BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

3.1.1 Lokasi Penelitian

PT Kyoraku Blowmolding Indonesia (KBI) adalah perusahaan manufaktur yang fokus pada pembuatan komponen berbahan plastik dengan teknologi *blow molding* dan *injection molding*. Area stasiun kerja molding yang dilengkapi dengan sistem CCTV aktif memungkinkan pengamatan aktivitas operator tanpa mengganggu proses produksi.

Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada kesesuaian antara aktivitas operator dengan tujuan penelitian yang berfokus pada identifikasi aktivitas kerja. Selain itu, ketersediaan data visual dari sistem CCTV menjadi pertimbangan utama karena mendukung proses pengumpulan *Dataset* yang dibutuhkan dalam pengembangan model.



Gambar 3.1 Area Perusahaan
Sumber: (kyoraku.id,2025)

Gambar 3.1 menunjukkan kondisi lingkungan umum perusahaan sebagai representasi lokasi penelitian. Untuk memberikan gambaran kontekstual tentang subjek penelitian, ilustrasi ini diambil dari situs resmi PT Kyoraku Blowmolding Indonesia. Proses analisis dan pengembangan model yang diusulkan didasarkan pada data aktivitas operator dari area stasiun kerja molding.

3.1.2 Alat dan Bahan Penelitian

a. Alat Penelitian

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini berupa sebuah laptop yang berfungsi sebagai media pengembangan sistem, mulai dari proses

pemrograman, pembuatan *dataset*, pengujian model, hingga integrasi sistem ke dalam aplikasi berbasis web. Adapun spesifikasi perangkat keras yang digunakan adalah sebagai berikut:

1) Jenis Perangkat: Laptop *Lenovo IdeaPad* 3 14IML05
2) Prosesor: *Intel® Core™* i5-10210U CPU @ 1.60 GHz (turbo hingga ± 2.11 GHz), 4 *core*, 8 *logical processors*
3) Memori (RAM**)**: 20 GB *Installed Physical Memory*

Proses pelatihan model *deep learning* tidak dilakukan secara langsung pada perangkat lokal, melainkan menggunakan *platform Google Colab* yang menyediakan dukungan GPU. Penggunaan layanan ini bertujuan untuk mengurangi beban komputasi pada perangkat serta mempercepat proses pelatihan model.

b. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini meliputi berbagai *tools* pemrograman dan *platform* untuk pelatihan model. Adapun perangkat lunak utama yang digunakan adalah sebagai berikut:

1) *Google Colab*: Digunakan sebagai lingkungan komputasi berbasis cloud untuk pelatihan model *deep learning* karena menyediakan GPU yang mampu mempercepat proses training *MobileNetV3*.
2) *Python* 3.12: Digunakan sebagai bahasa pemrograman utama dalam pengolahan citra, pengembangan model *deep learning*, serta integrasi sistem secara keseluruhan.
3) *Visual Studio Code* (VS *Code*): Digunakan sebagai editor kode selama proses pengembangan aplikasi, terutama untuk pengelolaan proyek dan penulisan kode program.
4) *Framework Streamlit*: Digunakan untuk membangun antarmuka aplikasi berbasis web yang bersifat interaktif, serta mengintegrasikan model *MobileNetV3* dengan proses analisis video CCTV dan visualisasi hasil klasifikasi tanpa memerlukan arsitektur *REST* API terpisah.

a. *Library* Utama yang Digunakan

Adapun beberapa *library* yang dimanfaatkan dalam penelitian ini meliputi:

1) Library Deep learning

a) *TensorFlow/Keras*: Digunakan sebagai *framework* utama dalam proses pengembangan model, mulai dari tahap pembangunan arsitektur, pelatihan, evaluasi, hingga implementasi model *MobileNetV3*.

b) *scikit-learn*: Dimanfaatkan untuk melakukan perhitungan berbagai metrik evaluasi, seperti *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*, serta untuk membangun *confusion matrix* sebagai alat analisis performa model.

2) *Library* Pemrosesan Citra dan *Dataset*

a) OpenCV: digunakan untuk ekstraksi *frame* dari video, pengubahan ukuran citra, serta konversi warna

b) *NumPy*: digunakan untuk pengolahan data dalam bentuk array numerik

c) *Pillow* (PIL): digunakan untuk manipulasi dan pemrosesan file gambar

3) *Library* Visualisasi dan Data

a) *Matplotlib*: visualisasi grafik *training*.

b) *Seaborn*: visualisasi *confusion matrix*.

c) *pandas*: pengelolaan metadata *Dataset*.

4) *Library* Pengembangan Web

a) *Streamlit*: Digunakan untuk antarmuka web interaktif

3.1.3 Jadwal Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dirancang melalui tahapan-tahapan yang tersusun secara sistematis dan dilaksanakan secara bertahap mengikuti rencana kerja yang telah ditetapkan. Setiap tahap diberikan alokasi waktu yang jelas agar seluruh proses penelitian dapat berjalan dengan terarah dan terorganisir. Rincian kegiatan penelitian beserta jadwal pelaksanaannya disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

No.	Kegiatan	Bulan ke-1	Bulan ke-2	Bulan ke-3	Bulan ke-4
1.	Pengambilan rekaman CCTV				

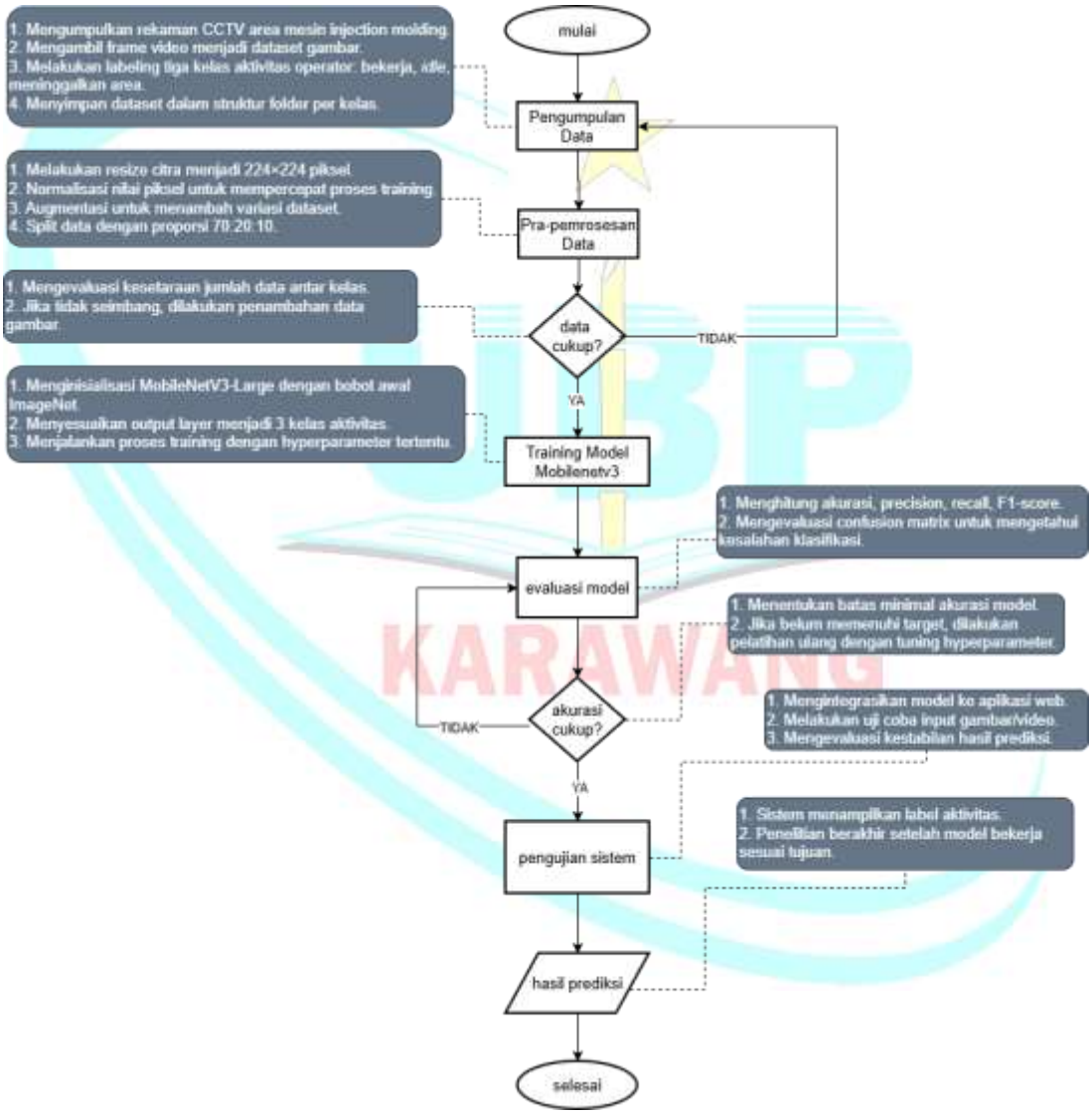
No.	Kegiatan	Bulan ke-1	Bulan ke-2	Bulan ke-3	Bulan ke-4
2.	Analisis kebutuhan *Dataset*				
3.	Identifikasi kategori aktivitas				
4.	Ekstraksi *frame* awal				
5.	Pelabelan *Dataset* ke 3 kelas				
6.	*Pra*-pemrosesan				
7.	Augmentasi *Dataset*				
8.	Evaluasi Kinerja Model				
9.	Pengembangan antarmuka sistem (*Streamlit*)				
10.	Pengujian, Evaluasi, & Analisis Hasil				
11.	Penyusunan Laporan Akhir & Bimbingan				

3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dirancang dalam beberapa tahapan yang disusun secara terstruktur, berurutan, dan saling berkaitan antar tahap. Tahap awal dimulai dengan pengumpulan data berupa rekaman aktivitas operator pada area molding. Data yang diperoleh kemudian diproses pada tahap pra-pemrosesan untuk memastikan kualitas, konsistensi, serta kesesuaian citra sebelum digunakan dalam proses pelatihan model.

Selanjutnya, dilakukan proses pelatihan model *MobileNetV3* yang kemudian diikuti dengan tahap evaluasi performa guna mengetahui tingkat akurasi yang dihasilkan. Apabila hasil performa model belum memenuhi kriteria yang ditetapkan, maka proses pelatihan akan dilakukan kembali dengan penyesuaian parameter hingga diperoleh hasil yang optimal.

Tahap akhir dalam penelitian ini adalah penerapan model ke dalam prototipe sistem berbasis web yang dilanjutkan dengan proses pengujian sistem. Tahapan ini bertujuan untuk memastikan bahwa model yang telah dikembangkan mampu mengidentifikasi aktivitas operator secara akurat dan stabil berdasarkan citra *input* yang diberikan. Alur keseluruhan prosedur penelitian ditampilkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Diagram *Flowchart* dari Proses Penelitian

Sumber: (Dokumen Pribadi,2025)

Gambar 3.2 menunjukkan urutan tahapan penelitian yang dimulai dari proses pengambilan data berupa citra hasil ekstraksi rekaman CCTV pada area molding. Citra yang diperoleh selanjutnya melalui tahap pra-pemrosesan untuk memastikan

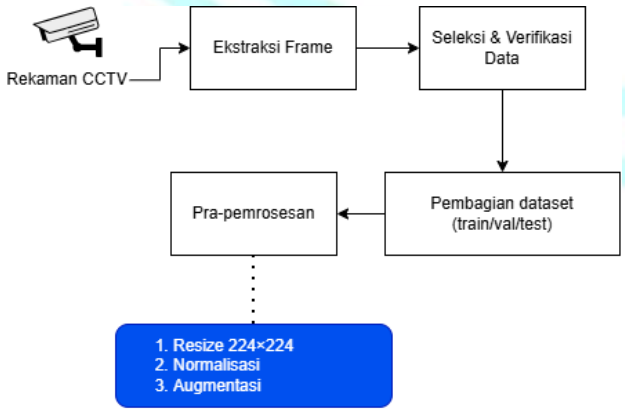
keseragaman ukuran, kualitas, dan konsistensi sebelum digunakan sebagai *Dataset* pelatihan. Tahap berikutnya mencakup proses pelatihan model *MobileNetV3* serta evaluasi performa untuk memperoleh tingkat akurasi yang sesuai dengan tujuan penelitian. Setelah model mencapai performa yang diharapkan, model tersebut kemudian diterapkan pada sistem berbasis web untuk menghasilkan prediksi aktivitas operator berdasarkan citra *input*.

3.2.1 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan langkah awal dalam penelitian yang bertujuan memperoleh data visual aktivitas operator pada stasiun kerja molding. Data dikumpulkan menggunakan kamera CCTV yang terpasang secara permanen di area produksi PT Kyoraku Blowmolding Indonesia.

Pemanfaatan CCTV memungkinkan proses perekaman aktivitas dilakukan secara alami tanpa adanya intervensi terhadap operator, sehingga data yang diperoleh merepresentasikan kondisi nyata di lingkungan produksi. Data tersebut mencakup variasi postur tubuh operator, pola pergerakan, serta perubahan kondisi pencahayaan.

Alur pengumpulan dan pengolahan data ditampilkan pada Gambar 3.3, yang menggambarkan tahapan mulai dari rekaman video CCTV, proses ekstraksi *frame*, seleksi data, hingga pembagian *dataset*. Diagram tersebut digunakan sebagai ilustrasi konseptual untuk menjelaskan proses pembentukan *Dataset* dalam studi ini.



Gambar 3.3 Alur ekstraksi dan pembagian data.

Sumber: (Dokumen Pribadi, 2025).

Rekaman CCTV selanjutnya diproses melalui tahap ekstraksi *frame* citra yang dilakukan secara berkala dengan interval waktu tertentu. Tahapan ini bertujuan untuk mengonversi data video menjadi kumpulan citra statis yang dapat dimanfaatkan sebagai *dataset* dalam proses pelatihan model klasifikasi.

Penentuan interval ekstraksi dilakukan untuk mengurangi kemiripan antar *frame* sekaligus tetap mempertahankan representasi aktivitas operator secara memadai. Data yang digunakan memiliki resolusi 1920 x 1080 piksel (*Full* HD) dengan durasi pengamatan berkisar antara 6 hingga 12 jam operasional.

Hasil dari proses ekstraksi menghasilkan sejumlah citra yang selanjutnya digunakan sebagai kandidat *dataset* pada tahap pelabelan aktivitas. Setelah itu, seluruh citra melalui proses seleksi dan verifikasi secara manual guna memastikan kualitas data tetap terjaga.

Tahapan seleksi meliputi pemeriksaan tingkat ketajaman citra, keberadaan operator dalam *frame*, serta ketiadaan gangguan visual. Citra yang tidak memenuhi kriteria tersebut akan dikeluarkan dari *dataset*.

Apabila ditemukan ketidakseimbangan jumlah data antar kelas atau kurangnya variasi aktivitas, maka dilakukan penambahan data dari sumber rekaman CCTV lainnya. Langkah ini dilakukan untuk memastikan *dataset* yang digunakan bersifat representatif serta memiliki kualitas yang memadai dalam proses pelatihan model *deep learning*.

3.2.2 Tahap Pra-pemrosesan Data

Langkah pra-pemrosesan ini dilakukan untuk memastikan bahwa *dataset* gambar memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan oleh model *MobileNetV3*. Fokus utamanya adalah meningkatkan kualitas data, mereduksi gangguan visual (*noise*), serta menjamin konsistensi format sebelum memasuki *fase* pelatihan.

a. Pembagian *Dataset*

Untuk menjaga keseimbangan proporsi antar kelas (aktivitas bekerja, *idle*, dan meninggalkan area), distribusi data dilakukan menggunakan teknik *stratified sampling*. *Dataset* dipisahkan dengan rasio 80% untuk data latih, 10% untuk data validasi, dan 10% sisanya untuk data uji. Seluruh proses ini dikelola

melalui *platform Roboflow* guna menjamin distribusi kelas tetap terjaga secara otomatis dan objektif.

b. *Resize* Citra ke 224×224

Seluruh citra diubah ukurannya menjadi 224 x 224 piksel agar sesuai dengan standar *input* model *MobileNetV3*. Proses ini dilakukan menggunakan metode interpolasi bilinear untuk mempertahankan proporsi objek sekaligus menjaga informasi visual yang penting.

Ukuran tersebut juga kompatibel dengan model *pretrained ImageNet*, sehingga mendukung penerapan *transfer learning* tanpa perlu melakukan perubahan pada arsitektur model.

c. Normalisasi Nilai Piksel

Nilai piksel citra dinormalisasi dari rentang 0-255 menjadi rentang yang lebih kecil, seperti 0-1 atau mengikuti standar *ImageNet*. Proses ini dilakukan untuk menstabilkan proses pelatihan model, mengurangi permasalahan *gradien*, serta mempercepat konvergensi. Selain itu, normalisasi juga membantu meminimalkan pengaruh variasi pencahayaan antar *frame* CCTV.

d. Augmentasi Data

Augmentasi data dilakukan untuk memperkaya variasi *dataset* secara sintetis sehingga model dapat belajar dari berbagai kondisi visual yang berbeda. Teknik augmentasi yang diterapkan antara lain:

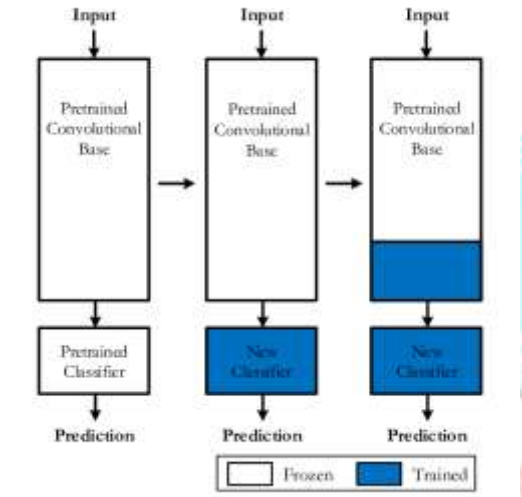
1) Rotasi citra hingga $\pm 15^{\circ}$ untuk merepresentasikan variasi sudut pengambilan gambar.
2) *Horizontal flipping* untuk meningkatkan variasi orientasi objek.
3) Penyesuaian tingkat kecerahan (*brightness*) dalam rentang 0,8-1,2 guna menggambarkan variasi pencahayaan di lingkungan produksi.
4) Translasi posisi citra secara horizontal maupun vertikal hingga 10% untuk mensimulasikan pergeseran posisi operator di dalam *frame*.
5) Augmentasi *zoom* hingga 15% untuk mensimulasikan variasi jarak objek terhadap kamera.

Augmentasi dilakukan secara terkontrol agar tidak mengubah karakteristik utama dari citra. Proses ini hanya diterapkan pada data latih,

sedangkan data validasi dan data uji tetap menggunakan data asli tanpa augmentasi.

3.2.3 Tahap Pelatihan Model *MobileNetV3*

Pada tahap ini, proses pelatihan model MobileNetV3 dilakukan dengan pendekatan *transfer learning*. Pendekatan ini memanfaatkan bobot awal (*pretrained weights*) yang sebelumnya telah dilatih menggunakan dataset ImageNet, sehingga model tidak perlu mempelajari kembali fitur dasar seperti tepi, tekstur, dan pola visual dari awal. Dengan demikian, model dapat langsung difokuskan pada pembelajaran karakteristik aktivitas operator.



Gambar 3. 4 Mekanisme Dasar *Transfer learning*.
Sumber: (researchgate.net, 2025).

Gambar 3.4 menunjukkan mekanisme dasar *transfer learning* yang digunakan dalam penelitian ini. Pada tahap awal, seluruh lapisan *convolutional base* pada model dibekukan (*frozen*), sehingga proses pelatihan hanya dilakukan pada bagian *classifier layer*. Strategi ini bertujuan untuk mempertahankan kemampuan model dalam mengenali fitur umum sekaligus menyesuaikan bagian akhir model terhadap dataset penelitian.

Setelah model menunjukkan performa awal yang stabil, proses pelatihan dilanjutkan ke tahap *fine-tuning*. Pada tahap ini, sebanyak 40 lapisan terakhir dari *convolutional base* dibuka kembali (*unfreeze*) untuk dilatih ulang. Hal ini dilakukan agar model dapat menyesuaikan representasi fitur yang lebih kompleks dan relevan

dengan pola aktivitas operator yang terdapat dalam data CCTV, sehingga performa klasifikasi dapat ditingkatkan.

Sebelum proses pelatihan, citra terlebih dahulu melalui tahap pra-pemrosesan berupa *resize* menjadi 224×224 piksel serta normalisasi menggunakan metode *rescale* (1/255). Pendekatan ini digunakan untuk menjaga konsistensi data masukan antara tahap pelatihan model dan implementasi sistem berbasis web.

Selama proses pelatihan, beberapa parameter diatur untuk mengoptimalkan kinerja model, meliputi jumlah *epoch*, ukuran *batch*, jenis *optimizer*, serta nilai *learning rate*. Pelatihan model dilakukan menggunakan platform *Google Colab* dengan dukungan GPU guna meningkatkan efisiensi komputasi.

Proses pelatihan dilakukan dalam dua tahap utama, yaitu tahap *transfer learning* dan *fine-tuning*. Pada tahap awal, model dilatih selama 15 *epoch* dengan kondisi *convolutional base* dibekukan (*frozen*) untuk menyesuaikan lapisan klasifikasi. Selanjutnya, dilakukan tahap *fine-tuning* selama 15 *epoch* dengan membuka sebagian lapisan akhir model untuk meningkatkan kemampuan dalam mengenali pola aktivitas secara lebih spesifik. Dengan demikian, total pelatihan model dilakukan selama 30 *epoch*.

Seluruh proses pelatihan menggunakan ukuran *batch* sebesar 32 dengan *optimizer* Adam. Nilai *learning rate* awal ditetapkan sebesar 0,0003 dan kemudian diturunkan menjadi 1×10^{-5} pada tahap *fine-tuning* untuk menjaga stabilitas proses pembelajaran.

Selama proses pelatihan berlangsung, performa model dipantau melalui nilai *loss* dan *accuracy* pada data latih dan validasi untuk mengidentifikasi kemungkinan terjadinya *overfitting* maupun *underfitting*. Selain itu, digunakan mekanisme *early stopping* untuk menghentikan pelatihan secara otomatis apabila tidak terjadi peningkatan performa pada data validasi dalam beberapa *epoch*. Model juga menyimpan bobot terbaik (*best weights*) berdasarkan nilai akurasi validasi tertinggi yang diperoleh selama proses pelatihan.

3.2.4 Tahap Evaluasi Model

Tahap evaluasi dilakukan untuk mengukur kemampuan model *MobileNetV3* dalam mengklasifikasikan aktivitas operator secara akurat dan konsisten. Pengujian dilakukan menggunakan data uji yang tidak terlibat dalam proses pelatihan maupun

validasi, sehingga hasil evaluasi mencerminkan kemampuan generalisasi model terhadap data baru.

Kinerja model dievaluasi menggunakan beberapa metrik, yaitu *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score* pada masing-masing kelas aktivitas. Selain itu, digunakan pendekatan *macro average* dan *weighted average F1-score* untuk memberikan gambaran performa model secara keseluruhan.

Untuk analisis yang lebih mendalam, digunakan *confusion matrix* guna mengidentifikasi kesalahan klasifikasi antar kelas, khususnya pada kategori yang memiliki kemiripan visual seperti aktivitas bekerja dan *idle*.

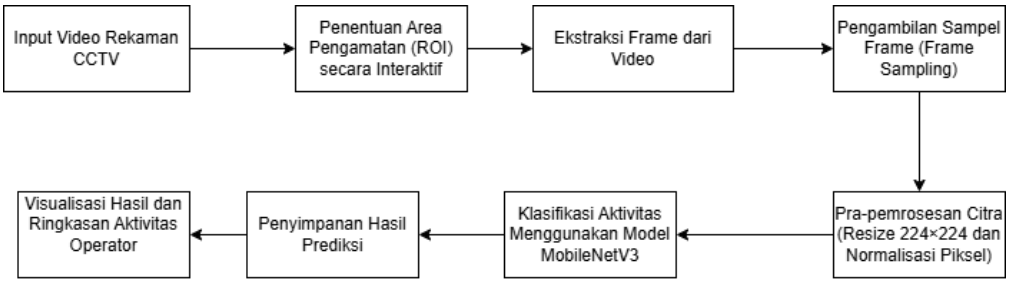
Model dinyatakan memenuhi kriteria apabila mampu mencapai nilai rata-rata F1-*score* minimal 80% pada data uji.

3.2.5 Tahap Implementasi dan Pengujian Sistem Berbasis Web

Tahap implementasi dilakukan setelah model *MobileNetV3* mencapai performa yang sesuai dengan kriteria evaluasi. Model yang telah dilatih kemudian diintegrasikan ke dalam aplikasi berbasis web untuk membangun sistem yang mampu mengidentifikasi aktivitas operator secara otomatis berdasarkan rekaman video CCTV.

Alur implementasi sistem secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 3.5. Proses dimulai dari *input* video rekaman CCTV, kemudian pengguna menentukan area pengamatan (*Region of Interest/ROI*) untuk membatasi wilayah analisis. Setelah itu, sistem melakukan ekstraksi *frame* dari video dan memprosesnya sebelum dilakukan klasifikasi aktivitas menggunakan model *MobileNetV3*.

Hasil prediksi yang diperoleh selanjutnya ditampilkan dalam bentuk visualisasi yang memuat informasi aktivitas operator secara *real-time*. Selain itu, sistem juga menyediakan ringkasan aktivitas dalam bentuk grafik untuk mempermudah analisis distribusi aktivitas operator.



Gambar 3. 5 Diagram alur implementasi sistem web.

Berdasarkan ilustrasi yang ditampilkan, proses dimulai dari pemasukan data berupa video CCTV. Pengguna kemudian menentukan area ROI secara interaktif untuk memfokuskan analisis pada area kerja operator.

Setelah ROI ditentukan, sistem melakukan ekstraksi video menjadi kumpulan citra statis (*frame*). Selanjutnya, dilakukan proses *frame sampling* untuk mengurangi jumlah data yang diproses tanpa menghilangkan representasi aktivitas utama.

Citra hasil ekstraksi kemudian diproses melalui tahap pra-pemrosesan, meliputi perubahan ukuran menjadi 224 x 224 piksel dan normalisasi nilai piksel agar sesuai dengan kebutuhan *input* model *MobileNetV3*.

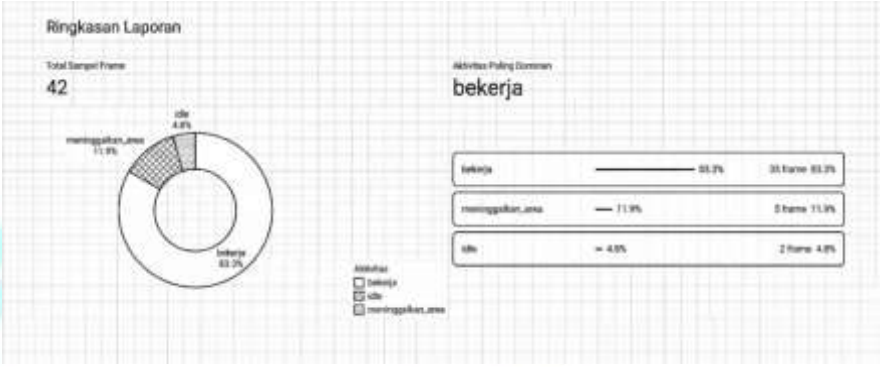
Setelah tahap tersebut, sistem melakukan klasifikasi aktivitas operator ke dalam beberapa kategori, seperti bekerja, *idle*, dan meninggalkan area kerja. Hasil klasifikasi kemudian disimpan dan digunakan untuk analisis lanjutan.



Gambar 3. 6 *Wireframe* antarmuka sistem monitoring

Desain antarmuka sistem ditampilkan pada Gambar 3.6. Berdasarkan rancangan tersebut, tampilan utama dibagi menjadi dua bagian utama. Bagian kiri berfungsi sebagai area monitoring yang menampilkan video CCTV serta kontrol pemutaran video. Pada bagian ini, pengguna juga dapat menentukan ROI serta

melihat area analisis yang ditandai menggunakan *bounding box*. Sementara itu, bagian kanan menampilkan hasil klasifikasi aktivitas secara *real-time*, meliputi kategori aktivitas, tingkat kepercayaan model dalam bentuk persentase, serta visualisasi tambahan seperti *progress bar* untuk memperjelas hasil prediksi.



Gambar 3. 7 *Wireframe* tampilan ringkasan laporan aktivitas operator.

Selain tampilan utama, sistem juga menyediakan halaman ringkasan aktivitas yang ditunjukkan pada Gambar 3.7. Pada halaman ini ditampilkan informasi agregat berupa jumlah *frame* yang dianalisis serta distribusi aktivitas operator dalam bentuk diagram lingkaran (*donut chart*), lengkap dengan persentase masing-masing kategori.

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *black box testing* untuk memastikan seluruh fungsi aplikasi berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan. Pengujian mencakup berbagai aspek, seperti proses unggah video, penentuan ROI, klasifikasi aktivitas, serta penyajian hasil dalam bentuk visualisasi data.

Selain itu, pengujian juga dilakukan menggunakan beberapa sampel video dengan kondisi yang bervariasi, seperti perbedaan pencahayaan dan sudut pengambilan gambar. Hal ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam menghadapi berbagai kondisi lingkungan serta memastikan integrasi antara model *MobileNetV3* dan aplikasi web dapat berjalan secara stabil dan konsisten.