BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

3.1.1 Objek Penelitian

Proses pendeteksian jalan berlubang menggunakan algoritma You Only Look Once versi 8 (YOLOv8) pada gambar kondisi jalan menjadi subjek penelitian tugas akhir ini. Penelitian ini berfokus pada penerapan model deteksi objek berbasis *deep learning* untuk mengidentifikasi keberadaan jalan berlubang secara otomatis.



Gambar 3. 1 Dataset Jalan Berlubang

Penelitian ini berfokus pada penerapan model deteksi objek berbasis *deep learning* untuk mengidentifikasi keberadaan jalan berlubang secara otomatis dari citra. Karena merupakan salah satu jenis kerusakan jalan yang paling sering terjadi di lapangan dan berdampak besar pada keselamatan serta kenyamanan pengguna jalan, jalan berlubang dipilih sebagai objek penelitian. Variasi bentuk, ukuran, kedalaman, warna permukaan, serta kondisi pencahayaan membuat lubang jalan menjadi objek yang menantang untuk dideteksi secara visual, sehingga memerlukan metode pendeteksian berbasis kecerdasan buatan yang lebih akurat dan adaptif.

Dalam penelitian ini, dataset yang digunakan terdiri dari dua sumber, yaitu dataset yang dikumpulkan langsung dari kondisi jalan di wilayah Karawang dan dataset publik yang diperoleh melalui platform berbasis visi komputer. Total dataset yang digunakan berjumlah ± 500–900 citra, yang terdiri dari gambar dengan kondisi lubang jalan. Seluruh gambar pada dataset kemudian dianotasi menggunakan Roboflow dengan format

UBP
KARAWANG

YOLO yang terdiri dari koordinat *bounding box* dan label kelas jalan berlubang.

3.1.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Karawang, Provinsi Jawa Barat, Indonesia, pada tahun 2025. Untuk penelitian ini, dipilih Jalan Raya Kosambi dan Jalan International Karawang Barat. Jalan-jalan ini dipilih sebagai sampel dari sistem jalan di Karawang yang terkenal memiliki banyak lubang jalan yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk menangkap berbagai anomali permukaan jalan dengan memilih lokasi yang sesuai. Ini akan memungkinkan evaluasi menyeluruh terhadap kemampuan model pembelajaran mesin berbasis YOLOv8 dalam mendeteksi jalan berlubang.



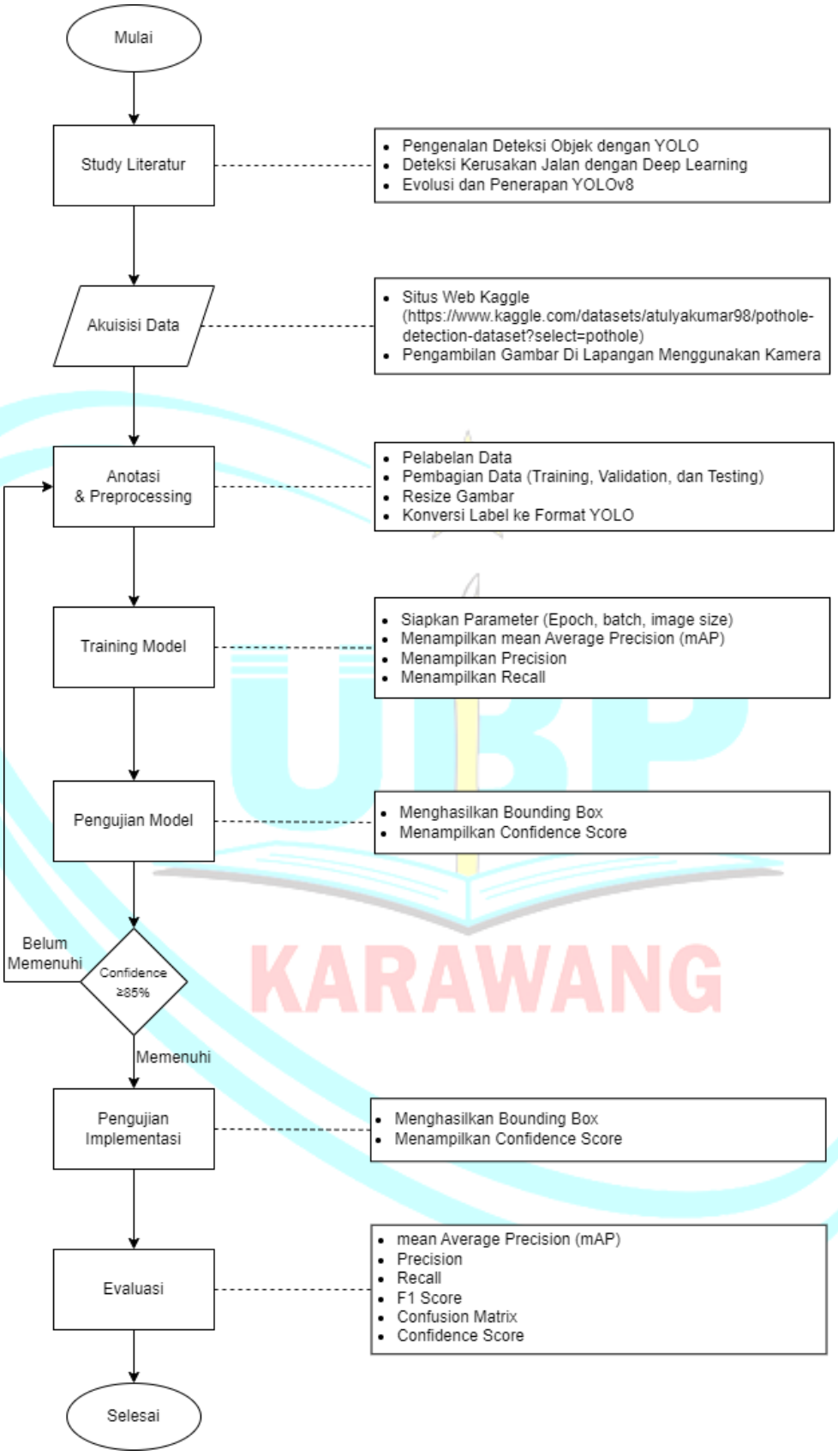
Gambar 3. 2 Peta Lokasi

Selain itu, pemilihan lokasi ini juga di ambil dalam pertimbangan faktor kemacetan dan kondisi cuaca yang dapat memengaruhi tingkat kerusakan jalan, sehingga memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai tantangan yang dihadapi dalam menjaga kualitas infrastruktur jalan di daerah tersebut. Lokasi ini dipilih juga karena aksesibilitas yang cukup baik untuk melakukan pengambilan gambar serta pengumpulan data lapangan secara langsung, serta karena tingginya frekuensi kecelakaan lalu lintas yang terjadi akibat kondisi jalan yang tidak memadai di wilayah tersebut. Selain itu, pemilihan lokasi ini juga dipertimbangkan berdasarkan faktor kemacetan dan kondisi cuaca yang dapat memengaruhi tingkat kerusakan jalan, sehingga memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai tantangan yang dihadapi dalam menjaga

kualitas infrastruktur jalan di daerah tersebut. Lokasi ini dipilih juga karena aksesibilitas yang cukup baik untuk melakukan pengambilan gambar serta pengumpulan data lapangan secara langsung, serta karena tingginya frekuensi kecelakaan lalu lintas yang terjadi akibat kondisi jalan yang tidak memadai di wilayah tersebut.

3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini disusun secara sistematis untuk memudahkan replikasi dan memastikan hasil penelitian dapat dipertanggungjawabkan. Alur penelitian dimulai dengan studi literatur. Studi ini mencakup pengenalan objek menggunakan YOLO, identifikasi kerusakan jalan dengan metode deep learning, serta evolusi dan penerapan YOLOv8. Tahap berikutnya adalah akuisisi data, yaitu pengambilan dataset dari situs Kaggle dan pengambilan gambar langsung di lapangan menggunakan kamera. Data yang diperoleh kemudian melalui proses anotasi dan pemrosesan. Tahapan ini meliputi pelabelan, pembagian dataset untuk training, validation, dan testing, serta resize gambar, dan konversi label ke format YOLO. Setelah itu, dilakukan pelatihan model dengan menyiapkan parameter seperti epoch, batch, dan ukuran gambar. Proses ini juga menampilkan metrik evaluasi seperti mean Average Precision (mAP), Precision, dan Recall. Model yang telah dilatih kemudian diuji untuk menghasilkan bounding box dan nilai confidence. Jika hasil pengujian memenuhi ambang batas confidence ≥ 85%, model dilanjutkan ke pengujian implementasi agar dapat menampilkan keluaran bounding box dan confidence score secara langsung. Tahap akhir adalah evaluasi menyeluruh, termasuk perhitungan mAP, Precision, Recall, F1 Score, Confusion Matrix, dan analisis confidence score. Evaluasi ini bertujuan untuk memastikan performa model optimal. Flowchart prosedur penelitian diperlihatkan pada Gambar 3.3. Gambar ini menggambarkan keterkaitan logis antartahap dan membantu mengidentifikasi potensi kendala serta optimasi pada setiap tahapan demi perbaikan kualitas model.



Gambar 3. 3 Prosedur Penelitian

3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang ide-ide utama yang terlibat dalam penelitian ini, terutama mengenai kerusakan jalan berlubang, teknik deteksi objek berbasis *deep learning*, serta perkembangan algoritma *YOLOv8* sebagai metode utama dalam penelitian. Studi literatur ini juga bertujuan untuk mengetahui hasil-hasil penelitian sebelumnya, kelemahan metode terdahulu, serta peluang pengembangan yang relevan untuk penelitian pendeteksian lubang jalan.

Literatur terkait menunjukkan bahwa lubang jalan merupakan salah satu bentuk kerusakan jalan yang paling sering ditemukan dan memiliki dampak signifikan terhadap keselamatan pengguna jalan.

Selanjutnya, perkembangan penelitian pada bidang visi komputer menunjukkan bahwa metode *Convolutional Neural Network* (CNN) dan algoritma deteksi objek berbasis *deep learning* dapat memberikan hasil deteksi yang lebih akurat dan adaptif. Keluarga *YOLO* adalah salah satu algoritma deteksi objek yang paling populer karena dapat mendeteksi objek dengan cepat dan efisien.

Penelitian-penelitian terbaru menunjukkan bahwa versi terbaru, yaitu YOLOv8, mampu memberikan peningkatan performa dibandingkan YOLOv5 atau YOLOv7, baik dari sisi akurasi maupun kecepatan inferensi. YOLOv8 menggabungkan arsitektur *backbone* yang lebih ringan, mekanisme deteksi *multi-skala*, serta *loss function* yang diperbarui sehingga lebih mampu menangani objek kecil dan variasi kondisi pencahayaan, termasuk karakteristik lubang jalan.

Melalui *studi literatur* ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan YOLOv8 dalam pendeteksian lubang jalan merupakan pendekatan yang relevan, mutakhir, dan sejalan dengan kebutuhan penelitian saat ini. Studi literatur juga menjadi dasar dalam penyusunan tahapan metode penelitian, pemilihan dataset, proses *anotasi*, desain model, serta evaluasi kinerja untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan.

3.2.2 Akuisisi Data

Akuisisi data dalam penelitian ini dilakukan untuk mengumpulkan citra yang menggambarkan jalan berlubang, sebagai dasar pelatihan model deteksi

objek menggunakan YOLOv8. Ada dua cara untuk mendapatkan dataset ini, yang pertama adalah dengan mengunduh gambar dari platform *Kaggle* (*https://www.kaggle.com/datasets/atulyakumar98/pothole-detection-dataset?select=potholes*) serta mengambil gambar secara langsung dengan kamera smartphone. Penggunaan dua sumber data ini bertujuan memastikan bahwa dataset mencakup kondisi lapangan yang umum ditemui tanpa memfokuskan pada variasi pencahayaan atau bentuk lubang jalan tertentu.



Gambar 3. 4 Akuisisi Data

Pada proses pengumpulan data lapangan, gambar diambil secara langsung dengan kamera ponsel yang diarahkan pada kondisi jalan yang mengalami kerusakan berupa lubang, serta beberapa gambar jalan dalam kondisi normal tanpa lubang. Pendekatan ini dilakukan agar model dapat belajar membedakan dua kondisi utama tersebut dengan jelas. Dataset yang berasal dari *Kaggle* dipilih berdasarkan kesesuaian dengan fokus penelitian, yaitu citra yang secara jelas menampilkan lubang jalan atau permukaan jalan yang tidak mengalami kerusakan.

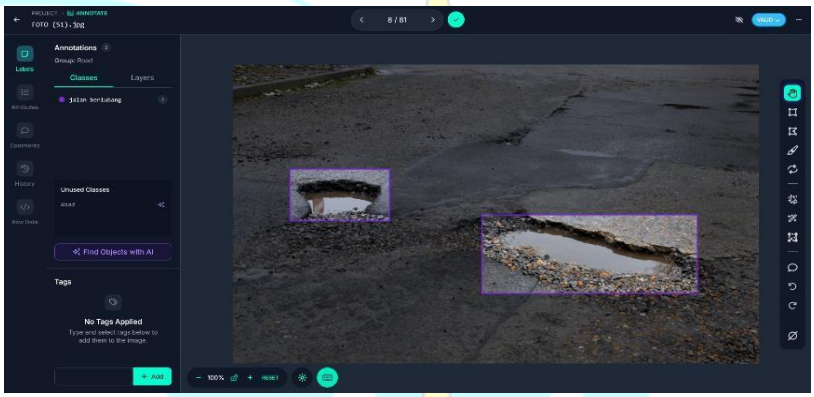
Secara keseluruhan, dataset dibagi menjadi 624 foto untuk pelatihan, 178 foto untuk validasi, dan 90 foto untuk pengujian. Pembagian ini digunakan untuk memastikan proses pelatihan dan evaluasi model berjalan secara efektif dan objektif menggunakan data yang tidak saling tumpang-tindih. Setiap gambar diperiksa terlebih dahulu untuk memastikan bahwa kualitas citra memadai dan objek jalan berlubang maupun tidak berlubang dapat terlihat dengan jelas. Citra yang blur, terlalu gelap, atau tidak menampilkan objek secara jelas tidak disertakan dalam dataset final.

Tahap akuisisi data ini menjadi fondasi penting bagi keberhasilan penelitian, karena dataset yang baik dan sesuai dengan tujuan penelitian akan

meningkatkan kemampuan model YOLOv8 dalam membedakan antara jalan berlubang dan jalan tidak berlubang secara akurat.

3.2.3 Annotasi dan Pre-processing Data

Setelah data dikumpulkan, langkah berikutnya adalah proses anotasi menggunakan platform *Roboflow*. Pembuatan data *labeling* gambar serta anotasi *bounding box* dilakukan pada setiap gambar yang menampilkan jalan berlubang. Proses pembuatan dataset dimulai dengan upload data gambar, kemudian dilanjutkan dengan anotasi gambar. Dalam proses ini, gambar jalan berlubang akan diberi anotasi dengan cara membuat *bounding box* dan mengidentifikasi jenis jalan berlubang.



Gambar 3. 5 Anotasi Gambar

Selanjutnya pembagian dataset untuk memastikan model dapat dilatih dan bisa belajar dengan baik. Pembagian dataset akan dilakukan menjadi tiga bagian yaitu: *Train, Validation dan Test*. Pembagian yang akan dogunakan adalah *Train* 70%, *Validation* 20% dan *Test* 10%. Pembagian *Train* 70% untuk pelatihan agar model dapat belajar mengenali pola, fitur dari gambar pada dataset. *Validation* 20% untuk mengevaluasi performa secara berkala dan untuk overfiting. *Test* 10% memberikan kamampuan data untuk model secara objektif ketika ada data baru untuk memastikan dan menguji deteksi jalan berlubang.

Dataset yang disajikan terdapat dataset gambar yang memiliki ukuran atau *size* gambar yang berbeda. Untuk mendapatkan dataset dengan ukuran yang sama, maka akan dilakukan proses *preprocessing* dengan menentukan ukuran gambar menjadi 640x640 piksel. Dengan melakukan *preprocessing*

dengan menentukan ukuran yang sama, maka pemrosesan ini akan merubah semua dataset pada gambar dengan ukuran yang sesuai denga ketentuan.

Pada langkah ini, dilakukan labeling gambar jpg yang diubah ke dalam format txt. Ini adalah proses menandai atau memberi anotasi pada gambar untuk menunjukkan lokasi objek tertentu. Label identifikasi objek seringkali mencakup lokasi dan ukuran objek, terutama dalam format txt yang digunakan untuk pelabelan gambar. File txt biasanya memiliki setiap baris informasi tentang satu objek, seperti kelas objek, koordinat pusat, dan dimensinya (lebar dan tinggi). Algoritma YOLO akan menggunakan format ini.

3.2.4 Training Model

Model dilatih dengan data yang sudah dianotasi setelah proses anotasi dan pre-processing selesai dan data siap digunakan. Pelatihan dilakukan dalam beberapa putaran (epoch), dan parameter seperti laju pembelajaran (learning rate), ukuran batch, serta jenis optimizer disesuaikan untuk memastikan kinerja model mencapai tingkat optimal. Untuk meningkatkan kecepatan perhitungan, pelatihan dilakukan menggunakan GPU. Selama proses pelatihan, nilai kehilangan dan hasil validasi dipantau untuk menghindari overfitting serta memastikan model tetap stabil. Pelatihan model merupakan bagian penting dalam penelitian ini, di mana algoritma YOLOv8 dilatih menggunakan dataset yang telah melalui proses penyaringan dan penandai (*annotasi*). Parameter penting yang digunakan dalam pelatihan antara lain yang ditunjukkan pada tabel 3.2:

Tabel 3. 1 Parameter yang digunakan

Parameter	**Nilai**
Epoch	50-100
Image Size	640 px
Batch Size	8
Model Variasi	YOLOv8n

Beberapa parameter yang digunakan untuk melatih model adalah:

1. Epoch: Jumlah iterasi atau putaran pada dataset. Pada eksperimen ini, nilai epoch yang digunakan adalah 50, dengan harapan model dapat belajar dengan baik tanpa mengalami *overfitting*.

2. Batch Size: Ukuran batch yang digunakan adalah 8, yang merupakan ukuran yang wajar untuk dataset dengan ukuran menengah.
3. Image Size: Ukuran gambar yang digunakan dalam pelatihan adalah 640x640 piksel untuk menjaga keseimbangan antara kualitas gambar dan kecepatan pelatihan.

Pelatihan model dilakukan dengan menggunakan framework Ultralytics YOLOv8, yang memiliki implementasi YOLO yang lebih sederhana dan efisien. Model yang digunakan pada eksperimen ini adalah model YOLOv8 Nano, yang ringan dan cepat, namun tetap efektif dalam mendeteksi objek.

Selama proses pelatihan, *YOLOv8* akan melakukan evaluasi per epoch pada data validasi untuk menghitung nilai metrik seperti *Precision, Recall, F1-score, mAP50,* dan *mAP50–95*. Hasil evaluasi ini digunakan sebagai indikator kinerja model. Apabila nilai *validation loss* terus menurun dan performa evaluasi meningkat, maka model dianggap belajar dengan baik. *YOLOv8* secara otomatis menyimpan bobot terbaik (*best.pt*) berdasarkan performa tertinggi pada *metrik mAP* selama pelatihan.

Tahap *training* model ini sangat penting karena menentukan sejauh mana kemampuan *YOLOv8* dalam mendeteksi lubang jalan. Semakin baik kualitas dataset dan parameter pelatihan, maka semakin tinggi pula akurasi deteksi yang dihasilkan. Model terbaik dari tahap ini akan digunakan pada proses pengujian dan implementasi deteksi lubang jalan pada tahap berikutnya.

3.2.5 Pengujian Model

Pengujian model dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana model YOLOv8 yang telah dilatih dapat mendeteksi lubang jalan pada gambar yang sudah pernah dilihat sebelumnya. Pada tahap ini, model diuji dengan dataset Test Set yang terdiri dari gambar-gambar yang sudah sudah ada pada pelatihan. Pengujian ini bertujuan untuk menilai akurasi deteksi model pada data yang sudah dikenal sebelumnya. Berikut adalah langkah-langkah dan hasil pengujian:

1. Bounding Boxes: Model berhasil menghasilkan bounding boxes yang mengelilingi objek (lubang jalan) dengan cukup akurat. Hasilnya menunjukkan bahwa model dapat mendeteksi lubang jalan

dengan baik meskipun ada sedikit variasi dalam ukuran lubang atau variasi latar belakang.

2. Confidence Score: Setiap deteksi yang dibuat oleh model disertai dengan skor kepercayaan yang menunjukkan seberapa yakin model terhadap deteksi tersebut. Nilai kepercayaan yang tinggi menunjukkan bahwa deteksi tersebut lebih akurat dan andal.

3.2.6 Pengujian Implementasi

Setelah pengujian pada model, model diuji dengan gambar lapangan yang belum pernah dilihat sebelumnya dan lebih variatif, yang mencakup kondisi dunia nyata seperti pencahayaan buruk, objek yang menghalangi pandangan, dan jalan yang tertutup debu. Hasil pengujian di lapangan menunjukkan bahwa meskipun ada penurunan performa, model tetap mampu menghasilkan deteksi yang memadai. Berikut adalah langkah-langkah dan hasil pengujian:

1. Bounding Boxes: Model berhasil menghasilkan bounding boxes yang mengelilingi objek (lubang jalan) dengan cukup akurat. Hasilnya menunjukkan bahwa model dapat mendeteksi lubang jalan dengan baik meskipun ada sedikit variasi dalam ukuran lubang atau variasi latar belakang.
2. Confidence Score: Setiap deteksi yang dibuat oleh model disertai dengan skor kepercayaan yang menunjukkan seberapa yakin model terhadap deteksi tersebut. Nilai kepercayaan yang tinggi menunjukkan bahwa deteksi tersebut lebih akurat dan andal.

3.2.7 Evaluasi

Evaluasi hasil pengujian dilakukan menggunakan berbagai metrik evaluasi, seperti:

1. *mean Average Precision* (mAP)

   Untuk mengukur akurasi keseluruhan deteksi objek pada model YOLOv8, metrik ini digunakan. Evaluasi dilakukan dalam dua kondisi :

   a. mAP@50
   b. mAP@50–95 (lebih ketat dan lebih representatif)

Nilai mAP mengukur rata-rata akurasi bounding box YOLOv8. Rumus mAP@50 dan mAP@50:95 adalah sebagai berikut:

mAP@50

Menggunakan ambang IoU = 0.50:

$$mAP@50 = AP_{IoU=0.50} \quad (10)$$

mAP@50:95

Menggunakan rata-rata dari banyak ambang IoU:

$$mAP@50{:}\,95 = \frac{1}{10}\sum_{i=0}^{9} AP_{IoU=0.50+0.05i} \quad (11)$$

2. *Precision*

Mengukur seberapa tepat model dalam mengidentifikasi lubang jalan tanpa menghasilkan terlalu banyak prediksi salah (false positive). Semakin tinggi nilai precision, semakin akurat model membedakan antara permukaan jalan biasa dan lubang jalan. Rumus accuracy adalah sebagai berikut :

$$\text{Precision} = \frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Positive}} \quad (12)$$

3. Recall

Mengukur kemampuan model dalam menemukan semua lubang jalan yang ada dalam citra (*true positive detection*). Nilai recall yang tinggi menunjukkan bahwa model tidak melewatkan objek penting. Rumus recall berikut digunakan untuk menghitung jumlah total data positif yang berhasil ditemukan oleh model:

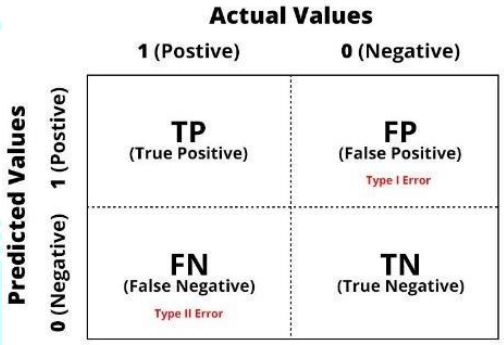
$$\text{recall} = \frac{\text{true positive}}{\text{true positive} + \text{false negativea}} \quad (13)$$

4. F1 Score

   Seperti yang dijelaskan dalam Persamaan 4, skor F1 adalah skor rata-rata harmonis dari precision dan recall. F1 Score mencapai nilai optimal apabila model memiliki precision dan recall yang tinggi. Nilai terbaik F1 Score adalah 1.0, sedangkan nilai terendahnya adalah 0.0.

5. Confusion Matrix

   Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.6, tabel confusion matrix digunakan untuk mengevaluasi kinerja model; tabel ini membandingkan hasil prediksi model dengan data sebenarnya.



Gambar 3. 6 Confusian Matrix

Namun, selain itu, dua metrik tambahan yang sangat penting dalam deteksi objek adalah bounding box dan confidence score.

1. Bounding Box: Setiap deteksi yang dilakukan oleh model menghasilkan sebuah kotak pembatas yang mengelilingi objek yang terdeteksi (dalam hal ini, lubang jalan). Evaluasi bounding box mengukur akurasi lokasi deteksi objek pada gambar.
2. Confidence Score: Setiap bounding box juga disertai dengan sebuah nilai confidence score, yang menunjukkan tingkat keyakinan model terhadap deteksi objek tersebut. Confidence score yang tinggi menunjukkan bahwa model sangat yakin bahwa objek yang terdeteksi benar-benar merupakan objek yang dicari (lubang jalan).