

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian terhadap layanan e-KYC berbasis arsitektur *microservices* pada aplikasi SIPADU BAZNAS Kota Padang yang dilakukan melalui tiga tahapan *increment*, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut yang disusun berdasarkan pemenuhan tujuan penelitian:

1. Perancangan dan Implementasi Arsitektur Microservices yang Mengisolasi Beban Komputasi (Dukungan pada Aman Regulasi).

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan arsitektur *microservices* yang memisahkan beban komputasi layanan e-KYC dari layanan inti aplikasi SIPADU. Pemisahan ini diwujudkan melalui modul *Face Match* dan *Liveness Detection* yang bersifat *loosely coupled*, penggunaan API Gateway, integrasi *message broker* (Redis Queue/BullMQ) sebagai mekanisme pemisahan beban kerja, *worker* mandiri per modul, serta penerapan skema *hybrid deployment*. Desentralisasi basis data ke dalam empat proyek Supabase yang independen juga berhasil diterapkan sebagai wujud dari prinsip *Least Privilege*. Hasil *fault testing* menunjukkan bahwa seluruh skenario kegagalan operasional (seperti *timeout* layanan, putusnya koneksi Redis, hingga *crash* pada *worker*) berhasil ditangani secara terkendali. Hal ini membuktikan bahwa mekanisme *fault isolation* antar-modul telah berfungsi sebagaimana dirancang tanpa menyebabkan kelumpuhan sistem secara menyeluruh.

2. Evaluasi Akurasi Layanan e-KYC dalam Mencegah Pemalsuan (Dukungan pada Aman Syar'i dan Praktik Aman NKRI)

Evaluasi akurasi layanan e-KYC yang diuji langsung kepada pengguna (live testing) mencatatkan performa yang menggarisbawahi tantangan infrastruktur digital dan fisik mustahik. Modul OCR mencatat rata-rata Character Error Rate (CER) yang cukup responsif sebesar 13,55%, yang dimitigasi melalui pemindaian ulang NIK dan koreksi manual.

Pada modul Face Match, dari 100 skenario pengujian, sistem mencapai tingkat akurasi sebesar 97% dengan rincian True Positive (TP) 7, True Negative (TN) 90, False Positive (FP) 0, dan False Negative (FN) 3. Ketidadaan kelolosan palsu (FP 0%) ini memberikan indikasi keandalan yang sangat kuat dalam mendukung penerapan Aman Syar'i untuk mencegah manipulasi identitas silang. Adapun kasus penolakan keliru (FN) ditemukan murni akibat faktor fisik KTP mustahik yang kusam atau memudar.

Di sisi lain, modul Liveness Detection dari 80 pengujian mencatatkan tingkat akurasi 82,5% dengan rincian TP 31, TN 35, FP 5, dan FN 9. Kendala penolakan keliru (FN) pada modul ini diakibatkan oleh kondisi lingkungan pengujian, seperti variasi pencahayaan dan kualitas kamera gawai pengguna. Penerapan mekanisme blokir total saat ini berfungsi sebagai langkah mitigasi awal sistem untuk mengunci celah pendaftaran identitas palsu (Aman NKRI). Namun, temuan empiris terkait KTP kusam dan tingginya FN akibat gawai menegaskan adanya potensi eksklusi digital bagi mustahik yang sah. Hal ini membuktikan perlunya layanan e-KYC diposisikan murni sebagai penyaring awal (first line of defense) yang tetap harus disandingkan dengan mekanisme human-in-the-loop (verifikasi manual oleh Amil BAZNAS) agar prinsip keadilan tetap terjaga..

3. Pengujian Ketangguhan Arsitektur Integrasi

Arsitektur menunjukkan ketangguhan yang memadai melalui hasil load testing, fault testing, dan integration testing. Load testing mencatat respons API Gateway dengan 0% drop rate dan waktu respons median 1,3 detik melalui pemisahan beban asinkron. Penerapan concurrency limit terbukti efektif melindungi peladen dari risiko Out of Memory saat lonjakan permintaan, dan sistem mampu bertahan terhadap limitasi pihak ketiga (rate limit Hugging Face) tanpa memicu kegagalan beruntun. Ketangguhan ini memberikan landasan infrastruktur API-driven yang memfasilitasi integrasi dengan basis data legalitas negara (Dukcapil) di masa depan tanpa merombak sistem inti SIPADU, sebagai wujud persiapan menuju pemenuhan Aman NKRI. Selain itu, mekanisme

checkpointing terbukti menjaga konsistensi data lintas modul, yang turut mendukung Aman Regulasi dengan meminimalisir risiko anomali data selama proses verifikasi.

Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa arsitektur *microservices* dengan skema *hybrid deployment*, mekanisme antrean asinkron, dan pemisahan basis data per modul sukses menghadirkan layanan e-KYC yang terisolasi dari sistem inti SIPADU. Layanan ini memiliki akurasi biometrik yang andal serta ketangguhan tinggi terhadap beban maupun kegagalan komponen.

B. Saran

Berdasarkan temuan, keterbatasan, dan catatan kritis yang dijumpai selama proses perancangan, implementasi, dan pengujian, berikut adalah beberapa saran yang direkomendasikan untuk pengembangan sistem dan penelitian lanjutan:

1. Terkait Modul OCR

- a) Mengimplementasikan teknik prapemrosesan gambar tingkat lanjut atau mengeksplorasi mesin OCR alternatif berbasis deep learning (seperti PaddleOCR atau TrOCR) untuk menekan nilai Character Error Rate (CER). Hal ini khususnya ditujukan untuk menangani interferensi watermark dan kegagalan segmentasi tata letak (page segmentation) yang masih menjadi pemicu error.
- b) Mempertimbangkan penurunan ambang batas resolusi minimum gambar (saat ini 500px) yang dikombinasikan dengan teknik peningkatan resolusi (image upscaling). Pendekatan ini memungkinkan sistem memproses variasi kualitas kamera gawai mustahik kelas bawah (low-end) tanpa mengorbankan akurasi ekstraksi.
- c) Memperluas cakupan pengujian modul dengan variasi kondisi fisik KTP yang lebih ekstrem (seperti KTP terkelupas, pudar parah/kusam, miring, atau berbayang) guna memastikan ketahanan modul terhadap realitas dokumen demografi pengguna di lapangan.

2. Terkait Modul *Face Match* dan Liveness Detection

- a) Melakukan pengujian akurasi biometrik secara real-time dengan skala populasi yang lebih besar dan beragam guna memvalidasi konsistensi nilai False Positive dan False Negative pada kondisi lingkungan yang tidak terduga.
- b) Mengintegrasikan mekanisme verifikasi tambahan, seperti analisis tekstur wajah (texture-based anti-spoofing), guna memperkecil risiko False Positive yang diakibatkan oleh tingkat kemiripan demografis antar-individu.
- c) Menerapkan jeda waktu pemanasan kamera (warm-up time) sebelum sistem memindai gerakan liveness, serta memperketat syarat validasi frame berurutan. Langkah praktis ini bertujuan mereduksi kegagalan klasifikasi (FN) akibat anomali sesaat seperti ketidakstabilan perangkat atau fluktuasi pencahayaan.
- d) Menguji performa Face Match pada subjek dengan interval waktu pembuatan KTP yang lebih panjang (misalnya perbedaan usia di atas 5–10 tahun antara foto KTP dan wajah asli) serta variasi penggunaan aksesoris harian (kacamata, hijab, dsb).

3. Terkait Arsitektur Microservices dan Integrasi Sistem

- a) Memperluas cakupan pengujian keamanan (security testing), termasuk uji kerentanan terhadap serangan replay, manipulasi payload, dan celah komunikasi antar-layanan, guna melengkapi parameter pengujian beban dan ketahanan operasional pada penelitian ini.
- b) Melaksanakan pengujian beban dengan skala yang lebih masif dan durasi yang lebih panjang untuk memvalidasi stabilitas peladen pada kondisi trafik lingkungan produksi yang sesungguhnya.
- c) Mempertimbangkan tahap migrasi infrastruktur modul OCR dari skema hybrid deployment (menggunakan tunneling lokal) ke lingkungan cloud yang lebih permanen. Hal ini bertujuan untuk mereduksi risiko ketergantungan pada koneksi jaringan lokal serta URL publik yang bersifat sementara.
- d) Mengimplementasikan sistem pemantauan (monitoring) dan pencatatan log (logging) yang terpusat lintas layanan (API Gateway, worker, dan keempat

proyek Supabase) guna memfasilitasi proses audit dan pelacakan masalah (troubleshooting) secara waktu nyata (real-time).

4. Terkait Pengembangan Lanjutan

- a) Membangun Mekanisme Fallback (Human-in-the-Loop): Merancang fitur dasbor verifikasi manual bagi Amil BAZNAS untuk menindaklanjuti status permohonan yang ditolak oleh sistem AI (False Negative akibat limitasi gawai/KTP kusam). Hal ini krusial agar kebijakan blokir total saat ini tidak menciptakan eksklusi digital, sehingga prinsip Aman Syar'i (keadilan distribusi) tetap terjamin.
- b) Melibatkan pengguna akhir (mustahik) secara langsung dalam pengujian kebergunaan (usability testing), khususnya pada tahap instruksi pemindaian wajah. Hal ini penting untuk memastikan antarmuka layanan ramah bagi kelompok masyarakat dengan tingkat literasi digital yang beragam.
- c) Melengkapi penerapan isolasi data secara teknis dengan pengembangan instrumen non-teknis, seperti penyusunan Terms of Service dan form Persetujuan Subjek Data (Consent Form) yang transparan dan mudah dipahami oleh mustahik, guna menyempurnakan kepatuhan BAZNAS terhadap aspek administratif UU PDP (Aman Regulasi).

UIN IMAM BONJOL
PADANG

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyanti, K., & Widodo, T. W. (2026). Implementasi optical character recognition berbasis backpropagation untuk text to speech perangkat android. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentations Systems)*. <https://doi.org/10.22146/ijeis.10767>
- Arief, M., & Chaniago, A. U. (2025). Penerapan arsitektur microservices pada web e-commerce menggunakan metode grpc. *Jurnal Networking System and Security System*, 2(1).
- Aurellia, A. (2025). Pemanfaatan uml dalam perancangan sistem informasi produk kreatif daur ulang sampah berbasis web. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3S1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3S1.8073>
- AWS. (2026). *Apa Itu OCR (pengenalan karakter optik)?* Amazon Web Services. <https://aws.amazon.com/id/what-is/ocr/>
- Azizah, I., Rifqi Al Baqi Ananta, M., Uffi Lestari Ma, A., Fika RomdoniT, L., Iqbal, M., & Pramono, S. (2025). Rancang bangun website NGOMPAS untuk manajemen kepatuhan minum obat berbasis backend terpusat dan Supabase menggunakan metode Agile. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 9(6). <https://doi.org/10.36040/jati.v9i6.16372>
- BAZNAS RI. (2025). *Gelar Rakernis IT 2025, BAZNAS RI Optimalkan Modernisasi dan Digitalisasi Pengelolaan Zakat Nasional*. https://baznas.go.id/news-show/Gelar_Rakernis_IT_2025,_BAZNAS_RI_Optimalkan_Modernisasi_dan_Digitalisasi_Pengelolaan_Zakat_Nasional/3485
- Buwono, R. C. (2019). Web services menggunakan format json. *Jurnal Teknologi Informasi*. <https://doi.org/10.35842/jtir.v14i2.282>
- Darpito, M. N., Firdausy, K., & Fadlil, A. (2025). Perbandingan unjuk kerja library optical character recognition (ocr) dalam pengenalan teks pada dokumen digital. *JIP (Jurnal Informatika Polinema)*. <https://doi.org/10.33795/jip.v11i3.7025>
- Dragoni, N., Giallorenzo, S., Lafuente, A. L., Mazzara, M., Montesi, F., Mustafin, R., & Safina, L. (2017). Microservices: Yesterday, today, and tomorrow. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1606.04036>
- Erbani, J., Portier, P. É., Egyed-Zsigmond, E., & Nurbakova, D. (2024). Confusion matrices: A unified theory. *IEEE Access*, 12, 181372–181419. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3507199>

- Fadhilasari, A., Wahanani, H. E., & Akbar, A. (2024). Equivalence partitioning dan boundary value analysis dalam black box testing pada platform e-commerce berbasis web di Lima Benua. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 8(3). <https://doi.org/10.36040/jati.v8i3.9673>
- Fagerberg, A. (2015). *Optimising clients with API gateways*.
- ITB. (2022). *Mengenal sistem e-kyc: manfaat dan keuntungannya di era digital*. <https://itb.ac.id/news/read/58560/home/mengenal-sistem-e-kyc-manfaat-dan-keuntungannya-di-era-digital>
- Jana, R., Chowdhury, A. R., & Islam, M. (2014). Optical character recognition from text image. *International Journal of Computer Applications Technology and Research*, 3, 239–243. <https://doi.org/10.7753/IJCATR0304.1009>
- Kushavaha, K., Kumar, A., & Chakrawati, A. (2024). OCR: Optical Character Recognition. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 12(4), 3854–3856. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.60794>
- Liu, X., Zhou, S., Song, Y., Luo, W., & Zhang, X. (2023). CLIPC8: Face liveness detection algorithm based on image-text pairs and contrastive learning. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.17583>
- Mantik, H. (2022). Pengembangan eKYC (electronic know-your-customer) menggunakan metode biometric sebagai alat bantu verifikasi data pelanggan: Studi kasus PT XYZ. Studi Kasus Pt Xyz. *JSI (Jurnal Sistem Informasi) Universitas Suryadarma*. <https://doi.org/10.35968/jsi.v9i1.843>
- Nguyen, T. T. H., Jatowt, A., Coustaty, M., & Doucet, A. (2022). Survey of post-OCR processing approaches. *ACM Computing Surveys*, 54(6). <https://doi.org/10.1145/3453476>
- Pan, G., Wu, Z., & Sun, L. (2008). *Liveness detection for face recognition*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/6397>
- Panuntun, F. G., & Sejati, R. H. P. (2024). Sistem otomatisasi deteksi dan ekstraksi data KTP berbasis convolutional neural network dan optical character recognition. *JSAI: Journal Scientific and Applied Informatics*, 7(3). <https://doi.org/10.36085>
- Putra, D. B., Hakim, M. Abd. M., & Nurdewanto, B. (2023). Implementasi electronic-know your customer pada aplikasi fintech untuk meningkatkan keamanan akun user. *Journal of Information System and Application Development*, 1(2), 111–120. <https://doi.org/10.26905/jisad.v1i2.11112>
- Rachman, A., Andreansyah, & Rahmi. (2020). Implementation of incremental models on development of web-based loan cooperative applications.

International Journal of Education, Science, Technology, and Engineering, 3(1), 26–34. <https://doi.org/10.36079/lamintang.ijeste-0301.105>

Ramu, V. B. (2023). Performance impact of microservices architecture. *The Review of Contemporary Scientific and Academic Studies*, 3(6). <https://doi.org/10.55454/rcsas.3.06.2023.010>

Shinde, P., & Raundale, A. R. (2024). Face and liveness detection with criminal identification using machine learning and image processing techniques for security system. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, 13(1), 722–729. <https://doi.org/10.11591/ijai.v13.i1.pp722-729>

Sukma Maulana, W. (2022). Implementasi arsitektur pemrograman microservices untuk migrasi sistem informasi PT Dwidaya World Wide (Dwidaya Tour and Travel) dengan metodologi SDLC rapid application development. *Jurnal Ilmiah Teknik (JUIT)*, 1(1). <https://doi.org/10.56127/juit.v1i1.565>

Verma, K., Rao, A. P., Kumar, R., & Ranjan, R. (2023). Efficient e-KYC authentication system: Redefining customer verification in digital banking. *2023 9th International Conference on Signal Processing and Communication, ICSC 2023*, 319–324. <https://doi.org/10.1109/ICSC60394.2023.10441596>

Winanda, A. B. (2026). Digitalizing zakat: Enhancing muzakki loyalty through e-service quality and institutional image in Indonesia. *Journal of Digital Economic Studies*. <https://doi.org/10.64685/JDES.2026.1.1.42-60>

Xiang, Z. (2023). Application and analysis of face matching based on the Siamese model in face recognition. *Applied and Computational Engineering*, 41(1), 43–48. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/41/20230708>

UIN IMAM BONJOL
PADANG