

# Dokumentasi Teknis: Prototipe Sistem OCR dan Validasi Data KTP

Versi: 1.0 (Final Draft) Tanggal: 24 September 2025 Penulis: Varraz Hazzandra Abrar

---

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang Proyek

Proyek ini dimulai sebagai inisiatif untuk mengembangkan sistem internal yang mampu mengekstraksi informasi dari Kartu Tanda Penduduk (KTP) secara otomatis. Kebutuhan ini muncul dari rencana awal untuk menggunakan solusi pihak ketiga, yang kemudian dialihkan menjadi proyek riset dan pengembangan (R&D) internal yang dilaksanakan selama periode kerja praktik. Proyek ini bertujuan untuk melakukan studi kelayakan teknis, mengeksplorasi berbagai pendekatan, dan membangun sebuah prototipe fungsional (*Proof-of-Concept*).

### 1.2. Tujuan Dokumen

Dokumen ini bertujuan untuk memberikan gambaran teknis yang mendalam mengenai seluruh alur kerja, arsitektur, teknologi yang digunakan, tantangan yang dihadapi, dan hasil akhir dari proyek pengembangan prototipe sistem OCR KTP. Dokumen ini dapat dijadikan sebagai landasan untuk pengembangan lebih lanjut oleh tim internal perusahaan.

## 2. Arsitektur Sistem Prototipe

Prototipe akhir dikembangkan sebagai aplikasi web lokal yang mensimulasikan alur kerja inti dari sistem OCR. Arsitektur ini sengaja dibuat sederhana untuk fokus pada pengujian dan validasi fungsionalitas *backend*.

### Alur Kerja Sistem:

- Unggah Gambar (User Interface):** Pengguna mengunggah gambar KTP melalui *interface* web sederhana.
- Pra-pemrosesan Gambar (Pre-processing):** Gambar yang diunggah melewati serangkaian proses untuk meningkatkan kualitas dan orientasi sebelum dimasukkan ke model OCR.
- Mesin OCR (OCR Engine):** Teks pada gambar diekstraksi menggunakan model EasyOCR yang sudah dilatih sebelumnya (*pre-trained*).
- Pasca-pemrosesan & Validasi (Post-processing & Validation):** Ini adalah modul inti. Hasil teks mentah dari OCR diproses, dipetakan ke *field* KTP yang benar, dibersihkan, dan divalidasi menggunakan logika bisnis.
- Keluaran (Output):** Hasil akhir disajikan dalam format JSON yang terstruktur dan siap digunakan.

### 3. Tahapan Pengembangan & Eksplorasi Teknis

Proyek ini tidak berjalan secara linear, melainkan melalui beberapa fase eksplorasi, evaluasi, dan pivot strategis.

#### 3.1. Fase 1: Prototyping Antarmuka (UI/UX)

- **Tujuan:** Memvisualisasikan alur kerja dari sudut pandang pengguna akhir.
- **Aktivitas:**
  - Merancang *user flow* untuk aplikasi mobile.
  - Membuat *low-fidelity* dan *high-fidelity* UI menggunakan **Android Studio (Java/XML)** dan **Flutter (Dart)**.
- **Hasil & Pembelajaran:** Prototipe UI berhasil memberikan gambaran jelas mengenai kebutuhan pengguna. Namun, untuk mempercepat pengembangan, fokus dialihkan dari pengembangan *frontend mobile* ke pembangunan mesin *backend* yang dapat diuji melalui antarmuka web sederhana.

#### 3.2. Fase 2: Riset Pra-pemrosesan Gambar

- **Tujuan:** Menemukan teknik pemrosesan gambar yang paling efektif untuk meningkatkan akurasi OCR.
- **Aktivitas:**
  - **Deteksi Objek:** Menguji model seperti **YOLO** dan algoritma **Sobel** untuk mengisolasi KTP dari latar belakang. Upaya ini dihentikan setelah asumsi proyek disederhanakan menjadi "gambar input hanya berisi KTP".
  - **Peningkatan Kualitas:** Mengimplementasikan dan membandingkan beberapa teknik:
    - **Grayscale & Binerisasi:** Memberikan sedikit peningkatan akurasi pada gambar berkualitas tinggi, namun dapat menghilangkan detail pada gambar berkualitas rendah.
    - **Deteksi Tepi (Canny):** Berguna untuk deteksi batas, namun kurang relevan setelah asumsi deteksi objek dihilangkan.
    - **Pelurusan Gambar (Image Straightening):** Terbukti menjadi teknik **paling berdampak**, secara signifikan meningkatkan keterbacaan teks pada KTP yang miring.
- **Hasil dan Pembelajaran :** Teorinya, gambar yang sudah diterapkan *grayscale* membuat model OCR lebih akurat membaca teks mengingat akan terdapat kontras yang lebih mudah dibaca ketimbang gambar biasa. Tetapi, pada penerapannya, model OCR justru mampu menangkap tulisan lebih akurat pada gambar asli ketimbang gambar grayscale. Belum diketahui kenapa hal tersebut terjadi, tetapi hipotesisnya adalah terdapat lebih banyak derau pada gambar grayscale yang terbaca sebagai karakter oleh model sehingga mengurangi akurasi model menangkap tulisan.

#### 3.3. Fase 3: Evaluasi Model OCR

- **Tujuan:** Memilih mesin OCR yang paling andal untuk dataset KTP Indonesia.
- **Aktivitas:** Melakukan pengujian komparatif antara dua model populer, yaitu TesseractOCR dan EasyOCR. EasyOCR mampu membaca tulisan dari KTP lebih baik daripada TesseractOCR, baik dalam menangkap tulisan secara keseluruhan maupun memahami konteks posisi tulisan pada KTP.
- **Keputusan:** **EasyOCR** dipilih sebagai mesin OCR utama untuk proyek ini.

### 3.4. Fase 4: Riset Fine-Tuning Model

- **Tujuan:** Menjajaki kemungkinan melatih ulang (fine-tuning) model EasyOCR untuk meningkatkan akurasi lebih lanjut.
- **Aktivitas:**
  - Mencari dan menyiapkan dataset KTP beranotasi.
  - Mempelajari proses pelabelan data (dengan pendekatan *cropping per-field*).
  - Mencoba menjalankan skrip *training* dan menghadapi berbagai kendala teknis:
    - Ketidakcocokan argumen antara versi model.
    - Perbedaan arsitektur yang memerlukan penyesuaian file konfigurasi (.yaml).
- **Kesimpulan:** *Fine-tuning* adalah proses yang sangat kompleks dan memerlukan sumber daya (waktu dan data berlabel) yang signifikan. Proyek kemudian **dipivotkan** untuk fokus memaksimalkan hasil dari model *pre-trained* melalui logika **pasca-pemrosesan yang cerdas**.

### 3.5. Fase 5: Pengembangan Modul Inti (Pasca-pemrosesan)

- **Tujuan:** Mengubah output teks mentah yang "kotor" dari EasyOCR menjadi data JSON yang bersih, terstruktur, dan tervalidasi.
- **Pendekatan yang Dikembangkan:**
  - **String Matching Awal:** Mencocokkan kata kunci seperti "Nama" atau "NIK". **Gagal** karena OCR sering salah membaca kata kunci (misal: "Nama" menjadi "NAMA" atau "Narna").
  - **Analisis Posisi (Positional Analysis):** Mengasumsikan posisi teks relatif terhadap kata kunci. **Gagal** karena posisi teks sangat bervariasi tergantung pada kemiringan dan kualitas gambar.
  - **Regular Expressions (Regex) - Pendekatan Final:** Ini adalah pendekatan yang paling berhasil dan menjadi inti dari prototipe.
    - **NIK:** Divalidasi dengan pola `\b\d{16}\b` untuk memastikan 16 digit angka.
    - **Nama:** Mengekstrak baris teks yang umumnya terdiri dari huruf kapital dan spasi.
    - **Tempat/Tgl Lahir:** Menggunakan Regex untuk memisahkan nama kota dan tanggal berformat DD-MM-YYYY.
    - **Alamat, RT/RW, Kel/Desa, Kecamatan:** Menggunakan kombinasi kata kunci dan Regex untuk mengekstrak informasi bertingkat.

- **Logika Validasi Tambahan:**
  - **Validasi Tanggal Lahir dari NIK:** Mengekstrak 6 digit tanggal lahir dari NIK dan membandingkannya dengan field Tanggal Lahir (termasuk penambahan 40 untuk perempuan).
  - **Validasi Hirarki Geografis:** Memastikan bahwa Kecamatan, Kabupaten/Kota, dan Provinsi adalah kombinasi yang valid (menggunakan data referensi).

#### 4. Teknologi yang Digunakan

- **Bahasa Pemrograman:** Python, Dart
- **Framework:** Flutter (untuk prototipe UI), Flask (untuk prototipe web lokal)
- **Library Utama:**
  - **OCR:** EasyOCR, Tesseract (untuk perbandingan)
  - **Image Processing:** OpenCV, Scikit-image
  - **Data Manipulation:** Pandas, NumPy
- **Tools:** Android Studio, VS Code, Git, Jupyter Notebook (untuk eksperimen)

#### 5. Rekomendasi & Pengembangan Selanjutnya

1. **Fokus pada Fine-Tuning:** Dengan alokasi waktu dan sumber daya yang cukup, melakukan *fine-tuning* pada model EasyOCR dengan dataset KTP yang besar dan bersih tetap menjadi langkah paling menjanjikan untuk meningkatkan akurasi di level ekstraksi.
2. **Integrasi Backend:** Mengintegrasikan logika pasca-pemrosesan yang sudah solid ini ke dalam arsitektur *backend* yang lebih besar (misalnya, sebagai *microservice*).
3. **Pengembangan Frontend:** Membangun kembali antarmuka pengguna (mobile atau web) yang lebih matang dan terhubung langsung dengan *endpoint* dari mesin OCR.
4. **Perluasan Aturan Validasi:** Menambahkan lebih banyak aturan validasi, seperti pengecekan kode pos berdasarkan kelurahan/kecamatan.