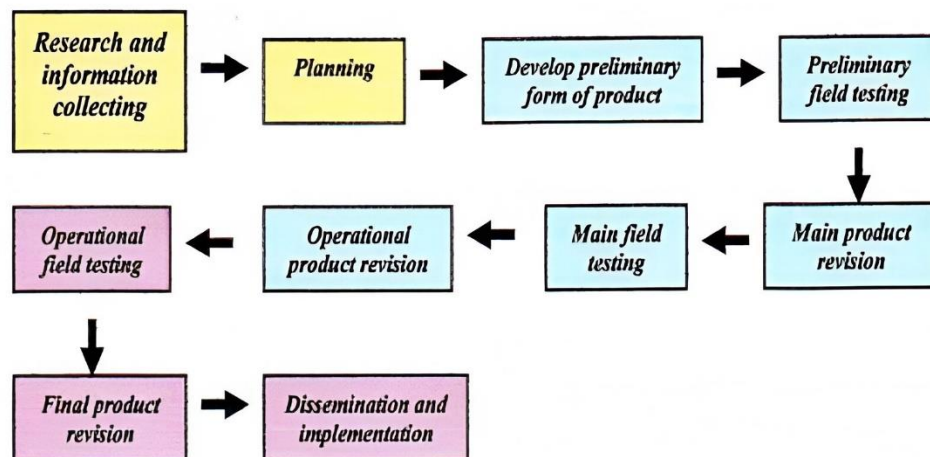


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN

A. Metode Penelitian & Pengembangan

Metode penelitian & pengembangan (R&D) digunakan dalam penelitian ini untuk merancang dan mengembangkan sistem pemantauan barang berbasis Internet of Things (IoT) yang efektif. Menurut Sugiyono (2019, pp. 752–754) metode penelitian dan pengembangan digunakan untuk mengembangkan dan memastikan kualitas suatu produk melalui tahapan perencanaan, pembuatan, dan evaluasi. Sedangkan menurut Borg and Gall menyampaikan bahwa penelitian dan pengembangan (R&D) di bidang pendidikan adalah suatu proses yang digunakan untuk mengembangkan dan mengesahkan produk bidang pendidikan. Langkah-langkah dalam proses ini umumnya dikenal sebagai siklus R&D, yang meliputi kajian terhadap temuan penelitian produk yang akan dikembangkan, pengembangan produk berdasarkan temuan tersebut, pelaksanaan uji coba lapangan sesuai, serta revisi terhadap hasil uji lapangan. (sumber: Borg and Gall, 1983: 772 dalam (Dr. Amini & Nurman Ginting, 2024, p. 101). Ada 10 (sepuluh) langkah-langkah penelitian pengembangan (Borg & Gall, 1989) pada skema berikut ini :



Gambar 3. 1 Langkah-langkah penelitian dan pengembangan

“Sumber: Borg & Gall (1989) dalam (Dr. Wilda Susanti & Biru, 2021, p. 68)”

Sepuluh langkah penelitian dan pengembangan di atas diterapkan ke dalam tiga metode, yaitu metode deskriptif, evaluatif, dan eksperimental. Penjelasannya adalah sebagai berikut:

- (a) Metode Deskriptif diterapkan pada langkah 1 dan 2 dengan tujuan untuk mengumpulkan informasi dan merancang sistem secara awal. Adapun pelaksanaannya sebagai berikut;

- (1) *Research and information collecting*: Pada tahap ini, permasalahan diidentifikasi dan data yang relevan dikumpulkan melalui studi literatur serta observasi langsung di lapangan. Data yang diperoleh mencakup kebutuhan pengguna, kondisi rak penyimpanan barang, dan teknologi yang sesuai untuk pemantauan.
 - (2) *Planning*: Berdasarkan data yang terkumpul, sistem pemantauan barang berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan modul ESP32-CAM dirancang. Tahap ini mencakup perancangan perangkat keras, perangkat lunak, dan antarmuka pengguna agar pemantauan stok barang menjadi lebih mudah dan efektif.
- (b) Metode evaluatif diterapkan pada langkah 3 hingga 7 dengan tujuan menguji dan memperbaiki prototipe sistem secara bertahap. Pelaksanaannya adalah sebagai berikut;
- (3) *Develop Preliminary from of product*: Membangun prototipe awal sistem berdasarkan rancangan yang telah dibuat. Prototipe ini menggunakan ESP32-CAM dan antarmuka monitoring dasar.
 - (4) *Preliminary field testing*: Melakukan pengujian awal prototipe di lingkungan terbatas untuk mengidentifikasi kelemahan dan masalah teknis yang mungkin muncul.
 - (5) *Main product revision*: Memperbaiki prototipe berdasarkan hasil pengujian awal, termasuk penyesuaian perangkat keras, perangkat lunak, dan antarmuka pengguna.
 - (6) *Main field testing*: Menguji prototipe yang telah diperbaiki dalam kondisi operasional yang lebih realistis untuk memperoleh data tentang efektivitas dan kinerja sistem.
 - (7) *Operational product revision*: Melakukan penyempurnaan akhir terhadap sistem berdasarkan masukan dan data dari uji lapangan, sehingga prototipe siap diuji dalam skala penuh.
- (c) Metode Eksperimental diterapkan pada langkah 8 hingga 10 dengan tujuan mengukur efektivitas sistem dan mengimplementasikannya secara luas. Pelaksanaannya adalah sebagai berikut;
- (8) *Operational field testing*: Mengaplikasikan sistem dalam skala penuh di lapangan untuk mengukur kinerja dan efektivitas sistem pemantauan barang secara nyata.
 - (9) *Final product revision*: Menyempurnakan sistem menjadi produk akhir berdasarkan hasil pengujian skala penuh, sehingga sistem stabil dan siap digunakan secara luas.

(10) *Dissemination and implementation*: Mengimplementasikan sistem pemantauan barang secara luas, sekaligus mendokumentasikan seluruh proses pengembangan dan hasil penelitian sebagai laporan akhir.

B. Model/Metode Yang Diusulkan

Dalam penelitian ini terdapat 3 metode / model yang diusulkan yaitu model teoritis, model konseptual dan model prosedural. Berikut ini penjelasan metode / model yang diusulkan:

1) Model Algoritma YOLO (*You Only Look Once*)

Model teoritis yang digunakan dalam penelitian ini yaitu model deteksi objek menggunakan algoritma YOLO (*You Only Look Once*) yang diterapkan pada ESP32-CAM untuk mendeteksi kekosongan rak barang. YOLO merupakan metode deteksi objek berbasis deep learning yang bekerja dengan membagi gambar menjadi grid dan memprediksi bounding box serta klasifikasi objek secara langsung. Berikut ini adalah alur flowchart dan pseudocode yang disajikan dalam tabel 3. 1.

Tabel 3. 1 Flowchart dan Pseudocode

Flowchart	Pseudocode
<pre> graph TD A([Mulai]) --> B[/Pengumpulan Data/] B --> C[Pelabelan Data] C --> D[Persiapan Pelatihan Model] D --> E[Pelatihan Model YOLOv5] E --> F[/Hasil Deteksi/] F --> G([Selesai]) </pre>	<pre> BEGIN Dataset ← Kumpulkan_Gambar_Dari_Kamera_HP() FOR setiap Gambar ∈ Dataset DO Buat_BoundingBox(Gambar) Beri_Label_Obyek(Gambar) END FOR Bagi_Dataset(Dataset, Train=70%, Test=30%) Buat_File_Konfigurasi(data.yaml) Tentukan_Parameter(Epoch=50, Batch_Size=32, Resolution=416x416) Model ← Train_YOLOv5(Train_Dataset, Parameter) FOR setiap Gambar_Uji ∈ Test_Dataset DO Deteksi ← YOLOv5_Detect(Model, Gambar_Uji) Tampilkan_BoundingBox(Deteksi) Hitung_Metrik(Akurasi, Presisi, Recall, F1_Score) END FOR END </pre>

Penjelasan mengenai flowchart pada tabel 3. 1 adalah sebagai berikut:

- (1) Pengumpulan Data: Pada tahap ini, gambar produk diambil menggunakan kamera smartphone dari berbagai sudut dan kondisi pencahayaan untuk menambah variasi dataset.
- (2) Pelabelan Data: Setiap citra yang dikumpulkan diberi label menggunakan aplikasi LabelImg. Proses ini meliputi pembuatan *bounding box* pada objek dan penentuan kelas, misalnya “Indomie Mi Goreng”, “Indomie Rasa Soto Mie”, “Mi Gaga Extra Pedas Kuah Jalapeno”, “Teh Sosro”, atau “Ichi Ocha”. Tujuannya adalah agar model dapat mengenali posisi dan jenis objek secara akurat.
- (3) Persiapan Pelatihan Model: Dataset dibagi menjadi 70% data pelatihan dan 30% data pengujian. File konfigurasi data.yaml disiapkan untuk menentukan lokasi dataset dan daftar kelas objek. Parameter pelatihan, seperti jumlah epoch (50), *batch size* (32), dan resolusi citra (416×416 piksel), juga ditetapkan.
- (4) Pelatihan Model YOLOv5: Model dilatih menggunakan Command Prompt dengan menjalankan perintah pelatihan yang memanfaatkan dataset dan parameter yang telah ditentukan.
- (5) Hasil Deteksi: Setelah pelatihan, model diuji menggunakan data pengujian. Hasil ditampilkan dalam bentuk citra dengan *bounding box* dan label objek, serta disertai metrik evaluasi, antara lain akurasi, presisi, *recall*, dan F1-score.
- (6) Selesai: Proses berakhir setelah model siap digunakan untuk mendeteksi objek pada citra baru dan dinyatakan layak untuk diimplementasikan pada sistem pemantauan barang.

Berikut ini adalah deskripsi pseudocode pada tabel 3. 1:

- (1) Fungsi `Kumpulkan_Gambar_Dari_Kamera_HP()` digunakan untuk mengumpulkan dataset berupa gambar produk dari kamera smartphone.
- (2) Fungsi `Buat_BoundingBox()` dan `Beri_Label_Obyek()` berperan untuk menandai objek dalam gambar dan memberikan label kelas sehingga model dapat mengenali jenis dan posisi objek dengan tepat.
- (3) Fungsi `Bagi_Dataset()` membagi data menjadi dataset pelatihan dan pengujian, sedangkan `Buat_File_Konfigurasi()` dan `Tentukan_Parameter()` menyiapkan file konfigurasi dan parameter yang dibutuhkan untuk pelatihan model.

- (4) Fungsi `Train_YOLOv5()` melatih model menggunakan dataset pelatihan dan parameter yang telah ditentukan, sehingga model dapat mempelajari pola visual tiap kelas objek.
- (5) Fungsi `YOLOv5_Detect()` digunakan untuk mendeteksi objek pada gambar uji, `Tampilkan_BoundingBox()` menampilkan hasil deteksi, dan `Hitung_Metrik()` mengevaluasi performa model menggunakan metrik akurasi, presisi, recall, dan F1-score.

2) Model *Computer vision*

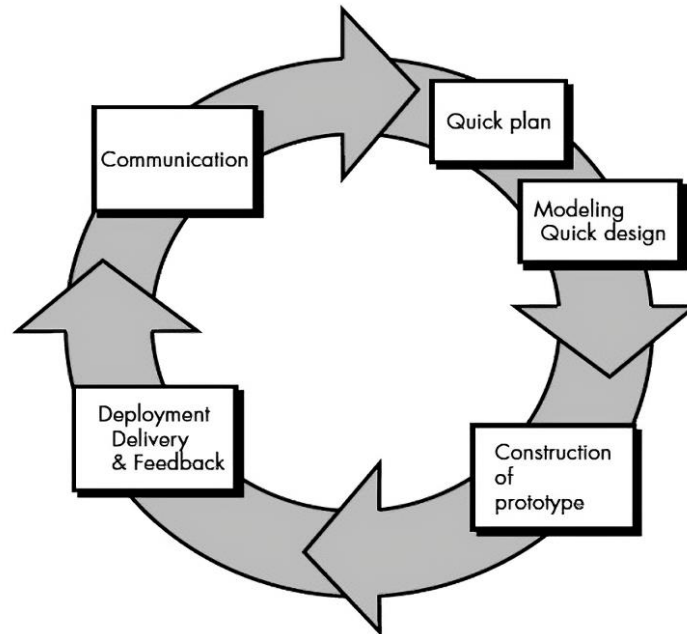
Model konseptual yang digunakan dalam penelitian ini adalah *computer vision*. Model ini memungkinkan sistem komputer untuk memperoleh, memproses, dan mengekstraksi informasi dari gambar digital secara otomatis. Berikut adalah tahapan cara kerja sistem berdasarkan prinsip-prinsip *computer vision*:

- (1) Akuisisi Citra: kamera esp32-cam akan mengambil gambar secara berkala dari kondisi rak. Gambar ini berupa citra digital 2D yang terdiri dari piksel-piksel.
- (2) Pengolahan Awal (*Low-Level Vision*): tahap ini mencakup penghilangan noise, peningkatan kualitas gambar (*contrast adjustment*), dan shading.
- (3) Deteksi Fitur (*Intermediate-Level Vision*): setelah gambar diproses, sistem mendeteksi fitur tepi objek (*edge detection*), kontur, dan bentuk. Deteksi ini bertujuan untuk mengidentifikasi batas antara barang dan area kosong pada rak.
- (4) Deteksi Objek Menggunakan YOLO (*You Only Look Once*): algoritma YOLO digunakan untuk membagi gambar menjadi grid dan mengidentifikasi keberadaan objek (barang). Setiap grid dianalisis untuk menentukan apakah area tersebut berisi objek atau kosong berdasarkan *bounding box* dan *confidence score*.
- (5) Segmentasi dan Klasifikasi Kekosongan Rak: berdasarkan output dari YOLO, sistem melakukan segmentasi area kosong pada rak. Lokasi tanpa deteksi objek akan diklasifikasikan sebagai area kosong dan ditandai secara visual.
- (6) Notifikasi Otomatis dan Visualisasi: jika terdeteksi kekosongan, sistem akan mengirimkan notifikasi ke dashboard monitoring dan menyimpan hasil deteksi ke dalam basis data untuk ditampilkan secara visual.

3) Model Prototyping

Model yang digunakan dalam pengembangan ini adalah model pengembangan prosedural. Model prosedural merupakan model deskriptif yang menggambarkan langkah-langkah sistematis untuk menghasilkan suatu produk. Pada penelitian ini,

model pengembangan yang digunakan adalah model prototyping. Berikut ini adalah tahapan model pengembangan prototyping:



Gambar 3. 2 Tahapan Metode Prototyping

Tahapan model pengembangan prototyping dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

(a) *Communication* (Komunikasi)

Pada tahap ini dilakukan identifikasi kebutuhan pengguna, yaitu pihak retail dan pengelola toko. Kebutuhan utama yang diperoleh adalah sistem mampu memantau ketersediaan barang di rak, mendeteksi kekosongan rak, dan menampilkan informasi melalui web.

(b) *Quick Plan* (Perencanaan Cepat)

Tahap ini mencakup perencanaan awal sistem, meliputi pemilihan perangkat keras (ESP32-CAM sebagai kamera, jaringan Wi-Fi sebagai media komunikasi), perangkat lunak (framework Laravel untuk web server, YOLO untuk deteksi objek), serta penentuan ruang lingkup sistem (pemantauan lima produk sebagai sampel).

(c) *Modeling Quick Design* (Pemodelan & Desain Cepat)

Tahap ini dilakukan untuk menghasilkan gambaran sistem, meliputi rancangan alur komunikasi ESP32-CAM dengan server, struktur basis data Laravel, desain antarmuka web (dashboard, pemantauan barang, riwayat pemantauan), serta alur deteksi objek menggunakan YOLO.

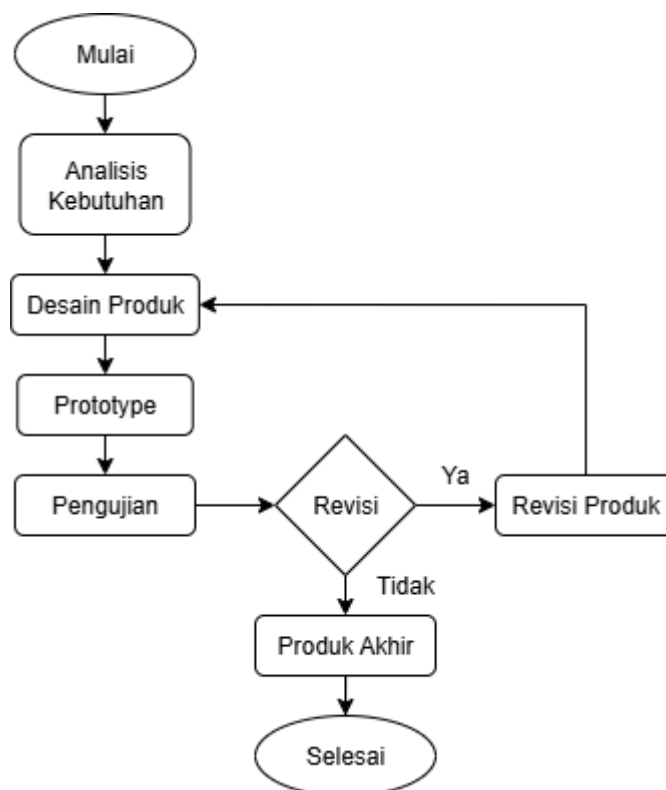
(d) *Construction of Prototipe* (Pembangunan Prototipe)

Tahap ini melibatkan pembangunan prototipe awal sistem, baik perangkat keras maupun perangkat lunak. Pada perangkat keras dilakukan pemasangan ESP32-CAM di rak dan konfigurasi pengiriman gambar. Pada perangkat lunak dilakukan pengembangan web Laravel untuk menerima data gambar dan menampilkan hasil deteksi objek.

(e) *Deployment, Delivery & Feedback* (Penerapan, Pengujian, dan Umpan Balik)

Pada tahap ini, prototipe sistem diuji coba di lingkungan penelitian. Pengujian dilakukan dengan menjalankan ESP32-CAM untuk menangkap gambar secara berkala dan mengirimkannya ke server. Hasil pengujian ditampilkan melalui web dan dievaluasi oleh pengguna serta ahli. Masukan dari uji coba ini digunakan untuk perbaikan serta penyempurnaan sistem.

C. Prosedur Pengembangan



Gambar 3. 3 Prosedur Pengembangan

Tahapan didalam prosedur pengembangan pada penelitian dapat diuraikan sebagai berikut:

- (1) Analisis kebutuhan dilakukan dengan mengumpulkan informasi untuk menentukan kebutuhan pengguna yang mencakup perangkat keras seperti kamera ESP32-CAM, perangkat lunak untuk pengolahan data visual, serta

kebutuhan untuk antarmuka yang sederhana bagi pengguna untuk memantau stok barang. Analisis dilakukan melalui wawancara dengan pengguna akhir dan studi literatur.

- (2) Desain produk disusun berdasarkan hasil analisis kebutuhan, yang mencakup perancangan arsitektur sistem yang mengintegrasikan komponen IoT dengan teknologi pengolahan citra, algoritma deteksi kekosongan rak, serta tampilan antarmuka pengguna untuk pemantauan.
- (3) Prototipe dibuat setelah desain selesai, dengan mengintegrasikan perangkat keras (ESP32-CAM) dan perangkat lunak untuk mendeteksi serta mengolah gambar dari rak toko. Hasil deteksi ditampilkan pada platform monitoring berbasis web.
- (4) Pengujian dilaksanakan untuk memastikan bahwa seluruh komponen bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan terhadap akurasi deteksi kekosongan rak, kecepatan pengolahan data, serta responsivitas antarmuka pengguna.
- (5) Revisi dilakukan jika ditemukan kekurangan selama tahap pengujian, sistem akan diperbaiki sesuai hasil evaluasi. Revisi dilakukan untuk meningkatkan kinerja, keakuratan deteksi, dan pengalaman pengguna.
- (6) Produk akhir dinyatakan siap digunakan setelah melalui revisi dan pengujian dengan hasil yang memuaskan, dimana seluruh fitur utama telah berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.
- (7) Selesai merupakan tahap terakhir dalam proses pengembangan, yang mencakup kegiatan dokumentasi dan penyerahan sistem kepada pengguna akhir untuk digunakan dalam lingkungan nyata.

D. Uji Coba Produk

Uji coba produk adalah proses yang dilakukan untuk mengevaluasi dan mengukur suatu produk. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa produk tersebut memenuhi standar kualitas, berfungsi sesuai dengan spesifikasi, dan memenuhi kebutuhan pengguna. Dalam uji coba produk, terdapat beberapa bagian yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Desain Uji Coba

Dalam penelitian ini ada tiga tahap pengujian, adapun tahapan tersebut adalah:

(a) Uji Coba Ahli Materi

Dilakukan oleh ahli materi/dosen Universitas Binaniaga Indonesia untuk memvalidasi apakah sistem yang dirancang telah berjalan sesuai desain dan mampu mendeteksi kekosongan rak secara akurat.

(b) Uji Coba Pengguna

Uji coba oleh pengguna personil retail untuk melihat apakah sistem yang dibangun handal dan user-friendly dalam operasionalnya.

2. Subjek Uji Coba

Subjek yang terlibat dalam uji coba harus diidentifikasi dengan profil dan karakteristik yang komprehensif, tetapi tetap relevan dengan produk yang sedang dikembangkan. Dalam penelitian ini, pengguna yang terlibat terdiri dari 3 orang personil retail dan subjek ahli yang terlibat dalam penelitian ini yaitu seorang dosen ahli Teknologi Informasi.

3. Jenis Data

Terdapat dua jenis data yang digunakan, yaitu data kuantitatif dan data kualitatif. Data kuantitatif terdiri dari angka yang memungkinkan berbagai operasi matematika dilakukan (Jaya, 2020, p. 9). Data kualitatif adalah data kategori yang berupa kata dan bukan angka, tidak dapat dioperasikan secara matematis, serta diperoleh melalui kuesioner yang memerlukan pengujian reliabilitas dan validitas. (Jaya, 2020, pp. 7–8). Adapun jenisnya yaitu:

(a) Data Kuantitatif

- (1) Akurasi Deteksi kekosongan rak: Persentase keberhasilan algoritma YOLO dalam mendeteksi kondisi rak penuh atau kosong (satuan persen%)
- (2) Waktu Pemrosesan Data: Durasi yang dibutuhkan sistem untuk memproses data visual dari ESP32-CAM dan memberikan hasil deteksi (satuan detik)
- (3) Jumlah Total Deteksi: Jumlah total deteksi yang sesuai dengan kondisi sebenarnya dibandingkan dengan total deteksi (satuan jumlah)

(b) Data Kualitatif

- (1) Kemudahan Penggunaan Sistem: Masukan dari pengguna mengenai antarmuka sistem dan pengalaman operasional (deskriptif naratif)
- (2) Kendala Sistem: Observasi terkait masalah teknis atau lingkungan yang memengaruhi performa sistem, seperti pencahayaan yang rendah atau gangguan koneksi internet.

4. Instrumen Pengumpulan Data

(a) Instrumen untuk Ahli Materi:

Pada penelitian ini, digunakan pertanyaan rencana instrumen pengujian yang ditujukan kepada dosen ahli Teknologi Informasi di Universitas Binaniaga Indonesia, instrumen yang akan digunakan adalah *black box*

testing. Pengujian ini difokuskan pada fungsionalitas sistem, dimana skenario pengujian akan diuji berdasarkan kondisi awal yang telah ditentukan. *Black Box Testing* dalam implementasinya bertujuan untuk menemukan berbagai kesalahan dalam sistem, seperti berikut:

- (1) Fungsi – fungsi yang tidak benar atau tidak ada;
- (2) Kesalahan antarmuka (*interface errors*);
- (3) Kesalahan pada struktur data dan basis data;
- (4) Kesalahan performansi (*performance errors*).

Berikut ini merupakan tabel pengujian *black box*:

Tabel 3. 2 Instrumen Pengujian Untuk Ahli Materi

No	Halaman/Menu Yang Diuji	Skenario	Hasil Yang Diharapkan	Nilai	
				Ya	Tidak
1	Form Login	User memasukkan email/username dan password pada form login	User berhasil masuk ke dashboard jika data sesuai, dan jika gagal, muncul pesan error dan tidak bisa login		
2	Halaman Dashboard	Setelah login, user melihat ringkasan jumlah barang di rak, status kekosongan rak, dan grafik	Tampilan dashboard menampilkan data yang akurat dan mudah dipahami terkait kondisi barang di rak		
3	Halaman Pemantauan Barang (termasuk Upload Gambar Manual)	User dapat melihat data ketersediaan barang di rak berdasarkan hasil deteksi dari kamera ESP32-CAM yang menangkap gambar setiap 1 menit, serta mengupload gambar secara manual untuk dideteksi	Sistem mampu menampilkan data barang di rak setiap 1 menit, serta memproses gambar upload dan menampilkan hasil deteksi yang sesuai		
4	Halaman Riwayat Pemantauan	User dapat melihat data historis ketersediaan barang di rak dan gambar hasil deteksi yang sudah tersimpan	Data historis tampil lengkap dan gambar dapat dilihat		
5	Halaman Ganti Password	User dapat mengubah password akun melalui halaman ganti password	Password dapat diubah dengan validasi yang benar dan muncul notifikasi berhasil/gagal		
6	Fungsi Notifikasi	Sistem mengirim notifikasi ketika barang di rak kurang dari batas yang ditentukan	Notifikasi muncul tepat waktu di bagian atas halaman dashboard dan dapat dilihat di web interface		

No	Halaman/Menu Yang Diuji	Skenario	Hasil Yang Diharapkan	Nilai	
				Ya	Tidak
7	Button Logout	User mengklik tombol logout	User berhasil logout dan diarahkan ke halaman login		

Kolom “No” berisi nomor urut dari halaman atau menu yang diuji, sehingga memudahkan identifikasi setiap kebutuhan fungsional yang diuji. Kolom “Halaman/Menu yang diuji” menunjukkan nama halaman atau menu spesifik pada sistem yang menjadi objek pengujian, seperti Form Login, Dashboard, Halaman Pemantauan Barang, dan sebagainya. Kolom “Skenario” berisi uraian langkah atau kondisi yang dilakukan pengguna saat melakukan pengujian, misalnya menginput data, memilih menu tertentu, atau melakukan tindakan yang relevan. Kolom “Hasil yang diharapkan” menjelaskan keluaran atau respon yang seharusnya dihasilkan oleh sistem ketika skenario pengujian dijalankan, baik berupa tampilan data, informasi, maupun notifikasi. Selanjutnya, kolom “Nilai Ya/Tidak” digunakan untuk mencatat hasil pengujian berdasarkan skala Guttman, di mana tanda “Ya” menunjukkan fungsi berjalan sesuai harapan, sedangkan tanda “Tidak” menunjukkan fungsi tidak berjalan sesuai harapan. Hasil pada kolom ini digunakan untuk menilai tingkat keberhasilan sistem dalam memenuhi kebutuhan fungsional yang diuji.

Tabel 3. 3 Pertanyaan Terbuka Untuk Ahli Materi

Saran :	
Pendapat :	

(b) Instrumen untuk Pengguna

Pada instrumen untuk pengguna dilakukan penyebaran Kuesioner menggunakan metode PSSUQ (Post-Study System Usability Questionnaire) yang diterbitkan oleh IBM digunakan untuk mengukur tingkat kepuasan pengguna. Menurut Sauro & Lewis 2012 dalam Stralen Pratasik (2022, p. 8), PSSUQ versi 3 terdiri dari 16 pertanyaan yang mengevaluasi 4 aspek usability. 4 aspek dalam PSSUQ, yaitu:

- (1) Kegunaan sistem (*SYSUSE*)
- (2) Kualitas informasi (*INFOQUAL*)
- (3) Kualitas antarmuka (*INTERQUAL*)
- (4) Kepuasan secara keseluruhan (*OVERALL*)

Daftar pertanyaan yang digunakan dalam Kuesioner PSSUQ dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 3. 4 Daftar pertanyaan untuk pengguna (PSSUQ)

No	Pertanyaan	Jawaban						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Sistem mempermudah saya menyelesaikan tugas dengan cepat							
2	Sistem mudah digunakan							
3	Saya puas dengan seberapa cepat saya dapat menyelesaikan tugas menggunakan sistem							
4	Sistem meningkatkan efektivitas pekerjaan saya							
5	Sistem membantu meningkatkan produktivitas saya							
6	Sistem memberikan pengalaman yang lebih nyaman dalam menyelesaikan pekerjaan							
7	Informasi yang diberikan sistem mudah dipahami							
8	Informasi yang ditampilkan oleh sistem akurat							
9	Saya mendapatkan informasi yang cukup untuk menyelesaikan tugas saya							
10	Informasi yang diberikan sistem jelas dan tidak membingungkan							
11	Informasi yang disediakan oleh sistem relevan dengan kebutuhan saya							
12	Informasi yang disajikan oleh sistem membantu saya dalam menyelesaikan tugas							
13	Antarmuka sistem ini menarik dan mudah digunakan							
14	Sistem ini memiliki tata letak antarmuka pengguna (UI) yang sederhana dan mudah dipahami							
15	Saya tidak mengalami kesulitan dalam belajar menggunakan sistem ini							
16	Saya puas dengan keseluruhan pengalaman saya menggunakan sistem ini							

Dalam perhitungan PSSUQ, kuesioner tersebut dihitung dengan cara mengukur rata-rata dari setiap aspek kegunaan. Semakin tinggi nilai rata-rata, semakin baik tingkat kegunaan suatu sistem. Berikut adalah tabel aturan perhitungan score PSSUQ:

Tabel 3. 5 Perhitungan Score PSSUQ

Nama Score	Rata-rata Item Respon
SYSUSE	No Item 1 s/d 6
INFOQUAL	No Item 7 s/d 12

Nama Score	Rata-rata Item Respon
INTERQUAL	No Item 13 s/d 16
OVERALL	No Item 1 s/d 16

Selain kuesioner PSSUQ, pengguna juga diberikan kesempatan untuk memberikan saran terbuka terkait pengalaman mereka dalam menggunakan sistem. Instrumen ini bertujuan untuk memperoleh saran mengenai aspek yang perlu ditingkatkan dalam sistem. Berikut ini tabel saran terbuka untuk pengguna:

Tabel 3. 6 Saran Terbuka untuk pengguna

Saran :	
---------	--

(c) Skala Penilaian

(1) Skala Likert

Skala Likert digunakan untuk mengukur sikap, pendapat, persepsi, atau penilaian responden (Martins et al., 2024, p. 107). Dalam skala Likert, responden menjawab pertanyaan atau pernyataan dengan memilih tingkat kesetujuan mulai dari sangat setuju hingga sangat tidak setuju. Jawaban ini kemudian diberi skor secara berjenjang.

Tabel 3. 7 Skor Skala Likert

Jawaban	Deskripsi	Skor
SS	Sangat Setuju	7
S	Setuju	6
AS	Agak Setuju	5
RG	Ragu-ragu	4
ATS	Agak Tidak Setuju	3
TS	Tidak Setuju	2
STS	Sangat Tidak Setuju	1

(2) Skala Guttman

Skala Guttman digunakan untuk mengukur intensitas pendapat responden. Pilihan yang digunakan jawaban biner “ya / tidak” atau “benar / salah”, atau “setuju / tidak setuju”. Jawaban diberi skor 1 untuk ya/benar/pernah dan 0 untuk tidak/salah/tidak pernah.

Tabel 3. 8 Skor Skala Guttman

Alternatif Jawaban	Skor Alternatif Jawaban	
	Positif	Negatif
Valid	1	0
Tidak Valid	0	1

Skor alternatif untuk jawaban responden diberikan dengan nilai tertinggi “Satu” dan terendah “Nol”. Untuk pernyataan positif, kategori “Ya” mendapatkan nilai 1, sedangkan kategori “Tidak” mendapat nilai 0. Untuk pernyataan negatif, kategori “Ya” diberi nilai 0, dan kategori “Tidak” mendapatkan nilai 1.

5. Teknik Analisis Data

(a) Uji Produk

Dalam penelitian ini, analisis data dilakukan dengan metode persentase kelayakan. Persentase kelayakan dihitung berdasarkan hasil Kuesioner dan evaluasi dari responden, menggunakan rumus berikut:

$$\text{Persentase Kelayakan (\%)} = \frac{\text{Skor yang diobservasi}}{\text{Skor yang diharapkan}} \times 100\%$$

Hasil persentase ini memberikan jawaban mengenai kelayakan dari aspek-aspek yang diteliti. Terdapat lima kategori dalam penilaian kelayakan, dengan nilai maksimum yang diharapkan adalah 100% dan nilai minimum adalah 0%. Pembagian rentang kategori kelayakan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. 9 Kategori Kelayakan

Skor Persentase (%)	Kategori
80% - 100%	Sangat Layak
61% - 80%	Layak
41% - 60%	Cukup Layak
20% - 40%	Kurang Layak
≤ 20%	Sangat Kurang Layak

“Sumber: (Astuti & Ismail, 2021, p. 30)”

Pada tabel di atas, terdapat skor persentase dan kategori kelayakan yang digunakan sebagai acuan dalam penilaian data yang dihasilkan dari validasi pengguna.

(b) Uji Hasil

Untuk mengevaluasi akurasi sistem dalam mendeteksi kekosongan rak, digunakan confusion matrix. Dalam penelitian ini, sistem melakukan deteksi

pada lima kelas produk sehingga *confusion matrix* berbentuk multi kelas (Ramadhan et al., n.d., p. 41). Berikut ini tabel confusion matriks multi:

Tabel 3. 10 Confusion Matrix

		Prediksi		
Ground Truth		A	B	C
	A	TP_A	E_{AB}	E_{AC}
	B	E_{BA}	TP_B	E_{BC}
	C	E_{CA}	E_{CB}	TP_C

Sumber: "(Muflikhah et al., 2023, p. 114)"

Dari Tabel 3. 10 dapat dijelaskan bahwa TP_A (*True Positive* untuk kelas A) adalah jumlah data dengan prediksi A dan *ground truth* A, yaitu nilai diagonal utama pada kelas A. Sementara itu, E_{AB} menunjukkan kesalahan prediksi, yaitu data dengan *ground truth* A tetapi diprediksi sebagai kelas B. Nilai FN_A (*False Negative* kelas A) diperoleh dari penjumlahan kesalahan pada data kelas A yang diprediksi sebagai kelas lain, misalnya $FN_A = E_{AB} + E_{AC}$. Adapun FP_A (*False Positive* kelas A) diperoleh dari jumlah kesalahan prediksi data kelas lain yang salah diklasifikasikan sebagai kelas A, misalnya $FP_A = E_{BA} + E_{CA}$. Untuk menghitung *precision*, *recall*, *F1-Score*, dan akurasi multi kelas dapat menggunakan rumus berikut ini (Yudhi Adhitya & Indri Septiani, 2025, pp. 148–157) dan (Prof. Dr. Ermatita, 2025, p. 130):

$$\text{Akurasi} = \frac{TP_{Total}}{TP_{Total} + FP_{Total} + FN_{Total}}$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$F1 \text{ Score} = 2 \times \frac{\text{Presisi} \times \text{Recall}}{\text{Presisi} + \text{Recall}}$$