasikan teknologi chatbot, sekaligus memperkuat citra institusi sebagai perguruan tinggi yang inovatif dan adaptif terhadap perkembangan teknologi.
  3. Bagi Penulis: Memperdalam pemahaman tentang machine learning dan implementasinya dalam sistem informasi, menambah pengalaman serta portofolio akademik, serta memenuhi persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer.

# BAB 2 LANDASAN TEORI

## Landasan Teori

### Kecerdasan buatan

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), kecerdasan buatan diartikan sebagai “program komputer yang meniru kecerdasan manusia, seperti mengambil keputusan, menyediakan dasar penalaran, dan karakteristik manusia lainnya”.

AI atau Artificial intelegence adalah bidang yang berkembang pesat dalam teknologi informasi. Menurut Russel dan Norvig (Russell & Norvig, 2004), AI mencakup berbagai macam subbidang, mulai dari yang umum seperti pembelajaran dan persepsi hingga yang spesifik, seperti bermain catur, membuktikan teorema matematika, mengemudikan mobil di jalan yang ramai, dan mendiagnosis penyakit. AI relevan dengan tugas intelektual apa pun; AI benar-benar merupakan bidang yang universal. Menurut Russel dan Norvig (2004) ada 4 pendekatan utama dalam AI, yaitu:

* 1. Berpikir seperti manusia

Konsep ini terkait dengan upaya untuk meniru proses berpikir manusia. Hal ini mencakup pendekatan yang mencoba memahami cara manusia berpikir dan mereplikasi proses tersebut dalam mesin.

* 1. Bertindak seperti manusia

Pendekatan ini berfokus pada membuat mesin bertindak seperti manusia, terutama melalui interaksi dan perilaku yang menyerupai manusia.

* 1. Berpikir rasional

Pendekatan ini melibatkan logika formal, yaitu mesin yang dapat berpikir dan mengambil keputusan berdasarkan prinsip-prinsip logika.

* 1. Bertindak rasional

Pendekatan ini lebih menekankan pada tindakan rasional dan efisien. Mesin tidak hanya harus berpikir secara logis tetapi juga bertindak sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan.

Sistem dikatakan rasional jika melakukan “hal yang benar”, sesuai dengan apa yang diketahuinya. Secara historis, keempat pendekatan AI telah diikuti, masing-masing oleh orang yang berbeda dengan metode yang berbeda. Menurut Eisenstein (2018) ,tujuan utama pengembangan AI adalah membangun perangkat lunak atau robot yang dapat meniru kemampuan manusia, termasuk dalam hal pemrosesan bahasa alami, pengambilan keputusan, dan pembelajaran dari data.

### Chatbot

*Chatbot* dapat didefinisikan sebagai program komputer yang dirancang untuk mensimulasikan percakapan dengan pengguna manusia. Berbagai istilah lain yang sering digunakan untuk teknologi ini adalah *Personal Digital Assistant, Virtual Personal Assistant, Conversational Agent, Dialogue System, dan Conversational User Interface* (McTear, 2020). *Chatbot* awalnya diciptakan untuk mensimulasikan percakapan manusia. Namun, dengan munculnya *machine learning* dan *natural language processing,* *chatbot* modern kini memiliki kemampuan yang jauh lebih canggih untuk memahami konteks, melakukan analisis data, dan memberikan respons yang dinamis. McTear (2020) menjelaskan bahwa *chatbot* semakin banyak digunakan dalam berbagai sektor, seperti pendidikan, *information retrieval*, bisnis, hingga *e-commerce*. Dalam sektor-sektor ini, *chatbot* berperan sebagai *automated online assistants* yang mampu melengkapi atau bahkan menggantikan layanan konvensional yang sebelumnya dilakukan oleh manusia di *call centers*.

### Natural Language Processing

Bahasa adalah seperangkat aturan atau simbol yang dikombinasikan dan digunakan untuk menyampaikan informasi. Bahasa alami (*natural language*) mengacu pada Bahasa yang digunakan oleh manusia dalam kehidupan sehari-hari. Bahasa alami dibedakan dari bahasa tertulis formal yang disusun secara artifisial berdasarkan aturan tata bahasa, yang telah digunakan oleh sistem komputer tradisional (Lim et al., 2020). *Natural Language Processing* (NLP) adalah sekumpulan metode untuk membuat bahasa manusia dapat dipahami oleh komputer. Menurut Daniel Jurafsky dan James H. Martin (2009), yang menulis buku fundamental "*Speech and Language Processing*", landasan *NLP* terdiri dari beberapa komponen utama. Mereka menekankan bahwa *NLP* dibangun di atas pemahaman mendalam tentang struktur bahasa pada berbagai tingkatan:

1. Fonetik: Mempelajari bunyi bahasa, penting dalam teknologi pengenalan suara.
2. Morfologi: Membahas pembentukan kata, seperti akar kata dan afiks.
3. Sintaksis: Mengkaji struktur kalimat untuk memahami aturan tata bahasa.
4. Semantik: Memahami makna kata atau frasa dalam konteks tertentu.
5. Pragmatik: Menggunakan konteks untuk memahami maksud atau niat pengguna dalam komunikasi.

*NLP* juga terbagi menjadi dua bagian utama:

1. *Natural Language Understanding* (*NLU*): Bertujuan untuk memahami dan mengekstrak makna serta konteks dari masukan pengguna berbahasa alami, yang mungkin tidak terstruktur, seperti teks atau suara.
2. *Natural Language Generation* (*NLG*): Bertujuan untuk menghasilkan frasa, kalimat, dan paragraf bermakna berdasarkan data yang tersedia.

Tujuan utama *NLP* adalah mengizinkan computer untuk memahami, memanipulasi dan menghasilkan Bahasa manusia dengan cara yang bermakna. Beberapa tugas utama *NLP* meliputi:

1. *Automatic Summarization*: Peringkasan otomatis yang menghasilkan ringkasan dari sekumpulan teks, memberikan informasi yang relevan secara ringkas (Khurana et al., 2022).
2. *Machine Translation*: program yang menerjemahkan teks dari satu bahasa ke bahasa lainnya, seperti Google Translate.
3. *Named Entity Recognition* (NER): Menentukan item mana dalam teks yang berhubungan dengan nama yang tepat, seperti nama tokoh atau lokasi (Khurana et al., 2022).
4. *Part of Speech Tagging* (*POS Tagging*): Penandaan bagian dari ujaran untuk setiap kata dalam sebuah kalimat, membantu memahami fungsi tata bahasa (Khurana et al., 2022).

NLP kini telah digunakan dalam berbagai aplikasi seperti *chatbot*, analisis sentimen, sistem pencarian informasi, dan pengenalan suara, yang semakin memudahkan interaksi antara manusia dan computer.

### Machine Learning

Machine learning merupakan bidang studi yang didasari oleh gagasan bahwa mesin dapat belajar sendiri tanpa diprogram secara eksplisit. Artinya, ini adalah bidang penelitian yang berada di titik temu antara statistika, kecerdasan buatan, dan computer science, serta dikenal juga sebagai analisis prediktif atau pembelajaran statistic(Müller & Guido, 2016). Algoritma machine learning digunakan untuk mengidentifikasi pola dalam data, yang kemudian digunakan untuk membuat keputusan atau prediksi yang lebih tepat. Data yang digunakan sistem untuk belajar disebut dataset, setiap contoh pelatihan disebut training set atau sampel. Semakin banyak data, semakin baik learning-nya. Machine learning menggunakan teori statistik dalam membangun model matematika, karena tugas intinya adalah membuat kesimpulan dari sebuah sampel.

Peran ilmu komputer dalam machine learning ada dua: Pertama, dalam pelatihan, kita membutuhkan algoritme yang efisien untuk menyelesaikan masalah optimasi, serta untuk menyimpan dan memproses data dalam jumlah besar yang umumnya kita miliki. Kedua, setelah sebuah model dipelajari, representasi dan solusi algoritmik untuk inferensi juga harus efisien. Dalam aplikasi tertentu, efisiensi algoritma pembelajaran atau inferensi, yaitu kompleksitas ruang dan waktu, mungkin sama pentingnya dengan akurasi prediktifnya (Müller & Guido, 2016). Machine learning dibagi menjadi tiga kategori utama, yaitu:

* 1. Supervised Learning

Müller & Guido (2016) menjelaskan bahwa Supervised learning digunakan untuk memprediksi hasil tertentu dari input yang diberikan, dan kita memiliki contoh pasangan input/output. Dalam supervised learning, model dilatih menggunakan data berlabel untuk memprediksi hasil yang serupa pada data yang tidak berlabel. Contoh Algoritma: Decision Trees, Support Vector Machines (SVM), K-Nearest Neighbors (KNN).

* 1. Unsupervised Learning

Unsupervised learning melibatkan model yang tidak diberi label pada data latihannya. Pada unsupervised learning hanya data input yang diketahui, dan tidak ada data output yang diketahui yang diberikan kepada algoritma (Alpaydin, 2014). Model ini mencoba menemukan struktur atau pola tersembunyi dalam data. unsupervised learning dapat digunakan untuk melakukan klasterisasi teks atau menemukan topik yang sering muncul dalam percakapan pengguna. Contoh Algoritma: K-Means, Hierarchical Clustering, Autoencoders.

* 1. Reinforcement Learning

Reinforcement Learning adalah pendekatan dalam ML yang bertujuan untuk belajar keputusan optimal melalui trial-and-error (Alpaydin, 2014). Dalam reinforcement learning, agen belajar dengan cara menerima umpan balik berupa hadiah atau hukuman setelah mengambil tindakan dalam lingkungan tertentu. Model ini cocok untuk sistem yang memerlukan evaluasi tindakan yang dilakukan dalam percakapan yang berkelanjutan dan adaptif, meskipun lebih jarang digunakan dalam chatbot dasar. Contoh Algoritma: Q-Learning, Deep Q-Networks (DQN).

### Rule-Based

Sistem *rule-based* atau sistem berbasis aturan adalah jenis perangkat lunak yang menggunakan aturan logika sebagai dasar untuk membuat keputusan atau menyelesaikan masalah. Menurut Russel dan Norvig (2004), sistem berbasis *rule-based* adalah program yang memanfaatkan sekumpulan aturan logika *if-then* untuk meniru proses pengambilan keputusan manusia. Pendekatan ini sangat efektif untuk domain yang terstruktur, di mana aturan dapat diformulasikan dengan jelas. Artinya, sistem ini bekerja dengan mengikuti aturan eksplisit yang telah dirancang sebelumnya untuk mencapai hasil tertentu, bergantung sepenuhnya pada kejelasan aturan dalam domain tersebut (Russell & Norvig, 2004). Elemen Utama Sistem *Rule-based* meliputi:

1. Basis Pengetahuan (Knowledge Base)

Basis pengetahuan dianggap sebagai elemen kunci dari sistem ini. Basis pengetahuan memuat pengetahuan profesional yang diambil dari pakar manusia di suatu bidang tertentu. Pengetahuan ini diekstraksi, diorganisasikan, dan dirumuskan dalam bentuk aturan. Menurut Lim dkk. (2020), elemen pengetahuan individu diatur dalam sekumpulan aturan deklaratif berbentuk if-then.

1. Mesin Inferensi (Inference Engine)

Mesin inferensi adalah komponen sistem yang bertugas untuk menafsirkan dan mengevaluasi aturan yang ada di dalam basis pengetahuan. Ketika kondisi yang ditetapkan dalam aturan terpenuhi, mesin inferensi akan menjalankan tindakan atau mengambil keputusan yang sesuai. Dengan memasukkan sifat-sifat situasi tertentu ke dalam proses inferensi, mesin ini dapat mengoptimalkan eksekusi aturan untuk menyelesaikan masalah yang kompleks.

Sistem *Rule-based* memiliki struktur aturan. Aturan dalam sistem ini diekspresikan dalam bentuk deklarasi bersyarat dengan format:

1. JIKA (kondisi): Merupakan prasyarat yang harus dipenuhi.
2. MAKA (tindakan): Merupakan respons atau aktivitas yang dilakukan jika kondisi terpenuhi.

### Transformers

Transformers adalah arsitektur model pembelajaran mendalam yang pertama kali diperkenalkan dalam jurnal Attention Is All You Need oleh Vaswani pada tahun 2017. Menurut Vaswani et al. (2017), Transformer adalah arsitektur model pembelajaran mendalam yang menggunakan mekanisme perhatian secara eksklusif tanpa melibatkan jaringan rekuren atau konvolusi (CNN). Pendekatan ini memungkinkan Transformer menangani tugas sekuensial seperti terjemahan mesin dan pemodelan bahasa dengan efisiensi tinggi.

Transformer didesain untuk mengatasi kelemahan RNN yang memproses data secara sekuensial dan CNN yang memerlukan lapisan tambahan untuk memahami hubungan jarak jauh. Transformer mengandalkan mekanisme self-attention untuk menghubungkan setiap elemen dalam urutan input, terlepas dari jaraknya. Pendekatan ini memberikan fleksibilitas dalam memahami hubungan kompleks antar token. Selain itu, tidak adanya proses sekuensial seperti pada RNN memungkinkan model ini lebih mudah diparalelisasi selama pelatihan (Vaswani et al., 2017).

Arsitektur Transformer terdiri dari dua komponen utama:

* 1. Encoder :

Encoder digunakan untuk mengubah input menjadi representasi kontinu. Menurut Vaswani et al (2017), encoder terdiri dari enam lapisan identik, di mana setiap lapisan memiliki dua sub-lapisan utama:

1. Multi-Head Self-Attention: Menghubungkan semua token dalam urutan input untuk memahami hubungan semantik.
2. Jaringan feedforward yang sepenuhnya terhubung untuk transformasi lanjutan pada data.
3. Decoder

Decoder menghasilkan urutan output berdasarkan representasi yang dihasilkan oleh encoder.

Transformers dibangun di atas beberapa konsep inti, yaitu:

1. Mekanisme Self-Attention

Mekanisme self-attention menjadi inti Transformer. Fungsinya adalah menghitung hubungan antara semua elemen dalam urutan input untuk memahami konteks secara global. Mekanisme ini memanfaatkan matriks:

1. Query (Q): Representasi elemen yang sedang dianalisis.
2. Key (K) dan Value (V): Representasi semua elemen dalam urutan.

Self-attention dihitung dengan persamaan 1.

(1)

Skema ini disebut Scaled Dot-Product Attention, yang membantu menstabilkan perhitungan pada dimensi tinggi.

1. Multi-Head Attention

Untuk menangkap berbagai pola hubungan antar token, Transformer menggunakan beberapa mekanisme self-attention secara paralel, yang disebut multi-head attention. Output dari setiap head kemudian digabungkan untuk memberikan representasi yang lebih kaya.

1. Positional Encoding

Karena Transformer tidak memiliki mekanisme berurutan bawaan seperti RNN, ia menggunakan positional encoding untuk memberikan informasi posisi kepada token dalam input. Encoding ini ditambahkan ke embedding token untuk memberikan konteks urutan.

Vaswani et al. (2017) mengidentifikasi beberapa keunggulan utama Transformer yaitu:

* 1. Paralelisme: Proses paralel memungkinkan Transformer lebih cepat dilatih dibandingkan model berbasis RNN.
  2. Kemampuan Memahami Hubungan Jarak Jauh: Dengan self-attention, Transformer dapat menghubungkan setiap token tanpa memperhatikan jaraknya dalam urutan input.
  3. Fleksibilitas: Model ini dapat diterapkan pada berbagai tugas, mulai dari terjemahan bahasa hingga analisis sintaksis dan data non-teks.

Transformer dapat diterapkan diberbagai aplikasi seperti penerjemah Bahasa, pemrosesan Bahasa seperti model BERT dan Natural language generation seperti model GPT. Transformer berhasil mencapai skor BLEU 28.4 pada tugas penerjemahan Inggris-Jerman dan 41.8 pada Inggris-Perancis, melampaui model-model sebelumnya dengan waktu pelatihan yang jauh lebih efisien (12 jam untuk model dasar pada 8 GPU) (Vaswani et al., 2017).

### IndoBERT

*IndoBERT* adalah model bahasa yang dikembangkan untuk Bahasa Indonesia dengan menggunakan arsitektur *Transformer*. *IndoBERT* mengadopsi prinsip *BERT* (*Bidirectional Encoder Representations from Transformers*) pada jurnal berjudul *IndoLEM and IndoBERT: A Benchmark Dataset and Pre-trained Language Model for Indonesian NLP* (Koto et al., 2020). Dengan pendekatan dua arah, *IndoBERT* dapat menangkap hubungan kontekstual antar kata dalam kalimat secara lebih akurat.

Model ini memiliki 12 lapisan tersembunyi masing-masing 768d, 12 kepala perhatian, dan lapisan tersembunyi *feed-forward* 3.072d. Mereka memodifikasi kerangka kerja *Huggingface* untuk membaca aliran teks terpisah untuk blok dokumen yang berbeda, dan mengatur pelatihan untuk menggunakan 512 *token* per *batch*. *IndoBERT* dilatih dengan kosakata *WordPiece* Bahasa Indonesia berukuran 31.923. *IndoBERT* dilatih menggunakan dataset besar yang mencakup tiga sumber utama, yaitu:

* 1. Wikipedia Bahasa Indonesia, dengan total 74 juta kata, yang menjadi sumber teks berkualitas tinggi.
  2. Artikel Berita, yang dikumpulkan dari situs Kompas, Tempo, dan Liputan6, dengan total 55 juta kata.
  3. *Indonesian Web Corpus*, sebuah himpunan teks dari web berbahasa Indonesia dengan total 90 juta kata.

*IndoBERT* dapat digunakan untuk berbagai tugas dalam Pemrosesan Bahasa Alami, antara lain:

1. Analisis Sentimen: mengklasifikasikan emosi atau polaritas dari teks, seperti positif, negatif, atau netral.
2. *Named Entity Recognition (NER):* mengenali entitas dalam teks, seperti nama orang, lokasi, organisasi, dan waktu.
3. *Text* *Classification*: mengklasifikasikan teks ke dalam kategori tertentu, misalnya deteksi hoax, filter spam, klasifikasi berita.
4. *Summarization*: membuat ringkasan dari dokumen panjang, terutama dalam tugas rangkuman ekstraktif.

### Evaluasi Metrix

Evaluasi metrik adalah pengukuran kuantitatif yang digunakan untuk menilai kinerja dan efektivitas model statistik atau machine learning. Metrik ini memberikan wawasan tentang seberapa baik kinerja model dan membantu dalam membandingkan berbagai model atau algoritme (Dalianis, 2018) ada beberapa metrik yang dapat digunakan antara lain:

1. Accuracy

Akurasi menurut Dailanis H (2018) didefinisikan sebagai proporsi contoh yang benar yang diambil, baik positif atau negatif, di antara semua contoh. Akurasi juga bisa tinggi tetapi presisi rendah, yang berarti sistem berkinerja baik tetapi hasil yang dihasilkan sedikit menyebar. Akurasi dihitung dengan persamaan 2.

(2)

1. *Precision*

Presisi mengukur jumlah contoh yang benar yang diambil dibagi dengan semua contoh yang diambil. *Precision* menggunakan semua dokumen yang diambil untuk perhitungan. Jika ukuran dataset besar, ada kemungkinan untuk membuat perhitungan lebih sederhana dengan menggunakan presisi pada nilai batas. Presisi dihitung dengan persamaan 3.

(3)

1. *Recall*

*Recall* mengukur jumlah contoh yang benar yang diambil dibagi dengan semua contoh yang benar. *Recall* dapat digunakan ketika nilai dari false negative tinggi. *Recall* dihitung dengan menggunakan persamaan 4.

(4)

1. *F1-Score*

*F1-score* berarti rata-rata harmonis antara presisi dan *recall*. *F1-score* dapat memiliki indeks yang berbeda yang memberikan bobot yang berbeda untuk presisi dan *recall*. Berguna untuk dataset yang tidak seimbang dan memberikan gambaran keseluruhan tentang performa model. *F1-Score* dihitung dengan persamaan 5.

(5)

### Perpustakaan

Sistem perpustakaan adalah sebuah sistem informasi yang dirancang untuk mengelola data dan aktivitas operasional perpustakaan, seperti pengelolaan koleksi buku, anggota, transaksi peminjaman, hingga pencarian katalog. Sistem ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi operasional, memberikan kemudahan akses bagi pengguna, serta mendukung kegiatan belajar dan penelitian. Kebutuhan dalam sistem perpustakaan menurut Surya Nugraha et al., (2024) sebagai berikut:

* + 1. Guest (Pengunjung)

Pengunjung adalah pengguna yang belum terdaftar dalam sistem perpustakaan. Fungsinya terbatas pada eksplorasi dasar dan pendaftaran. Fitur Utama untuk guest yaitu pencarian buku. pendaftaran anggota.

* + 1. Anggota (Member)

Anggota adalah pengguna terdaftar yang memiliki hak akses lebih luas dibanding pengunjung. Fitur untuk anggota yaitu:

1. Manajemen Profil Pribadi: Mengakses halaman login untuk masuk ke akun. dan mengelola profil pribadi
2. Manajemen Koleksi Pribadi: Menambahkan buku ke koleksi pribadi dengan status ingin dibaca, sedang dibaca selesai dibaca
3. Akses Buku Digital: Membaca buku digital yang tersedia dalam langganan atau koleksi pribadi.
4. Manajemen Langganan: Melihat, mengakses, dan mengelola paket langganan buku yang dimiliki.
   * 1. Admin

Admin memiliki peran untuk mengelola sistem, pengguna, dan koleksi dalam sistem perpustakaan.

1. Manajemen Anggota Organisasi: Menambahkan anggota baru ke dalam organisasi. Menghapus atau menonaktifkan anggota yang tidak aktif.
2. Manajemen Dokumen: Mengunggah buku atau dokumen dalam jumlah banyak atau satuan. Memodifikasi detail buku seperti judul, pengarang, kategori, dan sinopsis.
3. Manajemen Langganan: Membuat, memperbarui, atau menghapus paket langganan buku bagi anggota organisasi.

### Interaksi Manusia dan Komputer

Interaksi adalah komunikasi antara 2 atau lebih objek yang saling memengaruhi satu sama lain. *Human-Computer Interaction (HCI),* atau Interaksi Manusia dan Komputer (IMK), adalah disiplin ilmu yang mempelajari komunikasi dua arah antara pengguna (user) dan sistem komputer yang saling mendukung untuk mencapai fungsi tertentu (Nasir et al., 2024).Konsep *HCI* pertama kali muncul sekitar tahun 1980-an, bersamaan dengan hadirnya komputer pribadi yang merilis produk yang dapat digunakan di rumah maupun di kantor. Hal ini memunculkan kebutuhan baru, yaitu menciptakan interaksi antara manusia dan komputer yang mudah, efisien, dan dapat diakses oleh berbagai tingkat pengalaman pengguna, baik pemula maupun pengguna berpengalaman.

Seiring perkembangan teknologi, *HCI* menjadi bidang interdisipliner yang menggabungkan berbagai disiplin ilmu, seperti ilmu komputer, ilmu kognitif, rekayasa faktor manusia, psikologi, dan desain interaksi (Suprapto, 2021). *HCI* memperhatikan aspek pengguna (*user experience*), implementasi teknologi, desain interaksi, serta fenomena yang berkaitan dengan lingkungan penggunaannya.

Tujuan adanya interaksi computer dan manusia menurut Nasir et al. (2024)yaitu:

1. Menghasilkan sistem yang mudah dioperasikan baik user individu maupun kelompok.
2. Memiliki sistem fungsionalitas yang dibuat sesuai dengan perencanaan dan kebutuhan pengguna
3. Meningkatkan keamana sistem seiring berkembangnya teknologi informasi
4. Meningkatkan efektifitas dan efisiensi produktivitas kerja dari penggunanya.

Komponen Utama dalam *HCI* menurut Suprapto (Suprapto, 2021) yaitu:

1. Pengguna: Individu atau kelompok yang berinteraksi dengan sistem komputer. Karakteristik pengguna, seperti pengalaman, usia, dan preferensi, memengaruhi desain antarmuka.
2. Sistem: Perangkat keras, perangkat lunak, dan antarmuka yang dirancang untuk mendukung interaksi.

Lingkungan Interaksi: Tempat dan konteks di mana interaksi terjadi, termasuk faktor-faktor fisik dan sosial (misalnya budaya, norma kerja).

### Whitebox Testing

Menurut Pressman (1983), white-box testing atau disebut juga glassbox testing adalah metode desain test case struktur control desain prosedural untuk memperoleh test case. Karakteristik white-box testing yaitu:

* 1. Memberikan jaminan bahwa semua jalur independent pada suatu modul telah digunakan paling tidak satu kali.
  2. Menggunakan semua keputusan logis pada sisi true and false.
  3. Mengeksekusi semua loop pada batasan mereka dan pada batas operasional mereka.
  4. Menggunakan struktur internal untuk menjamin vaiditasnya.

Salah satu prinsip utama yang diuraikan oleh Pressman (Pressman, 1983) adalah bahwa white-box testing memungkinkan pengujian yang sistematis terhadap semua aspek logika program, termasuk pengendalian alur (control flow) dan alur data (data flow). Dengan memeriksa alur kontrol, penguji dapat memastikan bahwa semua kondisi logis, seperti pernyataan if dan switch, bekerja seperti yang diharapkan dalam semua skenario. Sementara itu, alur data memungkinkan pengujian terhadap cara variabel diinisialisasi, dimodifikasi, dan digunakan dalam program.

White-box testing juga memainkan peran penting dalam menemukan bug tersembunyi yang mungkin tidak terdeteksi melalui pengujian berbasis fungsional (black-box testing). Misalnya, pengujian ini dapat mendeteksi kesalahan seperti bagian kode yang tidak pernah dieksekusi (dead code), variabel yang tidak diinisialisasi, atau kondisi logika yang tidak lengkap. Dengan pendekatan ini, pengujian dapat meningkatkan kualitas perangkat lunak dengan memastikan bahwa semua kemungkinan eksekusi kode telah diperiksa dan bekerja dengan benar (Pressman, 1983).

### Kuesioner

Menrut Sugiyono (2013), kuesioner merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara memberi seperangkat pertanyaan atau pernyataan tertulis kepada responden untuk dijawabnya. Kuesioner merupakan teknik pengumpulan data yang efisien bila peneliti tahu dengan pasti variabel yang akan diukur dan tahu apa yang bisa diharapkan dari responden. Selain itu, kuesioner juga cocok digunakan bila jumlah responden cukup besar dan tersebar di wilayah yang luas. Kuesioner dapat berupa pertanyaan pernyataan tertutup atau terbuka, dapat diberikan kepada responden secara langsung atau dikirim melalui pos, atau internet. Dengan adanya kontak langsung antara peneliti dengan responden akan menciptakan suatu kondisi yang cukup baik, sehingga responden dengan sukarela akan memberikan data obyektif dan cepat. Tujuan utama dari kuesioner yaitu:

* 1. Memperoleh informasi akurat dari responden. Peneliti berusaha memperoleh gambaran paling dekat tentang keadaan pasar. Informasi yang akurat diperoleh dengan mengajukan pertanyaan yang tepat kepada orang yang tepat pula
  2. Memberikan struktur pada wawancara sehingga wawancara dapat berjalan lancar dan urut semua responden diberi pertanyaan yang sama.sehingga kuesioner berfungsi sebagai alat pengingat pewancara agar tidak keluar jalur. Bagi responden, kuesioner memberikan urutan pertanyaan yang logis, mengarahkan ke suatu pokok berikutnya.
  3. Memberikan format standar pencatatan fakta, komentar dan sikap. Catatan wawancara sangat diperlukan, kalau tidak ada catatan pokok persoalan dapat terlupakan.
  4. Memudahkan pengolahan data sehingga semua jawaban disimpan di suatu tempat sehingga pengolahan data dapat diolah dengan mudah.

### Skala Likert

Menurut (Sugiyono, 2013) Skala Likert merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengukur sikap, pendapat, dan persepsi individu maupun kelompok terhadap suatu fenomena sosial. Dalam konteks penelitian, fenomena sosial yang diteliti telah ditetapkan secara spesifik oleh peneliti, yang kemudian didefinisikan sebagai variabel penelitian.

Dalam penerapan Skala Likert, variabel yang diukur dijabarkan menjadi sejumlah indikator variabel. Indikator ini kemudian digunakan sebagai dasar dalam penyusunan instrumen penelitian, baik dalam bentuk pernyataan maupun pertanyaan. Jawaban dari instrumen tersebut bersifat bertingkat, dengan skala yang memiliki gradasi mulai dari sangat positif hingga sangat negatif, tergantung pada konteks pertanyaan yang diajukan. Sugiyono mengelompokkan skala Likert dalam beberapa kategori jawaban yang dapat digunakan dalam instrumen penelitian, seperti:

* + - 1. Skala Persetujuan digunakan untuk mengukur tingkat kesetujuan responden terhadap suatu pernyataan.
      2. Skala Frekuensi digunakan untuk menilai seberapa sering suatu fenomena terjadi.
      3. Skala Penilaian Kualitas digunakan untuk menilai kualitas suatu objek atau layanan.

Untuk keperluan analisis kuantitatif, setiap kategori dalam skala Likert dapat diberikan bobot skor sebagai berikut:

* + - 1. Sangat Setuju / Selalu / Sangat Positif = 5
      2. Setuju / Sering / Positif = 4
      3. Ragu-ragu / Kadang-kadang / Netral = 3
      4. Tidak Setuju / Hampir Tidak Pernah / Negatif = 2
      5. Sangat Tidak Setuju / Tidak Pernah / Sangat Negatif = 1

Instrumen penelitian berbasis Skala Likert dapat dirancang dalam berbagai format, seperti checklist atau pilihan ganda, yang memungkinkan responden memilih jawaban berdasarkan skala yang telah ditentukan. Dengan pendekatan ini, data kualitatif yang diperoleh dari opini atau sikap responden dapat dikonversikan ke dalam bentuk kuantitatif, sehingga mempermudah proses analisis statistik dalam penelitian (Sugiyono, 2013).