| **Harap mengisi tabel ini, Tabel ini digunakan untuk keperluan komunikasi administrasi saja, saat publish akan dihapus oleh team editor.** | |
|---|---|
| **Nama Kontak** | **Rizki Saputra** |
| **Nomor WA** | **08971444516** |
| **Prodi/Jurusan** | **Manajemen Informatika** |
| **Perguruan Tinggi** | **Politeknik Negeri Sambas** |

# IMPLEMENTASI YOLO11 DALAM DETEKSI ANGKA *STAND* METER STUDI KASUS PT PLN (PERSERO) UP3 SINGKAWANG

**Rizki Saputra, Muhammad Usman, Erifa Syahnaz, Widya Sartika**
Teknik Informatika, Institut Teknologi Nasional Malang
Jalan Raya Sejangkung, Sambas, 79462 Kalimantan Barat, Indonesia
*rzqiyy@gmail.com*

**ABSTRAK**

PT PLN (Persero) UP3 Singkawang memiliki proses bisnis krusial dalam verifikasi tagihan listrik pelanggan pascabayar non-AMR (*Automatic Meter Reading*). Proses validasi manual pada tahap Billing Fungsi II yang saat ini digunakan sering menimbulkan berbagai masalah, seperti kesalahan pembacaan data, waktu proses yang lama, dan risiko *human error* yang tinggi akibat kelelahan visual petugas. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini mengimplementasikan sistem deteksi dan pengenalan angka pada stand meter listrik pelanggan dengan menggunakan metode *You Only Look Once* versi 11 (YOLO11). Artikel ini merupakan implementasi deteksi objek berbasis jaringan saraf konvolusional yang mampu mengenali objek secara *real-time* dengan tingkat akurasi tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan model yang mampu mengenali angka pada meteran listrik secara otomatis, meningkatkan akurasi verifikasi pencatatan, serta mengurangi kesalahan manusia. Metode penelitian meliputi identifikasi masalah, analisis solusi, pengumpulan data, perancangan sistem, implementasi, pelatihan model YOLO11, serta pengujian dan evaluasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model yang dikembangkan mencapai *precision* sebesar 99,919%, *recall* sebesar 99,939%, dengan *mean Average Precision* (mAP50) sebesar 99,5%, dan mAP50-95 sebesar 90,092%.

***Kata kunci :*** *Deteksi Objek, Stand Meter, PT PLN, YOLO11*

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, khususnya dalam bidang *Artificial Intelligence* (AI) dan *Computer Vision*, telah mendorong transformasi digital di berbagai sektor pelayanan publik [1]. Salah satu sektor krusial yang turut beradaptasi dengan kemajuan teknologi ini adalah sektor ketenagalistrikan yang dikelola oleh PT PLN (Persero). Sebagai penyedia layanan listrik utama di Indonesia, PT PLN (Persero) memiliki tanggung jawab besar dalam memastikan distribusi energi yang andal sekaligus menjamin akurasi pencatatan konsumsi listrik pelanggan. Akurasi data pada *stand meter* (kWh meter) ini sangat vital karena menjadi fondasi utama dalam proses perhitungan dan penagihan biaya pemakaian listrik [2].

Dalam operasionalnya di wilayah kerja UP3 Singkawang, data pencatatan konsumsi listrik pelanggan pascabayar non-AMR (*Automatic Meter Reading*) diperoleh melalui dokumentasi visual berupa foto wujud fisik meteran. Foto citra meteran ini kemudian diverifikasi oleh petugas pada tahapan "Billing Fungsi II" sebagai rujukan data penggunaan listrik. Meskipun proses ini berperan penting untuk menjaga konsistensi data, validasi yang mengandalkan pengamatan visual manusia secara manual sering kali menghadapi berbagai kendala lapangan. Variasi kondisi seperti pencahayaan yang minim, sudut pengambilan gambar yang miring, serta gambar yang buram (*blur*) akibat getaran, dapat memicu kesalahan identifikasi angka. Terlebih lagi, risiko *human error* semakin meningkat seiring dengan beban kerja petugas yang harus memverifikasi ribuan data, sehingga berpotensi menurunkan ketepatan penagihan dan kualitas layanan perusahaan [3].

Untuk mengatasi tantangan otomasi pembacaan visual tersebut, penerapan metode *deep learning* menawarkan pendekatan yang revolusioner dalam mendeteksi objek secara otomatis pada citra digital. Salah satu algoritma pendeteksi objek yang paling mutakhir dan efisien saat ini adalah *You Only Look Once* (YOLO). Sebagai algoritma berbasis *single-stage detector*, YOLO mampu memproses penentuan lokasi objek (*bounding box*) dan mengklasifikasikan kelasnya secara serentak dalam satu kali evaluasi komputasi. Arsitektur ini menjadikan YOLO memiliki keunggulan performa yang jauh lebih cepat dan efisien jika dibandingkan dengan metode *two-stage detector* konvensional seperti *Region-based Convolutional Neural Network* (R-CNN) [4]. Lebih lanjut, algoritma YOLO terbukti memiliki ketangguhan dalam mengenali banyak objek berukuran kecil di dalam satu

citra, yang membuatnya sangat ideal untuk mengekstraksi deretan digit angka pada meteran listrik [5].

Beberapa studi terdahulu telah berupaya mengimplementasikan metode pengenalan karakter berbasis *deep learning* pada pembacaan utilitas meteran. Namun, penerapannya pada kondisi riil di lapangan masih sering terbentur oleh variasi citra yang tidak ideal, seperti permukaan kaca meteran yang kotor, tertutup pantulan cahaya silau (*noise*), maupun kualitas resolusi yang rendah [6], . Berbagai gangguan visual tersebut terbukti dapat mendegradasi tingkat akurasi deteksi secara drastis, sehingga menuntut adanya pendekatan pemodelan deteksi objek yang lebih canggih dan *robust* (tangguh) terhadap segala bentuk anomali kualitas gambar.

Berangkat dari urgensi permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma *You Only Look Once* versi 11 (YOLO11) guna mendeteksi dan mengenali digit angka pada citra *stand meter* listrik pelanggan di PT PLN (Persero) UP3 Singkawang. Pemilihan algoritma YOLO11 dilandasi oleh arsitekturnya yang ringan namun memiliki kapabilitas tinggi dalam memproses ekstraksi fitur gambar secara *real-time* dengan tingkat presisi yang sangat akurat. Kontribusi utama dari Tugas Akhir ini adalah pengembangan sistem deteksi angka meteran listrik yang adaptif terhadap variasi kondisi di lapangan. Melalui penelitian ini, diharapkan model cerdas yang dibangun dapat meminimalisir angka *human error*, mempercepat durasi verifikasi tagihan pada tahap *Billing* Fungsi II, serta memperkaya literatur implementasi *Computer Vision* di sektor ketenagalistrikan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

*Artificial Intelligence* (AI) yang memberikan kemampuan pada sistem komputer untuk menafsirkan dan memproses informasi visual dari sebuah citra digital. Dalam ranah ini, salah satu fungsi yang paling esensial adalah *object detection* (deteksi objek), yakni proses melacak lokasi suatu objek di dalam gambar sekaligus mengklasifikasikan jenisnya. Evolusi teknologi *deep learning*, khususnya melalui implementasi *Convolutional Neural Network* (CNN), telah membawa lonjakan besar dalam kemampuan deteksi ini. Arsitektur CNN bekerja secara hierarkis dengan membaca fitur visual secara bertingkat; mulai dari memetakan garis, tepi, dan warna dasar, hingga merangkai pola yang lebih rumit. Mekanisme ekstraksi berlapis ini menjadikan model CNN sangat andal untuk mengidentifikasi objek dengan akurat meskipun kondisi gambar bervariasi [7].

Sebagai turunan inovatif dari CNN, *You Only Look Once* (YOLO) hadir sebagai metode deteksi objek berbasis *single-stage detector* yang sangat populer. Berbeda dengan pendekatan konvensional yang memproses gambar secara bertahap, YOLO mampu mendeteksi objek secara *real-time* hanya dalam satu kali komputasi evaluasi jaringan saraf. Algoritma ini bekerja dengan membagi citra ke dalam format *grid*. Nantinya, setiap *grid* bertugas menebak ada tidaknya target objek, menentukan koordinat *bounding box*, serta memprediksi nilai probabilitas kelasnya [8]. Untuk menyaring hasil prediksi dan mencegah adanya deteksi ganda pada satu objek, YOLO menggunakan metode *Non-Maximum Suppression* (NMS) dengan tolok ukur *Intersection over Union* (IoU). Strategi inilah yang memungkinkan YOLO unggul dalam menjaga keseimbangan yang solid antara kecepatan pemrosesan dan akurasi prediksi [9].

Secara struktural, arsitektur algoritma YOLO (termasuk pada generasi YOLOv11) dibangun di atas tiga fondasi utama, yaitu *backbone*, *neck*, dan *head* [10]. Komponen *backbone* beroperasi layaknya ekstraktor utama yang menarik informasi visual dari citra *input*. Selanjutnya, *neck* berfungsi sebagai penghubung yang menggabungkan fitur-fitur dari berbagai skala, sehingga model tidak kehilangan detail ketika harus mendeteksi objek berukuran sangat kecil maupun besar. Terakhir, komponen *head* bertindak sebagai pengeksekusi keputusan yang mengeluarkan prediksi akhir berupa lokasi koordinat dan kelas objek. Harmonisasi ketiga struktur ini menghasilkan proses inferensi yang sangat tajam dan efisien.

Validitas algoritma berbasis YOLO dalam mengenali karakter numerik telah dibuktikan oleh berbagai studi terdahulu. Sebagai contoh, riset dari Sa'adat dan Widiyanto menegaskan bahwa arsitektur YOLOv8 sangat tangguh dalam mendeteksi angka meteran meskipun dihadapkan pada gangguan lingkungan yang dinamis [3]. Apabila dikomparasikan dengan metode *Template Matching*, tingkat akurasinya sering kali tertahan di angka 85% dan sangat rentan gagal saat kondisi pencahayaan berubah. Sementara itu, iterasi sebelumnya seperti YOLOv4 memang mampu menembus akurasi 95,7%, tetapi masih kesulitan dalam menangani deteksi deret angka yang saling berdekatan (*multi-digit*). Walaupun generasi YOLOv5s sempat menawarkan peningkatan performa, model tersebut tetap membutuhkan optimasi lanjutan agar sejalan dengan kebutuhan perangkat keras yang efisien [11].

Berangkat dari celah tersebut, rilisnya YOLOv11 membawa penyempurnaan yang signifikan dalam optimalisasi parameter model. Khususnya pada varian YOLO11 *nano* (YOLO11n), model ini sengaja dirancang dengan jumlah arsitektur parameter yang sangat minimalis dan ringan. Efeknya, beban komputasi saat proses *training* dan inferensi menjadi jauh lebih cepat tanpa harus mengorbankan tingkat akurasi deteksinya. Dengan kapabilitas ekstraksi fitur yang superior serta efisiensi daya komputasi yang tinggi, YOLO11n merupakan kandidat yang sangat ideal untuk mengatasi tantangan pengenalan digit angka pada meteran listrik PLN secara akurat dan konsisten.

## 3. METODE PENELITIAN

perancangan sistem deteksi ini, tahapan penelitian disusun secara sistematis untuk mengatasi kendala operasional yang terjadi di lapangan. Alur penyelesaian masalah diadaptasi melalui beberapa fase krusial, mulai dari identifikasi masalah, analisis solusi, pengumpulan dan persiapan data, perancangan sistem, hingga implementasi dan evaluasi kinerja algoritma YOLO11. Pendekatan terstruktur ini bertujuan untuk memastikan model yang dibangun dapat mengenali objek secara akurat dan efisien.

### 3.1. Identifikasi Masalah

Pada proses bisnis *Billing* Fungsi II di PT PLN (Persero) UP3 Singkawang, tahapan validasi tagihan pelanggan pascabayar non-AMR masih sangat bergantung pada pencocokan visual secara semi-manual. Petugas harus membandingkan angka pada Aplikasi Pelayanan Pelanggan Terpusat (AP2T) dengan foto bukti meteran secara satu per satu. Proses pengamatan visual dalam jumlah yang masif (mencapai ribuan data) ini tidak hanya memakan waktu yang lama, tetapi juga sangat rentan terhadap *human error* akibat kelelahan mata petugas. Kesalahan dalam pembacaan maupun pencatatan angka *stand* meter ini pada akhirnya dapat berdampak pada ketidakakuratan perhitungan tagihan listrik pelanggan.

### 3.2. Analisis Solusi

Merujuk pada kendala operasional yang telah diuraikan sebelumnya, pemilihan solusi difokuskan pada aspek efisiensi pemrosesan dan kemudahan implementasinya di lingkungan kerja sesungguhnya. Pendekatan penyelesaian masalah yang diusulkan adalah dengan memanfaatkan teknologi *Computer Vision* berbasis algoritma *You Only Look Once* (YOLO) untuk mengekstraksi dan membaca deret angka pada citra *stand meter* listrik pelanggan secara otomatis.

Secara spesifik, algoritma generasi terbaru yakni YOLO11 dipilih sebagai pemodelan utama. Pemilihan ini didasarkan pada keunggulan algoritma tersebut dalam menawarkan kecepatan komputasi yang tinggi serta efisiensi yang sangat baik saat mendeteksi fitur objek yang presisi, seperti lekukan karakter numerik. Selain itu, arsitektur dasar YOLO11 yang relatif ringan memberikan keuntungan strategis tersendiri. Model cerdas ini tetap mampu mempertahankan kinerja deteksi yang optimal dan stabil, meskipun nantinya dijalankan atau diintegrasikan pada perangkat dengan spesifikasi sumber daya komputasi yang terbatas. Melalui penerapan pendekatan otomasi ini, proses validasi visual diproyeksikan akan berjalan jauh lebih cepat dan akurat, sehingga secara langsung dapat mendongkrak keandalan pencatatan data tagihan listrik di PT PLN (Persero) UP3 Singkawang.

### 3.3. Pengumpulan Data

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini merupakan *Self-Built Dataset* yang bersumber murni dari kumpulan citra digital kWh meter analog pelanggan pascabayar di wilayah kerja PT PLN (Persero) UP3 Singkawang. Pada tahap awal pengumpulan, berhasil dihimpun sebanyak 500 citra *stand* meter dengan berbagai variasi kondisi lapangan, seperti buram, kurang pencahayaan, silau, dan berderau (*noise*). Citra tersebut kemudian dianotasi secara manual menggunakan perangkat lunak *Label Studio*. Proses anotasi menghasilkan 11 kelas (*class*) label *bounding box*, yang merepresentasikan area bingkai meteran (*Stand Meter*) beserta digit angka penyusunnya (angka 0 hingga 9).

Untuk memperkaya variasi data latih dan mencegah terjadinya *overfitting*—yakni kondisi di mana model sangat baik menghafal data latih namun gagal memprediksi data baru yang belum pernah dilihat—dilakukan proses augmentasi data menggunakan platform *Roboflow*. Variasi modifikasi citra yang diterapkan meliputi rotasi (*rotation*), perubahan sudut pandang (*shear*), penambahan keburaman (*blur* dan *motion blur*), serta penambahan derau (*noise*). Melalui teknik augmentasi ini, jumlah dataset berhasil diperbanyak secara signifikan dari 500 citra menjadi 2.000 citra.

Selanjutnya, dataset dibagi ke dalam dua proporsi terpisah untuk memastikan pengujian model berjalan secara objektif. Pembagian dilakukan dengan rasio 90% untuk data latih (*training*) sejumlah 1.800 citra, dan 10% untuk data validasi (*validation*) sebanyak 200 citra. Pemisahan himpunan data ini merupakan langkah esensial untuk mengukur metrik keandalan model saat dihadapkan pada citra baru di luar data latih.

Tabel 1. Pembagian dataset

| **Kelas** | **Jumlah** | |
|---|---|---|
| | ***Data Train 90%*** | ***Data Valid 10%*** |
| *Stand* Meter | 1800 | 200 |
| 0 | 2387 | 261 |
| 1 | 1051 | 113 |
| 2 | 958 | 130 |
| 3 | 1043 | 133 |
| 4 | 919 | 85 |
| 5 | 819 | 77 |
| 6 | 714 | 78 |
| 7 | 763 | 97 |
| 8 | 682 | 70 |
| 9 | 756 | 80 |
| **Total** | **11892** | **1324** |

### 3.4. Perancangan Sistem

Model rancangan sistem ini berfokus pada sistem deteksi dan pengenalan angka *stand meter* listrik. Data masukan (*input*) diperoleh dari hasil foto yang diambil oleh petugas pencatat meteran. Kemudian, *input* tersebut akan diproses oleh sistem menggunakan *Computer Vision* dengan menerapkan metode *You Only Look Once* versi 11 (YOLO11) yang diimplementasikan pada FastAPI yang menggunakan

*framework* python. Hasil pemrosesan ini berupa *bounding box* dan label dari objek angka yang telah berhasil dilatih oleh model.

### 3.5. Implementasi

Pada tahapan ini, dilakukan proses pelatihan model menggunakan layanan *cloud* Google Colab. Layanan ini digunakan sebagai lingkungan pembuatan model melalui Jupyter Notebook untuk mengeksekusi kode bahasa pemrograman Python. Setelah model khusus ini selesai dilatih, model tersebut kemudian dihubungkan dan diintegrasikan ke dalam *framework* Python menggunakan FastAPI.

### 3.6. Pengujian

Pada tahapan ini, dilakukan pengujian terhadap proses pelatihan model. Pengujian dilakukan menggunakan beberapa penyesuaian parameter yang berbeda dengan tujuan untuk mendapatkan hasil performa terbaik dari proses pelatihan model tersebut. Rincian dari penyesuaian parameter pengujian model YOLO11 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rincian pengujian model

| No | Image Size | Batch Size | Epoch |
|---|---|---|---|
| 1 | 640x640 | 16 | 100 |
| 2 | 640x640 | 16 | 120 |

### 3.7. Evaluasi

Dari hasil pelaksanaan beberapa pelatihan, tingkat keakuratan deteksi model akan diuji menggunakan metrik *mean Average Precision* (mAP). mAP berfungsi untuk mengukur tingkat performa model dalam mendeteksi objek berdasarkan hasil pelatihan data [12]. Sebelum menghitung nilai mAP, perlu dilakukan penyesuaian nilai *threshold* pada IoU untuk memvalidasi objek yang terdeteksi [13]. *Threshold* merupakan nilai ambang batas yang berfungsi untuk menyaring hasil prediksi data yang tidak sempurna. Dalam konteks deteksi objek, nilai *threshold confidence* digunakan untuk menentukan apakah suatu hasil prediksi objek layak untuk ditampilkan atau harus diabaikan.

Selain itu, terdapat nilai IoU (*Intersection over Union*) yang mencerminkan seberapa akurat kotak prediksi (*bounding box*) buatan model tumpang tindih dengan kotak objek yang sebenarnya (*ground truth*). Kedua konsep ini memiliki peran yang sangat penting dalam mengevaluasi keseluruhan kinerja model deteksi [9]. Untuk mendapatkan nilai mAP, diperlukan kalkulasi nilai AP (*Average Precision*) yang diturunkan dari nilai *Recall* dan *Precision*. Persamaan matematis untuk mAP, *Recall*, dan *Precision* dapat dilihat pada Persamaan 1, 2, dan 3 berikut.

$$\text{mAP} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} AP_i \quad (1)$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{(TP + FN)} \quad (2)$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{(TP + FP)} \quad (3)$$

Keterangan rumus:
- n : Jumlah AP
- AP : Average Precision
- TP : True Positive
- FP : False Positive

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut hasil dari pengujian proses pelatihan model yang telah dilakukan dengan menggunakan beberapa parameter.

Tabel 3. Hasil pengujian pelatihan model

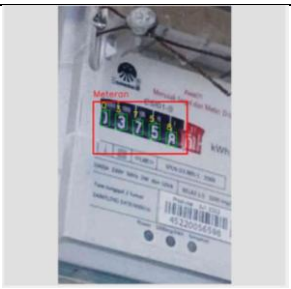
| No | Epoch | Precision | Recall | mAP50 | mAP50-95 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 100 | 99,91% | 99,88% | 99,5% | 88,66% |
| 2 | 120 | 99,92% | 99,94% | 99,5% | 90,09% |

Pada Tabel 3, Berdasarkan hasil beberapa percobaan yang dilakukan, pelatihan model YOLO11 yang dijalankan dengan parameter *image size* 640x640, *batch size* 16, dan proses iterasi sebanyak 120 *epoch* telah menghasilkan performa yang sangat optimal. Berdasarkan matriks evaluasi, model tersebut berhasil mencatatkan nilai *Precision* sebesar 99,919%, *Recall* sebesar 99,939%, dengan *mean Average Precision* (mAP50) sebesar 99,5%, dan mAP50-95 sebesar 90,092%. Tingginya perolehan nilai metrik ini membuktikan bahwa konfigurasi model yang diterapkan mampu mengenali fitur-fitur angka pada meteran listrik dengan tingkat ketelitian dan pengenalan kelas yang luar biasa.

Selanjutnya, untuk menguji keandalan model di dunia nyata, dilakukan tahap *deployment* dengan mengimplementasikan bobot model terbaik (*best.pt*). Pengujian ini menggunakan 20 citra uji baru yang belum pernah dikenali oleh model selama fase pelatihan. Citra-citra tersebut sengaja dipilih untuk merepresentasikan berbagai variasi anomali visual yang kerap dihadapi petugas di lapangan, seperti gangguan pantulan cahaya (silau), gambar buram akibat guncangan tangan, hingga objek meteran yang tertutup kotoran dan debu. Rincian hasil pengujian performa deteksi pada berbagai kondisi citra tersebut disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian deteksi model

| No | Gambar | Kondisi Meteran | Hasil |
|---|---|---|---|
| | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 |  | Jarak pengambilan foto cukup jauh dan sudut pengambilan gambar miring | Semua angka terdeteksi benar |
| 2 |  | Buram dan tertutup sebagian pantulan cahaya | Semua angka terdeteksi benar |
| 3 |  | *Blur* dan sebagian angka tertutup cahaya | Semua angka terdeteksi benar |
| 4 |  | Foto diambil dengan kondisi tangan bergetar dan sangat *blur* | Satu angka terdeteksi salah (angka 5 terdeteksi sebagai 8) |
| 5 |  | Jauh dan pengambilan gambar dengan sudut miring sehingga sebagian angka terpotong | Semua angka terdeteksi benar |
| 6 |  | Jarak jauh dan sudut pengambilan sangat miring sehingga ada sebagian angka yang terpotong | Semua angka terdeteksi benar |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7 |  | Jarak jauh, *blur*, dan sudut pengambilan sangat miring sehingga ada sebagian angka yang terpotong | Semua angka terdeteksi benar |
| 8 |  | Kotor, buram, dan sedikit *blur* | Satu angka terdeteksi salah (angka 3 terdeteksi sebagai 9) |
| 9 |  | Buram dan berdebu | Semua angka terdeteksi benar |
| 10 |  | Buram dan *blur* namun angka masih terlihat jelas | Semua angka terdeteksi benar |
| 11 |  | Diambil pada malam hari dengan kondisi pencahayaan minim | Semua angka terdeteksi benar |
| 12 |  | Kotor dan Sebagian angka tertutup debu | Semua angka terdeteksi benar |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 13 |  | Buram, berdebu, dan Sebagian angka tertutup garis cahaya | Semua angka terdeteksi benar |
| 14 |  | Foto diambil dengan kondisi bergetar dan sangat *blur* | Semua angka terdeteksi benar |
| 15 |  | Foto diambil dengan kondisi bergetar dan sangat *blur* | Semua angka terdeteksi benar |
| 16 |  | Buram, berdebu, dan sebagian angka tertutup garis cahaya | Semua angka terdeteksi benar |
| 17 |  | Sangat kotor, buram, dan *blur* | Semua angka terdeteksi benar |
| 18 |  | Silau, berdebu, dan Sebagian angka terpotong karena sudut pengambilan gambar | Semua angka terdeteksi benar |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 19 |  | Buram, silau, dan berdebu | Semua angka terdeteksi benar |
| 20 |  | Diambil pada malam hari dan pencahayaan minim, sebagian angka terpotong dan tertutup kotoran | Semua angka terdeteksi benar |

Berdasarkan hasil uji coba yang dipaparkan pada Tabel 4, terlihat jelas bahwa model YOLO11 secara umum mampu mempertahankan performa deteksinya. Model berhasil membaca deret angka *stand meter* dengan presisi meskipun gambar diambil dari jarak jauh, memiliki sudut kemiringan ekstrem, minim pencahayaan, maupun terhalang oleh debu. Akan tetapi, pada kondisi penurunan kualitas visual yang terlampau parah, seperti guncangan kamera yang menghasilkan *blur* tingkat tinggi atau kotoran yang merusak pola lekukan angka (contoh pada citra pengujian ke-4 dan ke-8), model masih rentan mengalami kesalahan klasifikasi (*misclassification*). Fenomena ini menegaskan bahwa tingkat kejelasan struktur visual karakter tetap menjadi faktor penentu utama yang memengaruhi akurasi prediksi akhir model, terlepas dari seberapa tangguh arsitektur algoritma yang digunakan.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, model *You Only Look Once* versi 11 (YOLO11) dengan konfigurasi parameter pelatihan menggunakan *image size* 640x640, *batch size* 16, dan jumlah iterasi sebanyak 120 *epoch*, menunjukkan kinerja yang sangat memuaskan dalam mendeteksi angka pada citra *stand meter* listrik pascabayar analog. Model ini berhasil mencatatkan metrik evaluasi yang sangat tinggi, yaitu nilai *precision* sebesar 99,919%, *recall* sebesar 99,939%, mAP50 sebesar 99,5%, dan mAP50-95 mencapai 90,092%. Hasil pengujian tersebut membuktikan bahwa model memiliki tingkat akurasi, konsistensi, dan kemampuan generalisasi yang sangat tangguh dalam mengekstraksi digit angka secara otomatis pada berbagai variasi kondisi visual meteran di lapangan. Dengan demikian, algoritma YOLO11 yang dikembangkan terbukti sangat efektif, efisien, dan andal untuk diimplementasikan sebagai solusi komputerisasi guna mempercepat proses verifikasi data pada tahap *Billing* Fungsi II di PT PLN (Persero) UP3 Singkawang.

Meskipun telah menunjukkan performa yang komprehensif, model deteksi ini masih memiliki potensi untuk terus ditingkatkan pada penelitian selanjutnya. Peningkatan tersebut dapat dicapai melalui penambahan jumlah dan keberagaman dataset visual yang lebih ekstrem, khususnya pada kondisi fisik meteran yang tertutup kotoran tebal, *blur* akibat guncangan parah, maupun kondisi pencahayaan yang sangat minim, guna menyempurnakan ketahanan model. Selain itu, perluasan batasan pengenalan kelas objek untuk mencakup varian *stand meter* digital dan kWh prabayar juga sangat direkomendasikan. Ke depannya, implementasi arsitektur model ini juga dapat dieksplorasi lebih jauh dengan mengintegrasikannya ke dalam ekosistem *Internet of Things* (IoT) memanfaatkan mikrokontroler seperti ESP32-CAM, sehingga memungkinkan terciptanya sistem pemantauan kelistrikan secara jarak jauh dan sepenuhnya otomatis.

## DAFTAR PUSTAKA

[1] Maulana *et al.*, “Jurnal Teknologi Infomasi dan Informasi Komputer TGD,” *Januari*, vol. 6, pp. 8–15, 2023, [Online]. Available: https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jsk/index

[2] et all Meyke, “Petitum LawJournal,” *Petitum Law J.*, vol. 1, no. 1, pp. 177–188, 2023.

[3] F. Sa’adat and E. P. Widiyanto, “Implementasi YOLOv8 dalam deteksi angka meteran air PDAM,” *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 11, no. 3, pp. 320–334, 2024, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/384892270

[4] J. Justam, A. Malik, E. Erlita, D. Mangellak, and Y. Yuyun, “Perbandingan Kinerja YOLO vs Faster R-CNN untuk Deteksi & Estimasi Berat Ikan,” *J. Ilm. Sist. Inf. dan Tek. Inform.*,

vol. 7, no. 2, pp. 363–376, 2024, doi: 10.57093/jisti.v7i2.273.

[5] D. N. Sinaga, "PENERAPAN METODE YOLOV11 DALAM DETEKSI ANGKA PADA METERAN AIR PDAM STUDI KASUS PDAM KM 4 PALEMBANG," vol. 10, no. 3, pp. 3933–3938, 2026.

[6] W. Iswanto, R. Khana, and M. Sobirin, "Peningkatan Akurasi Deteksi Angka pada Meteran Air Berbasis YOLOv10 Melalui Augmentasi Beragam dan Integrasi Notifikasi Otomatis ke Telegram Improving the Accuracy of Number Detection on YOLOv10-Based Water Meters Through Various Augmentations and Automatic Notification Integration into Telegram," vol. 7, no. 2, pp. 77–88, 2025.

[7] P. Jiang, D. Ergu, F. Liu, Y. Cai, and B. Ma, "A Review of Yolo Algorithm Developments," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 199, pp. 1066–1073, 2021, doi: 10.1016/j.procs.2022.01.135.

[8] M. Imran, H. Anwar, M. Tufail, A. Khan, M. Khan, and D. A. Ramli, "Image-Based Automatic Energy Meter Reading Using Deep Learning," *Comput. Mater. Contin.*, vol. 74, no. 1, pp. 203–216, 2023, doi: 10.32604/cmc.2023.029834.

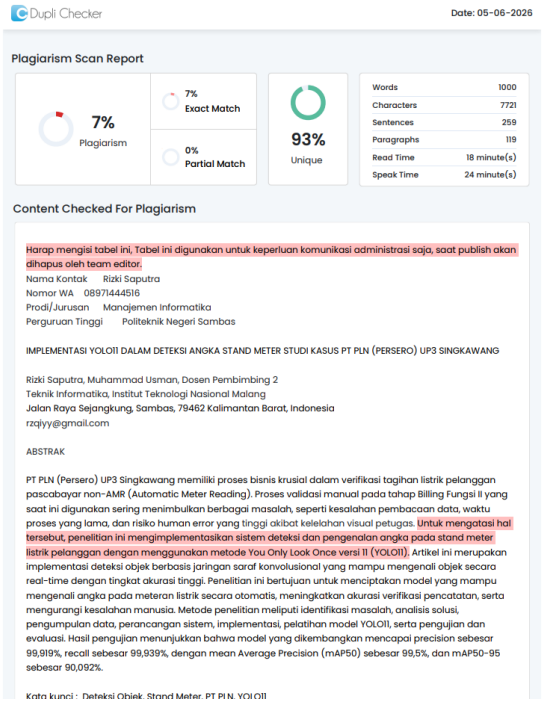
[9] H. Zhang and S. Zhang, "Focaler-IoU: More Focused Intersection over Union Loss," pp. 1–4, 2024, [Online]. Available: http://arxiv.org/abs/2401.10525

[10] S. J. Kim and M. J. Kim, "Journal of Advanced Artificial Intelligence , Engineering and Technology Human Action Recognition Using YOLOv11 Ultralytics : A Comprehensive Study for Real-Time Applications Journal of Advanced Artificial Intelligence ," vol. 1, no. 2, 2025.

[11] F. Martinelli, F. Mercaldo, and A. Santone, "Water Meter Reading for Smart Grid Monitoring," *Sensors*, vol. 23, no. 1, pp. 1–14, 2023, doi: 10.3390/s23010075.

[12] A. F. Fandisyah, N. Iriawan, and W. S. Winahju, "Deteksi Kapal di Laut Indonesia Menggunakan YOLOv3," *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 10, no. 1, 2021, doi: 10.12962/j23373520.v10i1.59312.

[13] T. H. A. kusuma Al, K. Usman, and S. Saidah, "People Counting For Public Transportations Using You Only Look Once Method People Counting Untuk Transportasi Publik Menggunakan," *Tek. Inform.*, vol. 2, no. 1, pp. 57–66, 2021.



Dupli Checker Date: 05-06-2026

Plagiarism Scan Report

7% Plagiarism
7% Exact Match
0% Partial Match
93% Unique

| | |
|---|---|
| Words | 1000 |
| Characters | 7721 |
| Sentences | 259 |
| Paragraphs | 119 |
| Read Time | 18 minute(s) |
| Speak Time | 24 minute(s) |

Content Checked For Plagiarism

Harap mengisi tabel ini, Tabel ini digunakan untuk keperluan komunikasi administrasi saja, saat publish akan dihapus oleh team editor.
Nama Kontak Rizki Saputra
Nomor WA 08971444516
Prodi/Jurusan Manajemen Informatika
Perguruan Tinggi Politeknik Negeri Sambas

IMPLEMENTASI YOLO11 DALAM DETEKSI ANGKA STAND METER STUDI KASUS PT PLN (PERSERO) UP3 SINGKAWANG

Rizki Saputra, Muhammad Usman, Dosen Pembimbing 2
Teknik Informatika, Institut Teknologi Nasional Malang
Jalan Raya Sejangkung, Sambas, 79462 Kalimantan Barat, Indonesia
rzqiyy@gmail.com

ABSTRAK

PT PLN (Persero) UP3 Singkawang memiliki proses bisnis krusial dalam verifikasi tagihan listrik pelanggan pascabayar non-AMR (Automatic Meter Reading). Proses validasi manual pada tahap Billing Fungsi II yang saat ini digunakan sering menimbulkan berbagai masalah, seperti kesalahan pembacaan data, waktu proses yang lama, dan risiko human error yang tinggi akibat kelelahan visual petugas. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini mengimplementasikan sistem deteksi dan pengenalan angka pada stand meter listrik pelanggan dengan menggunakan metode You Only Look Once versi 11 (YOLO11). Artikel ini merupakan implementasi deteksi objek berbasis jaringan saraf konvolusional yang mampu mengenali objek secara real-time dengan tingkat akurasi tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan model yang mampu mengenali angka pada meteran listrik secara otomatis, meningkatkan akurasi verifikasi pencatatan, serta mengurangi kesalahan manusia. Metode penelitian meliputi identifikasi masalah, analisis solusi, pengumpulan data, perancangan sistem, implementasi, pelatihan model YOLO11, serta pengujian dan evaluasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model yang dikembangkan mencapai precision sebesar 99,919%, recall sebesar 99,939%, dengan mean Average Precision (mAP50) sebesar 99,5%, dan mAP50-95 sebesar 90,092%.

Kata kunci : Deteksi Objek, Stand Meter, PT PLN, YOLO11