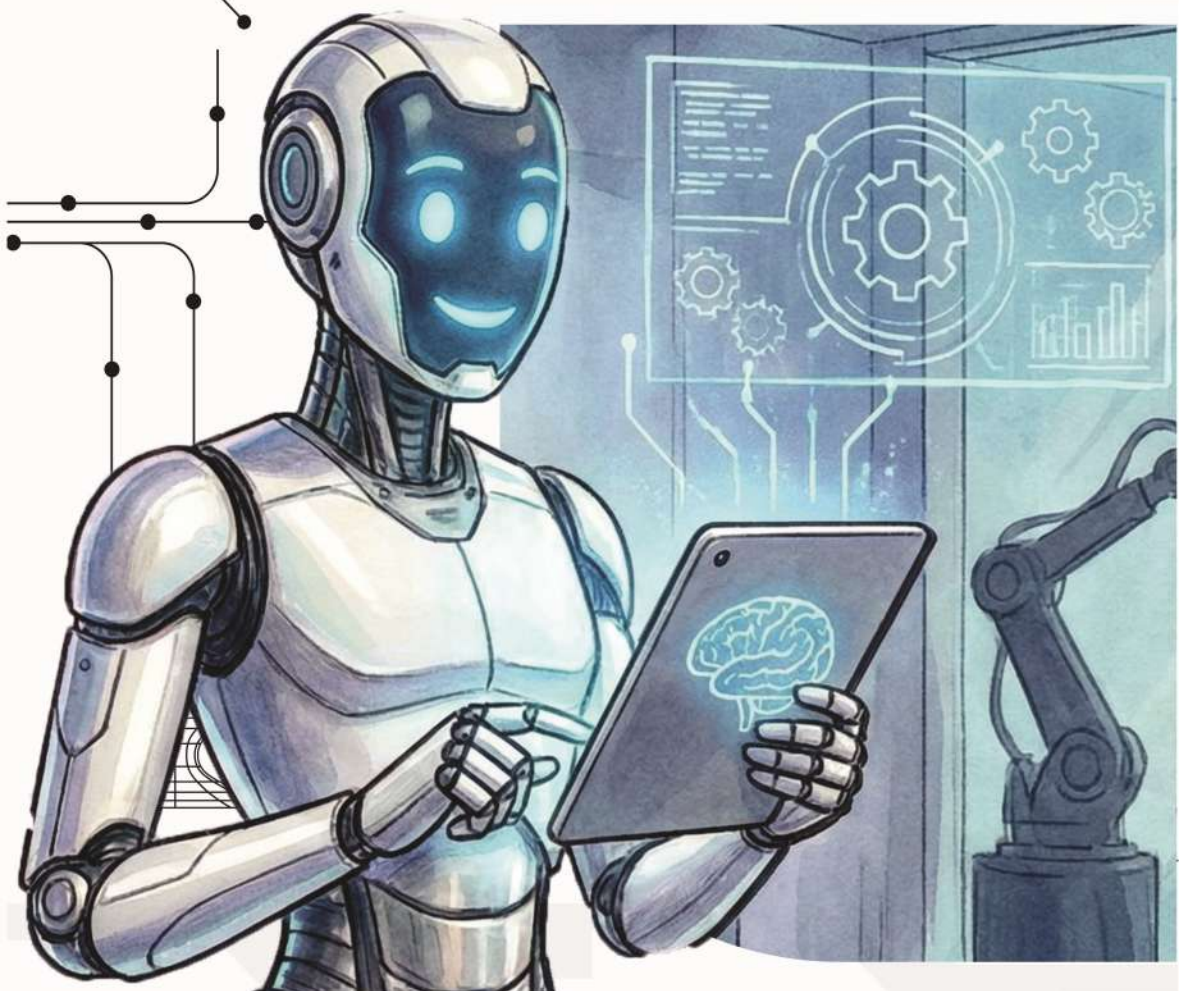


**Dr. Baihaqi Siregar, S.Si., M.T.
Hayatunnufus, S.Kom., M.Cs.**



.....

PENGANTAR IMPLEMENTASI LARGE LANGUAGE MODEL PADA SISTEM ROBOTIKA

PENGANTAR IMPLEMENTASI LARGE LANGUAGE MODEL PADA SISTEM ROBOTIKA

**Dr. Baihaqi Siregar, S.Si., M.T.
Hayatunnufus, S.Kom., M.Cs.**



**PENGANTAR IMPLEMENTASI *LARGE LANGUAGE MODEL*
PADA SISTEM ROBOTIKA**

Penulis:

**Dr. Baihaqi Siregar, S.Si., M.T.
Hayatunnufus, S.Kom., M.Cs.**

Desain Cover:

Andi Juliandi

Sumber Ilustrasi:

www.freepik.com

Tata Letak:

Handarini Rohana

Editor:

Neng Rismawati

ISBN:

978-634-246-545-5

Cetakan Pertama:

Desember, 2025

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang

by Penerbit Widina Media Utama

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT:

WIDINA MEDIA UTAMA

Komplek Puri Melia Asri Blok C3 No. 17 Desa Bojong Emas
Kec. Solokan Jeruk Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat

Anggota IKAPI No. 519/JBA/2025

Website: www.penerbitwidina.com

Instagram: [@penerbitwidina](https://www.instagram.com/penerbitwidina)

Telepon (022) 87355370

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga buku ajar “Pengantar Implementasi Teknologi *Large Language Model* pada Sistem Robotika” ini dapat terselesaikan dengan baik

Teknologi robotika telah berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir, dengan kemajuan signifikan dalam kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*, AI) dan sistem pembelajaran mesin yang memungkinkan robot untuk melaksanakan tugas yang semakin kompleks. Di balik kemajuan ini, teknologi pemrosesan bahasa alami (*Natural Language Processing*, NLP) dan penerapan *Large Language Model* (LLM) memegang peran penting dalam meningkatkan kemampuan interaksi dan kecerdasan robot. Buku ini mengupas penerapan LLM dalam robotika, menghubungkan teori dan implementasi terkini untuk menunjukkan bagaimana model bahasa besar ini dapat memperkaya kemampuan robot dalam berkomunikasi, belajar, dan mengambil keputusan secara mandiri.

Buku ini bertujuan untuk memberikan pemahaman mengenai penerapan LLM dalam bidang robotika, dengan penekanan pada kemajuan teknologi yang telah membawa perubahan besar dalam cara robot bekerja dan berinteraksi dengan lingkungan serta manusia. Kami mengeksplorasi berbagai aspek teori, teknologi, serta aplikasi praktis dari LLM dalam robotika, yang mencakup interaksi bahasa alami, sistem pengenalan suara, pengambilan keputusan cerdas, dan banyak lagi. Dengan demikian, buku ini memberikan wawasan untuk pengembangan sistem robot yang semakin canggih dan dapat bekerja lebih efisien dalam dunia yang semakin terhubung secara digital.

Robotika adalah cabang ilmu yang menggabungkan berbagai disiplin ilmu seperti teknik, komputer, dan elektronika untuk merancang dan mengembangkan robot yang dapat menjalankan tugas-tugas secara otomatis. Robot-robot ini dapat beroperasi di berbagai lingkungan, mulai dari pabrik industri hingga rumah tangga. Sementara itu, AI memainkan

peran kunci dalam memberikan kemampuan pada robot untuk berpikir, belajar, dan beradaptasi sesuai dengan situasi yang mereka hadapi. AI dalam robotika tidak hanya meningkatkan efisiensi, tetapi juga memungkinkan robot untuk melakukan tugas yang sebelumnya hanya bisa dilakukan oleh manusia.

Dalam beberapa tahun terakhir, kemajuan dalam bidang AI, khususnya dalam pengembangan model-model bahasa besar, telah membuka peluang baru dalam dunia robotika. Model seperti GPT-3, GPT-4, dan GPT-5 dari *OpenAI* serta berbagai model NLP lainnya telah memperkenalkan cara baru bagi robot untuk memahami dan merespons perintah manusia dengan cara yang lebih alami dan kontekstual.

LLM adalah sistem pembelajaran mesin yang dilatih untuk memahami, menghasilkan, dan merespons bahasa manusia dengan tingkat kecanggihan yang tinggi. LLM seperti GPT-5 menggunakan miliaran parameter untuk menganalisis konteks, memilih kata yang tepat, dan merumuskan jawaban yang relevan. Dalam konteks robotika, LLM memungkinkan robot untuk memahami instruksi verbal yang kompleks dan berinteraksi dengan manusia secara lebih alami, seolah-olah mereka memiliki pemahaman mendalam tentang percakapan.

Penerapan LLM dalam robotika memiliki potensi besar untuk meningkatkan berbagai aspek kinerja robot, mulai dari kemampuan mereka untuk memproses perintah dalam bahasa alami hingga kemampuan mereka untuk beradaptasi dengan situasi yang tidak terduga. LLM juga memungkinkan robot untuk melakukan pembelajaran berbasis data yang lebih luas, memungkinkan mereka untuk memahami situasi lebih baik dan bahkan meningkatkan interaksi dengan manusia, yang sangat penting dalam pengembangan robot kolaboratif (*cobots*) dan robot otonom.

Buku ini membahas bagaimana LLM dapat diintegrasikan dalam arsitektur sistem robotika, bagaimana teknologi ini mempengaruhi kemampuan robot dalam berbagai aplikasi industri, serta tantangan dan potensi pengembangan di masa depan. Selain itu, buku ini juga mengulas pentingnya etika dalam penggunaan LLM dalam robotika, serta dampaknya terhadap pekerjaan manusia dan sosial-ekonomi di masa depan.

Dengan pembahasan yang komprehensif, buku ini diharapkan dapat memberikan panduan yang berguna bagi para peneliti, pengembang, dan praktisi robotika dalam memahami dan mengimplementasikan LLM dalam teknologi robotik yang mereka kembangkan, serta membuka wawasan baru bagi para pembaca tentang potensi besar yang dimiliki oleh teknologi ini.

Medan, Desember 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR ISTILAH.....	x
BAB I DASAR-DASAR ROBOTIKA	1
A. Pengenalan Robotika.....	1
B. Komponen Utama dalam Sistem Robot	1
C. Jenis-Jenis Robot dan Aplikasinya	4
D. Sejarah dan Perkembangan Robotika	4
E. Tantangan dalam Robotika.....	5
F. Soal Latihan Bab I	5
G. Ringkasan Bab I.....	6
BAB II KONSEP DAN TEKNOLOGI <i>LARGE LANGUAGE MODEL</i>.....	7
A. Apakah <i>Large Language Model</i> ?	7
B. Arsitektur dan Komponen Utama LLM.....	8
C. Pelatihan LLM	8
D. Aplikasi LLM dalam Berbagai Industri.....	9
E. Tantangan dalam Penggunaan LLM	11
F. Soal Latihan Bab II	12
G. Ringkasan Bab II.....	12
BAB III PERAN LLM DALAM INTERAKSI MANUSIA-ROBOT.....	13
A. Pengantar Interaksi Manusia-Robot.....	13
B. Penggunaan LLM dalam Pemrosesan Bahasa Alami untuk Robot ..	14
C. Implementasi LLM dalam Sistem Robot Kolaboratif (<i>Cobot</i>)	15
D. Penggunaan LLM dalam Robot Layanan	15
E. Tantangan dalam Interaksi Manusia-Robot dengan LLM.....	16
F. Soal Latihan Bab III	16
G. Ringkasan Bab III.....	17
BAB IV ARSITEKTUR ROBOT CERDAS DAN INTEGRASI LLM.....	19
A. Pengantar Arsitektur Robot Cerdas.....	19
B. Komponen Arsitektur Robot Cerdas.....	20
C. Integrasi LLM dalam Arsitektur Robot.....	22
D. Keuntungan Integrasi LLM dalam Arsitektur Robot Cerdas	24

E. Tantangan dalam Integrasi LLM ke dalam Arsitektur Robot	25
F. Soal Latihan Bab IV	28
G. Ringkasan Bab IV	28
BAB V LLM DALAM SISTEM PEMBELAJARAN MESIN UNTUK ROBOT	29
A. Pengenalan Pembelajaran Mesin dalam Robotika.....	29
B. Peran LLM dalam Pembelajaran Mesin untuk Robot.....	30
C. Pembelajaran Mesin Berbasis LLM pada Robot: Proses dan Implementasi	31
D. Aplikasi LLM dalam Robotika dan Pembelajaran Mesin	32
E. Tantangan dalam Integrasi LLM dalam Pembelajaran Mesin untuk Robot.....	32
F. Soal Latihan Bab V	33
G. Ringkasan Bab V	33
BAB VI NLP PADA ROBOT UNTUK PERINTAH DAN KONTROL.....	35
A. Pengenalan Pemrosesan Bahasa Alami (NLP)	35
B. Bagaimana NLP Digunakan dalam Sistem Perintah dan Kontrol Robot	36
C. Implementasi NLP untuk Kontrol Robot.....	36
D. Tantangan dalam Penggunaan NLP untuk Kontrol Robot.....	37
E. Solusi Potensial untuk Mengatasi Tantangan NLP dalam Kontrol Robot	38
F. Soal Latihan Bab VI	39
G. Ringkasan Bab VI	39
BAB VII SISTEM PENGENALAN SUARA UNTUK ROBOT CERDAS	41
A. Pengenalan Sistem Pengenalan Suara	41
B. Cara Kerja Sistem Pengenalan Suara pada Robot	42
C. Aplikasi Sistem Pengenalan Suara dalam Robotika.....	44
D. Tantangan dalam Pengenalan Suara untuk Robot Cerdas	45
E. Solusi untuk Tantangan Pengenalan Suara	45
F. Soal Latihan Bab VII	46
G. Ringkasan Bab VII	46
BAB VIII PENGEMBANGAN ROBOT KOLABORATIF DENGAN LLM	49
A. Pengenalan Robot Kolaboratif (<i>Cobot</i>).....	49
B. Peran LLM dalam Robot Kolaboratif	50
C. Keuntungan Menggunakan LLM pada <i>Cobot</i>	51

D. Tantangan dalam Pengembangan <i>Cobot</i> dengan LLM	51
E. Solusi untuk Tantangan Pengembangan <i>Cobot</i> dengan LLM	54
F. Soal Latihan Bab VIII	54
G. Ringkasan Bab VIII	55
BAB IX PENGAMBILAN KEPUTUSAN CERDAS PADA ROBOT DENGAN LLM	57
A. Pengenalan Pengambilan Keputusan Cerdas pada Robot	57
B. Peran LLM dalam Pengambilan Keputusan Cerdas	59
C. Aplikasi Pengambilan Keputusan Cerdas dalam Robotika	60
D. Pengambilan Keputusan Berbasis LLM dalam Lingkungan Dinamis	61
E. Tantangan dalam Pengambilan Keputusan Cerdas dengan LLM	62
F. Solusi untuk Mengatasi Tantangan Pengambilan Keputusan Cerdas	62
G. Soal Latihan Bab IX	63
H. Ringkasan Bab IX	63
BAB X ETIKA PENERAPAN LLM PADA ROBOTIKA	65
A. Pengenalan Etika dalam Robotika	65
B. Tantangan Etika dalam Penerapan LLM pada Robotika	66
C. Tantangan Sosial dalam Penerapan LLM pada Robotika	67
D. Pendekatan Etis dalam Pengembangan LLM pada Robotika	70
E. Soal Latihan Bab X	70
F. Ringkasan Bab X	71
BAB XI ARAH MASA DEPAN ROBOTIKA DENGAN LLM DAN AI	73
A. Pengenalan Arah Masa Depan Robotika	73
B. Tren Masa Depan dalam Robotika dan AI	74
C. Inovasi dan Aplikasi Baru dalam Robotika dengan LLM dan AI	75
D. Tantangan yang Dihadapi dalam Pengembangan Robotika di Masa Depan	76
E. Solusi dan Pendekatan untuk Mengatasi Tantangan Masa Depan .	77
F. Soal Latihan Bab XI	77
G. Ringkasan Bab XI	78
BAB XII IMPELEMENTASI LLM DALAM ROBOTIKA	79
A. Pengenalan Implementasi dalam Robotika dengan LLM	79
B. Implementasi 1: Robot Layanan Pelanggan dengan LLM	79
C. Implementasi 2: Robot Medis dengan LLM di Rumah Sakit	80
D. Implementasi 3: <i>Cobot</i> di Industri Manufaktur dengan LLM	81

E. Implementasi 4: Robot Otonom dengan LLM untuk Navigasi dan Pengiriman.....	82
F. Tantangan dalam Implementasi LLM pada Robotika	85
G. Soal Latihan Bab XII	85
H. Ringkasan Bab XII.....	85
BAB XIII TEKNOLOGI <i>OPEN-SOURCE</i> UNTUK LLM PADA ROBOTIKA.....	87
A. Komponen <i>Hardware</i> untuk Robot <i>Open-Source</i> dengan LLM	87
B. Komponen <i>Software</i> untuk Implementasi LLM pada Robot	88
C. Integrasi <i>Hardware</i> dan <i>Software</i>	91
D. Contoh Soal Bab XIII	91
E. Ringkasan Bab XIII.....	92
BAB XIV ROBOT OPERATING SYSTEM.....	93
A. Pengertian dan Tujuan ROS.....	93
B. Arsitektur ROS	94
C. Penerapan ROS dalam Robotika Berbasis LLM.....	94
D. Contoh Implementasi ROS dengan LLM	95
E. Keuntungan dan Tantangan Integrasi ROS dan LLM	96
F. Soal Latihan Bab XIV	97
G. Ringkasan Bab XIV	97
BAB XV PENUTUP	99
DAFTAR PUSTAKA	101
INDEKS	102
PROFIL PENULIS	103

DAFTAR ISTILAH

- **Robotika:** Cabang ilmu teknik yang berfokus pada desain, pengembangan, dan penggunaan robot untuk melakukan tugas tertentu secara otomatis.
- ***Large Language Model (LLM)*:** Model kecerdasan buatan yang dilatih untuk memproses dan menghasilkan teks dalam bahasa manusia, seperti GPT-3, GPT-4, dan GPT-5 yang dapat memahami dan merespons bahasa alami.
- ***Natural Language Processing (NLP)*:** Sub-bidang kecerdasan buatan yang fokus pada interaksi antara komputer dan bahasa manusia, memungkinkan robot untuk memahami, menganalisis, dan menghasilkan bahasa alami.
- ***Cobot (Robot Kolaboratif)*:** Robot yang dirancang untuk bekerja berdampingan dengan manusia dalam lingkungan kerja, mengutamakan kolaborasi antara manusia dan mesin.
- ***Machine Learning (Pembelajaran Mesin)*:** Cabang dari kecerdasan buatan yang memungkinkan sistem untuk belajar dari data dan pengalaman tanpa diprogram secara eksplisit.
- ***Reinforcement Learning (Pembelajaran Penguatan)*:** Jenis pembelajaran mesin di mana robot belajar dari umpan balik yang diterima setelah mengambil suatu tindakan, dengan tujuan untuk memaksimalkan keuntungan jangka panjang.
- **Sensor:** Komponen robot yang digunakan untuk mendeteksi lingkungan sekitar dan memberikan data yang digunakan untuk pengambilan keputusan oleh sistem robot.
- **Aktuator:** Komponen yang memungkinkan robot untuk bergerak atau melaksanakan tindakan fisik berdasarkan perintah yang diberikan oleh sistem pengendalian.
- **Transformer Model:** Jenis model jaringan saraf dalam pembelajaran mendalam yang digunakan untuk pemrosesan bahasa alami, yang menjadi dasar banyak LLM seperti GPT.

- ***Embeddings***: Representasi vektor dari kata-kata atau frasa dalam model pembelajaran mesin yang memungkinkan pemahaman hubungan semantik antar kata.
- ***Attention Mechanism***: Mekanisme dalam model transformer yang memungkinkan model untuk fokus pada bagian penting dari *input* saat memproses data, meningkatkan akurasi dan relevansi respons.

BAB I

DASAR-DASAR ROBOTIKA

Tujuan Pembelajaran

Pada akhir bab pertama, pembaca diharapkan dapat:

1. Memahami konsep dasar robotika dan komponen-komponen utama dalam sistem robot.
2. Menjelaskan prinsip dasar pengendalian dan pemrograman robot.
3. Mengidentifikasi jenis-jenis robot dan aplikasinya di berbagai sektor industri.
4. Mengerti perkembangan teknologi robotika dari masa ke masa dan pengaruhnya terhadap kemajuan teknologi modern.

A. PENGENALAN ROBOTIKA

Robotika adalah cabang ilmu teknik yang berfokus pada desain, konstruksi, dan penggunaan robot. Robot dapat didefinisikan sebagai perangkat mesin yang dapat menjalankan tugas-tugas tertentu secara otomatis, dengan kemampuan untuk diprogram, berinteraksi dengan lingkungannya, atau bahkan beradaptasi dengan perubahan situasi. Dalam konteks ini, robot bukan hanya sekadar mesin, tetapi juga sistem yang didorong oleh kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence, AI*) yang memungkinkan mereka untuk melakukan tugas yang sebelumnya hanya bisa dilakukan oleh manusia.

Robotika menggabungkan berbagai disiplin ilmu, seperti teknik mekanika, teknik elektro, dan ilmu komputer, yang bekerja bersama untuk menciptakan robot yang fungsional dan efisien.

B. KOMPONEN UTAMA DALAM SISTEM ROBOT

Untuk memahami bagaimana robot bekerja, kita perlu mengenal tiga komponen utama dalam sistem robot:

1. **Sensor**, adalah perangkat yang memungkinkan robot untuk “merasakan” atau mengamati lingkungannya. Sensor dapat mendeteksi berbagai

BAB II

KONSEP DAN TEKNOLOGI

LARGE LANGUAGE MODEL

Tujuan Pembelajaran

Pada akhir bab kedua, pembaca diharapkan dapat:

1. Memahami konsep dasar tentang *Large Language Model* (LLM) dan bagaimana mereka bekerja.
2. Menjelaskan arsitektur dan komponen utama dalam LLM.
3. Menganalisis cara LLM dilatih dan bagaimana mereka dapat diterapkan dalam berbagai industri.
4. Menyadari tantangan dan perkembangan terkini dalam penggunaan LLM untuk aplikasi robotika dan kecerdasan buatan.

A. APAKAH *LARGE LANGUAGE MODEL*?

Large Language Model (LLM) adalah model pembelajaran mesin yang dilatih untuk memproses, menghasilkan, dan memahami bahasa manusia. LLM mengandalkan algoritma yang kuat, seperti *deep learning*, untuk mempelajari pola bahasa dari data yang sangat besar (biasanya milyaran hingga triliunan kata) dan kemudian menggunakan pemahaman tersebut untuk menghasilkan teks yang koheren dan relevan berdasarkan *input* yang diberikan.

LLM memiliki kemampuan luar biasa dalam menangani berbagai tugas pemrosesan bahasa alami (*Natural Language Processing*, NLP), seperti penerjemahan bahasa, analisis sentimen, pengenalan entitas, dan bahkan penulisan teks kreatif. Model terkenal seperti GPT-3, GPT-4, GPT-5, dan BERT adalah contoh dari model bahasa besar yang digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk dalam pengembangan robot cerdas yang bisa berinteraksi dengan manusia menggunakan bahasa alami.

BAB III

PERAN LLM DALAM INTERAKSI MANUSIA-ROBOT

Tujuan Pembelajaran

Pada akhir bab ketiga, pembaca diharapkan dapat:

1. Memahami bagaimana *Large Language Model* (LLM) meningkatkan interaksi antara manusia dan robot.
2. Menjelaskan peran LLM dalam pengolahan bahasa alami (*Natural Language Processing*, NLP) pada robot.
3. Mengidentifikasi cara LLM digunakan untuk memperkaya pengalaman pengguna dalam sistem robotika.
4. Menyadari tantangan dan perkembangan terbaru dalam interaksi manusia-robot berbasis LLM.

A. PENGANTAR INTERAKSI MANUSIA-ROBOT

Interaksi manusia-robot (HRI) adalah cabang robotika yang berfokus pada cara manusia berkomunikasi dan bekerja sama dengan robot. Seiring dengan kemajuan teknologi, terutama dalam kecerdasan buatan dan pemrosesan bahasa alami, interaksi ini semakin canggih. Salah satu elemen terpenting dalam menciptakan interaksi yang efektif antara manusia dan robot adalah kemampuan robot untuk memahami dan merespons bahasa manusia secara alami.

Di sinilah peran *Large Language Model* (LLM) menjadi sangat penting. LLM dapat digunakan untuk memungkinkan robot berinteraksi dengan manusia melalui percakapan yang lebih alami, baik dalam bentuk teks maupun suara. Dengan kemampuan LLM untuk memahami konteks bahasa manusia, robot tidak hanya bisa menerima perintah sederhana, tetapi juga bisa berpartisipasi dalam percakapan kompleks yang melibatkan berbagai topik.

BAB IV

ARSITEKTUR ROBOT

CERDAS DAN INTEGRASI LLM

Tujuan Pembelajaran

Pada akhir bab keempat, pembaca diharapkan dapat:

1. Memahami konsep arsitektur robot cerdas dan bagaimana komponen-komponennya saling terintegrasi.
2. Menjelaskan bagaimana *Large Language Model* (LLM) diintegrasikan dalam sistem robot untuk meningkatkan fungsionalitas dan interaksi.
3. Menganalisis cara arsitektur robot cerdas dapat dioptimalkan dengan menggunakan LLM untuk tugas-tugas kompleks.
4. Memahami tantangan dan solusi dalam mengintegrasikan LLM ke dalam arsitektur robot.

A. PENGANTAR ARSITEKTUR ROBOT CERDAS

Arsitektur robot cerdas merujuk pada desain dan struktur internal sistem robot yang memungkinkan robot untuk melakukan tugas-tugas yang canggih, seperti pengambilan keputusan, pemrosesan informasi, dan interaksi dengan manusia. Sebuah robot cerdas terdiri dari beberapa komponen yang bekerja secara bersamaan untuk memungkinkan robot berfungsi dengan efisien dan responsif terhadap lingkungan sekitarnya.

Secara umum, arsitektur robot cerdas dapat dibagi menjadi tiga komponen utama:

1. **Sistem Penginderaan (Sensor).** Untuk mendeteksi lingkungan fisik dan informasi eksternal.
2. **Sistem Pengolahan (Prosesor dan Algoritma).** Untuk menganalisis data dan membuat keputusan berdasarkan informasi yang dikumpulkan.
3. **Sistem Eksekusi (Aktuator).** Untuk mengimplementasikan keputusan yang diambil dalam bentuk tindakan fisik.

BAB V

LLM DALAM SISTEM

PEMBELAJARAN MESIN UNTUK ROBOT

Tujuan Pembelajaran

Pada akhir bab kelima, pembaca diharapkan dapat:

1. Memahami konsep dasar tentang pembelajaran mesin dan bagaimana LLM dapat diintegrasikan dalam sistem pembelajaran mesin untuk robot.
2. Menjelaskan cara LLM membantu robot dalam proses pembelajaran berbasis data dan adaptasi terhadap lingkungan.
3. Mengidentifikasi jenis-jenis pembelajaran mesin yang digunakan dalam robotika dan bagaimana LLM meningkatkan kemampuan ini.
4. Menganalisis penerapan LLM untuk pembelajaran kontekstual dan pengambilan keputusan dalam robot.

A. PENGENALAN PEMBELAJARAN MESIN DALAM ROBOTIKA

Pembelajaran mesin (*Machine Learning*, ML) adalah cabang dari kecerdasan buatan yang memungkinkan sistem untuk belajar dari data dan meningkatkan kinerjanya seiring waktu tanpa diprogram secara eksplisit. Dalam konteks robotika, pembelajaran mesin digunakan untuk memungkinkan robot mengembangkan kemampuan untuk menyelesaikan tugas yang kompleks dengan belajar dari pengalaman dan data yang ada.

Dalam pembelajaran mesin untuk robot, ada beberapa jenis pendekatan yang digunakan, antara lain:

1. **Pembelajaran Terawasi (*Supervised Learning*)**, di mana model dilatih menggunakan data berlabel untuk memprediksi hasil yang diinginkan.
2. **Pembelajaran Tak Terawasi (*Unsupervised Learning*)**, di mana model menemukan pola dalam data yang tidak berlabel.
3. **Pembelajaran Penguatan (*Reinforcement Learning*)**, di mana robot belajar dengan menerima umpan balik berdasarkan tindakan yang diambil dalam suatu lingkungan.

BAB VI

NLP PADA ROBOT

UNTUK PERINTAH DAN KONTROL

Tujuan Pembelajaran

Pada akhir bab ini, pembaca diharapkan dapat:

1. Memahami konsep dasar pemrosesan bahasa alami (*Natural Language Processing*, NLP) dan bagaimana teknologi ini diterapkan dalam sistem kontrol robot.
2. Menjelaskan bagaimana robot dapat menggunakan NLP untuk menerima dan menanggapi perintah verbal secara akurat.
3. Mengidentifikasi aplikasi utama NLP dalam robotika, terutama dalam perintah dan kontrol robot.
4. Menganalisis tantangan yang dihadapi dalam penggunaan NLP untuk kontrol robot dan solusi potensial yang dapat diterapkan.

A. PENGENALAN PEMROSESAN BAHASA ALAMI (NLP)

Pemrosesan Bahasa Alami (*Natural Language Processing*, NLP) adalah cabang dari kecerdasan buatan yang berfokus pada interaksi antara komputer dan bahasa manusia. NLP mencakup berbagai teknik yang memungkinkan mesin untuk memahami, menganalisis, dan menghasilkan teks atau ucapan dalam bahasa yang mudah dipahami oleh manusia.

Dalam konteks robotika, NLP sangat penting karena memungkinkan robot untuk menerima perintah verbal, menginterpretasikan makna di balik kata-kata yang diucapkan, dan mengambil tindakan yang sesuai. Dengan menggunakan NLP, robot dapat berinteraksi dengan manusia dalam bahasa yang lebih alami dan intuitif, memungkinkan pengoperasian yang lebih sederhana dan meningkatkan kolaborasi manusia-robot.

BAB VII

SISTEM PENGENALAN SUARA UNTUK ROBOT CERDAS

Tujuan Pembelajaran

Pada akhir bab ketujuh, pembaca diharapkan dapat:

1. Memahami konsep dasar sistem pengenalan suara (*speech recognition*) dan bagaimana teknologi ini diterapkan pada robot cerdas.
2. Menjelaskan bagaimana robot menggunakan sistem pengenalan suara untuk berinteraksi dengan pengguna secara lebih efisien.
3. Mengidentifikasi aplikasi utama pengenalan suara dalam robotika dan bagaimana sistem ini meningkatkan kinerja robot.
4. Menyadari tantangan yang dihadapi dalam pengembangan dan implementasi sistem pengenalan suara pada robot cerdas.

A. PENGENALAN SISTEM PENGENALAN SUARA

Sistem pengenalan suara (*speech recognition*) adalah teknologi yang memungkinkan mesin untuk mengenali dan memproses suara manusia, mengonversinya menjadi teks atau instruksi yang dapat dipahami dan diproses lebih lanjut. Teknologi ini telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir, berkat kemajuan dalam kecerdasan buatan dan pembelajaran mesin, yang memungkinkan pengenalan suara menjadi lebih akurat dan responsif.

Pada dasarnya, sistem pengenalan suara bekerja dengan mengidentifikasi pola suara yang dihasilkan oleh manusia, memprosesnya melalui model pembelajaran mesin, dan menghasilkan *output* yang sesuai, seperti teks atau perintah. Dalam robotika, pengenalan suara memungkinkan robot untuk menerima instruksi secara verbal, meningkatkan interaksi manusia-robot dan memungkinkan robot untuk berfungsi lebih otonom dalam berbagai aplikasi.

BAB VIII

PENGEMBANGAN ROBOT KOLABORATIF DENGAN LLM

Tujuan Pembelajaran

Pada akhir bab kedelapan, pembaca diharapkan dapat:

1. Memahami konsep robot kolaboratif (*cobot*) dan bagaimana *cobot* berfungsi dalam lingkungan kerja yang melibatkan manusia.
2. Menjelaskan bagaimana *Large Language Model* (LLM) dapat diintegrasikan dalam sistem robot kolaboratif untuk meningkatkan interaksi antara manusia dan robot.
3. Mengidentifikasi manfaat penggunaan LLM dalam *cobot* untuk meningkatkan efisiensi dan keselamatan di tempat kerja.
4. Menyadari tantangan yang dihadapi dalam pengembangan *cobot* dengan LLM dan cara mengatasinya.

A. PENGENALAN ROBOT KOLABORATIF (*COBOT*)

Robot kolaboratif, atau yang sering disebut *cobot*, adalah jenis robot yang dirancang untuk bekerja berdampingan dengan manusia dalam berbagai lingkungan kerja. Berbeda dengan robot industri tradisional yang bekerja secara terpisah dari manusia dan sering memerlukan pengamanan yang ketat, *cobot* dirancang untuk berinteraksi langsung dengan manusia, dengan fokus pada kolaborasi, bukan penggantian tenaga kerja manusia.

Cobot biasanya memiliki desain yang lebih fleksibel, lebih aman, dan lebih mudah diprogram, memungkinkan mereka untuk melakukan tugas-tugas bersama manusia, seperti merakit, mengangkat barang, atau bahkan membantu dalam pengambilan keputusan. *Cobot* sering kali digunakan di lini produksi, laboratorium, dan bahkan di rumah sakit untuk membantu staf medis dalam melakukan prosedur yang membutuhkan presisi tinggi.

Penggunaan *cobot* diharapkan dapat meningkatkan produktivitas, mengurangi kesalahan manusia, serta memberikan dukungan fisik dan kognitif bagi pekerja manusia. Kunci keberhasilan *cobot* terletak pada

BAB IX

PENGAMBILAN KEPUTUSAN

CERDAS PADA ROBOT DENGAN LLM

Tujuan Pembelajaran

Pada akhir bab kesembilan, pembaca diharapkan dapat:

1. Memahami konsep dasar pengambilan keputusan cerdas pada robot dan bagaimana LLM berperan dalam proses ini.
2. Menjelaskan bagaimana robot dapat menggunakan LLM untuk meningkatkan kemampuan pengambilan keputusan dalam situasi yang dinamis.
3. Mengidentifikasi aplikasi utama pengambilan keputusan cerdas dalam robotika dan bagaimana LLM meningkatkan efisiensi dan akurasi.
4. Menganalisis tantangan yang dihadapi dalam pengambilan keputusan cerdas pada robot dan bagaimana LLM dapat mengatasi tantangan tersebut.

A. PENGENALAN PENGAMBILAN KEPUTUSAN CERDAS PADA ROBOT

Pengambilan keputusan cerdas pada robot merujuk pada kemampuan robot untuk membuat pilihan atau tindakan yang optimal berdasarkan informasi yang tersedia, dalam konteks yang dinamis dan sering kali tidak pasti. Keputusan ini bisa berkaitan dengan berbagai hal, mulai dari navigasi robot dalam lingkungan yang berubah-ubah hingga pengambilan keputusan strategis yang melibatkan interaksi dengan manusia atau sistem lainnya.

Pada dasarnya, pengambilan keputusan cerdas mengandalkan berbagai pendekatan dalam kecerdasan buatan dan pembelajaran mesin (ML) untuk membantu robot memproses data dari sensor, memahami konteks, dan mengeksekusi tindakan yang tepat. *Large Language Model* (LLM) memainkan peran penting dalam meningkatkan kemampuan robot untuk membuat keputusan cerdas, khususnya dalam situasi yang melibatkan

BAB X

ETIKA PENERAPAN LLM PADA ROBOTIKA

Tujuan Pembelajaran

Pada akhir bab kesepuluh, pembaca diharapkan dapat:

1. Memahami isu-isu etika yang muncul dalam penggunaan *Large Language Model* (LLM) pada robotika.
2. Menjelaskan tantangan teknis dan sosial yang dihadapi dalam penerapan LLM pada robot cerdas.
3. Menganalisis implikasi etika dan sosial dari integrasi robotika dan LLM dalam kehidupan manusia.
4. Menyusun rekomendasi untuk mengatasi tantangan dan memitigasi risiko yang terkait dengan penggunaan LLM dalam robotika.

A. PENGENALAN ETIKA DALAM ROBOTIKA

Robotika, sebagai bidang teknologi yang terus berkembang, telah membawa banyak manfaat bagi industri, layanan, kesehatan, dan kehidupan sehari-hari. Namun, seiring dengan kemajuan teknologi, munculnya robot cerdas dan penggunaan *Large Language Model* (LLM) dalam pengoperasiannya juga menimbulkan berbagai isu etika yang harus diperhatikan. Etika robotika berkaitan dengan prinsip moral dan tanggung jawab yang harus dipertimbangkan dalam desain, pengembangan, dan penggunaan robot.

Dalam hal ini, LLM, yang digunakan dalam sistem pemrosesan bahasa alami (NLP) untuk meningkatkan kemampuan komunikasi dan pengambilan keputusan robot, memperkenalkan tantangan etis baru. Bagaimana robot memahami dan merespons bahasa manusia, serta bagaimana mereka mengambil keputusan berdasarkan data yang ada, dapat memengaruhi interaksi manusia-robot, keselamatan, privasi, dan bahkan hak asasi manusia.

BAB XI

ARAH MASA DEPAN

ROBOTIKA DENGAN LLM DAN AI

Tujuan Pembelajaran

Pada akhir bab kesebelas, pembaca diharapkan dapat:

1. Memahami perkembangan terkini dan tren masa depan dalam robotika yang didorong oleh LLM dan AI.
2. Menjelaskan bagaimana integrasi teknologi cerdas dapat membentuk masa depan robotika, terutama dalam hal interaksi manusia-robot dan otonomi robot.
3. Menganalisis potensi inovasi dan aplikasi robotika yang mungkin muncul dengan kemajuan LLM dan AI di masa depan.
4. Mengidentifikasi tantangan yang harus dihadapi dalam perkembangan teknologi robotika masa depan dan bagaimana solusi dapat ditemukan.

A. PENGENALAN ARAH MASA DEPAN ROBOTIKA

Robotika adalah bidang yang berkembang pesat, yang terus menggabungkan teknologi terkini untuk menciptakan sistem yang semakin cerdas dan mampu menjalankan tugas yang kompleks dengan efisiensi tinggi. Seiring dengan kemajuan kecerdasan buatan, *Large Language Model* (LLM), serta kemampuan pembelajaran mesin, robot di masa depan akan menjadi lebih mandiri, lebih interaktif, dan lebih terintegrasi dalam kehidupan manusia.

Beberapa tren utama yang membentuk arah masa depan robotika melibatkan otonomi yang lebih tinggi, kemampuan robot untuk beradaptasi secara dinamis dengan perubahan lingkungan, serta interaksi yang lebih alami dengan manusia. Dengan terus berkembangnya LLM dan AI, robot akan semakin mampu memproses bahasa manusia dengan lebih baik, mengambil keputusan yang lebih cerdas, dan bekerja lebih efektif dalam berbagai sektor industri dan kehidupan sehari-hari.

BAB XII

IMPELEMENTASI LLM DALAM ROBOTIKA

Tujuan Pembelajaran

Pada akhir bab kedua belas, pembaca diharapkan dapat:

1. Menganalisis beberapa implementasi yang menunjukkan penerapan nyata *Large Language Model* (LLM) dalam robotika di berbagai industri.
2. Memahami bagaimana LLM meningkatkan kinerja robot dalam situasi dunia nyata, mulai dari layanan pelanggan hingga operasi medis.
3. Mengidentifikasi tantangan yang dihadapi dalam implementasi LLM dalam robotika serta solusi yang diterapkan.
4. Mengembangkan pemahaman tentang potensi aplikasi masa depan dan implikasi sosial dari penggunaan LLM dalam robotika.

A. PENGENALAN IMPLEMENTASI DALAM ROBOTIKA DENGAN LLM

Robotika yang didukung oleh *Large Language Model* (LLM) membawa dampak signifikan pada industri dan kehidupan sehari-hari. LLM memberikan kemampuan bahasa alami kepada robot untuk memahami dan merespons perintah, memberikan interaksi yang lebih intuitif dengan manusia, dan memungkinkan robot untuk mengambil keputusan berbasis data yang lebih kompleks.

Implementasi dalam bab ini akan membahas penerapan LLM dalam beberapa sektor utama, termasuk layanan pelanggan, perawatan medis, industri manufaktur, dan robotika otonom. Masing-masing implementasi ini akan mengilustrasikan bagaimana LLM memperbaiki proses operasional, meningkatkan efisiensi, dan menambah kemampuan adaptasi robot dalam berbagai lingkungan.

B. IMPLEMENTASI 1: ROBOT LAYANAN PELANGGAN DENGAN LLM

Salah satu contoh paling sukses dari penerapan LLM dalam robotika adalah penggunaan robot layanan pelanggan di sektor ritel dan perhotelan. Misalnya, robot-robot yang dilengkapi dengan LLM digunakan di hotel

BAB XIII

TEKNOLOGI *OPEN-SOURCE*

UNTUK LLM PADA ROBOTIKA

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ketiga belas, diharapkan pembaca dapat:

1. Memahami konsep dan keuntungan penggunaan teknologi *open source* dalam pengembangan sistem robotika berbasis LLM (*Large Language Model*).
2. Mengetahui *hardware* dan *software open-source* yang dapat digunakan untuk membangun robot yang mampu mengadopsi LLM.
3. Mengintegrasikan berbagai API dan *library* seperti ChatGPT, LangChain, dan FastAPI untuk mendukung implementasi LLM pada robot.
4. Membangun dan mengkonfigurasi sistem robotika menggunakan berbagai teknologi *open-source* yang mendukung adopsi LLM.

A. KOMPONEN *HARDWARE* UNTUK ROBOT *OPEN-SOURCE* DENGAN LLM

Untuk membangun robot yang dapat mengintegrasikan LLM, dibutuhkan *hardware* yang mendukung kinerja dari model bahasa besar tersebut. Beberapa *hardware open-source* dan yang lebih terjangkau namun *powerful* untuk kebutuhan ini antara lain:

1. **Raspberry Pi.** Raspberry Pi merupakan pilihan populer untuk proyek robotika karena biaya yang terjangkau dan fleksibilitasnya. Model terbaru seperti Raspberry Pi versi 4 dan versi 5 memiliki kemampuan untuk menjalankan berbagai aplikasi berbasis LLM dengan cukup baik, terutama ketika digunakan bersama dengan *hardware* pendukung seperti kamera dan mikrofon.
2. **NVIDIA Jetson Orin Nano Super.** Untuk proyek robotika yang memerlukan komputasi yang lebih kuat, NVIDIA Jetson Orin Nano adalah pilihan yang tepat. Dengan kemampuan GPU yang tinggi, Jetson Orin dapat mempercepat pemrosesan model LLM secara signifikan,

BAB XIV

ROBOT OPERATING SYSTEM

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan dapat:

1. Memahami konsep dasar *Robot Operating System* (ROS).
2. Mengidentifikasi komponen-komponen utama dalam ROS dan fungsinya.
3. Mengintegrasikan *Large Language Model* (LLM) dengan ROS dalam sistem robotika.
4. Menggunakan ROS untuk mendukung pengembangan aplikasi robotika berbasis LLM.
5. Menerapkan konsep ROS dalam pembuatan aplikasi robotika sederhana.

A. PENGERTIAN DAN TUJUAN ROS

Robot Operating System (ROS) adalah *framework* perangkat lunak yang menyediakan alat, pustaka, dan konvensi untuk pengembangan perangkat lunak robotika. ROS tidak hanya berfungsi sebagai sistem operasi, tetapi juga sebagai sistem *middleware* yang mengelola komunikasi antar komponen robot. ROS memungkinkan berbagai komponen perangkat keras dan perangkat lunak robot untuk berinteraksi secara terorganisir dan efisien.

Tujuan utama ROS adalah untuk memudahkan pengembangan aplikasi robotika dengan menyediakan alat-alat yang siap pakai, sehingga pengembang tidak perlu membangun semuanya dari awal. ROS mendukung berbagai jenis robot, mulai dari robot *mobile*, manipulasi, hingga robot humanoid.

BAB XV

PENUTUP

Dalam perjalanan pengembangan teknologi robotika yang semakin canggih, *Large Language Model* (LLM) telah memainkan peran yang sangat penting dalam membuka kemungkinan baru bagi robot untuk berinteraksi dengan manusia, memahami perintah secara lebih alami, dan membuat keputusan yang lebih cerdas. Melalui penerapan LLM, robot tidak hanya berfungsi sebagai alat mekanis yang melakukan tugas-tugas sederhana, tetapi telah berkembang menjadi entitas yang lebih responsif, adaptif, dan dapat bekerja berdampingan dengan manusia dalam berbagai konteks.

Melalui buku ini, kita telah menjelajahi berbagai aspek penerapan LLM dalam robotika, mulai dari dasar-dasar robotika hingga aplikasi LLM dalam pengambilan keputusan, pengenalan suara, dan interaksi manusia-robot. Kita juga telah membahas tantangan etika dan sosial yang terkait dengan penerapan teknologi ini serta solusi yang dapat diterapkan untuk memastikan bahwa teknologi robotika dan LLM digunakan dengan cara yang adil dan bermanfaat bagi seluruh masyarakat.

Sebagai penutup, dapat disimpulkan bahwa meskipun teknologi ini masih dalam tahap pengembangan dan ada banyak tantangan yang perlu dihadapi, potensi yang dimilikinya untuk meningkatkan produktivitas, keselamatan, dan kualitas hidup manusia sangat besar. Pengembangan robot cerdas yang dilengkapi dengan LLM akan terus membuka peluang baru di berbagai sektor, seperti industri, kesehatan, layanan pelanggan, dan transportasi. Namun, untuk memaksimalkan manfaat dari teknologi ini, kita harus terus memperhatikan aspek etika, privasi, dan pengaruh sosial yang mungkin ditimbulkan oleh otomatisasi dan kecerdasan buatan.

Ke depannya, tantangan terbesar adalah menciptakan teknologi yang tidak hanya cerdas, tetapi juga dapat bekerja dalam harmoni dengan manusia. Hal ini akan membutuhkan kolaborasi antara ilmuwan, pengembang, pembuat kebijakan, dan masyarakat untuk menciptakan solusi yang bermanfaat, adil, dan dapat diterima oleh semua pihak. Masa depan robotika dengan LLM dan AI menawarkan potensi besar, namun

DAFTAR PUSTAKA

- Brynjolfsson, Erik., & McAfee, Andrew. (2016). *The second machine age work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. W.W. Norton & Company.
- Joulin, A., Grave, E., Bojanowski, P., & Mikolov, T. (2016). *Bag of Tricks for Efficient Text Classification*. <http://arxiv.org/abs/1607.01759>
- Siciliano, B., & Khatib, O. (Eds.). (2008). *Springer Handbook of Robotics*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-30301-5>
- Singh, P., & Raman, B. (2025). *Transformers in Natural Language Processing* (pp. 219–257). https://doi.org/10.1007/978-981-96-4706-4_5
- Tegmark, Max. (2017). *Life 3.0*. Knopf Doubleday Publishing Group.
- Vaswani, A., Brain, G., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (n.d.). *Attention Is All You Need*.

PROFIL PENULIS

Dr. Baihaqi Siregar, S.Si., M.T.



Penulis menyelesaikan pendidikan Sarjana di Program Studi Matematika Institut Teknologi Bandung pada tahun 2004, pendidikan Magister di Program Studi Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara pada tahun 2011, dan pendidikan Doktor di Program Studi Ilmu Komputer pada tahun 2024. Saat ini penulis berprofesi sebagai dosen tetap dan Sekretaris Program Studi di Magister *Data Science & Artificial Intelligence* Universitas Sumatera Utara. Penulis juga merupakan *Founder* dari *IdeaSTEAM/COGNISTEAM* wadah pembelajaran *Computational Thinking* dan Robotika untuk anak usia sekolah dan *Nuratech Innovation School*. Penulis dapat dihubungi melalui *platform* linkedin.com/in/baihaqi-siregar/.

Hayatunnufus, S.Kom., M.Cs.



Penulis adalah peneliti dan dosen tetap di Program Studi Ilmu Komputer Universitas Sumatera Utara. Penulis menyelesaikan pendidikan Sarjana dari Program Studi Ilmu Komputer Universitas Sumatera Utara pada tahun 2014, dan meraih gelar Magister *Computer Science* dari Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada pada tahun 2019 dengan melakukan riset terkait dengan *Big Data Management* berbasis *Artificial Intelligence* pada perangkat keras yang terintegrasi dengan Internet (AIoT). Penulis juga merupakan peneliti dan pengajar di *Nuratech Innovation School*. Penulis dapat dihubungi melalui *platform* linkedin.com/in/hayatun-nufus-b986271a4/.

PENGANTAR IMPLEMENTASI LARGE LANGUAGE MODEL PADA SISTEM ROBOTIKA

Buku "Pengantar Implementasi *Large Language Model* pada Sistem Robotika" membahas integrasi teknologi *Large Language Model* (LLM) dalam bidang robotika. Penulis menjelaskan bagaimana kemajuan kecerdasan buatan dan LLM, seperti *Generative Pre-trained Transformer* (GPT), dapat meningkatkan kemampuan robot dalam berinteraksi dengan manusia, memahami instruksi verbal, dan memperbaiki pengambilan keputusan dalam aplikasi industri. Buku ini memberikan pemahaman mendalam mengenai penerapan LLM dalam robotika, dengan fokus pada interaksi manusia-robot, pengolahan bahasa alami, serta pengambilan keputusan berbasis data. Salah satu tujuannya adalah menunjukkan bagaimana LLM dapat mempercepat pengembangan robot cerdas yang lebih adaptif dan efisien. Buku ini juga membahas tantangan seperti masalah etika, bias data, dan kesulitan teknis dalam mengintegrasikan LLM dengan sistem robotik yang kompleks. Penulis menyoroti potensi masa depan robotika yang semakin dipengaruhi oleh perkembangan LLM, serta dampaknya terhadap dunia kerja, sosial, dan ekonomi. Buku ini sangat cocok untuk peneliti, pengembang, dan praktisi robotika yang tertarik dengan penerapan kecerdasan buatan dalam robotika dan inovasi di bidang ini.

 www.penerbitwidina.com
 @penerbitwidina
 penerbit widina
 penerbitwidina@gmail.com
 widina store
 widina bookstore

Layanan Pembaca & Penerbitan Buku
☎ 0815-7000-699



SCANME

Teknik

ISBN 978-634-246-545-5



9

786342

465455