

**IMPLEMENTASI *AUGMENTED REALITY* BERBASIS *ANDROID* UNTUK
DETEKSI KOMPONEN PADA MODUL PRAKTIKUM ROBOTIK**

AVIL MAHRIN

D121 20 1001



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024



Optimized using
trial version
www.balesio.com

***AUGMENTED REALITY* BERBASIS *ANDROID* UNTUK DETEKSI
KOMPONEN PADA MODUL PRAKTIKUM ROBOTIK**

AVIL MAHRIN

D121 20 1001

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Teknik Informatika

pada

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

SKRIPSI

IMPLEMENTASI *AUGMENTED REALITY* BERBASIS *ANDROID* UNTUK DETEKSI KOMPONEN PADA MODUL PRAKTIKUM ROBOTIK

AVIL MAHRIN
D121201001

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana pada 02 Oktober 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada

Program Studi Teknik Informatika
Departemen Teknik Informatika
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Gowa

Mengesahkan:

Pembimbing tugas akhir,



Jhannes, M.T.
8702 1 002

Mengetahui:

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Ir. Indrabayu, S. T., M. T., M.
Bus., Sys., IPM, AsEAN. Eng.
NIP 19750716 200212 1 004

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "*Implementasi Augmented Reality Berbasis Android untuk Deteksi Komponen pada Modul Praktikum Robotik*" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing bapak Ir. Christoforus Yohannes, M.T. sebagai Pembimbing Utama. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 02-10-2024


Avil Mahrin
NIM D121201001



Ucapan Terima Kasih

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "*Implementasi Augmented Reality* berbasis Android untuk Deteksi Komponen pada Modul Praktikum Robotik" ini dengan baik sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan jenjang Strata-1 di Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Banyak pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama proses ini. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas segala nikmat dan karunia-Nya yang senantiasa tercurah kepada penulis.
2. Keluarga penulis, Bapak Muh. Ridwan dan Ibu Masnah, yang selalu mendoakan, serta memberikan dukungan materi dan non-materi yang tiada henti kepada penulis.
3. Bapak Ir. Christoforus Yohannes, M.T., selaku pembimbing, yang dengan sabar dan penuh perhatian telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, dan fasilitas untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Ibu Dr.Eng. Intan Sari Areni, ST.MT. dan bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc. selaku dosen penguji pada tugas akhir ini.
5. Segenap dosen dan staf Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, yang telah membantu dan membimbing penulis selama masa perkuliahan.
6. Saudara penulis, Afifah dan Alfitrah, yang senantiasa menghibur dan memberikan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Saudara Ghazwul, Leevio, dan Arya selaku rekan asisten mata kuliah kecerdasan buatan terapan dan robotika yang telah membantu penulis.
8. Teman-teman Teknik Informatika angkatan 2020 dan 2021, khususnya yang mengambil konsentrasi IoT dan AI.
9. Kisana, Dewa, Agung, Calvin, Shekinah, Rischa, Tasya, Mutiah, Firman, Ray, Jalal, dan teman-teman dekat penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas kebersamaan, bantuan, dan semangat yang diberikan.
10. Teman-teman Lab Animasi dan Multimedia yang senantiasa membantu dan menghibur penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran selama penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan pengetahuan dan manfaat bagi pembaca.



Gowa, 02 Oktober 2024

ABSTRAK

AVIL MAHRIN. **Implementasi *Augmented Reality* Berbasis Android untuk Deteksi Komponen pada Modul Praktikum Robotik** (dibimbing oleh Christoforus Yohannes).

Latar belakang. Proses praktikum robotik sering menghadapi tantangan signifikan dalam merakit rangkaian robot, yang disebabkan oleh kurangnya pengetahuan praktikan terhadap komponen dan kesalahan pemasangan yang berpotensi merusak komponen tersebut. Hal ini memunculkan kebutuhan untuk mencari metode alternatif yang lebih interaktif dan akurat dalam memvisualisasikan dan memberikan informasi tentang komponen robotik.

Tujuan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi berbasis *Augmented Reality* (AR) pada platform Android, dengan menggunakan Unity dan Vuforia SDK untuk mendeteksi dan memberikan informasi detail mengenai komponen-komponen pada modul praktikum robotik. Tujuan khususnya adalah untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses perakitan robotik serta mengurangi kesalahan yang terjadi selama praktikum.

Metode yang digunakan melibatkan desain dan pengembangan aplikasi AR dengan integrasi teknologi Unity dan Vuforia SDK. Proses ini meliputi analisis kebutuhan, desain antarmuka, pengembangan aplikasi, dan pengujian menyeluruh. Pengujian dilakukan melalui metode *black box testing*, *usability testing*, dan *performance testing* untuk memastikan aplikasi berfungsi dengan baik, mudah digunakan, dan efektif dalam mendeteksi serta memberikan informasi mengenai komponen robotik.

Hasil pengujian menunjukkan untuk seluruh fungsionalitas tombol dan navigasi dalam aplikasi Cybernatic AR berfungsi dengan baik, perubahan kondisi pencahayaan dan tekstur latar belakang mempengaruhi kinerja pengenalan objek, aplikasi mencapai skor rata-rata performa sebesar 67,65% dengan kategori **baik**, dan *usability testing* mendapatkan skor rata-rata *learnability* sebesar 86,8%, *memorability* sebesar 90,4%, *errors* sebesar 80,33%, *efficiency* sebesar 71,75%, dan *satisfaction* sebesar 84,5%. Skor rata-rata keseluruhan *usability* adalah 82,76% dengan kategori **sangat baik**, menunjukkan bahwa aplikasi ini sudah mencapai skor yang sangat baik dalam aspek *usability*. Untuk Hasil perbandingan menunjukkan bahwa aplikasi AR lebih disukai oleh pengguna, dengan tingkat kepuasan 90,1% dibandingkan modul cetak 74,66%, terutama dalam hal interaktivitas, kualitas visual, dan kemudahan penggunaan. Selain itu, analisis jarak, sudut, waktu respon, dan intensitas cahaya menunjukkan bahwa komponen dengan rating lebih tinggi memiliki performa deteksi yang lebih baik, dengan toleransi jarak dan sudut yang lebih besar, waktu respon yang lebih cepat, dan fleksibilitas terhadap variasi pencahayaan. Ini menegaskan bahwa aplikasi AR lebih efektif dalam mengenali komponen secara optimal.

Kata Kunci: Augmented Reality, Android, Praktikum Robotik, Unity, Vuforia



ABSTRACT

AVIL MAHRIN. **Implementation of Android-Based Augmented Reality for Component Detection in Robotic Practicum Modules** (supervised by Christoforus Yohannes).

Background. The process of robotic practicum often faces significant challenges in assembling robot circuits, caused by the lack of knowledge among practitioners about components and potential installation errors that can damage the components. This creates a need for alternative methods that are more interactive and accurate in visualizing and providing information about robotic components.

Aim. This research aims to develop an Augmented Reality (AR) application on the Android platform using Unity and Vuforia SDK to detect and provide detailed information about the components in the robotic practicum module. The specific objective is to improve the efficiency and accuracy of the robotic assembly process and reduce errors during the practicum.

Method. The method used involves the design and development of an AR application with the integration of Unity and Vuforia SDK technology. This process includes requirements analysis, interface design, application development, and comprehensive testing. Testing is conducted through black box testing, usability testing, and performance testing to ensure the application functions well, is easy to use, and effectively detects and provides information about robotic components.

Results. The test results show that all button functionalities and navigation in the Cybernatic AR application work well. Changes in lighting conditions and background textures affect the object recognition performance. The application achieved an average performance score of 67,65% in the good category, and usability testing scored an average learnability of 86,8%, memorability of 90,4%, errors of 80,33%, efficiency of 71,75%, and satisfaction of 84,5%. The overall average usability score is 82,76%, in the excellent category, indicating that the application has achieved an excellent score in terms of usability. The comparison results show that the AR application is preferred by users, with a satisfaction rate of 90,1% compared to 74,66% for the printed module, particularly in terms of interactivity, visual quality, and ease of use. Additionally, the analysis of distance, angle, response time, and light intensity shows that components with higher ratings have better detection performance, with greater tolerance for distance and angle, faster response times, and more flexibility with varying light conditions. This confirms that the AR application is more effective in optimally recognizing components.

Keywords: Augmented Reality, Android, Robotic Practicum, Unity, Vuforia



Optimized using
trial version
www.balesio.com

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Teori.....	2
1.2.1 <i>Augmented Reality</i> (AR)	2
1.2.2 Robokit	3
1.2.3 Komponen <i>Hardware</i> RoboKit	4
1.2.4 ESP32	11
1.2.5 <i>Black Box Testing</i>	12
1.2.6 <i>Usability Testing</i>	14
1.2.7 Skala <i>Likert</i>	14
1.2.8 Unity	16
1.2.9 Vuforia	16
1.2.10 Blender	17
1.2.11 Android	18
1.2.12 Penelitian Terkait	19
1.3 Rumusan Masalah	21
1.3.1 Identifikasi	21
1.3.2 Penelitian.....	22
1.3.3 Hipotesis	22
1.3.4 Metodologi Penelitian.....	23
1.3.5 Kesimpulan	23



3.2	Waktu dan Lokasi Penelitian	25
3.3	Instrumen Penelitian.....	25
3.4	Teknik Pengambilan Data	26
3.5	Perancangan dan Implementasi Sistem	28
2.5.1	Desain Aplikasi AR	28
2.5.2	Desain Model 3D Komponen Robotik	36
2.5.3	Dataset Komponen Robotik	41
2.5.4	Implementasi Vuforia SDK	44
3.6	Pengujian	46
3.6.1	<i>Black Box</i>	46
3.6.2	<i>Augmentable Database</i> Vuforia	49
3.6.3	<i>Performance</i>	50
3.6.4	<i>Usability</i>	51
3.6.5	Efektivitas Pembelajaran Menggunakan Aplikasi AR dan Modul Cetak	51
3.6.6	Jarak, Sudut Pengambilan Gambar, Waktu Respon, dan Intensitas Cahaya terhadap Kinerja Pendeteksian Aplikasi AR	52
BAB III	HASIL DAN PEMBAHASAN	53
3.1	Analisis <i>Black Box Testing</i>	53
3.2	Analisis <i>Augmentable database</i> Vuforia	56
3.2.1	<i>Dataset</i> dengan latar belakang gelap	56
3.2.2	<i>Dataset</i> dengan latar belakang terang	59
3.2.3	<i>Dataset</i> dengan latar belakang bertekstur	61
3.3	Analisis <i>Performance Testing</i>	63
3.4	Analisis <i>Usability testing</i>	66
3.4.1	<i>Learnability</i>	66
3.4.2	<i>Efficiency</i>	68
3.4.3	<i>Memorability</i>	70
3.4.4	<i>Errors</i>	72
3.4.5	<i>Satisfaction</i>	74
3.4.6	Analisis dan Pembahasan <i>Usability</i>	77
	andungan Efektivitas Pembelajaran Menggunakan Aplikasi AR dan	78
	n Aplikasi <i>Augmented Reality</i> (AR)	79
	n Modul Cetak	81



3.5.3	Perbandingan Efektivitas Pembelajaran Menggunakan Aplikasi AR dan Modul Cetak	83
3.6	Analisis Jarak, Sudut Pengambilan Gambar, Waktu Respon, dan Intensitas Cahaya terhadap Kinerja Pendeteksian Aplikasi AR	85
3.6.1	Jarak Deteksi Objek	85
3.6.2	Sudut Pengambilan Gambar	86
3.6.3	Waktu Respon Deteksi Objek	86
3.6.4	Intensitas Cahaya Deteksi Objek	87
3.6.5	Analisis Keterkaitan dari Setiap Kondisi yang Diuji	87
BAB IV PENUTUP		90
4.1	Kesimpulan	90
4.2	Saran	91
DAFTAR PUSTAKA		92
LAMPIRAN		96



DAFTAR TABEL

Nomor urut	Halaman
1. Daftar komponen RoboKit.....	4
2. Nilai dan kriteria pada skala <i>likert</i>	15
3. Kriteria persentase skor	15
4. Penelitian terkait.....	19
5. Komponen robotik pada modul praktikum Roborobo: Intelligent Robot School 1, 2, dan 3	26
6. Rincian studi kasus responden	27
7. Desain Model 3D komponen.....	37
8. Tombol yang akan diuji pada <i>black box testing</i>	46
9. <i>Rating</i> augmentable Vuforia.....	49
10. Rincian aspek pengujian dan pertanyaan kuesioner <i>performance testing</i>	50
11. Hasil <i>black box testing</i> fungsionalitas tombol dan navigasi antarmuka	53
12. Hasil <i>rating dataset</i> dengan latar belakang gelap.....	57
13. Hasil <i>rating dataset</i> dengan latar belakang terang	59
14. Hasil <i>rating dataset</i> dengan latar belakang bertekstur	61
15. Hasil survei <i>performance testing</i>	63
16. Hasil persentase rata-rata <i>performance testing</i>	66
17. Hasil survei <i>learnability</i>	66
18. Hasil persentase rata-rata <i>learnability</i>	68
19. Hasil survei <i>efficiency</i>	69
20. Hasil persentase rata-rata <i>efficiency</i>	70
21. Hasil survei <i>memorability</i>	70
22. Hasil persentase rata-rata <i>memorability</i>	72
23. Hasil survei <i>errors</i>	73
24. Hasil persentase rata-rata <i>errors</i>	74
25. Hasil survei <i>satisfaction</i>	74
26. Hasil persentase rata-rata <i>errors</i>	76
27. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan aplikasi AR.....	79
28. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan aplikasi AR.....	80
29. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak	81
30. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	83
31. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
32. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
33. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
34. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
35. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
36. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
37. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
38. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
39. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
40. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
41. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
42. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
43. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
44. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
45. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
46. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
47. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
48. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
49. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
50. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
51. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
52. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
53. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
54. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
55. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
56. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
57. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
58. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
59. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
60. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
61. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
62. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
63. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
64. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
65. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
66. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
67. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
68. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
69. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
70. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
71. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
72. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
73. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
74. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
75. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
76. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
77. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
78. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
79. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
80. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
81. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
82. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
83. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
84. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
85. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
86. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
87. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
88. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
89. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
90. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
91. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
92. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
93. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
94. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
95. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
96. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
97. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
98. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
99. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85
100. Hasil survei efektivitas pembelajaran menggunakan modul cetak ...	85



34. Hasil analisis waktu respon deteksi objek aplikasi AR.....	86
35. Hasil analisis intensitas cahaya deteksi objek aplikasi AR	87



DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
1. Komponen dan Modul Produk RoboKit.....	3
2. CPU <i>board</i> RoboKit.....	4
3. LED <i>board</i> RoboKit	6
4. Buzzer <i>board</i> RoboKit	6
5. Contact switch Board	6
6. Infrared Sensor Board.....	7
7. Sound sensor board RoboKit.....	7
8. Voice board RoboKit	8
9. Servo motor RoboKit.....	9
10. DC motor RoboKit	9
11. Frame pada RoboKit	10
12. Wheel	10
13. Mikrokontroller ESP32	12
14. Representasi <i>black box testing</i>	13
15. Logo Unity	16
16. Logo Vuforia	17
17. Logo Blender	17
18. Arsitektur Android	18
19. Tahapan Penelitian.....	23
21. Logo cybernatic AR.....	32
22. Tampilan halaman quick tips	32
23. Halaman utama	33
24. Halaman <i>scan</i>	34
25. Tampilan menu <i>list</i> komponen	34
26. Halaman informasi komponen	35
27. Tampilan halaman visualisasi komponen.....	36
28. Model ESP32	37
 se.....	37
.....	37
Wheel Guide	37
vitch	38
d	38

34. Model DC Motor	38
35. Model Servo Motor.....	38
36. Model Wheel Guide.....	39
37. Model IR Sensor	39
38. Model DC Motor Drive.....	39
39. Model L298N.....	40
40. Model LED	40
41. Model Main Frame	40
42. Model Middle Frame	40
43. Model Sound Sensor Board	41
44. Model Voice Board	41
45. Model Wheel	41
46. Contoh <i>dataset</i> dengan latar belakang gelap	42
47. Contoh <i>dataset</i> dengan latar belakang terang.....	43
48. Contoh <i>dataset</i> dengan latar belakang bertekstur.....	43
49. Vuforia <i>engine</i> unity <i>package manager</i>	44
50. Halaman <i>license key</i> vuforia	45
51. Tampilan <i>hierarchy</i> vuforia di unity.....	45
52. Rata-rata nilai <i>likert</i> kategori <i>usability</i>	77
53. Perbandingan jawaban responden	83
54. Perbandingan rata-rata jawaban responden	84
55. Analisis keterkaitan rata-rata minimal dari setiap kondisi	88
56. Analisis keterkaitan rata-rata maksimal dari setiap kondisi	88



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut	Halaman
1. Hasil <i>form gathering data</i>	97
2. <i>Form Kuis</i> ioner <i>Usability Testing</i>	100
3. <i>Form Kuis</i> ioner <i>Performance Testing</i>	105
4. <i>Form Kuis</i> ioner Perbandingan Modul Cetak dan Aplikasi AR.....	107
5. <i>Rating augmentable database</i> latar belakang gelap	109
6. <i>Rating augmentable database</i> latar belakang terang	110
7. <i>Rating augmentable database</i> latar belakang bertekstur	111
8. <i>Screenshot</i> aplikasi Cybernatic AR.....	112
9. Tautan aplikasi Cybernatic AR	113
10. <i>Source code chart usability testing</i>	113
11. Dokumentasi Pengambilan data di laboratorium	114
12. Daftar hadir dan berita acara Seminar Hasil.....	115
13. Daftar hadir dan berita acara Ujian Skripsi	118



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Istilah	Arti dan Penjelasan
AR	<i>Augmented Reality</i> (Realitas Tertambah)
SDK	<i>Software Development Kit</i>
UI	<i>User Interface</i> (Antarmuka Pengguna)
CPU	<i>Central Processing Unit</i> (Unit Pemrosesan Sentral)
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
VR	<i>Virtual Reality</i> (Realitas Virtual)
IoT	<i>Internet of Things</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
3D	<i>Three Dimensional</i> (Tiga Dimensi)
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
GPIO	<i>General-Purpose Input/Output</i>
DB	<i>Database</i>



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masyarakat saat ini sedang mengalami revolusi industri keempat, yang didefinisikan sebagai era dimana teknologi-teknologi disruptif mempengaruhi cara orang hidup dan bekerja. Contoh dari teknologi-teknologi tersebut termasuk *augmented* dan *virtual reality*, serta kecerdasan buatan (AI) dan robotika (Wigmore, 2020). Robotika adalah bidang teknologi yang saat ini masih dalam tahap mengembangkan dasar-dasar ilmiahnya. Maka dari itu, salah satu tantangan terbesar dalam perkembangan robotik ialah tingginya tingkat kesalahan yang masih sering terjadi, baik di bidang operasional maupun manufaktur atau pembuatan. Hal ini menyebabkan inefisiensi waktu dan biaya produksi yang tinggi (B.P. Widyaastuti & A.R. Sari, 2023).

Contoh kasus nyata terjadi pada proses praktikum robotik yang bertempat di laboratorium animasi dan multimedia fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Praktikan di laboratorium sering mengalami kesulitan dalam merakit rangkaian robot. Mulai dari komponen yang kurang diketahui oleh praktikan hingga pada proses pemasangan yang kurang tepat, sehingga menyebabkan adanya kemungkinan kerusakan komponen. Visualisasi pada modul fisik tertulis menjadi salah satu masalah dimana model komponen ditunjukkan hanya dalam bentuk gambar 2 dimensi saja. Penelitian oleh Dorloh, Halimoh., et al. pada tahun 2023 yang berjudul *Presenting Job Instructions Using an Augmented Reality Device, a Printed Manual, and a Video Display for Assembly and Disassembly Tasks: What Are the Differences?*. Juga menunjukkan bahwa instruksi yang dilakukan dengan mengikuti modul cetak manual memiliki rata-rata kesalahan terbanyak, dibandingkan dengan dua metode lainnya. Hal ini dikarenakan informasi visual yang ada pada manual cetak kurang interaktif. Masalah-masalah ini mencerminkan pentingnya peningkatan metode pembelajaran dan praktik di lapangan.

Salah satu usaha yang bisa dilakukan untuk meminimalisir tingkat kesalahan manufaktur robotik ialah menggunakan *augmented reality* (AR). AR dapat digunakan untuk memvisualisasikan model komponen robot secara virtual dan memproyeksikan robot di dunia nyata (Carmigniani et al., 2014). Hal ini dapat membantu pengguna untuk memahami cara kerja dan dapat berinteraksi langsung dengan objek yang divisualisasikan dengan lebih mudah dibandingkan dengan metode konvensional dimana penyajian informasinya masih menggunakan modul cetak manual (Dorloh, Halimoh., et al. 2023).

Teknologi *augmented reality* (AR) mengalami perkembangan pesat dalam beberapa tahun terakhir (Azuma, 2016). Hal ini ditandai dengan semakin banyaknya penerapannya dalam berbagai bidang. (Bimber & Raskar, 2017). Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem yang menampilkan petunjuk pemecahan masalah komponen dan cara kerja, seperti contoh industri otomotif, telah terbukti meningkatkan kecepatan proses dan meningkatkan keamanan bagi para pekerja. Hal ini membuktikan



bahwa pembuatan dan pengimplementasian AR sangat membantu dalam proses perakitan. AR juga dapat digunakan pada *platform mobile* sehingga mendukung portabilitas dan kemudahan dalam penggunaan AR. Salah satu *platform mobile* yang dapat digunakan dalam mengoperasikan AR ialah Android.

Android merupakan sistem operasi buatan Google yang memiliki komunitas *developer* yang sangat besar, sehingga saat ini sudah banyak teknologi berbasis Android yang diciptakan (A. Annisa dkk, 2017). Pengembangan AR pada perangkat Android juga memiliki berbagai tujuan. Di antaranya yaitu digunakan sebagai media pembelajaran, promosi, dan juga untuk media bermain. Teknologi AR memanfaatkan kamera yang ada pada perangkat *smartphone* (J. Nurdiansyah dan A. Choiron, 2018). Penggunaan perangkat *mobile* Android untuk pengembangan AR semakin populer karena beberapa alasan. Pertama, perangkat Android banyak digunakan di seluruh dunia. Kedua, perangkat Android memiliki kamera yang cukup canggih untuk digunakan dalam aplikasi AR. Ketiga, *platform* Android menyediakan berbagai API yang dapat digunakan untuk mengembangkan aplikasi AR.

Oleh karena itu, Penelitian ini memiliki tujuan untuk melakukan deteksi komponen robotik yang menampilkan detail informasi dan visualisasi penanganan komponen melalui perangkat *mobile* berbasis Android dengan mengambil studi kasus komponen pada modul praktikum robotik yang ada pada laboratorium animasi dan multimedia fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Melalui penelitian ini, diharapkan kita dapat mengetahui seperti apa deteksi komponen robotik secara virtual serta penanganannya dalam sebuah aplikasi AR saat dilakukan perakitan agar dapat meminimalisir kecelakaan kerja dan meningkatkan efisiensi waktu perakitan.

1.2 Teori

1.2.1 *Augmented Reality (AR)*

Augmented Reality (AR) adalah teknologi yang mengintegrasikan objek virtual dengan dunia nyata secara *real-time*, memberikan pengalaman yang lebih imersif dan interaktif. AR dapat memasukkan informasi tertentu ke dalam dunia virtual dan menampilkannya di dunia nyata dengan bantuan peralatan seperti kamera, komputer, ponsel Android, dan kacamata khusus (Kristian et al., 2020). AR bertujuan untuk mengambil dunia nyata sebagai dasar dengan menggabungkan beberapa teknologi virtual dan menambahkan data kontekstual sehingga pemahaman pengguna menjadi lebih jelas. Data kontekstual ini dapat berupa komentar audio, data lokasi, konteks sejarah, atau dalam bentuk lain (Kristian et al., 2020)



Dalam konteks pendidikan dan pelatihan teknis, teknologi AR memiliki untuk meningkatkan pengalaman belajar dengan menyediakan visualisasi 3D yang mendetail (Farabi et al., 2024) dan menyediakan visualisasi 3D yang mendetail (Farabi et al., 2024) untuk memvisualisasikan struktur komponen dan cara kerja komponen. Hal ini membantu pengguna untuk memahami konsep-konsep yang kompleks dengan lebih intuitif. Penelitian yang dilakukan oleh Farabi et al. (2024)

menunjukkan bahwa penerapan AR dalam berbagai bidang telah berhasil membuat proses pembelajaran dan pelatihan menjadi lebih mudah dan menarik, memungkinkan pengguna untuk tidak hanya menghafal tetapi juga memahami konsep-konsep teknis secara mendalam (Farabi et al., 2024).

1.2.2 Robokit

RoboKit adalah produk robotik yang dikembangkan oleh sebuah perusahaan terkemuka di Korea Selatan, yaitu Roberobo. Produk ini dirancang dengan tujuan utama untuk menumbuhkan minat serta memperluas pengetahuan pengguna terhadap dunia robotika yang semakin berkembang. RoboKit tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu pembelajaran, tetapi juga sebagai platform yang membantu meningkatkan pemahaman dan keterampilan teknis pengguna dalam bidang robotika.



Source: <https://eng.roborobo.co.kr/products/robot/robokit/compos>

Gambar 1. Komponen dan Modul Produk RoboKit



Optimized using
trial version
www.balesio.com

terdiri dari berbagai komponen input dan output seperti sensor dan berfungsi untuk mengukur dan mengontrol lingkungan sekitar robot. RoboKit dilengkapi dengan berbagai komponen penunjang seperti dapat disesuaikan, memungkinkan pengguna untuk merancang dan membuat robot mereka sendiri sesuai dengan kebutuhan dan imajinasi. Komponen RoboKit dirancang dengan fleksibilitas yang tinggi dan

mengikuti satuan standar yang spesifik, sehingga berbagai komponen dapat dengan mudah dirangkai satu sama lain tanpa kesulitan.

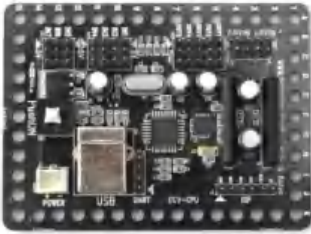
Komponen-komponen RoboKit, seperti papan atau *board*, memiliki ukuran yang bervariasi namun tetap sebanding satu sama lain, memberikan kemudahan dalam perakitan. Papan-papan ini juga dilengkapi dengan lubang-lubang baut di setiap tepinya, yang dirancang untuk memudahkan pengguna dalam menyusun dan menggabungkan semua jenis komponen dengan stabil dan aman. Dengan desain yang *user-friendly* dan modul yang dapat disesuaikan, RoboKit menawarkan pengalaman belajar yang interaktif dan menyenangkan bagi semua penggunanya, dari pemula hingga mereka yang sudah mahir dalam dunia robotika.

1.2.3 Komponen *Hardware* RoboKit

Perangkat keras atau *hardware* dapat dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu input dan output. Kategori input mencakup segala sesuatu mulai dari saklar sederhana hingga sensor analog yang kompleks, yang berfungsi untuk mengukur berbagai nilai fisik dan mengkonversinya menjadi tegangan yang sesuai. Di sisi lain, kategori output mencakup penggunaan perangkat seperti LED sederhana hingga aktuator yang lebih kompleks untuk menghasilkan respons fisik (Gridling & Weiss, 2007).

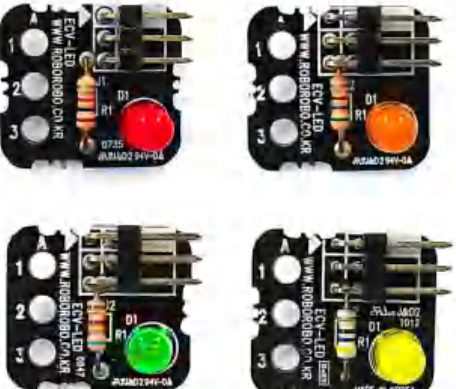
Berikut ini merupakan daftar yang mencakup gambar dan kegunaan komponen RoboKit pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Daftar komponen RoboKit

Komponen	Kegunaan
	CPU adalah singkatan dari <i>Central Processing Unit</i> dan berfungsi sebagai otak dari robot. CPU terutama memproses data. Seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah, CPU board terdiri dari CPU, beberapa komponen elektronik kecil, port Input dan Output yang dapat dihubungkan ke komponen lain, serta power connector yang dapat menerima daya (Roborobo, 2023).
	a. Power connector: Ini adalah bagian yang menghubungkan ke jalur daya dari kotak baterai. Jika Anda perlu menghubungkan lebih banyak

Komponen	Kegunaan
	case baterai, hubungkan ke power connector merah dan ubah switch tegangan menjadi 12V. b. Input (IN) port: Ini adalah bagian yang menerima sinyal eksternal. Modul seperti contact sensor board dan IR sensor board yang dapat mendeteksi sinyal luar dihubungkan ke port ini. c. Output (OUT) port: Melalui port output, daya disuplai ke modul seperti LED board, buzzer board, dll. Sinyal kontrol ke modul juga dikirimkan melalui port output. d. DC motor only (OUT) port: Ini adalah port di mana board driver motor DC tambahan harus dihubungkan. e. Motor port: Ini adalah bagian yang menghubungkan motor DC untuk menyuplai daya dan mengirim sinyal kontrol. f. Motor drive port: Ini adalah bagian untuk menghubungkan board driver motor DC. g. USB cable port: Ini adalah tempat Anda menghubungkan kabel USB. Gunakan untuk mengunduh program ke CPU.



Komponen	Kegunaan
	LED (<i>Light Emitting Diode</i>) adalah perangkat semikonduktor yang menghasilkan cahaya ketika arus listrik mengalir melalui material semikonduktor di dalamnya. Warna cahaya yang dihasilkan oleh LED dapat bervariasi tergantung pada jenis material semikonduktor yang digunakan, sehingga memungkinkan LED untuk memancarkan berbagai warna cahaya (Huri, 2020).

Gambar 3. LED board RoboKit



Gambar 4. Buzzer board RoboKit

Buzzer adalah komponen elektronika yang berfungsi mengubah aliran listrik menjadi getaran suara. Prinsip kerja dasar buzzer melibatkan sebuah kumparan yang ditempatkan di atas diafragma. Ketika kumparan tersebut dialiri arus listrik, medan magnet terbentuk, menyebabkan kumparan bergerak tertarik atau terdorong tergantung pada arah arus listrik dan polaritas magnet. Kumparan ini terhubung dengan diafragma, sehingga gerakan bolak-balik kumparan menyebabkan udara bergetar dan menghasilkan suara (Christyan, 2018).



Gambar 5. Contact switch Board

Tombol yang terdapat pada contact switch board digunakan untuk mendeteksi apakah suatu saklar ditekan atau tidak. Saat contact switch dalam kondisi tidak ditekan, sinyal yang bergerak tidak menyentuh kontak listrik dan menyebabkan pemutusan sirkuit listrik, sehingga arus tidak dapat

Komponen	Kegunaan
	mengalir melalui saklar. Namun, saat saklar ditekan, sinyal yang bergerak akan bersentuhan dengan kontak listrik, sehingga sirkuit listrik tertutup dan arus dapat mengalir. Ketika status saklar berubah dari tidak ditekan menjadi ditekan, atau sebaliknya, terjadi perubahan dalam sirkuit listrik sinyal akan dikirim saat saklar ditekan dan sinyal akan berhenti dikirim saat saklar tidak ditekan.
	Prinsip kerja infrared sensor board adalah ketika sensor mendeteksi sedikit atau tidak ada pantulan cahaya inframerah, seperti pada objek berwarna gelap atau hitam, phototransistor tetap dalam kondisi mati dan output modul akan berada pada tingkat HIGH, yang menyebabkan indikator LED menyala. Sebaliknya, jika sensor mendeteksi pantulan cahaya yang cukup, terutama dari permukaan yang terang atau putih, intensitas cahaya yang dipantulkan akan cukup untuk mengaktifkan phototransistor, dan modul akan menghasilkan output LOW (Ardianto, 2016).
	Sensor suara adalah perangkat yang mengubah gelombang suara menjadi sinyal listrik. Sensor ini menggunakan mikrofon yang bekerja berdasarkan intensitas gelombang suara yang mencapai membran sensor. Ketika gelombang suara mengenai membran, kumparan kecil di dalam membran bergerak naik

Gambar 6. Infrared Sensor Board

Gambar 7. Sound sensor board RoboKit

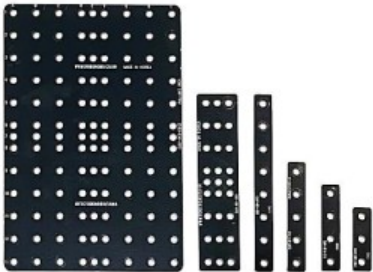


Komponen	Kegunaan
	dan turun. Gerakan ini kemudian diproses oleh chipset untuk menghasilkan sinyal keluaran. Kepekaan mikrofon dapat disesuaikan menggunakan potensiometer yang terdapat pada papan sensor suara (R. P. Nugroho, 2020).
	<i>Voice board</i> adalah sebuah IC yang mampu merekam suara dengan durasi maksimal 20 detik dan memiliki kapasitas memori sebesar 3,2 KB. <i>Voice board</i> ini dapat dihubungkan langsung dengan speaker 8 ohm atau speaker aktif (Wahyono et al., 2021).
Gambar 8. <i>Voice board</i> RoboKit	Pada <i>voice board</i>, terdapat beberapa tombol yang tersedia antara lain :
	- Tombol play digunakan untuk memutar suara yang telah direkam sebelumnya. Jika rekaman suara baru lebih pendek dari rekaman sebelumnya, bagian yang tersisa dari rekaman sebelumnya tidak akan diputar setelah suara baru selesai diputar. - Tombol rec berfungsi untuk merekam suara. Pengguna harus menekan dan menahan tombol ini sambil merekam suara yang diinginkan. Satu pesan suara dapat direkam dengan durasi hingga 20 detik. Jika durasi rekaman melebihi 20 detik, perekaman akan berhenti secara otomatis.



Komponen	Kegunaan
	<i>Servo motor</i> adalah perangkat yang menggunakan sistem kontrol umpan balik loop tertutup untuk mengatur dan memastikan posisi sudut poros keluarannya. Servo motor terdiri dari motor DC, rangkaian gear, rangkaian kontrol, dan potensiometer. Rangkaian gear yang terhubung ke poros motor DC memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo. Potensiometer, yang berubah resistansinya saat motor berputar, bertindak sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo. Sistem kontrol loop tertutup pada servo motor sangat berguna untuk mengendalikan gerakan dan posisi akhir dari poros motor tersebut.
	DC motor atau motor dengan arus searah adalah perangkat elektromagnetik yang dapat mengkonversi energi listrik menjadi energi mekanik atau gerakan. DC motor menggunakan daya listrik sebagai sumber masukan, yang terdiri dari tegangan dan arus listrik. Keluaran dari DC motor berupa daya mekanik, yang tercermin dalam bentuk torsi dan kecepatan rotor (Hudati, <i>et al.</i> 2021).



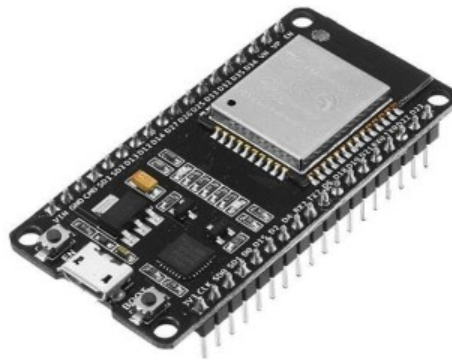
Komponen	Kegunaan
	<i>Frame</i> pada RoboKit adalah komponen struktural yang digunakan untuk merakit dan menghubungkan berbagai bagian robot. <i>Frame</i> terdiri dari papan berlubang dengan pola lubang yang konsisten, yang memungkinkan berbagai komponen untuk dipasang dan disusun dengan mudah.
Gambar 11. <i>Frame</i> pada RoboKit	
- Main Frame (Gambar Paling kiri): Ini adalah komponen yang lebih besar dan berfungsi sebagai dasar atau kerangka utama dari struktur robot. Biasanya memiliki banyak lubang untuk fleksibilitas dalam pemasangan berbagai komponen. - Middle Frame (Gambar Kanan): Ini adalah komponen yang lebih kecil yang dapat digunakan untuk menghubungkan berbagai bagian atau menyediakan dukungan tambahan dalam struktur robot. Middle frame sering digunakan untuk memperkuat kerangka dan memastikan stabilitas.	
	<i>Wheel</i> atau Roda pada RoboKit berfungsi untuk memungkinkan robot bergerak atau berpindah tempat. Teknik penggunaan roda adalah salah satu metode tertua, paling sederhana, dan paling efektif untuk menggerakkan robot di atas permukaan datar. Roda sering dipilih karena memberikan traksi yang baik, mudah ditemukan, mudah digunakan, dan
Gambar 12. <i>Wheel</i>	

Komponen	Kegunaan
	juga mudah dipasang pada robot (Anggoro, 2020). Terdapat beberapa jenis roda yang umum digunakan dalam RoboKit, yaitu <i>wheel</i> dan <i>caterpillar wheel</i>. <i>Wheel</i> adalah roda konvensional yang berputar pada porosnya untuk memberikan gerakan linier pada robot. Roda jenis ini cocok untuk permukaan datar dan memberikan efisiensi tinggi dalam pergerakan. Sementara itu, <i>caterpillar wheel</i>, atau roda rantai, dirancang untuk menghadapi medan yang lebih kasar dan tidak rata. Roda rantai ini memberikan traksi yang lebih baik di berbagai jenis permukaan, memungkinkan robot untuk bergerak dengan stabil di atas pasir, tanah, atau kerikil. Kedua jenis roda ini memberikan fleksibilitas dalam desain dan penggunaan RoboKit, memungkinkan robot untuk beroperasi di berbagai kondisi lingkungan.

1.2.4 ESP32

ESP32 adalah keluarga mikrokontroler yang diperkenalkan dan dikembangkan oleh Espressif Systems. Mikrokontroler ini merupakan penerus dari ESP8266 dan kompatibel dengan Arduino IDE. ESP32 memiliki modul WiFi dan Bluetooth *Low Energy* (BLE) terintegrasi, membuatnya sangat cocok untuk aplikasi IoT. ESP32 adalah mikrokontroler 32-bit yang dilengkapi dengan jaringan nirkabel atau WiFi dan Bluetooth *Low Energy* (BLE) menggunakan protokol IEEE 802.11 b/g/n yang beroperasi pada frekuensi 2.4 GHz serta teknologi (Pratama & Kiswantono, 2022).





Source: Pratama, E. W., & Kiswantono, A. (2022)

Gambar 13. Mikrokontroler ESP32

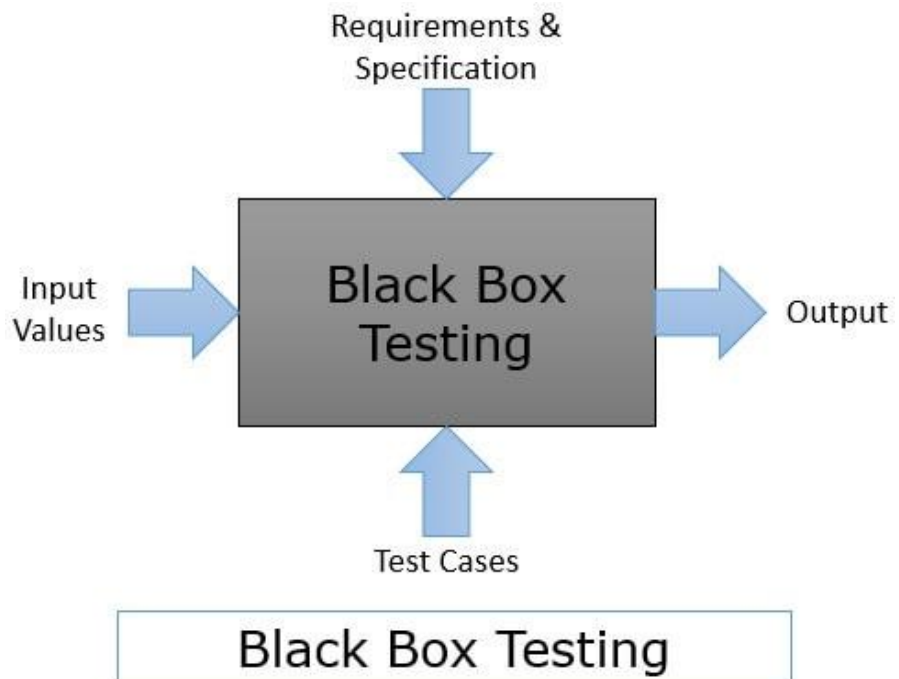
ESP32 terdiri dari beberapa varian modul, termasuk ESP32-WROOM-32 dan ESP32-WROVER. Modul ESP32-WROOM-32 dilengkapi dengan chip ESP32-D0WDQ6 dan memiliki memori flash sebesar 4 MB yang bisa ditingkatkan hingga 16 MB. Modul ini memiliki antena MIFA dan konektor antena U.FL/IPEX yang membuatnya lebih pendek dan menjadi perwakilan terkecil dari keluarga modul WROOM/WROVER (Pratama & Kiswantono, 2022).

1.2.5 *Black Box Testing*

Black box testing adalah metode pengujian perangkat lunak yang fokus pada aspek fungsionalitas dari sistem yang diuji tanpa memperhatikan struktur internal, desain, atau implementasi kode program. Menurut Soetam Rizky Wicaksono (2022), pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa perangkat lunak berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan dan bahwa semua fungsi, input, dan output bekerja dengan benar. Representasi dari *black box testing* dapat dilihat pada Gambar 14 berikut :



Optimized using
trial version
www.balesio.com



Source : <https://binaryterms.com/black-box-testing>

Gambar 14. Representasi *black box testing*

Dalam pelaksanaan *black box testing*, beberapa tahapan penting dilakukan untuk memastikan keakuratan dan kelengkapan pengujian (Wicaksono, 2022).

1. Identifikasi Persyaratan Uji: Mengidentifikasi persyaratan fungsional perangkat lunak berdasarkan dokumen spesifikasi atau kebutuhan pengguna. Tahap ini melibatkan pemahaman mendalam tentang apa yang diharapkan dari sistem yang diuji.
2. Desain Kasus Uji: Merancang skenario atau kasus uji yang mencakup berbagai input dan kondisi untuk memverifikasi bahwa sistem berperilaku sesuai dengan spesifikasi. Kasus uji ini dibuat tanpa pengetahuan tentang struktur internal sistem.
3. Pelaksanaan Uji: Menjalankan kasus uji yang telah dirancang pada perangkat lunak. Pada tahap ini, hasil dari setiap kasus uji dicatat dan dibandingkan dengan output yang diharapkan untuk menentukan keberhasilan atau kegagalan uji.



4. Evaluasi Hasil Uji: Mengevaluasi hasil pengujian untuk mengidentifikasiesuaian atau *bug* dalam sistem. Jika ditemukan ketidaksesuaian, perbaikan diambil sebelum pengujian ulang dilakukan.

1.2.6 Usability Testing

Usability testing adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengevaluasi antarmuka pengguna dari sebuah sistem atau aplikasi, dengan tujuan memastikan bahwa pengguna dapat menggunakan sistem tersebut dengan mudah dan efisien. Menurut Jacob Nielsen (2017), *usability* adalah atribut kualitas yang menjelaskan atau mengukur seberapa mudah penggunaan suatu antarmuka (interface). Kata "*usability*" juga merujuk pada suatu metode untuk meningkatkan kemudahan pemakaian selama proses desain. *Usability testing* diukur dengan lima kriteria utama, yaitu:

1. *Learnability* (Kemudahan Belajar): Mengukur tingkat kemudahan pengguna dalam melakukan tugas-tugas sederhana saat pertama kali berinteraksi dengan antarmuka. Semakin mudah pengguna memahami cara kerja sistem, semakin tinggi tingkat *learnability*-nya.
2. *Efficiency* (Efisiensi): Mengukur kecepatan pengguna dalam menyelesaikan tugas-tugas setelah mempelajari desain sistem. Sistem yang efisien memungkinkan pengguna menyelesaikan tugas dengan cepat setelah familiar dengan antarmuka.
3. *Memorability* (Kemudahan Mengingat): Menilai seberapa mudah pengguna dapat mengingat cara menggunakan sistem setelah tidak menggunakannya untuk beberapa waktu. Semakin mudah pengguna kembali menggunakan sistem tanpa perlu belajar ulang, semakin baik *memorability*-nya.
4. *Errors* (Kesalahan): Mengukur jumlah kesalahan yang dibuat pengguna, seberapa parah kesalahan tersebut, dan seberapa mudah pengguna dapat memperbaiki kesalahan tersebut. Sistem yang baik harus meminimalisir kesalahan dan memudahkan pengguna dalam memperbaikinya.
5. *Satisfaction* (Kepuasan): Mengukur tingkat kepuasan pengguna saat menggunakan sistem. Sistem yang memuaskan akan memberikan pengalaman yang positif bagi pengguna, sehingga mereka merasa senang dan nyaman saat menggunakan sistem tersebut.

1.2.7 Skala Likert

Skala *likert* merupakan alat ukur yang umum digunakan untuk menilai persepsi, sikap, atau pendapat individu atau kelompok terhadap suatu fenomena sosial (Pranatawijaya et al., 2019). Skala ini pertama kali diperkenalkan oleh Rensis Likert pada tahun 1932 dan telah menjadi metode standar dalam penelitian sosial, khususnya untuk mengukur tingkat kepuasan pengguna (Setyawan & Atapukan, 2018). Skala *likert* mencakup dua jenis pertanyaan: positif dan negatif.



positif diberi nilai mulai dari 5 hingga 1, sedangkan pertanyaan negatif 1 hingga 5 (Saftari & Fajriah, 2019). Pada umumnya, kuesioner *likert* terdiri dari lima tingkatan, yaitu sangat setuju, setuju, netral, sangat tidak setuju (Syofian et al., 2015). Nilai dan kriteria pada at dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Nilai dan kriteria pada skala *likert*

Nilai	Kriteria
1	Sangat tidak setuju
2	Tidak setuju
3	Netral
4	Setuju
5	Sangat setuju

Skala *Likert* digunakan untuk menetapkan batas skor maksimum yang dapat dicapai selama pengujian. Skor maksimum ini dihitung dengan mengalikan jumlah skor yang diperoleh dengan total jumlah responden (Riduan, 2023). Setelah skor maksimum ditemukan dengan menghitung total skor dikalikan dengan jumlah responden, dilakukan pencarian persentase masing-masing jawaban dengan menggunakan rumus (Riduan, 2023).

$$Y = \frac{TS}{Skor\ Ideal} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

Y = Nilai Persentase

TS = Total skor responden = $\sum Skor \times Responden$

Skor ideal = Skor x jumlah respon

Untuk melihat kriteria skor dalam nilai persentase, maka ditentukan kriteria skor sebagai berikut.

Tabel 3. Kriteria persentase skor

Kategori	Keterangan
0-25%	Sangat Tidak Baik
26-50%	Tidak Baik
51-75%	Baik
76-100%	Sangat Baik



Penggunaan skala *Likert* dalam kuesioner memungkinkan peneliti untuk mengumpulkan data yang dapat dianalisis secara kuantitatif. Dengan memberikan opsi respons yang berjenjang, responden dapat mengekspresikan tingkat persetujuan atau ketidaksetujuan mereka terhadap pernyataan yang diajukan. Hal ini membantu peneliti dalam mengukur intensitas sikap atau pendapat dengan lebih akurat (Syofian et al., 2015).

1.2.8 Unity



Source : Unity Technologies, 2023. Diakses dari <https://unity.com/games>

Gambar 15. Logo Unity

Unity adalah mesin *game cross-platform* yang dikembangkan oleh Unity Technologies, yang digunakan untuk membuat aplikasi berbasis 2D, 3D, *augmented reality* (AR), dan *virtual reality* (VR). Unity menyediakan antarmuka pengguna yang intuitif dan alat pengembangan yang kuat, memungkinkan pengembang untuk membuat konten interaktif dengan mudah. Unity mendukung berbagai platform, termasuk Windows, macOS, Android, iOS, dan banyak lagi.

Platform ini menyediakan berbagai fitur seperti rendering grafis tingkat lanjut, sistem fisika, scripting yang fleksibel, dan dukungan untuk berbagai API dan SDK. Salah satu keunggulan utama Unity adalah *Asset Store*-nya, yang menyediakan ribuan aset siap pakai yang dapat membantu mempercepat proses pengembangan. Unity juga terintegrasi dengan Vuforia, salah satu SDK AR terkemuka, yang memungkinkan pengembang untuk membuat aplikasi AR dengan kemampuan pelacakan objek yang kuat dan fitur interaktif lainnya (Goldstone, 2015; Unity Technologies, 2023).

1.2.9 Vuforia



Vuforia adalah *platform* pengembangan AR yang menyediakan alat untuk asi AR yang dapat mengenali dan melacak objek di dunia nyata. kung berbagai perangkat dan *platform*, termasuk Android dan iOS, jenis perangkat keras AR seperti *head-mounted displays* (HMDs). menggunakan teknologi pengenalan gambar dan objek untuk n melacak target, serta menyediakan fitur-fitur seperti pengenalan

multi-target, pelacakan berbasis visi, dan *augmented reality* yang kaya dengan konten interaktif (Kristian et al., 2020).



Source : Unity Technologies, 2023. Diakses dari
<https://docs.unity3d.com/kr/2018.3/Manual/vuforia-sdk-overview>

Gambar 16. Logo Vuforia

Vuforia dapat dengan mudah diintegrasikan dengan Unity, memungkinkan pengembang untuk memanfaatkan alat pengembangan visual Unity dan menggabungkannya dengan kemampuan pelacakan canggih Vuforia. Ini membuat proses pengembangan aplikasi AR menjadi lebih efisien dan efektif (Unity Technologies, 2023). Menurut Farabi et al. (2024), penggunaan Vuforia dalam aplikasi AR membantu menciptakan lingkungan belajar dan kerja yang lebih imersif dan efektif, memungkinkan pengguna untuk melihat dan berinteraksi dengan model 3D dari konsep-konsep teknis secara langsung (Farabi et al., 2024)

1.2.10 Blender



Source: Blender Foundation, 2023. Diakses dari
<https://www.blender.org/about/logo/>

Gambar 17. Logo Blender

Blender adalah perangkat lunak *open-source* yang digunakan untuk membuat model 3D yang dapat diintegrasikan dalam aplikasi *augmented reality* (AR). Blender menawarkan berbagai fitur untuk pemodelan, teksturing, rigging, dan rendering yang sangat berguna dalam pengembangan konten AR yang



Optimized using
 trial version
www.balesio.com

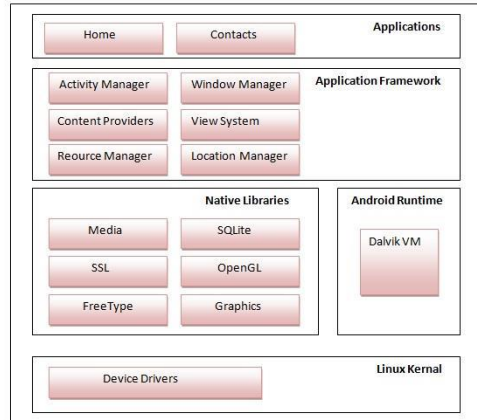
tail. Dalam penelitian Farabi et al. (2024), Blender digunakan untuk el 3D dari berbagai struktur yang kemudian diimpor ke Unity untuk am aplikasi AR. Blender memungkinkan pembuatan model yang detail, yang penting untuk memberikan visualisasi yang jelas dan pengguna (Kristian et al., 2020). Penggunaan Blender dalam ukkan bahwa perangkat lunak ini adalah alat yang sangat efektif

untuk mendukung pengembangan konten AR yang berkualitas tinggi (Farabi et al., 2024)

1.2.11 Android

Android adalah sistem operasi berbasis Linux yang dikembangkan oleh Google dan digunakan secara luas pada perangkat mobile seperti smartphone dan tablet. Android menyediakan platform yang fleksibel dan banyak digunakan untuk mengembangkan aplikasi mobile, termasuk aplikasi AR (Aprinaldi et al., 2019). Android adalah *platform open source*, yang berarti siapa saja dapat menggunakan dan mengembangkan aplikasi untuk sistem ini. Android mendukung berbagai fitur seperti multitasking, konektivitas, dan dukungan untuk berbagai perangkat keras, yang menjadikannya salah satu sistem operasi mobile yang paling populer dan banyak digunakan di dunia (Deshmukh et al., 2018).

Android memiliki arsitektur perangkat lunak yang dibagi menjadi beberapa lapisan, termasuk kernel, *libraries*, *runtime*, *application framework*, dan *application layer*. Kernel berbasis Linux menyediakan layanan dasar seperti manajemen memori, manajemen proses, dan keamanan. Libraries menyediakan berbagai fungsi untuk pengembangan aplikasi, termasuk grafik, database, dan web. *Runtime* Android termasuk Dalvik *Virtual Machine* yang memungkinkan aplikasi berjalan di berbagai perangkat. Application framework menyediakan API yang digunakan oleh aplikasi Android, sementara application layer adalah tempat di mana aplikasi pengguna berada (Deshmukh et al., 2018)



Source : Deshmukh et al., 2018

Gambar 18. Arsitektur Android



1.2.12 Penelitian Terkait

Berikut merupakan penelitian terkait yang menjadi referensi dalam penelitian ini seperti pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Penelitian terkait

Judul	Penulis	Metode	Hasil
Augmented Reality Application Development using Unity and Vuforia.	Simon	Pembangunan aplikasi menggunakan Unity 3D dan Vuforia untuk dua skenario tes yang berbeda, termasuk permainan labirin sederhana dan simulasi lingkungan kerja robot kolaboratif.	Menunjukkan bagaimana AR dapat dikembangkan dengan Unity dan Vuforia, menyoroti tantangan implementasi pada platform mobile. Menunjukkan potensi AR yang luas dalam berbagai pengembangan aplikasi.
Development of Augmented Reality-based Object Recognition Mobile Application with Vuforia.	Hameed, Q. A, <i>et al</i>	Penggunaan Unity 3D gaming software untuk mengembangkan aplikasi AR yang mampu mengenali dan melacak objek fisik menggunakan fungsionalitas dari engine Vuforia. Eksperimen dilakukan pada berbagai jarak dan pengaturan intensitas cahaya objek untuk mengukur kinerja pengenalan objek.	• Vuforia dapat mengenali objek dengan tingkat keberhasilan sebesar 85.9% dalam beberapa pengaturan. • Tingkat keberhasilan pengenalan objek sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya dan ukuran objek, serta jumlah poin fitur objek. • Objek tidak dapat terdeteksi dalam kondisi pencahayaan yang gelap.



Judul	Penulis	Metode	Hasil
Manufacturing Assembly Simulations in Virtual and Augmented Reality.	Tao, Wenjin. <i>Et al.</i>	Penelitian ini membahas penerapan teknologi Virtual Reality (VR) dan Augmented Reality (AR) dalam simulasi perakitan manufaktur. Meliputi konsep dan terminologi dasar, metodologi state-of-the-art termasuk pemodelan, sensing, dan interaksi yang memungkinkan simulasi perakitan VR/AR, serta studi kasus penerapan.	Demonstrasi potensi sistem MAS (Manufacturing Assembly Simulation) dalam mempersingkat siklus desain produk, meningkatkan kualitas produk, dan meningkatkan keterampilan pekerja dengan penerapan praktis melalui studi kasus yang menyediakan panduan praktis untuk implementasi aplikasi simulasi perakitan VR/AR.
Effects of Mobile Augmented Reality (MAR) towards Students' Visualization Skills when Learning Orthographic Projection.	Omar, Marlissa, <i>et al.</i>	Studi ini menguji perbedaan dalam keterampilan visualisasi siswa setelah menggunakan Mobile Augmented Reality (MAR) dibandingkan dengan pembelajaran konvensional dalam kelas proyeksi ortografis. Melibatkan 60 siswa dari Universiti Teknologi Malaysia.	Penggunaan Mobile Augmented Reality (MAR) secara signifikan meningkatkan keterampilan visualisasi siswa. Hal ini terlihat dari perbedaan signifikan dalam tes rotasi mental siswa sebelum dan sesudah menggunakan aplikasi MAR dalam proses pembelajaran dan pengajaran, dengan peningkatan skor rata-rata dari 58.67 menjadi 82.44.



Judul	Penulis	Metode	Hasil
Presenting Job Instructions Using an Augmented Reality Device, a Printed Manual, and a Video Display for Assembly and Disassembly Tasks: What Are the Differences?	Dorloh, Halimoh., <i>et al.</i>	Penelitian ini membandingkan efisiensi, kualitas, dan kegunaan instruksi pekerjaan yang disampaikan melalui tampilan AR, tampilan video, dan manual cetak dalam tugas perakitan dan pembongkaran komponen komputer.	• AR menghasilkan kualitas tugas terbaik yang ditandai dengan jumlah kesalahan terkecil. AR mencatat rata-rata kesalahan per partisipan sebesar 0.33, lebih rendah daripada manual cetak dengan rata-rata 1.33 dan video dengan 0.62. • AR dianggap lebih baik dibandingkan video dan manual instruksi karena menyediakan interaksi yang lebih imersif dan kontekstual dengan objek nyata.

1.3 Rumusan Masalah

Adapun masalah pada penelitian ini berdasarkan pada latar belakang yang telah diuraikan ialah:

1. Bagaimana cara melakukan deteksi untuk identifikasi dan penanganan masalah komponen pada modul praktikum robotik menggunakan *Augmented Reality*?
2. Bagaimana tingkat akurasi deteksi identifikasi komponen robotik melalui perangkat *mobile* berbasis *Android*?
3. Bagaimana tingkat efektivitas pembelajaran menggunakan aplikasi AR dalam proses praktikum?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian merupakan jawaban yang berdasar pada rumusan masalah, diantaranya:

1. Untuk mengetahui bagaimana cara melakukan deteksi untuk identifikasi dan masalah komponen pada modul praktikum robotik menggunakan *Augmented Reality*.
2. Mengetahui tingkat akurasi deteksi identifikasi komponen robotik melalui perangkat *mobile* berbasis *android*.
3. Mengetahui tingkat efektivitas pembelajaran menggunakan aplikasi AR dalam proses praktikum.



1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Mengurangi resiko kesalahan kerja pada perakitan robot dan efisiensi waktu pada modul praktikum robotik: Penelitian ini diharapkan dapat membantu agar terhindar dari resiko kesalahan kerja serta mengefisienkan waktu perancangan dalam merakit rangkaian robot.
2. Mempermudah eksplorasi lebih lanjut terkait komponen robot pada modul praktikum robotik: Penelitian ini diharapkan dapat mempermudah eksplorasi dalam mempelajari komponen robotika.
3. Secara umum, penelitian ini dapat memberikan wawasan terkait penerapan *augmented reality* untuk deteksi komponen pada modul praktikum robotik berbasis Android.

1.6 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini diantaranya :

1. Jenis komponen yang dapat divisualisasikan kedalam *augmented reality* terbatas pada modul robotik yang ada pada laboratorium animasi dan multimedia departemen teknik informatika fakultas teknik Unhas.
2. Menggunakan *software* Blender untuk membuat aset 3D
3. Menggunakan *software* Unity dalam membuat aplikasi AR
4. Menggunakan Vuforia SDK untuk membuat lingkungan pengembangan AR di Unity
5. Menggunakan bahasa pemrograman C# dalam pengembangan aplikasi
6. AR hanya dapat digunakan pada sistem operasi Android.
7. Spesifikasi Minimum sistem ialah :
 - Sistem operasi: Android 10 atau versi lebih baru
 - Prosesor: Quad-core 1.2 GHz atau lebih cepat
 - RAM: 4 GB
 - Kamera: Minimal 8 MP dengan autofocus

