

PROPOSAL CAPSTONE PROJECT

**Judul Project: SISTEM TANDA TANGAN
DIGITAL**

Kelompok:

- | | |
|----------------------------|------------|
| 1. Ahmad Fakhurrozi | (11221011) |
| 2. Wafiq Ajriyah | (11221027) |
| 3. Muhammad Shadam Bastian | (11221042) |
| 4. Awal Ramadhani | (11221067) |
| 5. Muh Rafi Al Ayyubi | (11221082) |
| 6. Dewi PurnamaSari | (11221087) |
| 7. Muhammad Ardian Saputra | (11211055) |

**Program Studi Informatika
Jurusan Teknologi Elektro dan Bisnis
Fakultas Sains dan Teknologi Informasi
Institut Teknologi Kalimantan
2025**

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	1
DAFTAR GAMBAR.....	2
DAFTAR TABEL.....	3
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Proyek.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
1.1 Tanda Tangan Elektronik dan Digital.....	6
1.2 Keamanan Informasi dan Kriptografi.....	6
1.3 Machine Learning untuk Verifikasi Tanda Tangan.....	7
1.4 Artificial Intelligence untuk Computer Vision dan Pengenalan Tulisan Tangan.....	7
1.5 Pengolahan Citra Digital.....	8
1.6 Sistem Verifikasi Tanda Tangan.....	8
1.7 Pengembangan Aplikasi Web.....	9
1.8 Pengembangan Aplikasi Mobile.....	9
BAB 3 METODOLOGI.....	11
3.1 Diagram Alir.....	11
3.2 Metodologi Desain.....	12
3.2.1 Model Pengembangan Perangkat Lunak.....	12
3.2.2 Pemodelan Sistem dengan UML.....	13
BAB 4 RENCANA PELAKSANAAN.....	14
4.1 Jadwal Pelaksanaan.....	14
4.2 Pembagian Tugas.....	14
Lampiran A. Dokumen Requirement.....	16
Lampiran B. Desain Antarmuka.....	24

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan maupun pertumbuhan pada bidang teknologi, informasi, dan komunikasi yang sangatlah pesat di zaman era globalisasi seperti ini sudah menimbulkan perubahan aktivitas kehidupan manusia di semua bidang. Peran teknologi informasi dan komunikasi ini sudah diposisikan dengan strategis sebab melahirkan dunia tanpa ruang, jarak, batas, ataupun waktu, yang mempengaruhi kenaikan efisiensi dan produktivitas. Pengaruh globalisasi dengan pemakaian sarana teknologi komunikasi maupun informasi sudah merubah pola hidup warga, serta mengalami perkembangan pada tatanan kehidupan baru juga memicu timbulnya perubahan ekonomi, sosial, pertahanan, budaya, penegakan hukum, dan keamanan.

Dunia sekarang ini sedang bertransisi ke era masyarakat informasi dan semuanya bertransformasi ke arah serba digital. Dengan ini masyarakat harus beradaptasi dengan perubahan agar tidak terkucilkan dari kemajuan global, karena teknologi informasi saat ini berkembang dengan sangat pesat, informasi, data dan pengetahuan dapat dibuat dengan cepat serta menyebar ke seluruh penjuru dunia dalam hitungan detik. Hal ini menunjukkan bahwa siapapun dapat berkomunikasi langsung di belahan bumi manapun tanpa memerlukan perantara.

Informasi dan komunikasi harus ditinjau pada dua kerangka pendekatannya, yakni dalam aspek hukumnya serta dalam aspek keberadaan teknologi informasi dan komunikasi. Kegiatan ekonomi yang dilakukan dengan memanfaatkan internet sebagai sarana kolaborasi, komunikasi, transaksi ekonomi dan koperasi ini secara langsung membawa pengaruh dalam bidang hukum kenotariatan. Oleh sebab itu, maka muncullah sistem baru dalam pelaksanaan kegiatan kenotariatan terutama dalam pembuatan perjanjian yaitu pada saat melakukan tanda tangan dalam sebuah kontrak.

Dengan memanfaatkan kemajuan dan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, sekarang banyak sekali yang bertransaksi elektronik dengan memanfaatkan sistem elektronik dalam pembuatan sebuah akta atau sertifikat perjanjian ataupun lebih populer dengan sistem elektronik dan sertifikasi elektronik. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No.11 Tahun 2008 mengenai informasi dan transaksi elektronik disebut dengan UU ITE, yang dimaknai sebagai tanda tangan elektronik yaitu tanda tangan yang mencakup informasi elektronik lainnya yang dijadikan alat identifikasi dan verifikasi. Sedangkan istilah autentifikasi diartikan sebagai sesuatu yang resmi untuk mendapatkan kekuatan hukum untuk proses pembuktian. Persoalan hukum yang akan dihadapi dalam masyarakat ialah saat berkaitan dengan proses pemberian komunikasi, informasi, maupun transaksi elektronik, terkhusus mengenai pembuktian serta hal tentang tindakan hukum yang dilakukan dari sistem elektronik dengan menggunakan tanda tangan elektronik.

Dalam konteks transaksi ekonomi digital, tanda tangan digital memainkan peran yang sangat penting. Tanda tangan digital digunakan untuk mengotentikasi dan memvalidasi dokumen dan

transaksi yang dilakukan secara elektronik. Hal ini memungkinkan bisnis dan individu untuk melakukan transaksi jarak jauh dengan kecepatan dan efisiensi yang tinggi. Meskipun demikian, dalam penggunaannya, terdapat dua jenis tanda tangan digital yang muncul: yang tersertifikasi dan yang tidak tersertifikasi.

Tanda tangan digital menjadi sarana efektif untuk otentikasi dan legalitas suatu dokumen secara elektronik. Dalam era teknologi modern, penggunaan tanda tangan digital menjadi semakin umum, termasuk di lembaga pendidikan. Dalam konteks inovasi ini, muncul permasalahan mengenai tinjauan hukum penggunaan tanda tangan digital, baik yang tersertifikasi maupun yang tidak tersertifikasi, di dua lembaga tersebut. Pertanyaan mengenai keabsahan dan kekuatan hukum dari tanda tangan digital menjadi sangat relevan untuk dianalisis.

Penerapan tanda tangan digital yang tersertifikasi dan tidak tersertifikasi memiliki dampak yang signifikan dalam berbagai konteks. Urgensi penggunaan tanda tangan digital yang tersertifikasi dapat terkait dengan tingkat keamanan dan keabsahan dokumen, sedangkan penggunaan yang tidak tersertifikasi mungkin memiliki keleluasaan tetapi dapat membawa risiko keamanan. Oleh karena itu, perlu diidentifikasi urgensi dan perlu juga dianalisis risiko yang mungkin timbul akibat penggunaan tanda tangan digital yang dapat membawa implikasi hukum, urgensi ini dapat mencakup efisiensi waktu dan biaya, sementara risiko dapat berkaitan dengan keamanan dan integritas dokumen elektronik.

Perkembangan ilmu teknologi informasi serta pengetahuan dan komunikasi sangat berperan dalam mempengaruhi pengaturan tentang alat pembuktian yang dapat diterima maupun diakui oleh hukum. Alat pembuktian tertulis dalam acara perdata di Pasal 138, 165, 167 HIR, 164, 285-305 Rbg, Pasal 1867-1894 BW. Terdapat dua surat yang dapat dikatakan menjadi alat pembuktian tertulis yakni surat akta ataupun lainnya yang tidak merupakan akta.

Dari penelitian sebelumnya yaitu Herman Kabetta dalam jurnalnya yang berjudul “Desain dan Implementasi Penandatanganan Elektronik Sertifikat X509 Menggunakan Platform Bot Telegram”. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rapid Application Development (RAD) yang terdiri dari empat tahap, Requirements Planning, User Design, Construction dan Cutover. Sistem ini untuk membangun sebuah aplikasi penandatanganan dokumen elektronik yang bersifat multiplatform menggunakan chatbot. Penelitian selanjutnya yaitu dilakukan oleh Astya Hendri Wibowo, Rozali Toyib “Support Vector Machine Method for Recognizing Patterns in Signatures”. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rapid Application Development (RAD) yang terdiri dari analisis deteksi pemalsuan tanda tangan, perancangan sistem, implementasi dan pengujian sistem. Pada judul “Tanda Tangan Elektronik Menggunakan Laravel 9” dikembangkan dengan metode pengembangan sistem berbasis web Rapid Application Development (RAD) menggunakan framework Laravel. Sistem yang dibangun mencakup 3 (tiga) entitas yakni Admin, Tata Usaha (TU) dan Penandatanganan. Hasil akhir dari sistem ini adalah membantu pihak MI An-Nur Waraitama dalam meningkatkan pelayanan khususnya pada proses tanda tangan yang dilakukan secara elektronik. Pada penelitian ini dibangun sistem pengenalan tanda tangan berbasis web Rapid Application Development (RAD) yang dapat memverifikasi tanda tangan dan mendeteksi pemalsuan tanda tangan. Sehingga dapat ditentukan apakah tanda tangan tersebut sah atau tidak.

E-government merupakan istilah yang merujuk pada pemanfaatan teknologi informasi

dan komunikasi, baik internal maupun eksternal, untuk meningkatkan kemampuan pemerintah

memenuhi harapan publik, serta memperbaiki kualitas tata kelola pemerintah di Indonesia. Gerakan ini bertujuan untuk mempromosikan prinsip good governance dengan memanfaatkan teknologi informasi agar masyarakat lebih mudah mengakses dan menerima informasi.

E-Government adalah gerakan yang bertujuan untuk mempromosikan tata pemerintahan yang baik dengan memanfaatkan teknologi informasi untuk memudahkan masyarakat dalam mengakses dan menerima informasi. E-government digunakan di kantor-kantor pemerintah di mana internet dapat digunakan untuk menyediakan layanan dasar dan memperkuat hubungan antara warga negara dan pemerintah (J. T. Nugraha, 2018:32-42). Layanan informasi berbasis e-government dapat meningkatkan dan memperluas partisipasi publik dalam proses pengambilan keputusan dan kebijakan, sehingga meningkatkan produktivitas dan efisiensi birokrasi. Selain itu juga dapat mewujudkan prinsip akuntabilitas melalui penerapan e-government, yaitu semua perumusan dan pelaksanaan kebijakan dapat dipertanggungjawabkan.

Seiring perkembangan teknologi informasi yang semakin cepat, pemanfaatannya menciptakan peluang untuk pengelolaan serta distribusi informasi secara akurat, cepat dan terjangkau. Salah satu bentuk penyesuaian pemerintah dalam transisi menuju e-government adalah diterbitkannya Inpres No.3 Tahun 2003. Instruksi ini mengarahkan seluruh pimpinan kementerian, lembaga, dan pemerintahan daerah untuk mengintegrasikan serta memaksimalkan teknologi informasi dan komunikasi dalam manajemen serta sistem kegiatan pemerintahan. Dengan demikian, efisiensi, efektivitas, transparansi, dan akuntabilitas dapat terus ditingkatkan seiring dengan semakin luasnya pemanfaatan teknologi informasi dalam penyelenggaraan pemerintahan berbasis e-government.

Tata Kelola yang efisien serta kenaikan jasa publik guna menumbuhkan kebijaksanaan serta strategi pengembangan teknologi informasi serta komunikasi dalam proses pemerintahan, yang mana diketahui sebagai e-government. Instruksi ini membuktikan komitmen pemerintah untuk mempraktikkan e-government dalam rangka meningkatkan kemampuan, daya guna, transparansi, serta akuntabilitas penyelenggaraan pemerintahan pada masyarakat. Eksploitasi teknologi informasi mencakup dua aktivitas yang berlainan, pengolahan informasi elektronik, pengurusan data, sistem manajemen, serta cara kegiatan. Aplikasi perkembangan teknologi informasi agar masyarakat di seluruh tanah air mudah terjangkau. Oleh sebab itu, dibutuhkan tata cara serta metode yang lebih efisien dalam prosesnya tanpa mengurangi akuntabilitas atas perubahan dokumen yang digunakan, terutama melalui penggunaan tanda tangan elektronik pada dokumen ataupun surat. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 11 Tahun 2008, yang dimaksud dengan proses kegiatan tanda tangan elektronik ialah tanda tangan yang terdiri dari informasi elektronik yang dilampirkan, berhubungan, ataupun terkait dengan data elektronik yang lain yang digunakan untuk validasi ataupun autentikasi. Pemerintah sudah mencapai 2 dari 6 tujuan strategis e-government lewat pemakaian tanda tangan elektronik, menyusun sistem manajemen serta proses kerja pemerintah daerah otonom dengan cara holistik serta mengoptimalkan pemakaian teknologi (Listyana et al., 2014: 149- 154).

Penggunaan tanda tangan elektronik diharapkan dapat mengurangi adanya penyalahgunaan dan pemalsuan tanda tangan pejabat publik yang akan mengakibatkan kerugian negara. Pemalsuan tanda tangan harus dicegah untuk mengurangi kemungkinan kerugian negara yang semakin banyak, oleh karena itu diperlukan solusi dari permasalahan.

tersebut yakni penggunaan tanda tangan elektronik untuk meminimalisir kemungkinan pemalsuan dan meningkatkan efisiensi dalam pelayanan publik.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kemajuan teknologi informasi dan komunikasi berpengaruh terhadap bidang hukum, khususnya dalam layanan notaris?
2. Bagaimana ketentuan hukum di Indonesia, khususnya UU ITE, mengatur pemanfaatan tanda tangan elektronik?
3. Apa fungsi e-government dalam mendorong dan mendukung pemakaian tanda tangan elektronik di sektor pemerintahan?
4. Bagaimana cara untuk membedakan keaslian tanda tangan manual dan tanda tangan elektronik saat digunakan sebagai bukti di pengadilan?
5. Apakah tanda tangan elektronik bisa dianggap sebagai bukti yang sah dan efektif dalam konteks transaksi hukum?

1.3 Tujuan Proyek

1. Pada Pasal 4 Undang-Undang Informasi dan Transaksi Elektronik yang menjelaskan tentang tujuan pemanfaatan teknologi, yakni untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam pelayanan publik serta membuka peluang seluas-luasnya bagi setiap individu untuk mengembangkan pemikiran dan keahlian di bidang pemanfaatan teknologi informasi secara optimal dan bertanggung jawab. Teknologi harus dapat diakses oleh seluruh lapisan masyarakat dan setiap profesi yang terkait dengan pelayanan kepada masyarakat, demi terciptanya pelayanan yang efisien dan menghemat waktu. Undang-undang Informasi dan Transaksi Elektronik diharapkan dapat mendorong pengoptimalan penggunaan teknologi bagi profesi Notaris sebagai pelayan publik. Notaris sebagai profesi dan juga subjek hukum harus mampu mengoptimalkan diri dalam memanfaatkan teknologi informasi yang ada guna meningkatkan kualitas kerja dan keterampilan dirinya sebagai sebuah profesi yang bersinggungan dan dibutuhkan dalam masyarakat serta agar dapat menyesuaikan profesinya seiring dengan perkembangan zaman yang serba praktis. Adanya sertifikat elektronik merupakan bentuk dari kemajuan teknologi informasi. Sertifikat elektronik merupakan alat bukti tertulis dapat berupa akta otentik atau akta dibawah tangan. Sertifikat elektronik secara tegas dijelaskan merupakan sebuah informasi atau dokumen elektronik yang hasil cetaknya merupakan alat bukti yang sah dan memiliki akibat hukum yang sah.
2. Peraturan tanda tangan elektronik di Indonesia diatur dalam UU ITE, khususnya dalam pasal 5 yang menyebutkan bahwa tanda tangan elektronik memiliki kekuatan hukum yang sah sepanjang memenuhi ketentuan yang telah ditetapkan. Konsep tanda tangan elektronik dalam UU ITE ini mencakup segala bentuk informasi elektronik yang dilekatkan pada dokumen. Meskipun tanda tangan elektronik sudah sangat umum digunakan, tetapi masih ada yang memilih tanda tangan fisik karena alasan keamanan dan kepercayaan. Berdasarkan syarat sah tanda tangan elektronik berdasarkan UU yaitu, data pembuatan tanda tangan digital hanya diketahui oleh pemilik atau

penanda

- tangan, hanya pemilik yang berhak menggunakan tanda tangan elektronik, perubahan tanda tangan bisa terdeteksi, memiliki cara untuk mengidentifikasi pemilik tanda tangan elektronik.
3. Melalui pemanfaatan teknologi informasi dalam e-government, khususnya tanda tangan elektronik, pemerintah akan dapat lebih berdaya guna serta efisien dalam memberikan jasa publik, proses administrasi, serta komunikasi internal. Tidak hanya itu, e- government akan mendidik masyarakat mengenai internasionalisasi ataupun pola ikatan global dengan menyediakan pembuatan jaringan global melalui media akses internet.
 4. Berdasarkan ketentuan pada Pasal 1877 KUHPdata, hakim dapat memerintahkan untuk memeriksa kebenaran tulisan atau tanda tangan di muka pengadilan apabila terjadi penampikan. Untuk memeriksa tulisan atau tanda tangan basah, maka pihak yang dapat memberikan keterangan asli atau tidaknya suatu tulisan atau tanda tangan, adalah grafolog, dengan ilmunya yaitu grafologi forensik. Grafologi forensik merupakan cabang ilmu grafologi yang berhubungan dengan analisa autentifikasi (uji keaslian) tanda tangan dan tulisan seseorang. Pengujian berbeda dilakukan apabila penampikan terjadi terhadap dokumen yang ditandatangani secara elektronik. Namun khusus untuk memeriksa keaslian tanda tangan elektronik tersertifikasi, maka dokumen yang telah ditandatangani dapat dibuka dengan menggunakan perangkat lunak pembaca dokumen elektronik berformat Portable Document Format (PDF) yang akan menyajikan informasi terkait fungsi autentikasi tanda tangan elektronik, yaitu kebenaran identitas penandatanganan dan integritas dari dokumen yang telah ditandatangani.
 5. Merujuk pada Pasal 5 Ayat (1) UU 11/2008, informasi elektronik atau dokumen elektronik dan hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah. Hal ini merupakan perluasan dari alat bukti yang sah sesuai dengan hukum acara yang berlaku di Indonesia. Sedangkan berdasarkan dangan berdasarkan Pasal 11 Ayat (1) UU 11/2008 jo. Pasal 53 Ayat (2) PP 82/2012, tanda tangan digital memiliki kekuatan hukum dan akibat hukum yang sah selama memenuhi enam persyaratan. *Pertama*, data pembuatan tanda tangan elektronik terkait hanya kepada penanda tangan. *Kedua*, data pembuatan tanda tangan elektronik pada saat proses penandatanganan elektronik hanya berada dalam kuasa penanda tangan. *Ketiga*, segala perubahan terhadap tanda tangan elektronik yang terjadi setelah waktu penandatanganan dapat diketahui. *Keempat*, segala perubahan terhadap informasi elektronik yang terkait dengan tanda tangan elektronik tersebut setelah waktu penandatanganan dapat diketahui. *Kelima*, terdapat cara tertentu yang dipakai untuk mengidentifikasi siapa penanda tangannya. *Keenam*, terdapat cara tertentu untuk menunjukkan bahwa penandatanganan telah memberikan persetujuan terhadap informasi elektronik

1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian ini berfokus pada penggunaan tanda tangan elektronik di sektor hukum Indonesia, dengan merujuk pada Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2008 mengenai informasi dan transaksi elektronik (UU ITE) dan peraturan dibawahnya.
2. Studi ini akan meliputi fungsi tanda tangan elektronik dalam layanan kenotariatan dan e-government, tanpa mencakup area hukum yang lain secara menyeluruh.

3. Pembahasan seputar tanda tangan elektronik akan terbatas pada perspektif hukum, tingkat efektivitas, dan bukti di pengadilan, tanpa mengulas rincian teknik yang berkaitan dengan sistem kriptografi.
4. Analisis ini hanya fokus pada perbandingan keaslian tanda tangan manual dan tanda tangan elektronik dalam hukum perdata, yang tidak mencakup aspek hukum pidana.
5. Studi ini menekankan pada peran dan validitas tanda tangan elektronik sebagai bukti hukum yang sah dalam transaksi elektronik serta penerapannya dalam pelayanan publik.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanda Tangan Elektronik dan Digital

Tanda tangan digital telah menjadi elemen penting dalam era digitalisasi dokumen dan transaksi elektronik. Menurut regulasi yang berlaku, tanda tangan elektronik memiliki kekuatan hukum yang sama dengan tanda tangan konvensional jika memenuhi persyaratan teknis dan hukum tertentu. Di Indonesia, Undang-Undang Informasi dan Transaksi Elektronik (UU ITE) No. 19 Tahun 2016 memberikan landasan hukum untuk penggunaan tanda tangan elektronik dalam berbagai transaksi bisnis dan pemerintahan.

Perbedaan mendasar antara tanda tangan elektronik dan digital terletak pada aspek teknisnya. Tanda tangan elektronik merupakan istilah umum yang mencakup berbagai metode verifikasi identitas secara elektronik, sementara tanda tangan digital menggunakan teknologi kriptografi khusus yang memberikan jaminan integritas, autentikasi, dan non-repudiation. Regulasi eIDAS (electronic IDentification, Authentication and trust Services) di Eropa juga menetapkan standar serupa untuk memastikan interoperabilitas dan keamanan tanda tangan elektronik lintas negara.

Aspek keamanan dalam implementasi tanda tangan digital meliputi tiga pilar utama: confidentiality (kerahasiaan), integrity (integritas), dan availability (ketersediaan). Non-repudiation menjadi aspek kritis yang memastikan penandatanganan tidak dapat menyangkal keaslian tanda tangannya di kemudian hari, sehingga memberikan kepastian hukum dalam transaksi digital.

2.2 Machine Learning untuk Verifikasi Tanda Tangan

Implementasi machine learning dalam verifikasi tanda tangan telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir. Machine learning memberikan kemampuan untuk membedakan tanda tangan asli dari yang dipalsukan melalui teknik-teknik canggih yang dapat menganalisis pola-pola halus yang sulit dideteksi oleh mata manusia.

Supervised learning menjadi pendekatan utama dalam sistem verifikasi tanda tangan, di mana model dilatih menggunakan dataset yang sudah dilabeli sebagai tanda tangan asli atau palsu. Algoritma seperti Support Vector Machine (SVM), Random Forest, dan Neural Networks telah terbukti efektif untuk tugas klasifikasi ini. Model supervised learning dapat mencapai akurasi tinggi ketika dilatih dengan dataset yang representatif dan berkualitas.

Unsupervised learning juga memiliki peran penting, terutama dalam deteksi anomali dan clustering tanda tangan berdasarkan karakteristik tertentu. Teknik unsupervised learning memungkinkan sistem untuk mengidentifikasi pola-pola tersembunyi dalam data tanda tangan tanpa memerlukan label eksplisit. Metode seperti K-means clustering dan Principal Component Analysis (PCA) dapat digunakan untuk mengelompokkan tanda tangan berdasarkan fitur-fitur yang diekstrak secara otomatis.

2.3 Artificial Intelligence untuk Computer Vision dan Pengenalan Tulisan Tangan

Artificial Intelligence telah merevolusi bidang computer vision dan handwriting recognition, membuka peluang baru untuk sistem verifikasi tanda tangan yang lebih akurat dan robust. Kemajuan terbaru dalam Deep Learning telah memungkinkan aplikasi baru dalam analitik data tidak terstruktur, dengan analitik gambar menjadi salah satu bentuk paling umum.

Convolutional Neural Networks (CNN) menjadi arsitektur pilihan untuk pemrosesan citra tanda tangan karena kemampuannya dalam menangkap fitur-fitur spasial dan hierarkis. Sistem biometrik seperti verifikasi tanda tangan sangat layak untuk mengidentifikasi individu dalam organisasi atau divisi keuangan, dengan kemajuan yang signifikan. Arsitektur CNN modern seperti ResNet, DenseNet, dan EfficientNet telah terbukti memberikan performa superior dalam berbagai tugas computer vision.

Recurrent Neural Networks (RNN) dan variannya seperti LSTM (Long Short-Term Memory) efektif untuk memproses sequential features dalam tanda tangan dinamis. Transformer architecture, yang populer dalam Natural Language Processing, juga mulai diadaptasi untuk tugas-tugas computer vision termasuk verifikasi tanda tangan.

Siamese Networks telah menjadi pendekatan yang menjanjikan untuk signature verification karena kemampuannya dalam mengukur similarity antara dua input. Arsitektur ini sangat cocok untuk one-shot learning scenarios di mana hanya sedikit sample tanda tangan yang tersedia untuk setiap individu.

2.4 Pengolahan Citra Digital

Preprocessing citra merupakan langkah fundamental dalam sistem verifikasi tanda tangan digital. Teknik thresholding digunakan untuk mengkonversi citra grayscale menjadi binary, memisahkan foreground (tanda tangan) dari background. Adaptive thresholding sering digunakan untuk mengatasi variasi pencahayaan dalam citra.

Edge detection menggunakan operator seperti Canny, Sobel, atau Laplacian membantu mengekstrak kontur tanda tangan yang menjadi fitur penting untuk verifikasi. Normalisasi citra mencakup scaling, rotation correction, dan noise reduction untuk memastikan konsistensi input ke model machine learning.

Feature extraction merupakan proses krusial yang menentukan keberhasilan sistem verifikasi. Fitur geometris seperti aspect ratio, centroid, dan bounding box memberikan informasi dasar tentang bentuk tanda tangan. Statistical features seperti mean, variance, skewness, dan kurtosis dari distribusi piksel memberikan karakteristik numerik yang dapat dianalisis oleh algoritma machine learning.

Texture features menggunakan teknik seperti Local Binary Pattern (LBP), Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM), dan Gabor filters membantu menangkap pola-pola halus dalam stroke tanda tangan. Histogram of Oriented Gradients (HOG) efektif untuk mendeskripsikan struktur lokal dalam citra tanda tangan.

2.5 Sistem Verifikasi Tanda Tangan

Metode konvensional untuk verifikasi tanda tangan mencakup Dynamic Time Warping (DTW) yang efektif untuk menangani variasi temporal dalam tanda tangan dinamis. Support Vector Machine (SVM) telah menjadi classifier yang robust untuk membedakan tanda tangan asli dan palsu berdasarkan fitur-fitur yang diekstrak.

Dalam sepuluh tahun terakhir, aplikasi teknologi tanda tangan tulisan tangan di bidang administrasi, keuangan, penanganan sengketa hukum, dan keamanan telah berkembang pesat, dengan banyak peneliti fokus pada kemungkinan penerapan sistem berbasis analisis dan pemrosesan tanda tangan tulisan tangan ke bidang-bidang baru.

Pendekatan modern berbasis deep learning telah menunjukkan performa yang superior dibandingkan metode konvensional. Proyek-proyek terkini bertujuan untuk memverifikasi tanda tangan dengan minimal atau tanpa intervensi manusia dalam prosesnya. CNN architectures seperti GoogleNet Inception-v1 dan Inception-v3 telah terbukti efektif untuk offline signature verification.

Salah satu keterbatasan paling signifikan dalam masalah verifikasi tanda tangan tulisan tangan adalah data yang tidak memadai untuk fase pelatihan, sehingga teknik augmentasi data berbasis deep learning menjadi solusi penting. Transfer learning dari pre-trained models juga membantu mengatasi keterbatasan data dengan memanfaatkan fitur-fitur yang telah dipelajari dari dataset besar.

Dataset benchmark seperti CEDAR, GPDS (Grupo de Procesado Digital de Señales), dan SigComp menyediakan standar evaluasi untuk membandingkan performa berbagai algoritma. Dataset ini mencakup ribuan sampel tanda tangan dari berbagai individu dengan skilled forgeries yang menantang.

2.6 Pengembangan Aplikasi Web

Framework React telah menjadi pilihan populer untuk pengembangan frontend aplikasi web modern karena component-based architecture dan virtual DOM yang memberikan performa optimal. React memungkinkan pengembangan user interface yang interaktif dan responsif untuk sistem tanda tangan digital.

Node.js menyediakan runtime environment yang efisien untuk backend development dengan JavaScript, memungkinkan full-stack development dengan satu bahasa pemrograman. Express.js framework mempermudah pengembangan RESTful APIs yang diperlukan untuk komunikasi antara frontend dan backend, termasuk endpoints untuk upload, processing, dan verifikasi tanda tangan.

Konsep API-first development menjadi penting dalam arsitektur modern, di mana backend menyediakan services melalui well-defined APIs yang dapat dikonsumsi oleh berbagai client applications. GraphQL sebagai alternatif REST memberikan fleksibilitas lebih dalam data fetching dan mengurangi over-fetching data.

Backend integration dengan AI models memerlukan careful consideration terhadap latency dan scalability. Implementasi model serving menggunakan frameworks seperti TensorFlow Serving atau PyTorch Serve memungkinkan deployment model machine learning dalam production environment dengan performa optimal, dan juga bisa menggunakan Flask yang dimana ini cocok untuk menyimpan model CNN nya yang nantinya bisa dihubungkan dengan framework backend seperti ExpressJS.

2.7 Pengembangan Aplikasi Mobile

Flutter telah emerged sebagai framework cross-platform yang powerful untuk pengembangan aplikasi mobile. Single codebase Flutter dapat di-compile untuk iOS dan Android, mengurangi development time dan maintenance cost secara signifikan. Widget-based architecture Flutter memberikan flexibility dalam membangun user interfaces yang custom dan performant.

Dart programming language yang digunakan Flutter menyediakan strong typing dan modern language features yang memudahkan development dan maintenance. Hot reload feature mempercepat development cycle dengan memungkinkan real-time code changes tanpa restart aplikasi.

Cross-platform integration dengan backend services memerlukan handling berbagai scenarios seperti network connectivity, data synchronization, dan offline capabilities. Local storage solutions seperti SQLite atau Hive database memungkinkan aplikasi mobile bekerja offline dan sync data ketika connection tersedia.

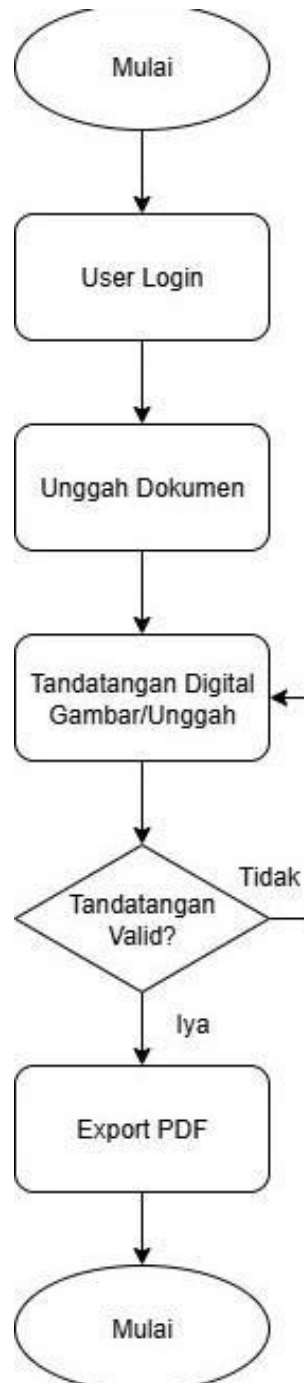
Integration dengan AI models dalam aplikasi mobile dapat dilakukan melalui cloud-based APIs atau on-device inference menggunakan frameworks seperti TensorFlow Lite atau Core ML. On-device inference memberikan advantages dalam hal privacy dan latency, sementara cloud-based inference menyediakan computational power yang lebih besar untuk model yang complex.

Camera integration untuk capture tanda tangan memerlukan image processing capabilities dan real-time feedback untuk user experience yang optimal. Canvas widgets dalam Flutter memungkinkan users untuk membuat tanda tangan digital secara langsung dalam aplikasi dengan touch gestures yang natural.

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Diagram Alir

Berikut merupakan diagram alir yang menggambarkan cara kerja atau visualisasi dari aplikasi kami



Gambar 3.1. Usecase

Dimulai dengan pengguna melakukan login, lalu pengguna mengunggah dokumen yang ingin ditandatangani. Setelah itu pengguna memilih untuk menggambar tanda tangan atau upload tanda tangan. Lalu sistem akan melakukan verifikasi tanda tangan apakah valid atau tidak, jika valid maka dokumen siap untuk diekspor dan bila tidak valid, maka akan kembali ke proses buat tanda tangan atau unggah tanda tangan

3.2 Metodologi Desain

3.2.1 Model Pengembangan Perangkat Lunak

Pada proyek kami menggunakan model **Waterfall**. Kami memilih model pengembangan ini karena tahapan pengembangannya terstruktur dan cocok untuk proyek dengan jangka pengerjaan waktu yang pendek. Tahapan **Waterfall** ini meliputi:

1. Analisis Kebutuhan

Pada tahapan ini kami mencoba untuk mengidentifikasi kebutuhan pengguna seperti user yang berada di instansi dalam penandatanganan dokumen, juga mengidentifikasi kebutuhan fungsional seperti registrasi, baseline tanda tangan, unggah dokumen, verifikasi tanda tangan dan unduh dokumen

2. Desain Sistem

Pada tahapan ini kita menentukan metode apa yang kita gunakan untuk mendesain sistem dalam aplikasi kita, yaitu menggunakan UML dan ERD

3. Implementasi

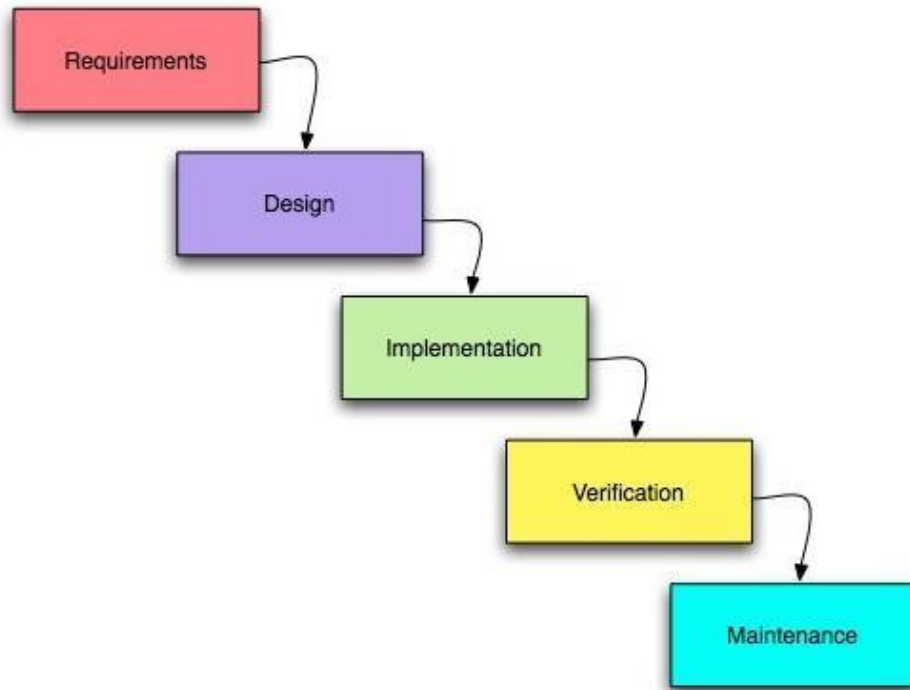
Setelah melakukan analisis kebutuhan dan mendesain sistem, maka di tahapan ini kami barulah melakukan implementasi. Implementasi nya berupa pengembangan web seperti menggunakan Flask untuk integrasi model CNN-nya dan akan dihubungkan dengan backend javascript seperti ExpressJS lalu API dikonsumsi oleh frontend seperti React(website) dan Flutter(mobile)

4. Pengujian/Verifikasi

Setelah melakukan implementasi, kami melakukan unit testing untuk memastikan bahwa semua kode program yang dibuat bisa berjalan lancar, lalu dilanjutkan dengan integration testing yang meliputi pengujian antarmuka untuk memastikan apakah sistem dan antarmuka sudah terhubung atau tidak, lalu dilanjutkan dengan memastikan bahwa semua fungsionalitas sudah sesuai dengan kebutuhan user atau tidak

5. Pemeliharaan

Tahap terakhir adalah pemeliharaan aplikasi yang meliputi perbaikan bug, optimasi model dan update fitur jika perlu



Gambar 3.2 Visualisasi Metode Waterfall

3.2.2 Pemodelan Sistem dengan UML

Untuk memodelkan desain sistem, digunakan Unified Modeling Language (UML). Diagram yang digunakan meliputi:

1. Usecase Diagram yang menggambarkan fitur apa saja yang bisa digunakan oleh user dan entitas yang lain seperti admin
2. Activity Diagram yang menggambarkan proses aktivitas yang dilakukan oleh user dalam aplikasi seperti proses penandatanganan dokumen dimulai dari login hingga selesai tanda tangan
3. Entity Relation Diagram untuk merancang database dengan entitas utama seperti User, Signature Baseline, Log Verification dan Document
4. Class Diagram yang meliputi struktur kelas, atribut, metode, serta relasi antar kelas.
5. Sequence Diagram yang menunjukkan alur komunikasi antara user, sistem, database, dan model AI dalam proses verifikasi tanda tangan.

BAB 4 RENCANA PELAKSANAAN

4.1 Jadwal Pelaksanaan

Tabel 4.1. Jadwal Rencana Penelitian

Kegiatan	Minggu															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Pemilihan Topik																
Menyusun Proposal																
Presentasi Proposal																
Revisi Proposal																
Pengerjaan Proyek																

4.2 Pembagian Tugas

Tabel 4.2. Pembagian Tugas masing masing anggota

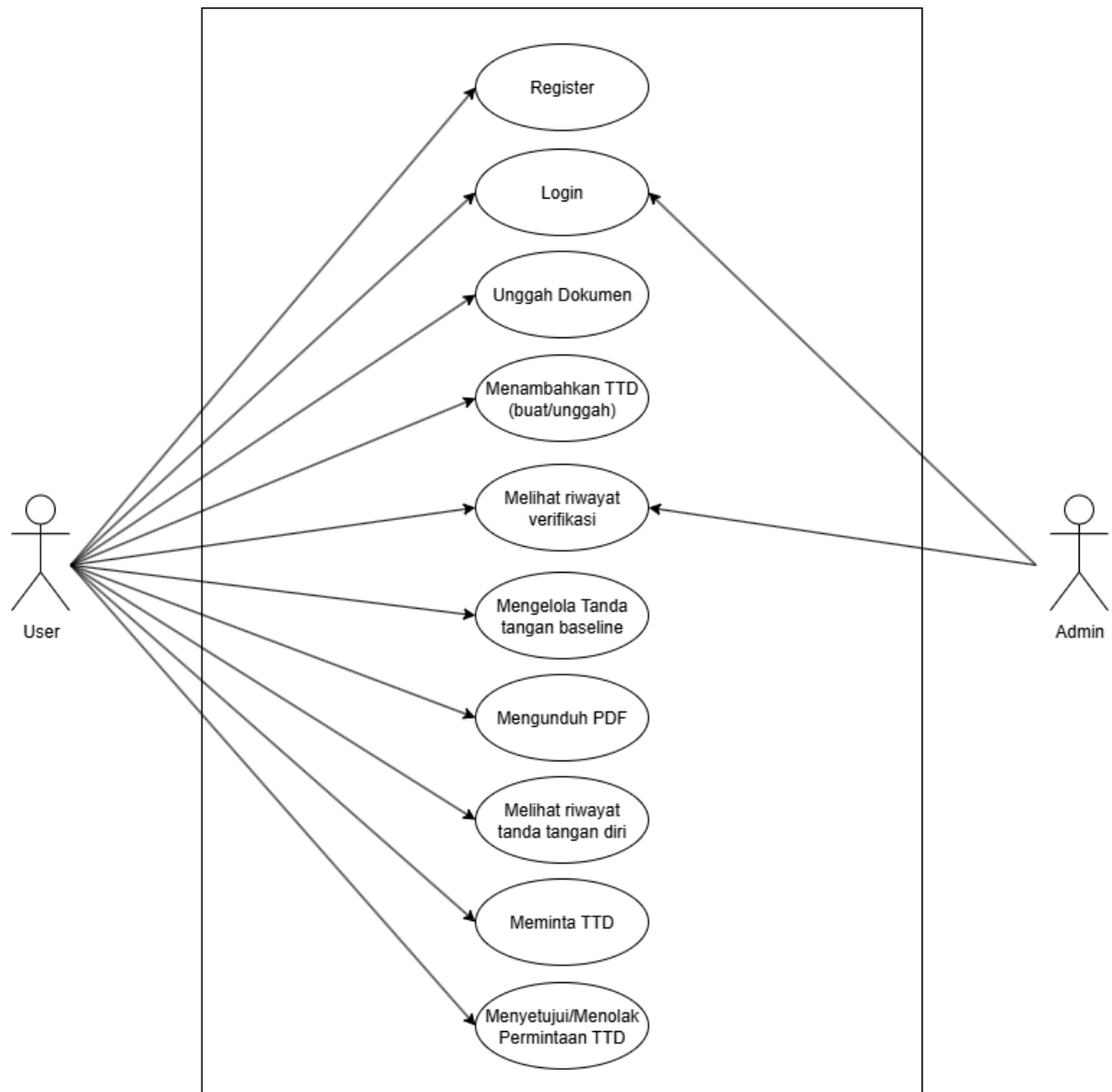
No	Nama Lengkap	NIM	Jobdesk
1	Muh. Rafi Al' Ayyubi	11221082	Project Manager, Machine Learning
2	Dewi Purnamasari	11221087	Front End
3	Ahmad Fakhurrozi	11221011	Machine Learning
4	Awal Ramadhani	11221067	Back End
5	Muhammad Shadam Bastian	11221042	Back End
6	Wafiq Ajriyah	11221027	Front End
7	Muhammad Ardian Saputra	11211055	Mobile

DAFTAR PUSTAKA

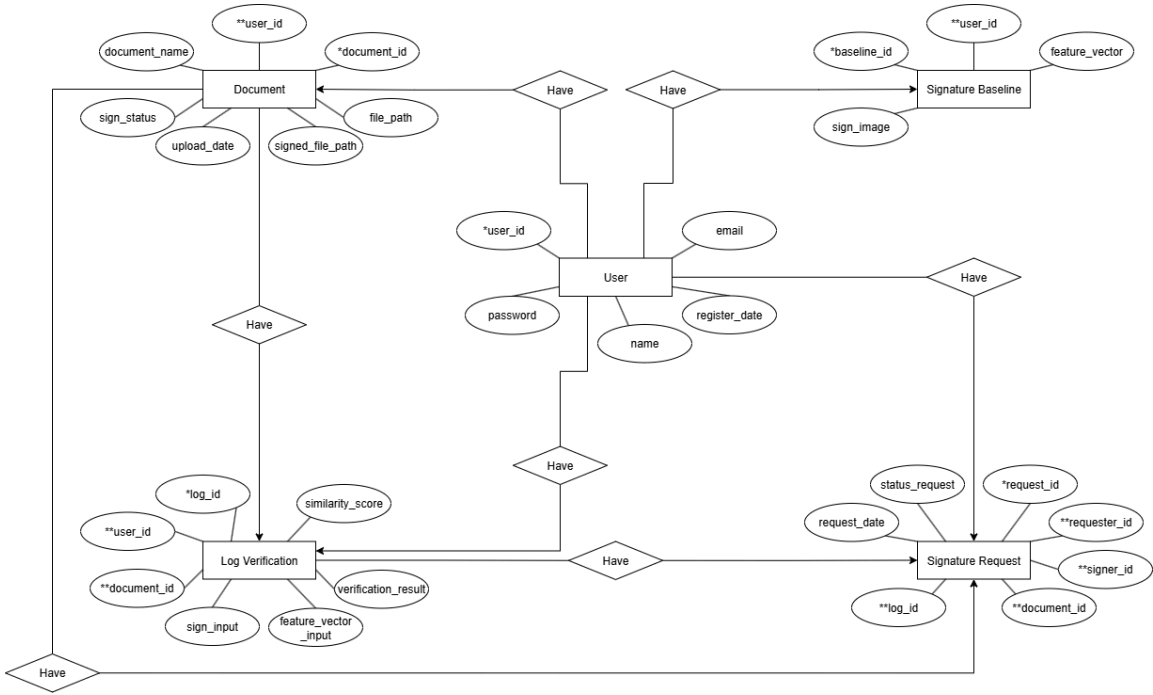
- Alzubaidi, L., Zhang, J., Humaidi, A. J., Al-Dujaili, A., Duan, Y., Al-Shamma, O., ... & Farhan, L. (2021). Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions. *Journal of Big Data*, 8(1), 1-74. <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00444-8>
- Hashim, N., Ahmad, N., Zainuddin, N., Mohd, M. H., & Abdullah, A. (2022). A comparative study among handwritten signature verification methods using machine learning techniques. *Scientific Programming*, 2022, 8170424. <https://doi.org/10.1155/2022/8170424>
- Joshi, A., Arjun, G., Arora, D., & Kulkarni, K. (2024, November). Signature verification using SVM classifier. *International Journal of Scientific Research in Computer Science Engineering and Information Technology*, 10(6), 1213–1217. <https://doi.org/10.32628/CSEIT241061164>
- Kumar, C., & Kumar, G. (2020, November). Digital signature verification using support vector machine. *RIET-IJSET International Journal of Science Engineering and Technology*, 8(5), 1–6.
- Vohra, K., & Kedar, S. V. (2021). Signature verification using support vector machine and convolution neural network. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12(1S), 80–89.
- Nugraha, J. T. (2018). E-Government Dan Pelayanan Publik E-Government Di Pemerintah Kabupaten Sleman. *Jurnal Komunikasi Dan Kajian Media*, 2(1): 32–42.
- Nurhakim, M. R. S. (2014). Implementasi E-Government Dalam Mewujudkan Transparansi Dan Akuntabilitas Sistem Pemerintahan Modern. *Jurnal Ilmu Administrasi Media Pengembangan Dan Praktik Administrasi*, 9(3), 403–422.
- Abraham, F. Z., Santosa, P. I., & Winarno, W. W. (2018). Tandatangan Digital Sebagai Solusi Teknologi Informasi Dan Komunikasi (TIK) Hijau: Sebuah Kajian Literatur. *J. Masy. Telemat. dan Inf*, 9(2), 111-124.
- A. M. Andalan, 2019, “Kedudukan Tanda Tangan Elektronik dalam Transaksi Teknologi Finansial”, *Jurist-Diction*, Vol. 2, No. 6. <http://dx.doi.org/10.20473/jd.v2i6.15921> diakses tanggal 10 November 2021.
- Husnul Hudzaifah, 2015, *Keabsahan Tanda Tangan Elektronik dalam Pembuktian Hukum Acara Perdata*, *Jurnal Universitas Tadulako*, Palu, Sulawesi Tengah, Vol. 3, No. 5. <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/Katalogis/article/view/5081> diakses tanggal 10 November 2021.

Lampiran A. Dokumen Requirement

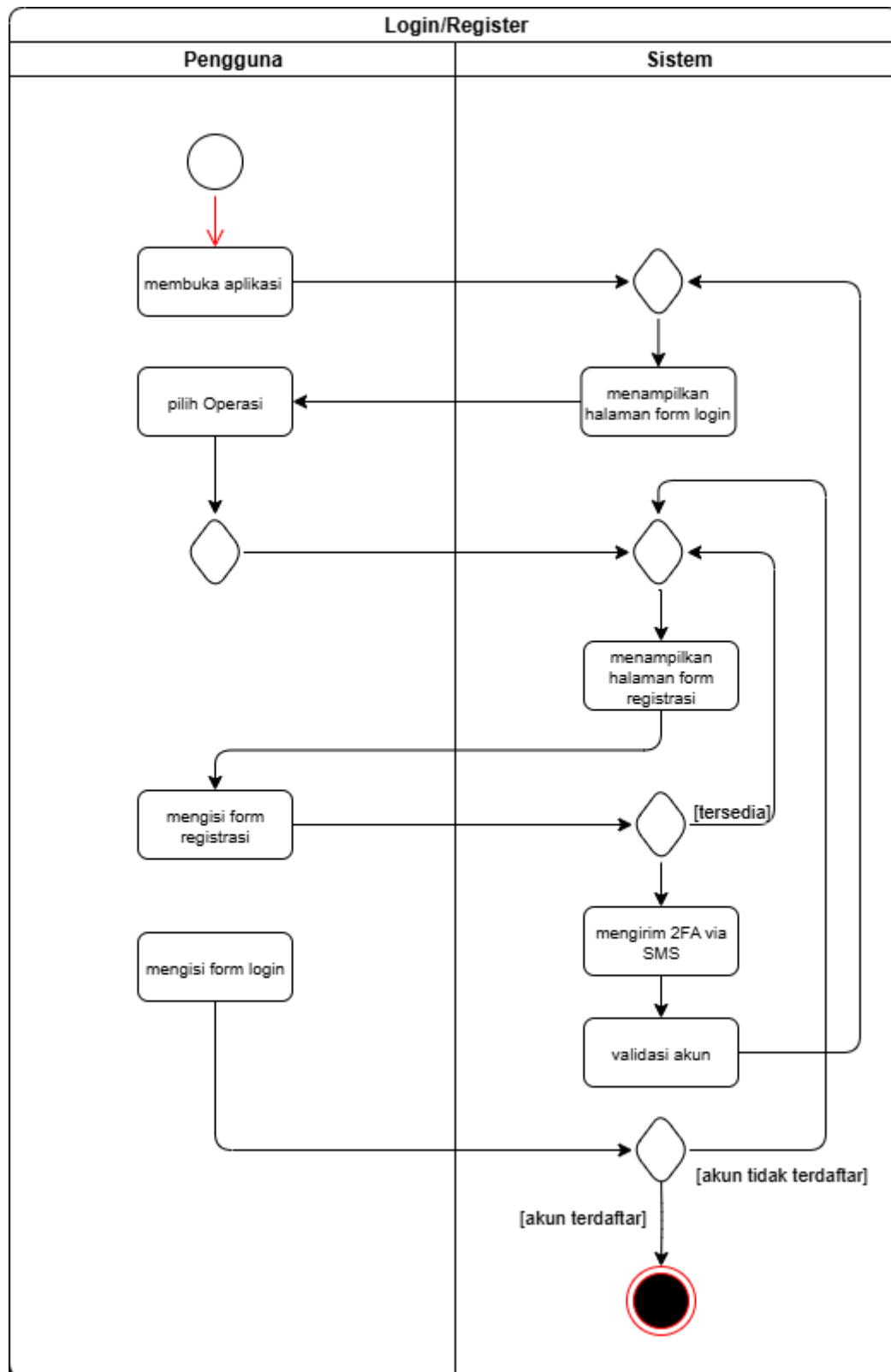
USECASE DIAGRAM

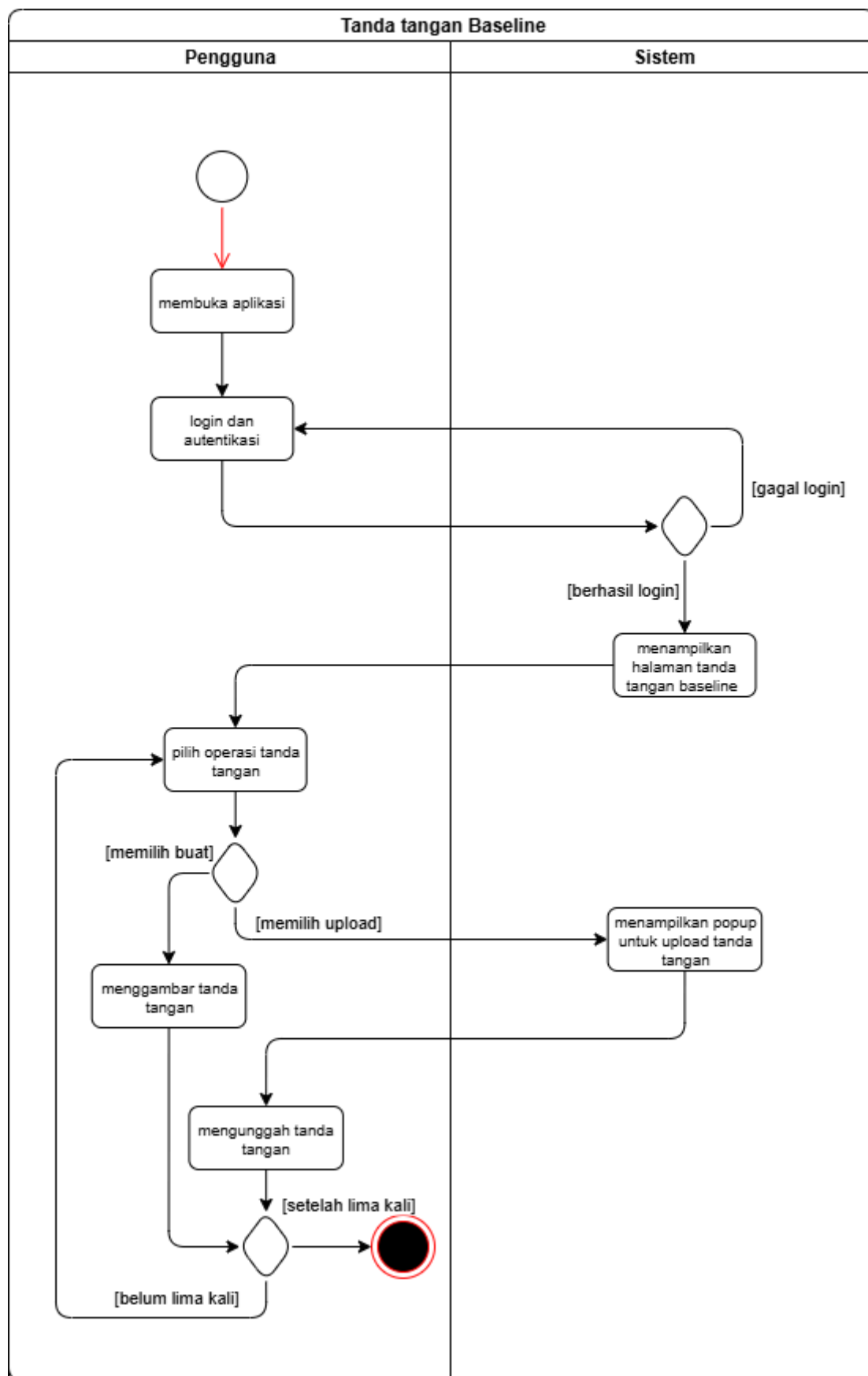


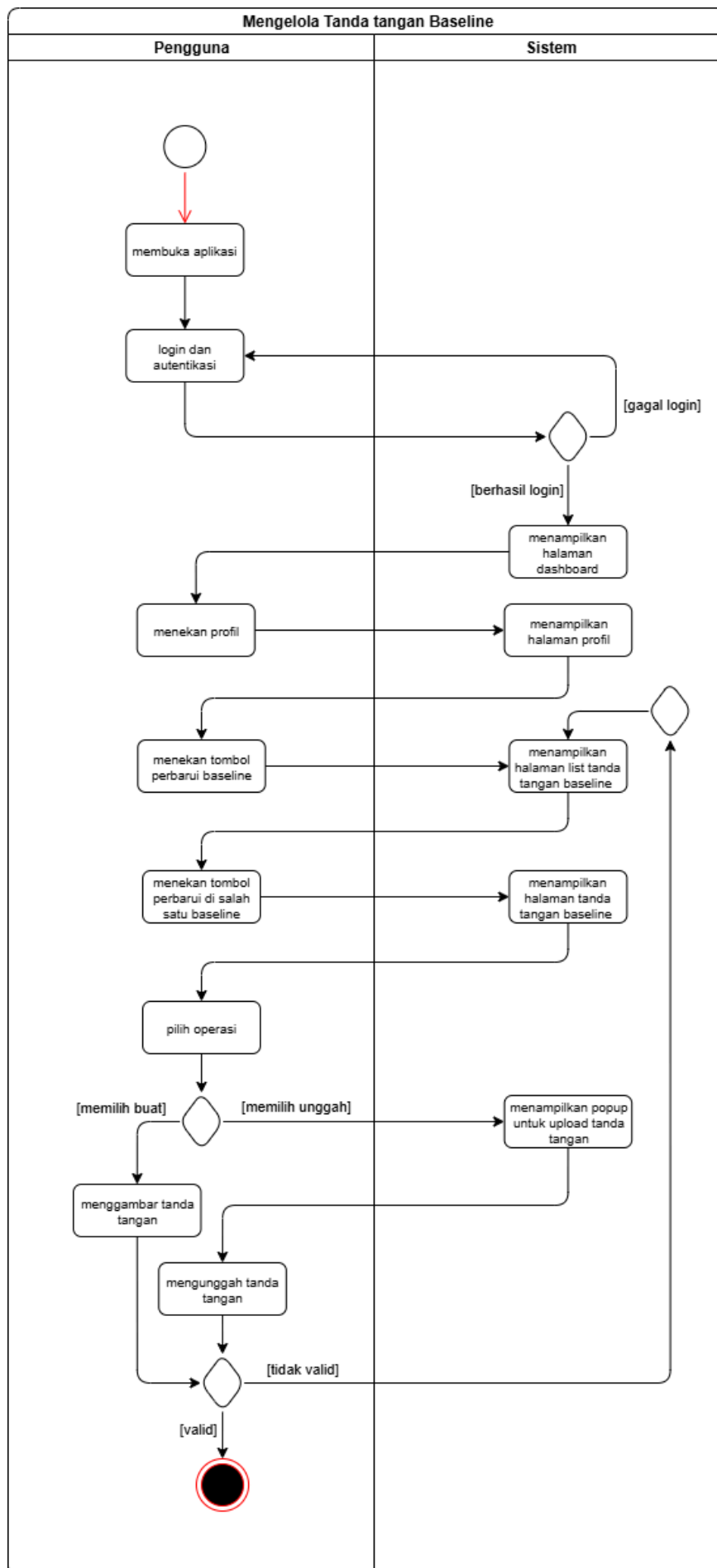
ENTITY RELATIONAL DIAGRAM

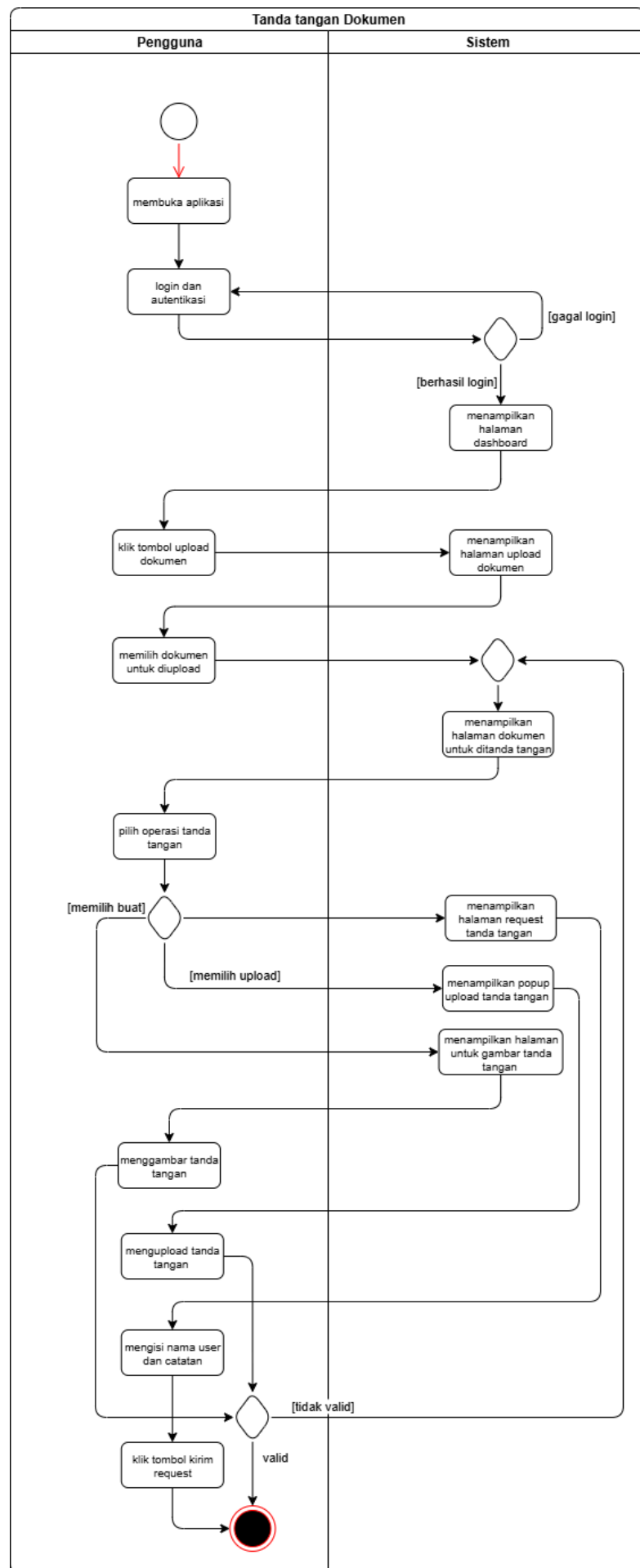


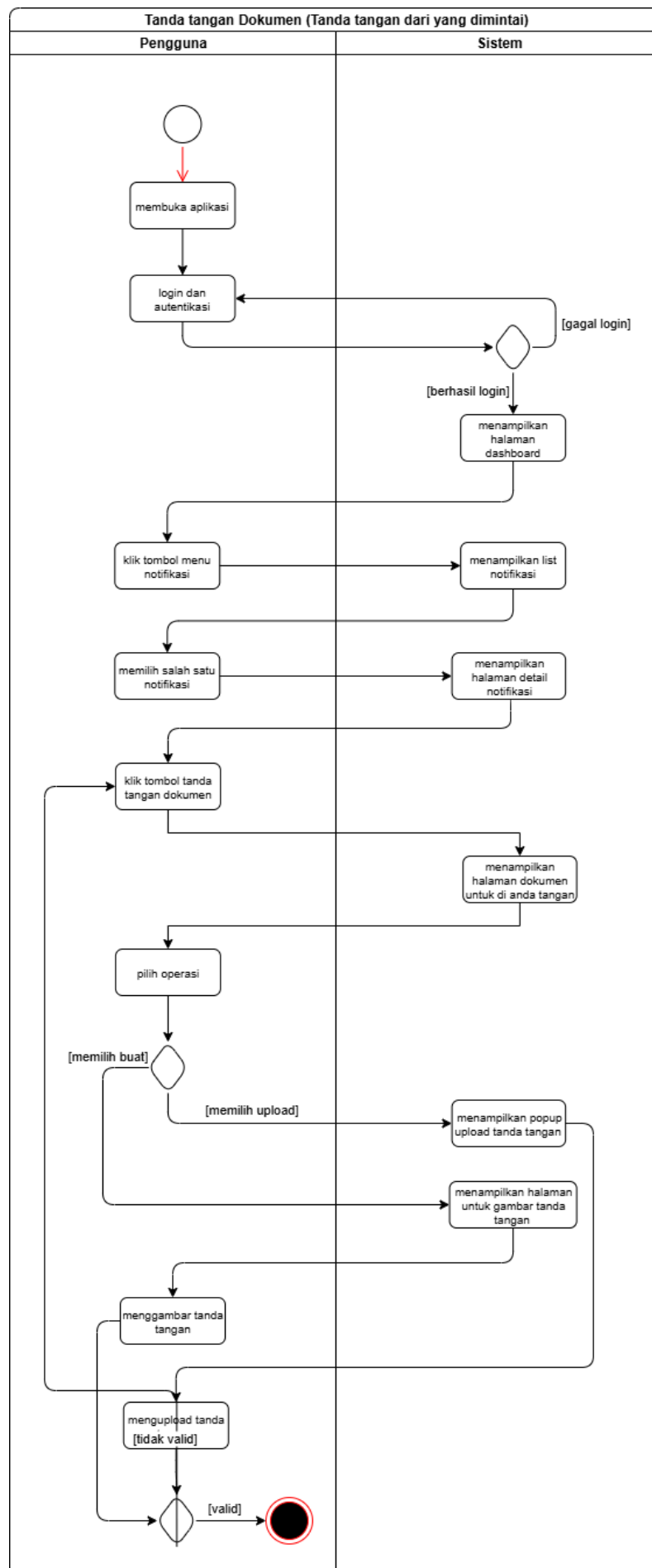
ACTIVITY DIAGRAM

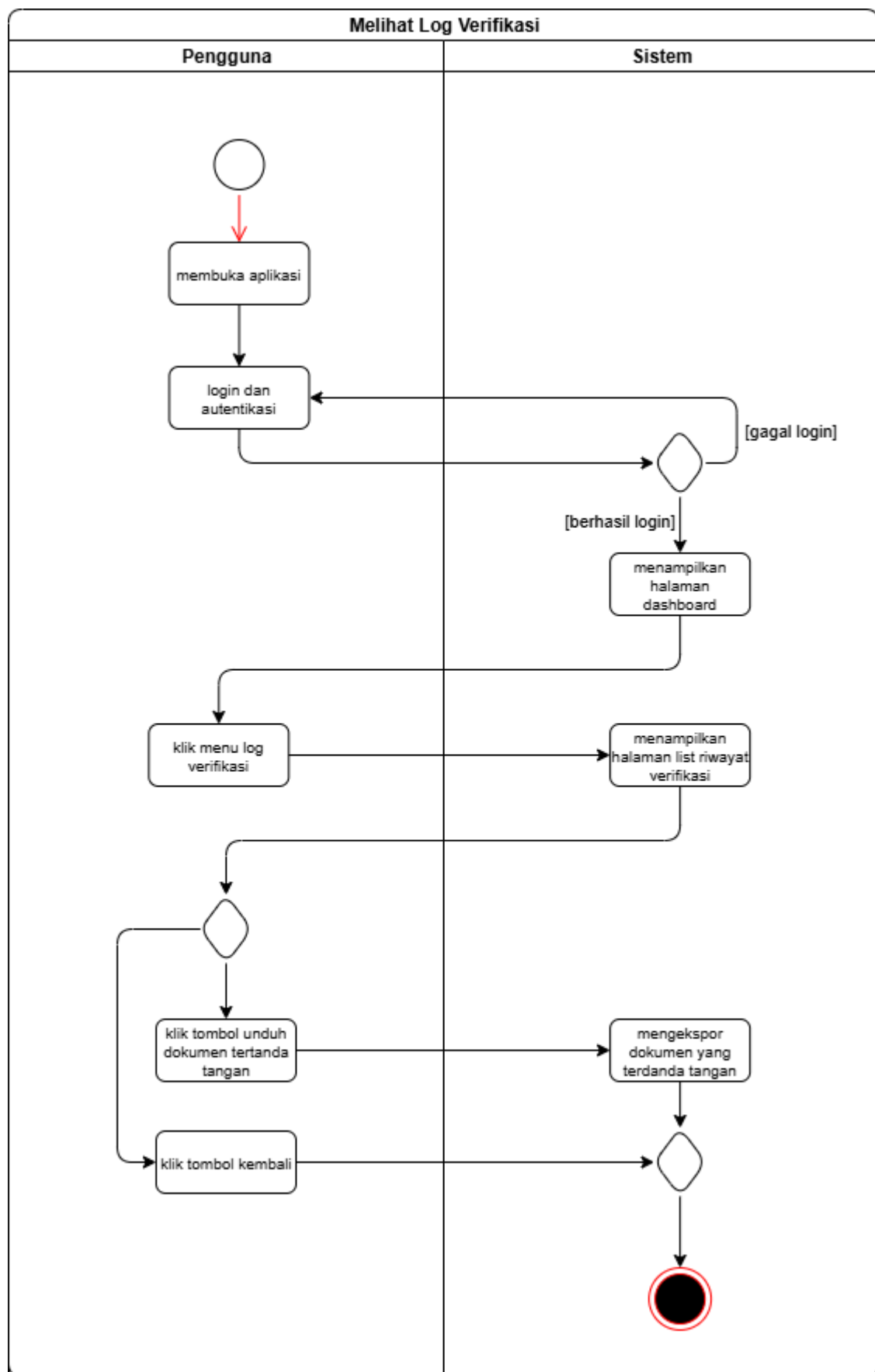


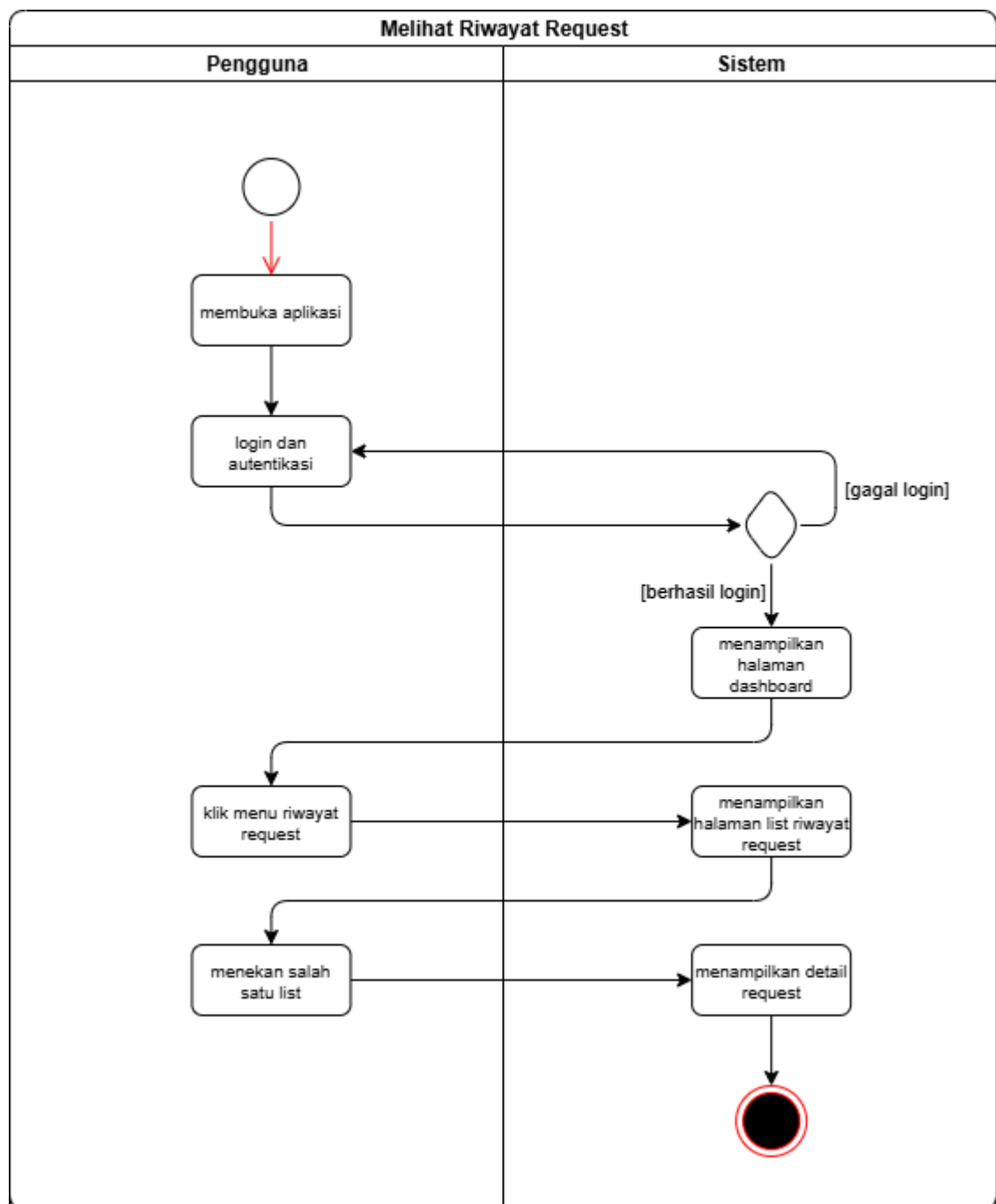




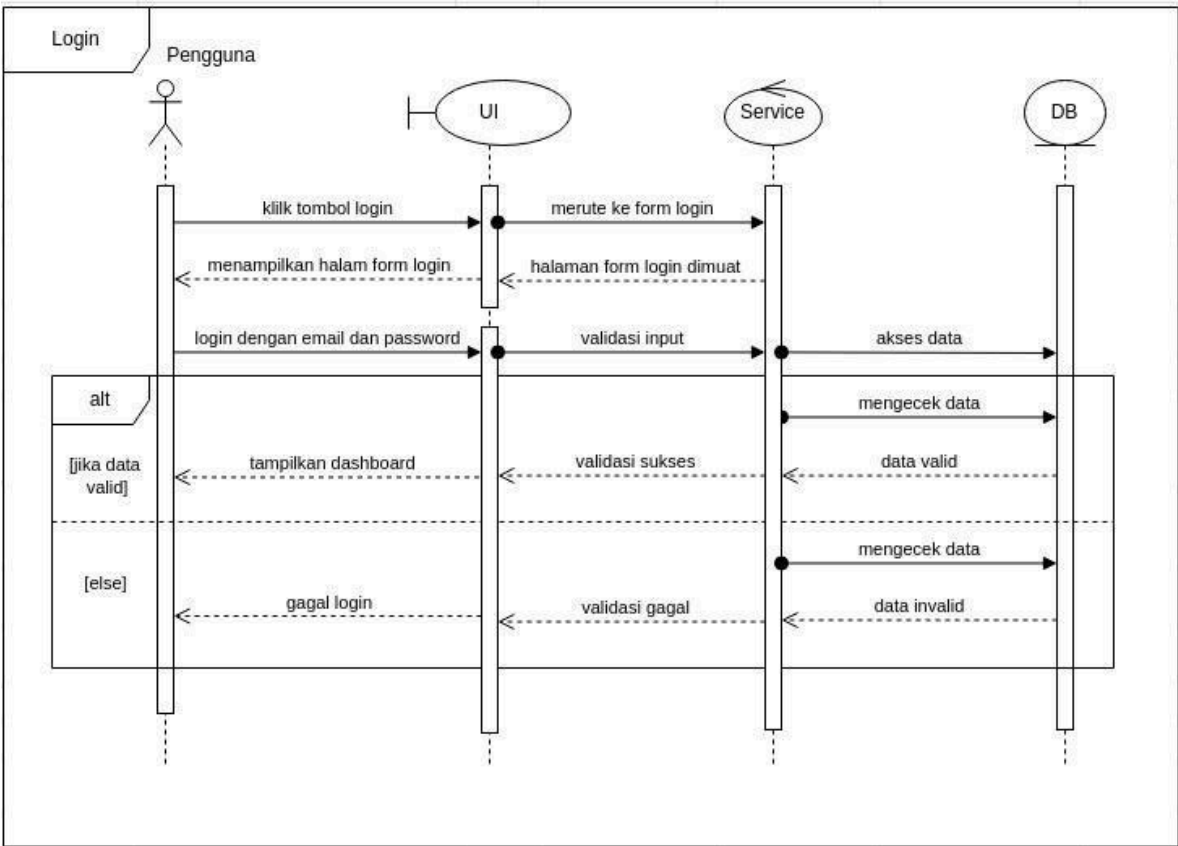
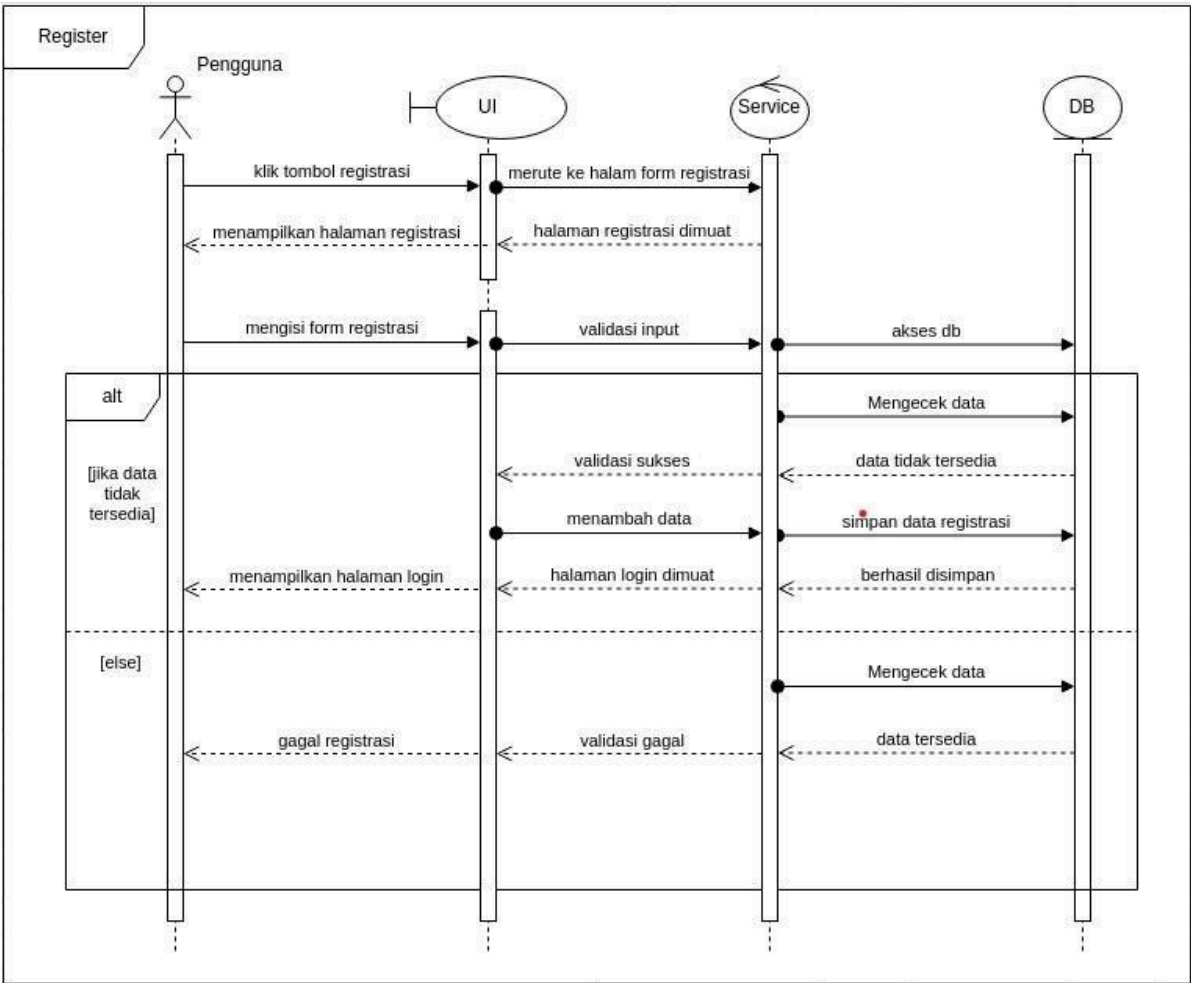


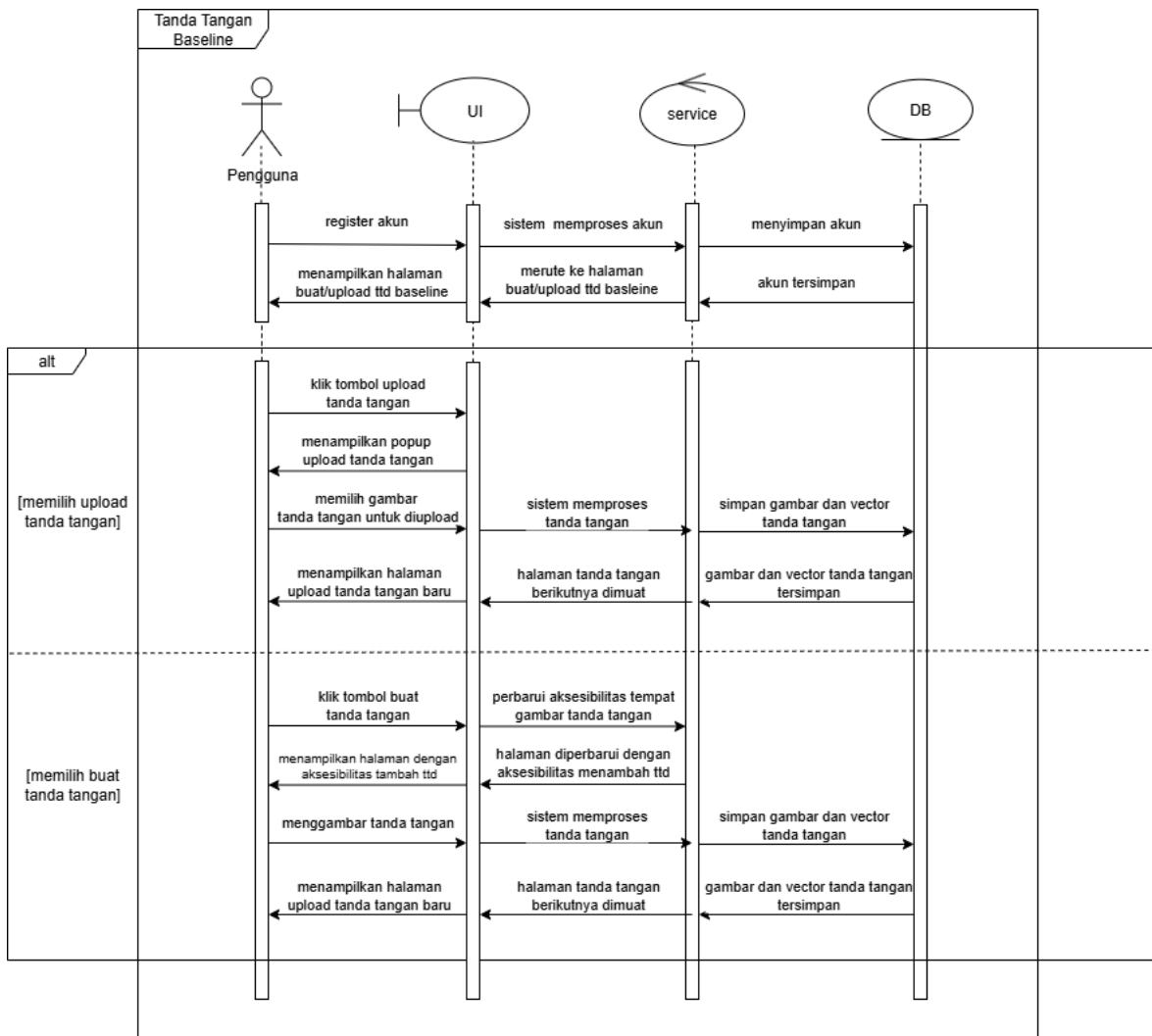




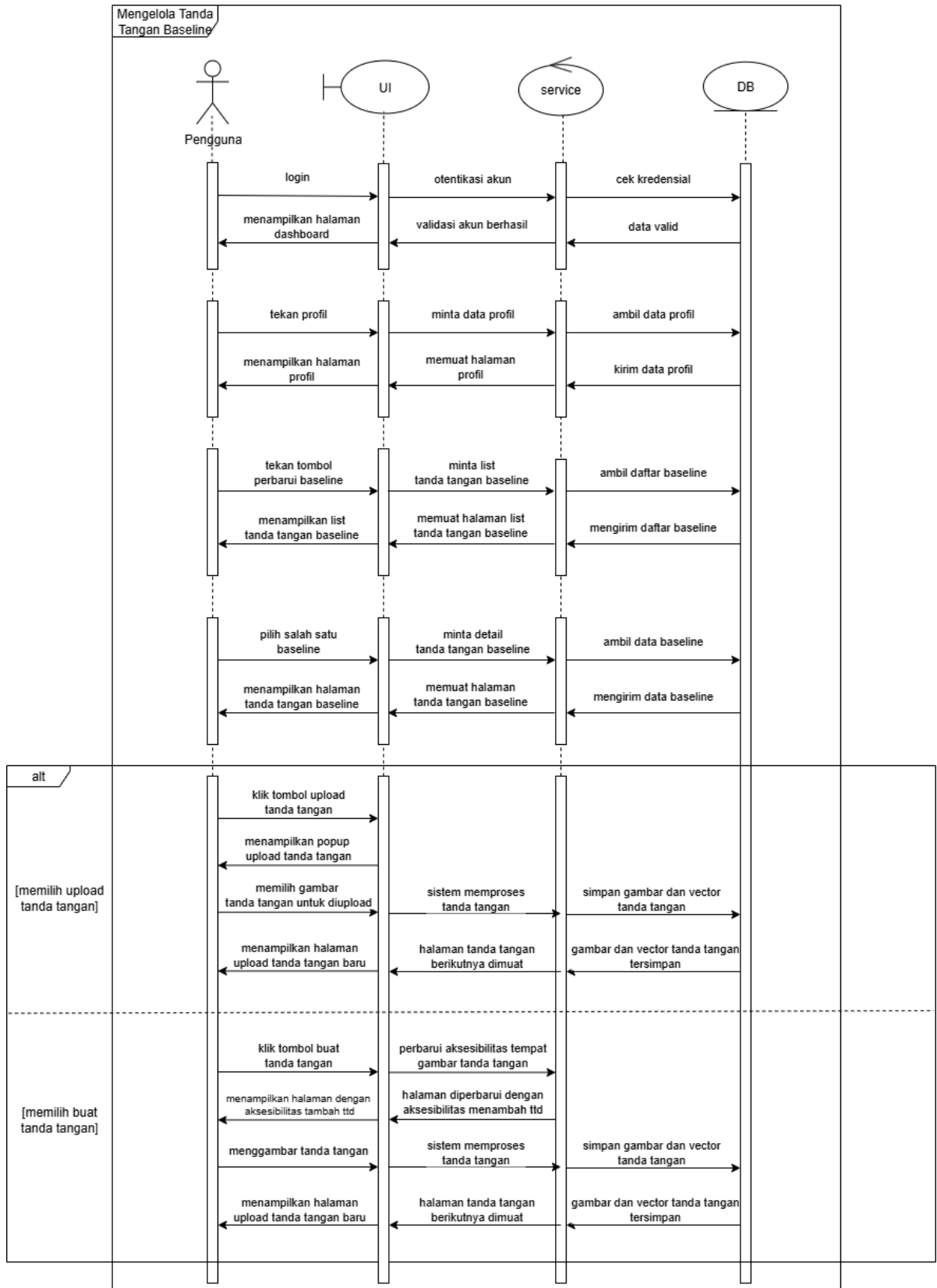


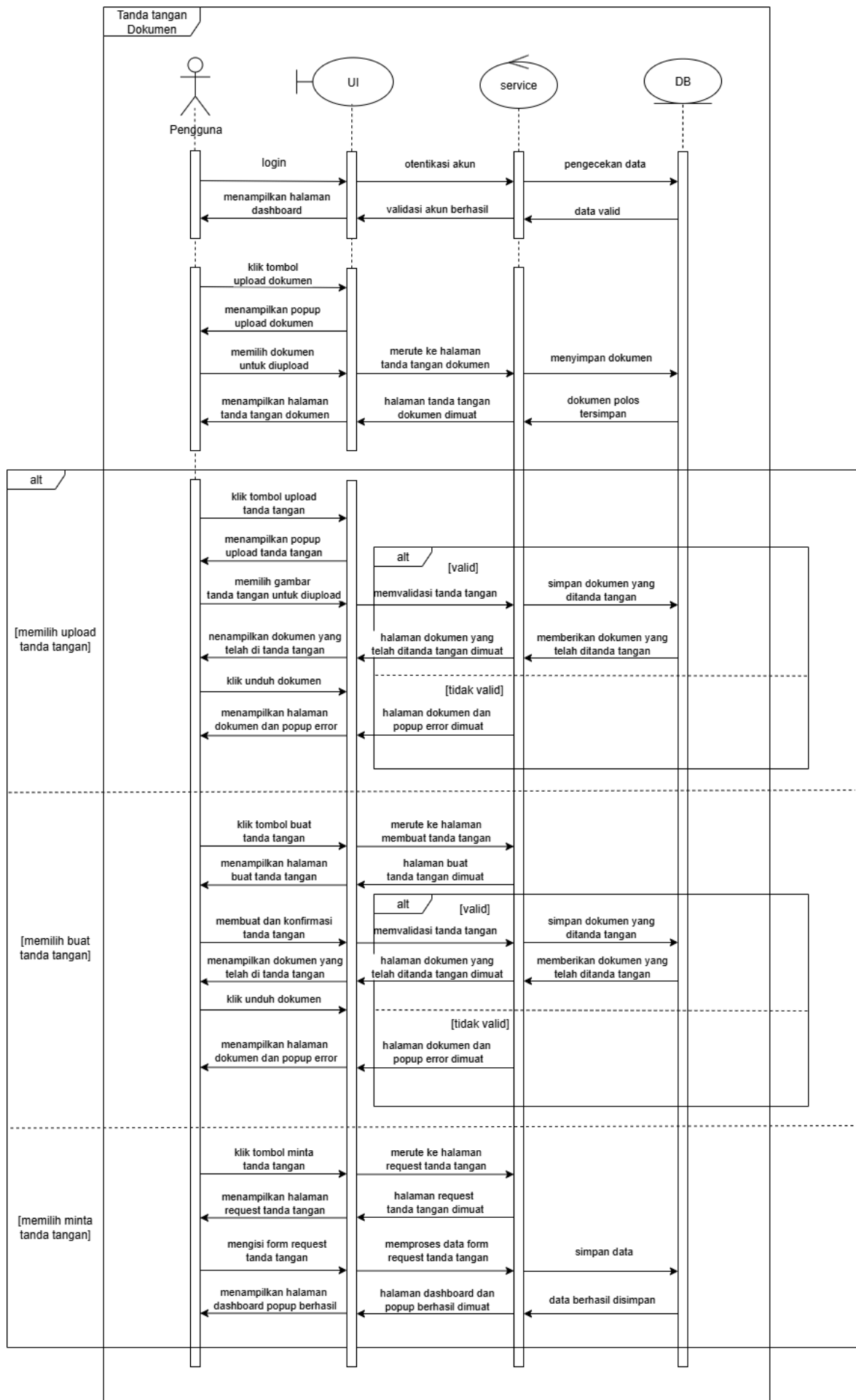
SEQUENCE DIAGRAM

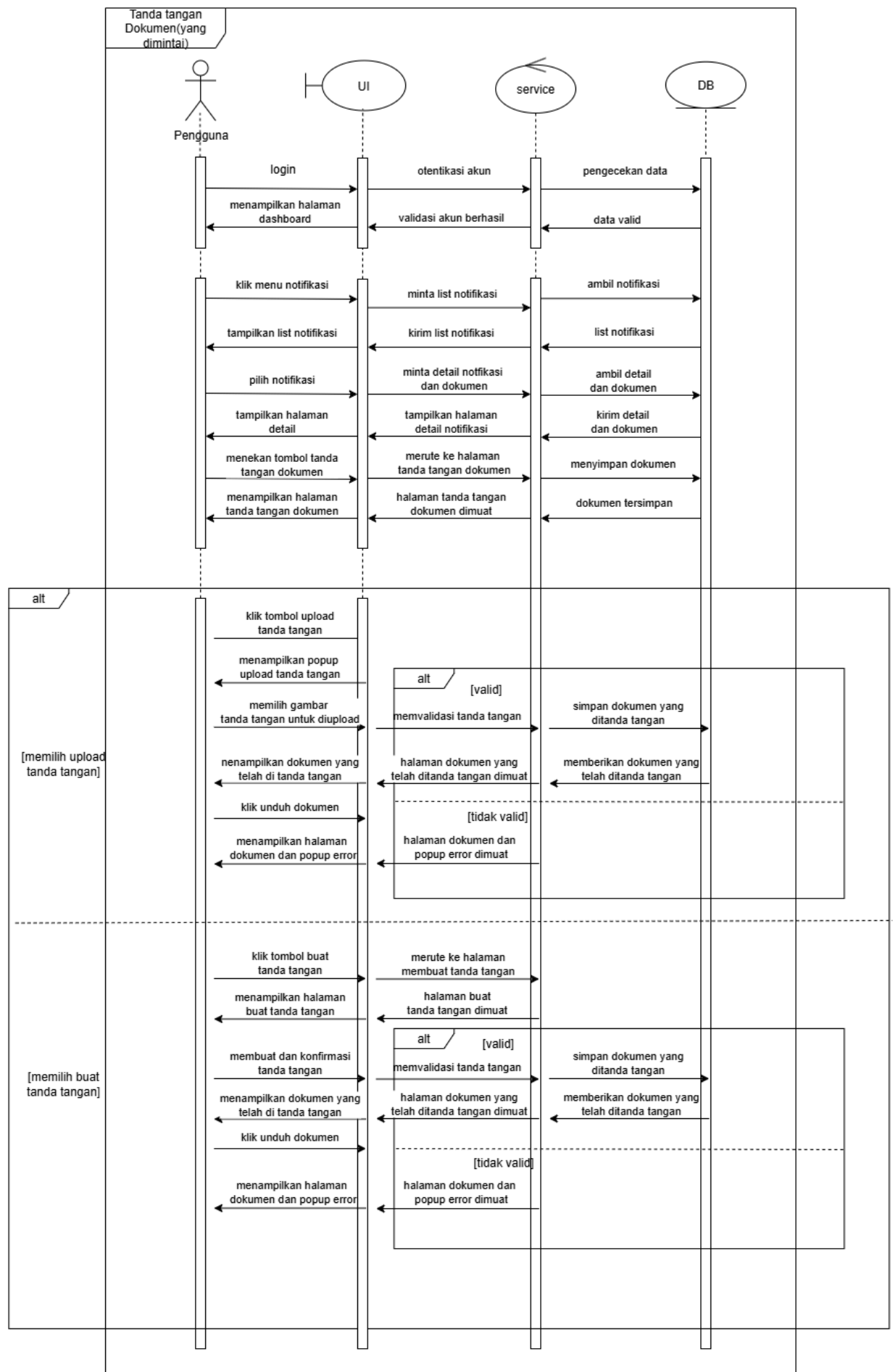


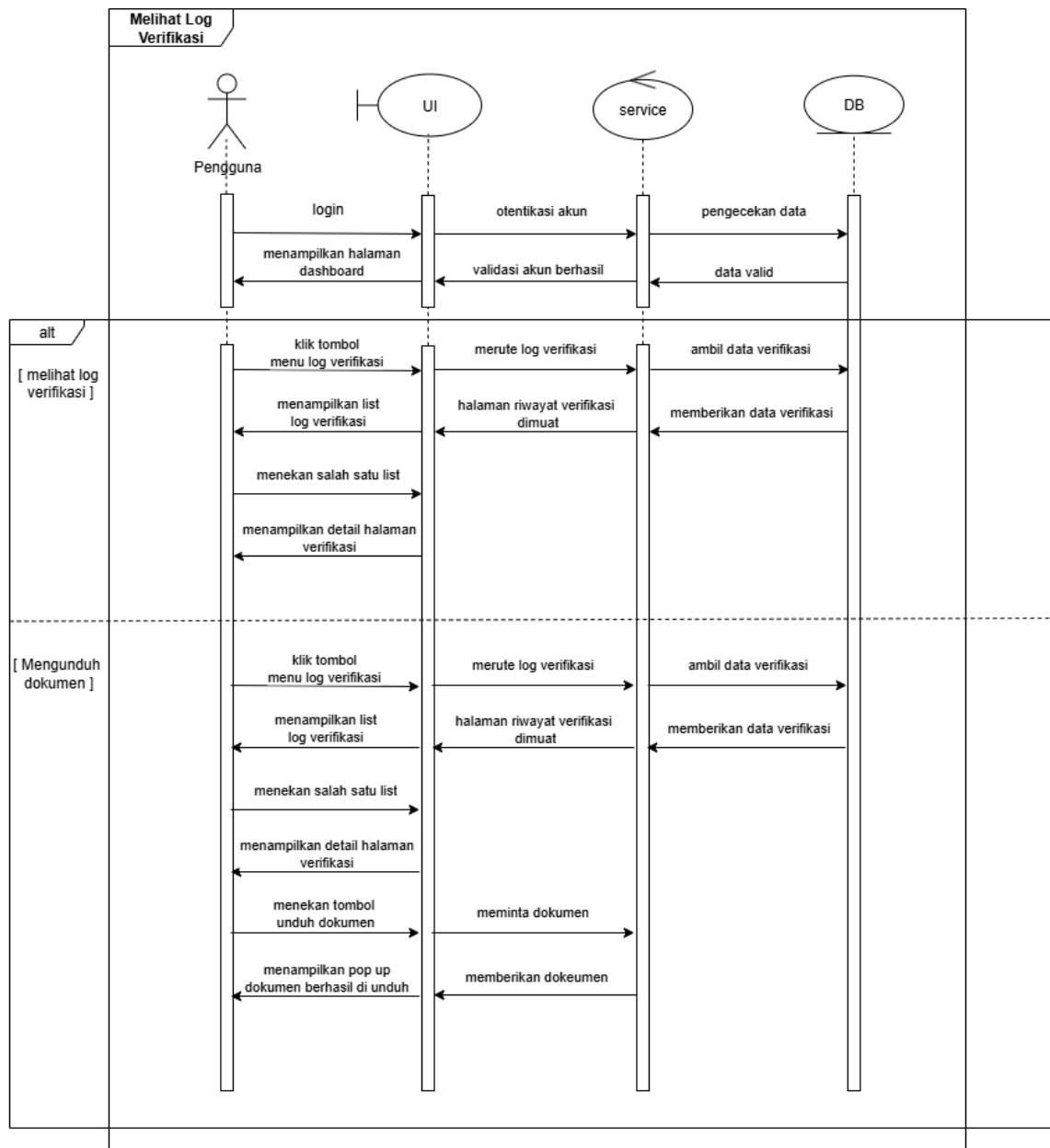


Mengelola Tanda Tangan Baseline

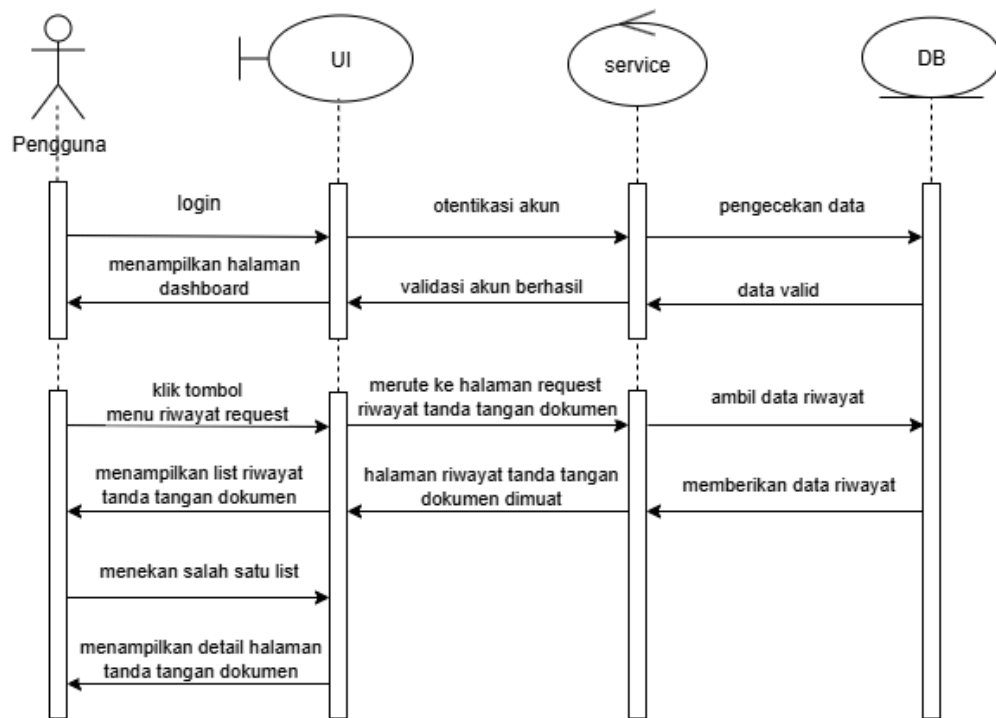




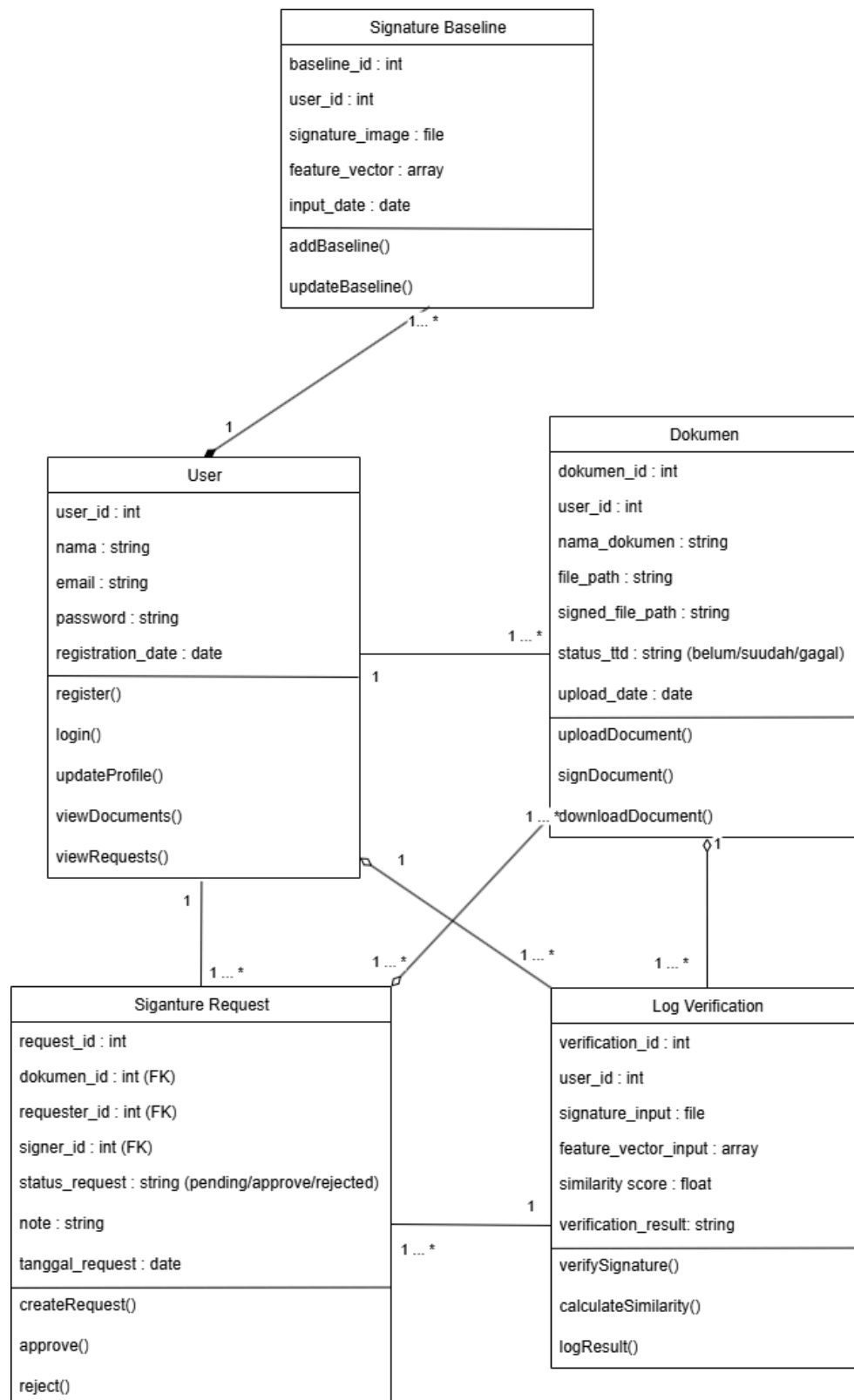




Melihat Riwayat Request



CLASS DIAGRAM



Open API Spec

```
openapi: 3.0.0
info:
  title: E-Signature API
  version: 1.0.0
  description: >
    API untuk aplikasi tanda tangan digital berbasis AI.
    Mendukung manajemen user, dokumen, verifikasi tanda tangan, dan request tanda tangan.

servers:
  - url: https://api.esign.com/v1

paths:
  /auth/register:
    post:
      summary: Registrasi user baru
      requestBody:
        required: true
        content:
          application/json:
            schema:
              type: object
              properties:
                name:
                  type: string
                email:
                  type: string
                password:
                  type: string
      responses:
        '201':
          description: Registrasi berhasil

  /auth/login:
    post:
      summary: Login user
      requestBody:
        required: true
        content:
          application/json:
            schema:
              type: object
              properties:
                email:
                  type: string
                password:
                  type: string
      responses:
        '200':
          description: Login berhasil
```

```
content:
  application/json:
    schema:
      type: object
    properties:
      token:
        type: string
```

```
/documents:
  post:
    summary: Upload dokumen baru
    requestBody:
      required: true
      content:
        multipart/form-data:
          schema:
            type: object
            properties:
              file:
                type: string
                format: binary
    responses:
      '201':
        description: Dokumen berhasil diunggah
```

```
get:
  summary: Ambil daftar dokumen user
  responses:
    '200':
      description: Daftar dokumen
      content:
        application/json:
          schema:
            type: array
            items:
              type: object
              properties:
                document_id:
                  type: integer
                name:
                  type: string
                status_ttd:
                  type: string
```

```
/documents/{id}/sign:
  post:
    summary: Tanda tangani dokumen
    parameters:
      - name: id
        in: path
        required: true
```



```
    schema:
      type: integer
  requestBody:
    required: true
    content:
      multipart/form-data:
        schema:
          type: object
          properties:
            signature_image:
              type: string
              format: binary
  responses:
    '200':
      description: Hasil verifikasi tanda tangan
      content:
        application/json:
          schema:
            type: object
            properties:
              verification_result:
                type: string
              similarity_score:
                type: number

/logs:
  get:
    summary: Ambil log verifikasi user
    responses:
      '200':
        description: Daftar log verifikasi
        content:
          application/json:
            schema:
              type: array
              items:
                type: object
                properties:
                  log_id:
                    type: integer
                  document_id:
                    type: integer
                  verification_result:
                    type: string
                  similarity_score:
                    type: number
                  verification_date:
                    type: string
                    format: date-time

/requests:
```

post:
summary: Buat permintaan tanda tangan
requestBody:
required: true
content:
application/json:
schema:
type: object
properties:
document_id:
type: integer
signer_id:
type: integer
note:
type: string
responses:
'201':
description: Request berhasil dibuat

get:
summary: Ambil daftar request user
responses:
'200':
description: Daftar request tanda tangan
content:
application/json:
schema:
type: array
items:
type: object
properties:
request_id:
type: integer
document_id:
type: integer
signer_id:
type: integer
status_request:
type: string

/requests/{id}/approve:
post:
summary: Approve permintaan tanda tangan
parameters:
- name: id
in: path
required: true
schema:
type: integer
responses:
'200':

description: Request approved

/requests/{id}/reject:

post:

summary: Tolak permintaan tanda tangan

parameters:

- name: id

in: path

required: true

schema:

type: integer

responses:

'200':

description: Request rejected

Lampiran B. Desain Antarmuka

Wireframe Android

Login Register

The image shows two side-by-side wireframes for a mobile application, labeled 'Login' and 'Register'. Both screens have a dark header bar. The 'Login' screen features a circular profile icon placeholder, the text 'APP TITLE', and a form with 'Email' and 'Password' fields, a 'Login' button, and a 'Signup' link. The 'Register' screen features a similar profile icon placeholder, the text 'APP TITLE', and a form with 'Email', 'Password', and 'Confirm Password' fields, a 'Signup' button, and a 'Login' link.


Untuk pengguna baru,daftar TTD

The image shows a wireframe for the 'Add Baseline Sign' screen, which is part of a registration process for new members. The screen has a dark header bar with a back arrow and the title 'Add Baseline Sign'. Below the header, there is a large rectangular area with the text 'draw your signature'. To the right of this area, there is a smaller rectangular area with the text 'Upload Signature' and a sample signature. Below the 'Upload Signature' area, there is a 'Choose Signature' button and a 'SAVE' button. At the bottom of the screen, there are two buttons: 'Draw Signature' and 'Upload Signature'. Below these buttons, there is a small text prompt: 'add your baseline signature to register your identity'.

Profil

profil


Profile



Email : bambang@gmail.com

Username : Bambang


Signature Baseline :



Upload Signature

upload base line sign from profil

Add Baseline Sign



draw your signature


Draw Signature

Upload Signature

Menu

Main Menu

Dashboard



no document selected

Choose Document

select the document to sign

Dashboard


Verif Log

Request

Notification

Document setelah dipilih

Document



Document.pdf


Draw Signature

Upload Signature


Send Request

upload ttd

Document



Upload Signature

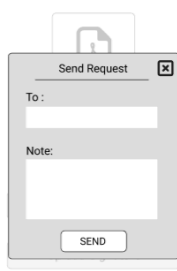


Choose Signature

SAVE

send request

Document



Send Request

To :

Note:

SEND

gambar ttd

Draw Signature



Reset

Save Sign

saat keluar ttd

Document



Document.pdf



Export Document

success

Export Document



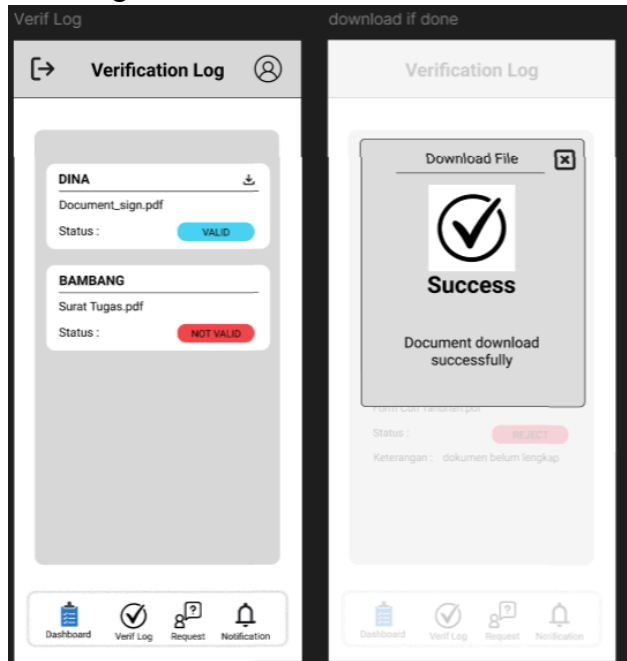
Success



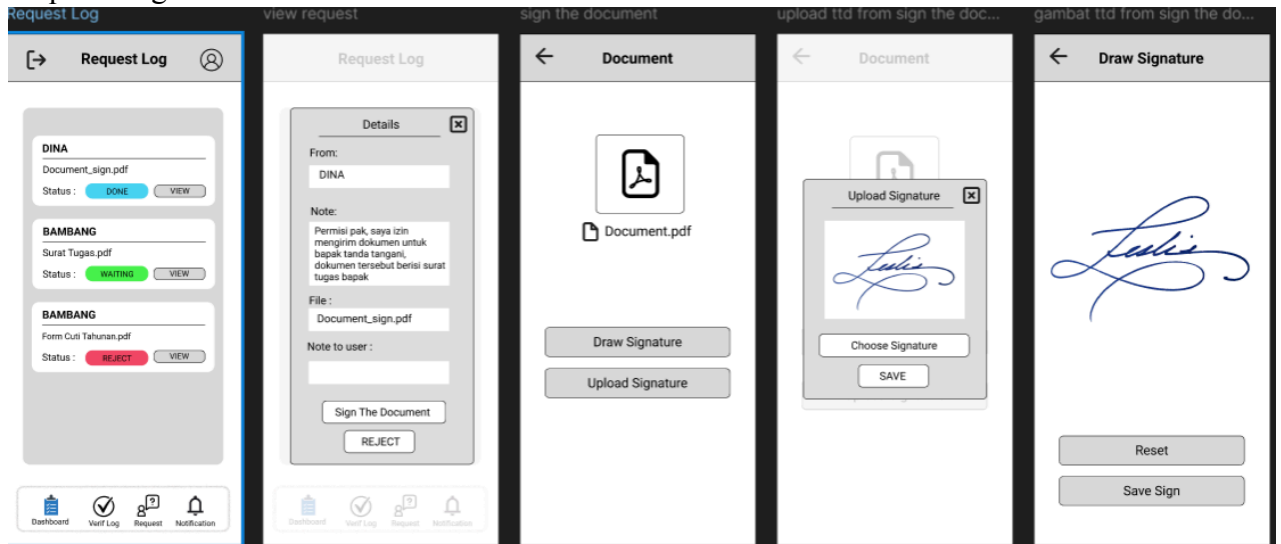
Sign_Document.pdf

Download

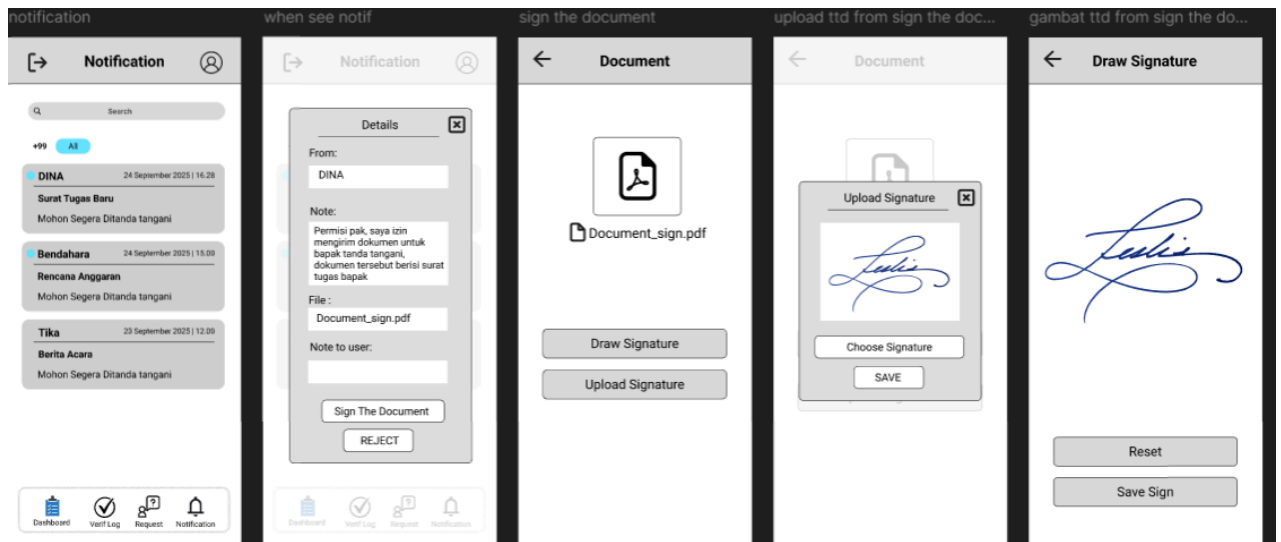
Verif Log



Request Log

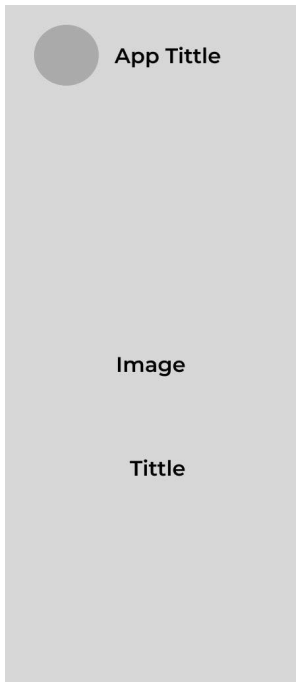


Notifikasi



Wireframe Website

Halaman Login



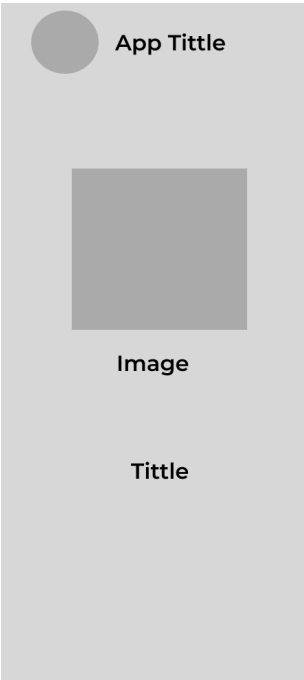
Please Log in

[Forgot Password ?](#)

Log In

Do not have an account ? [Sign Up now](#)

Halaman Sign Up

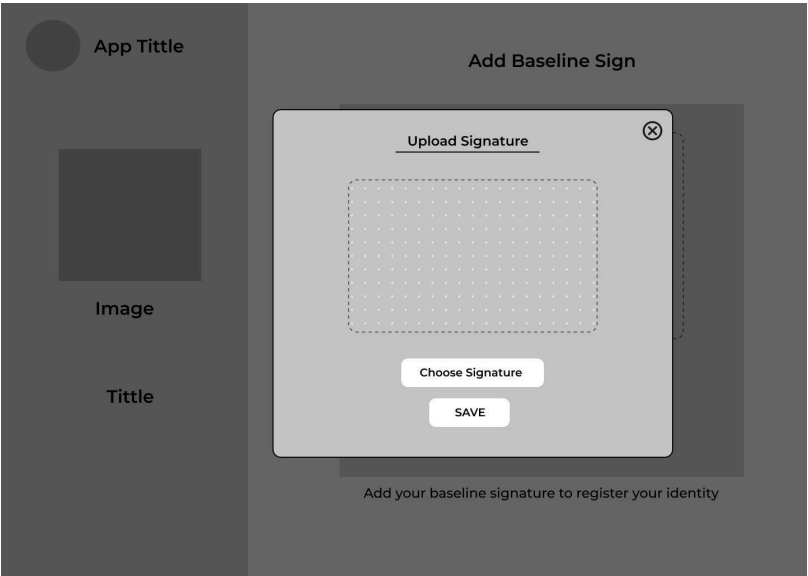
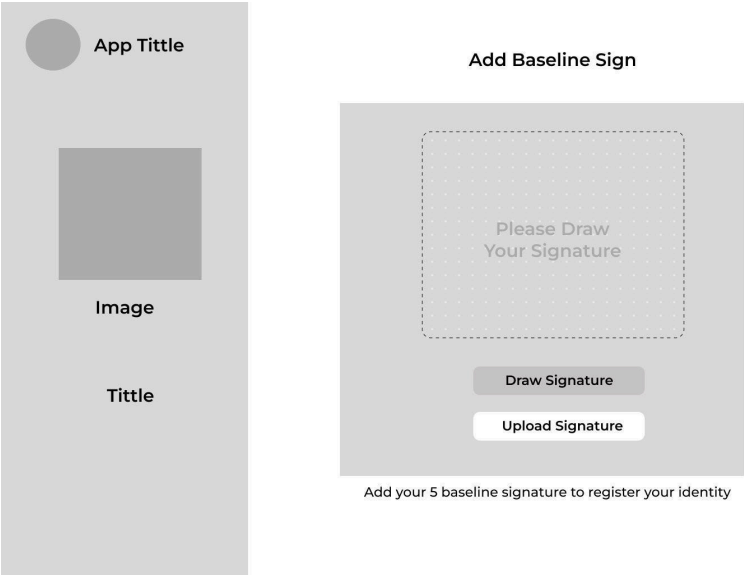
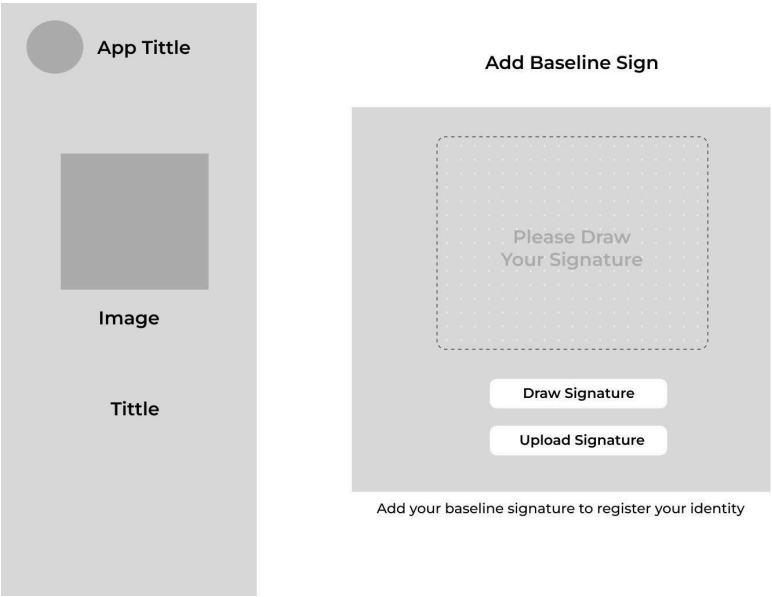


Create Your Account

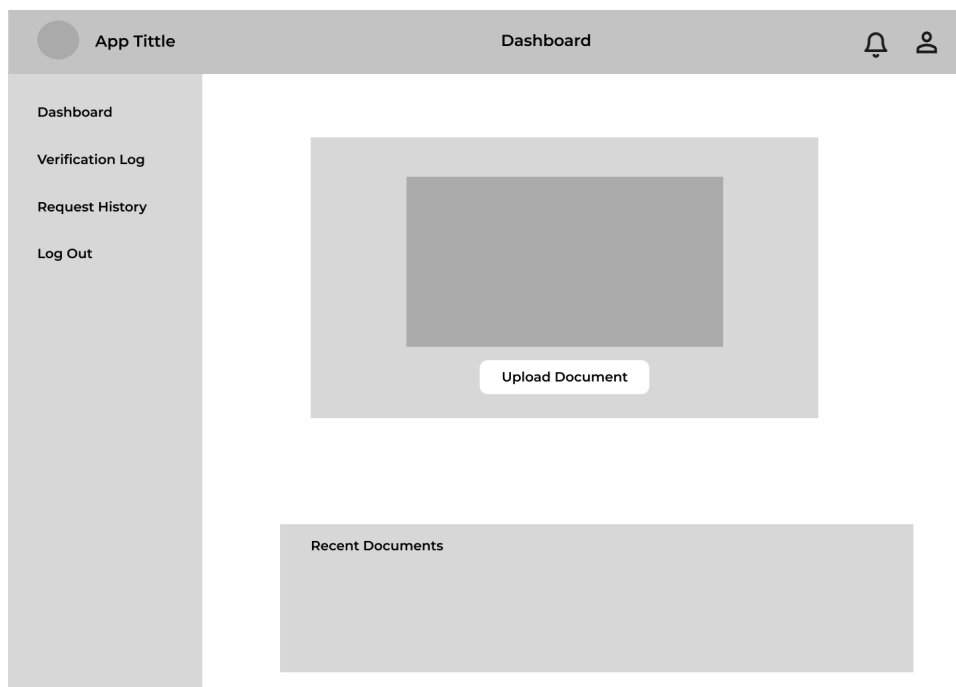
Sign Up

Have an account ? [Log In](#)

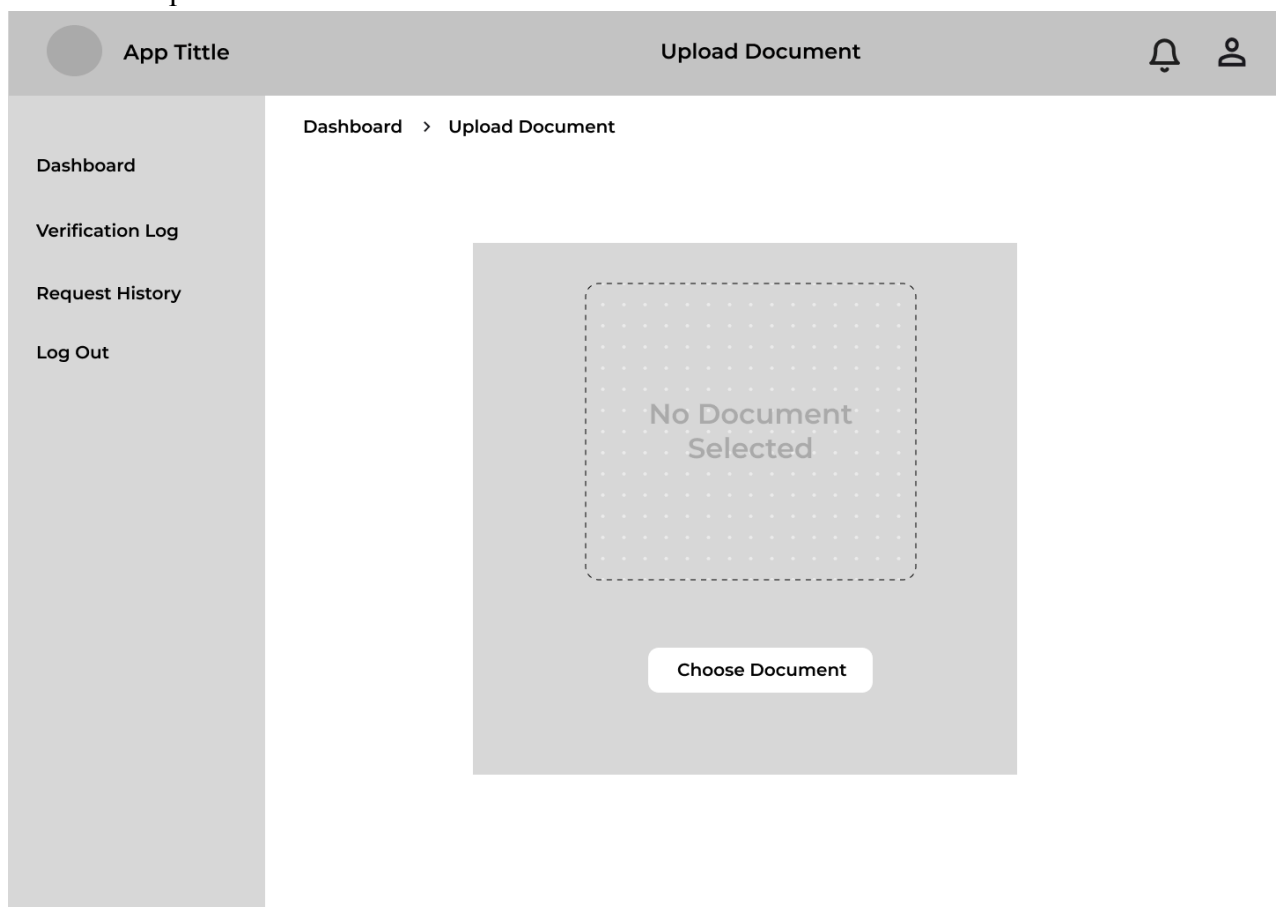
Halaman Signature Baseline (setelah register masuk ke halaman ini

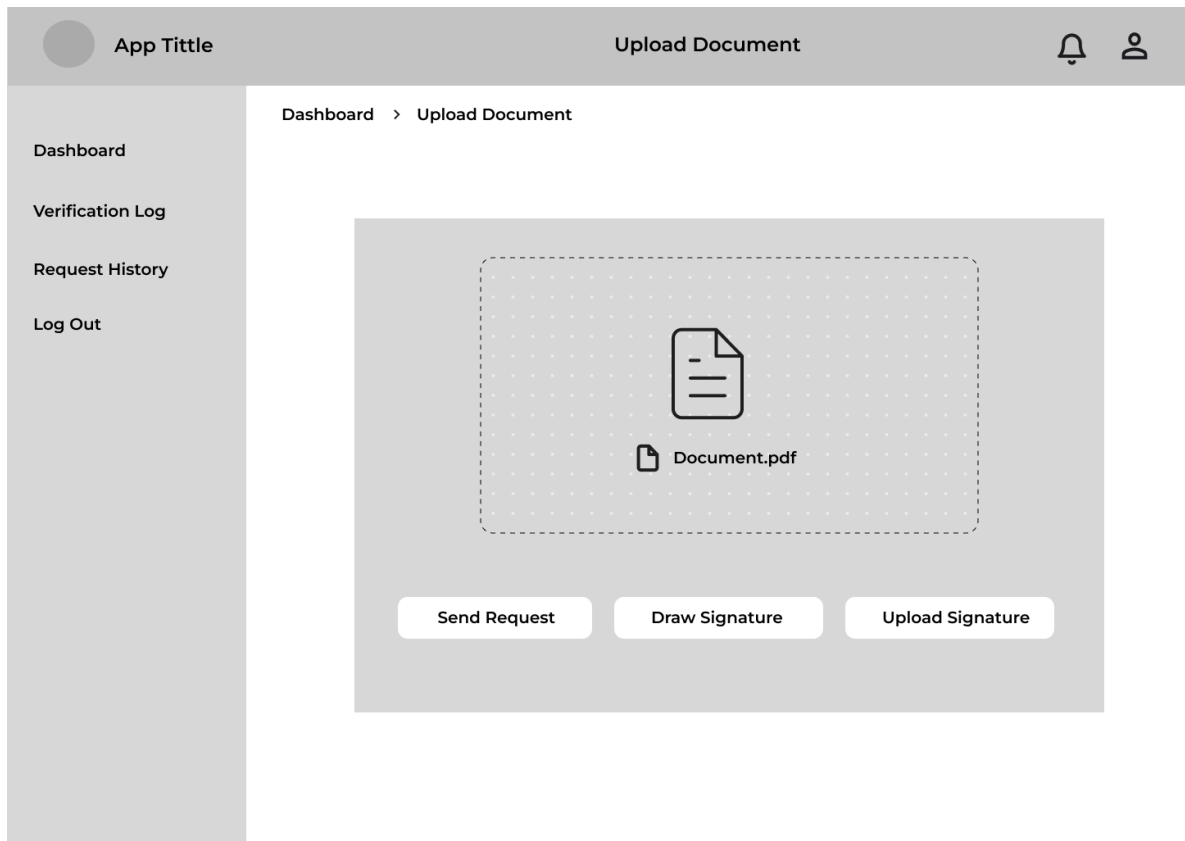


Halaman Dashboard

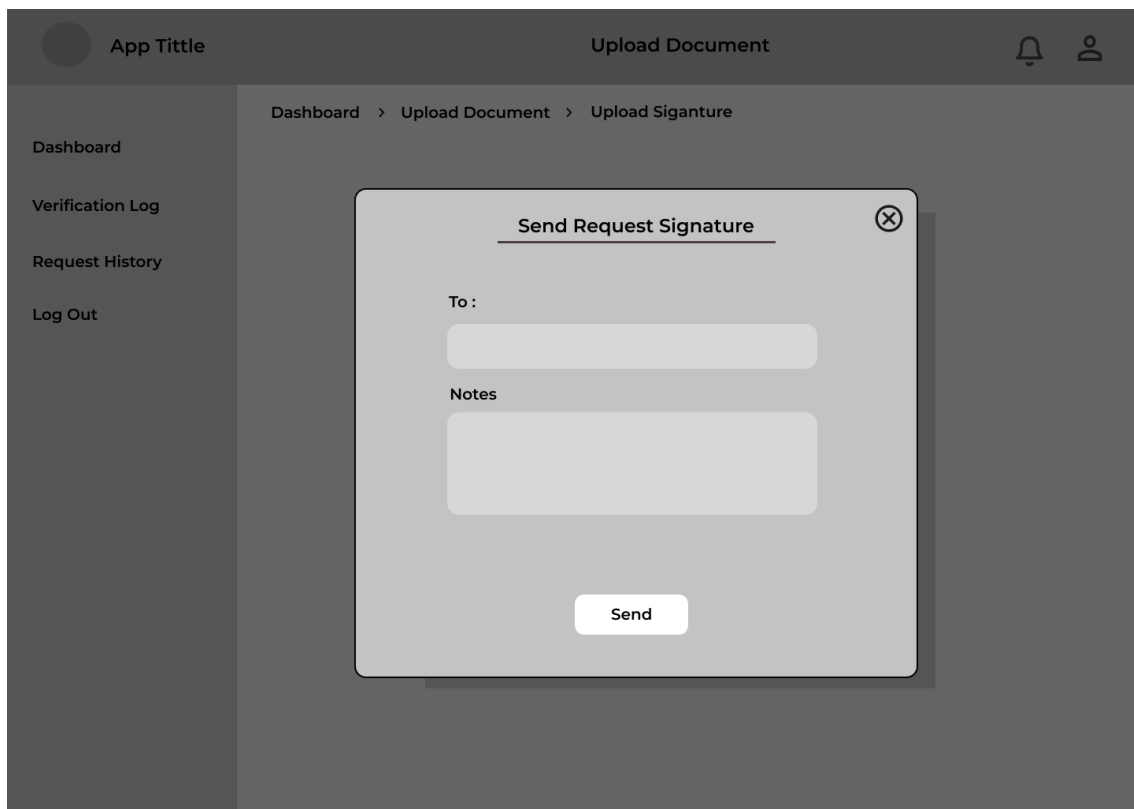


Halaman Upload Document

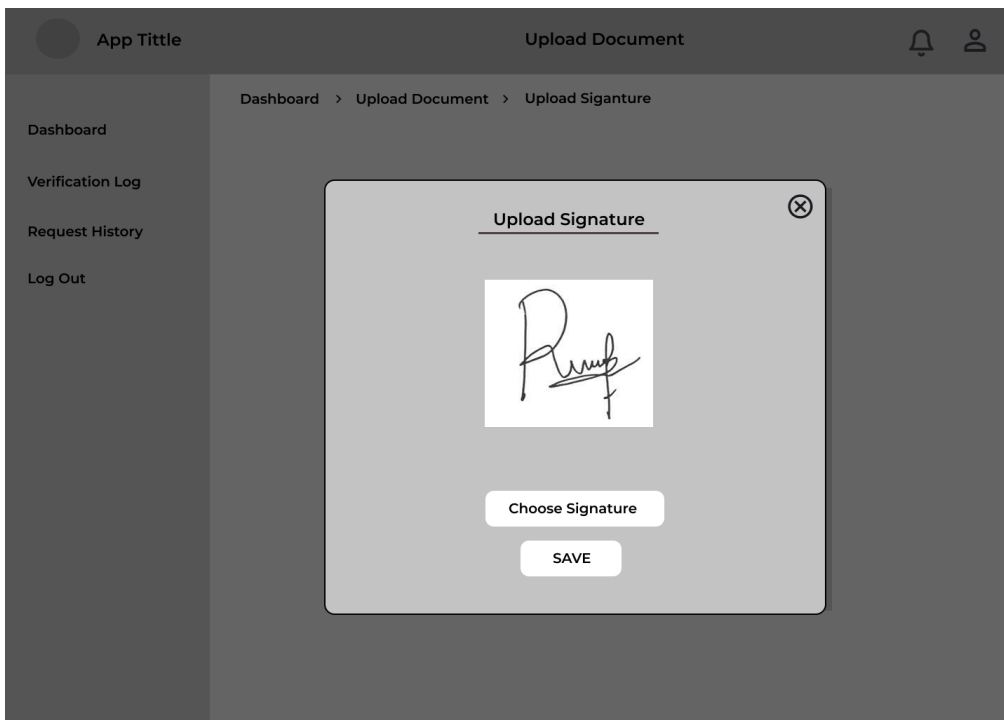
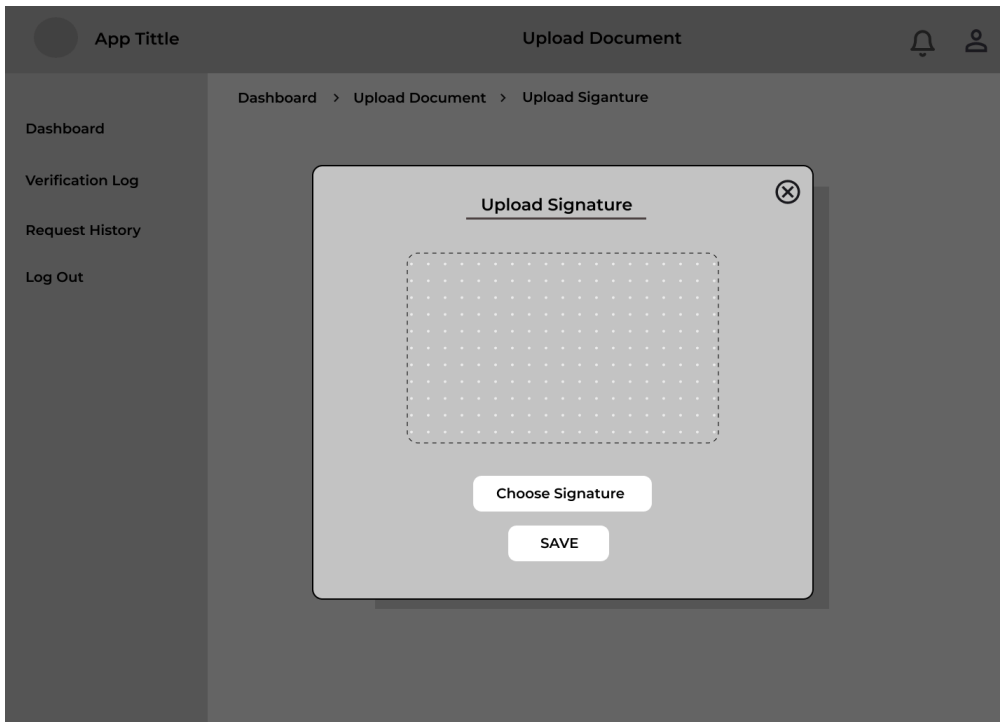




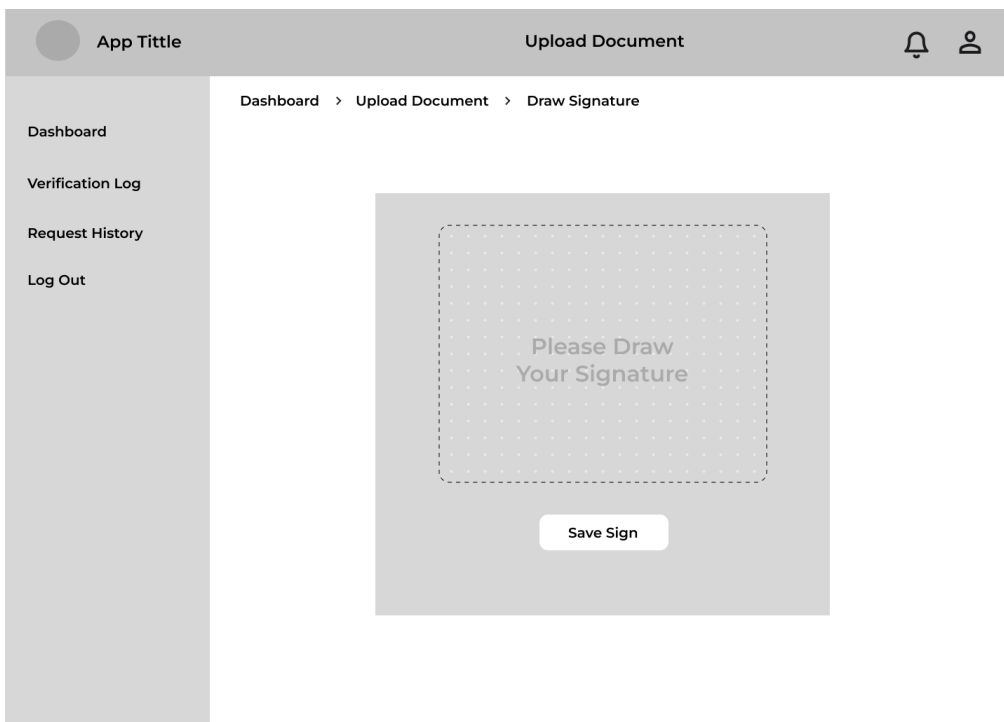
Halaman Request Signature



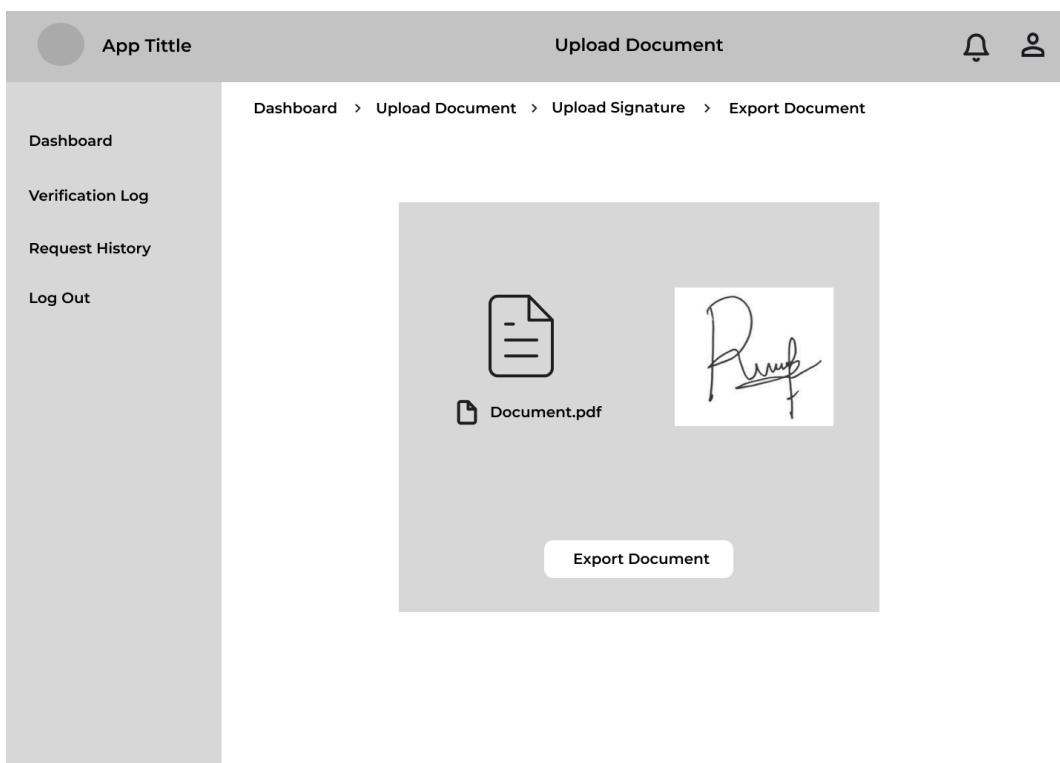
Halaman Upload Signature



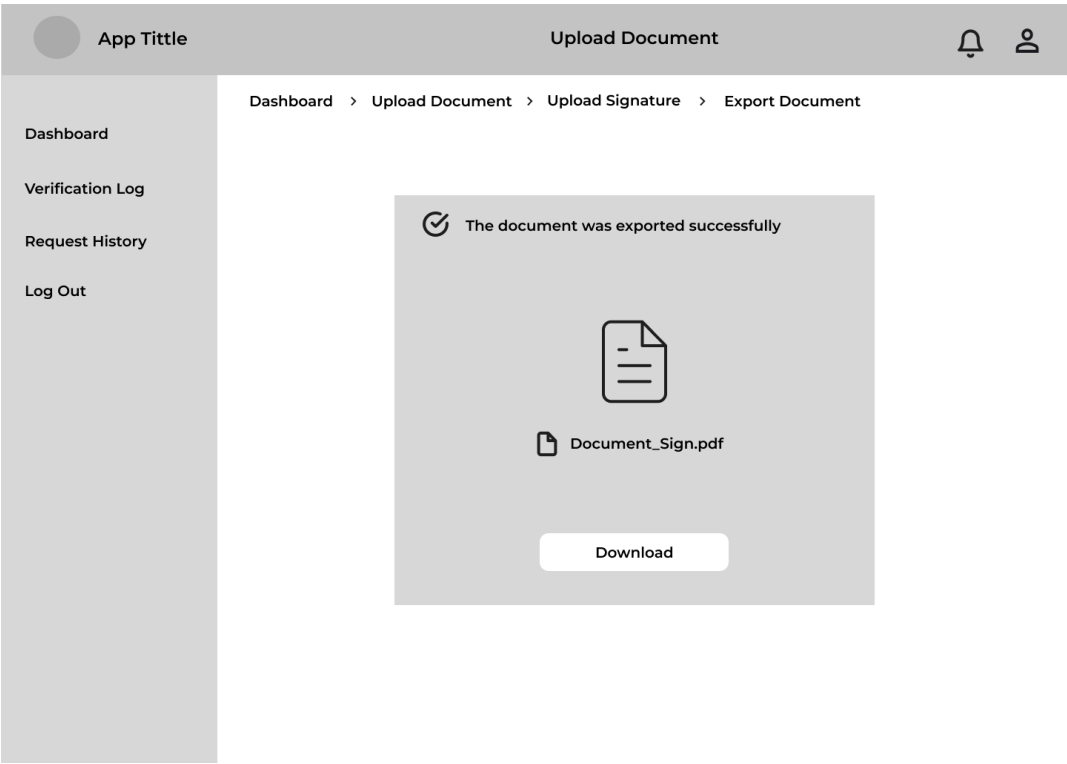
Halaman Draw Signature



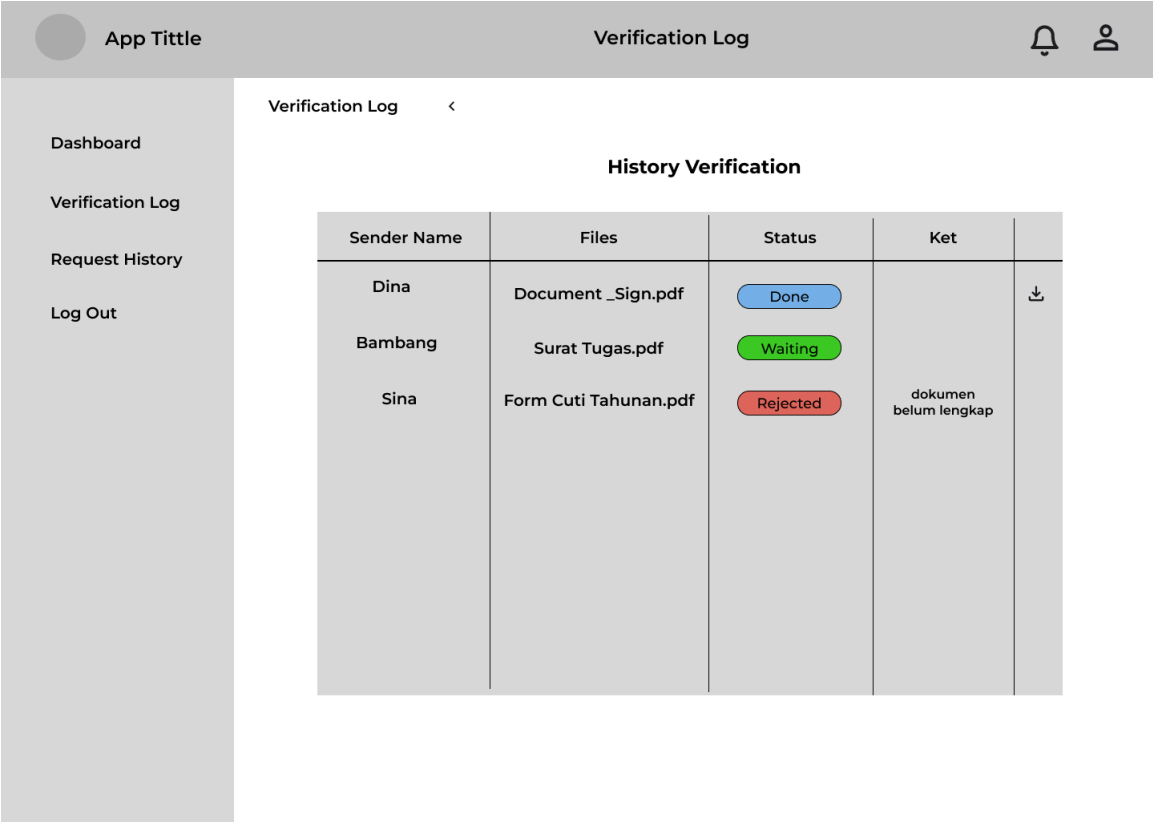
Halaman Export Document

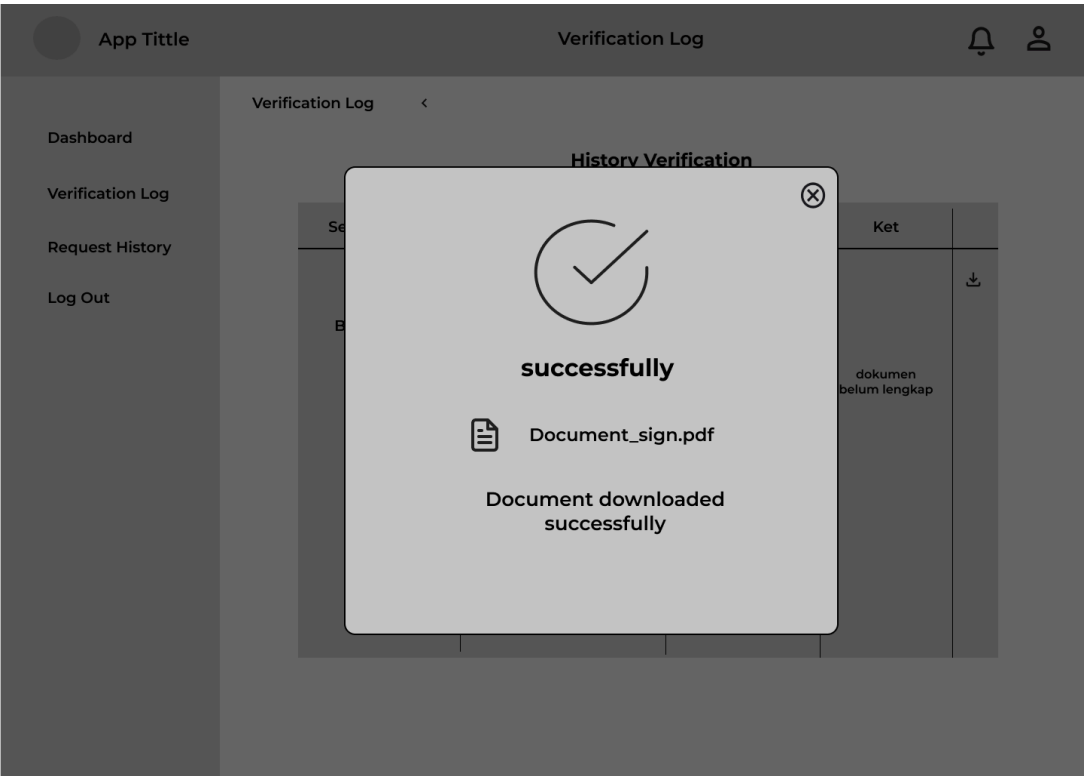


Halaman Download Document

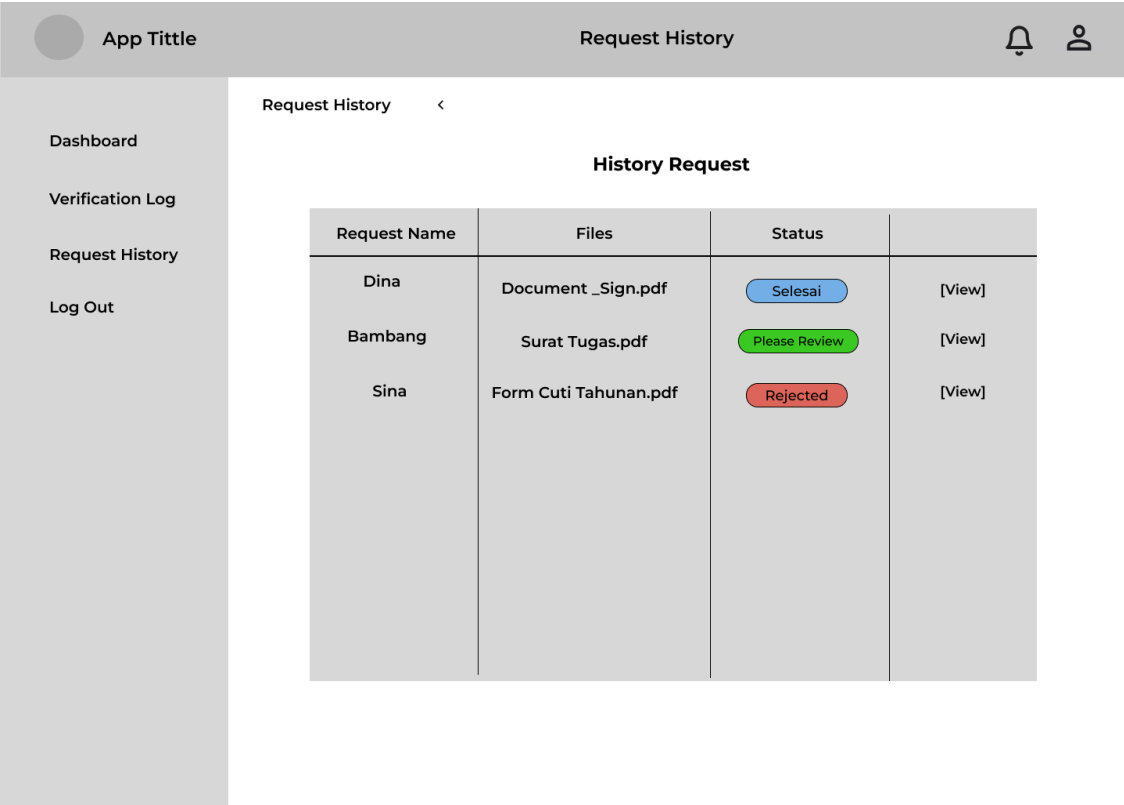


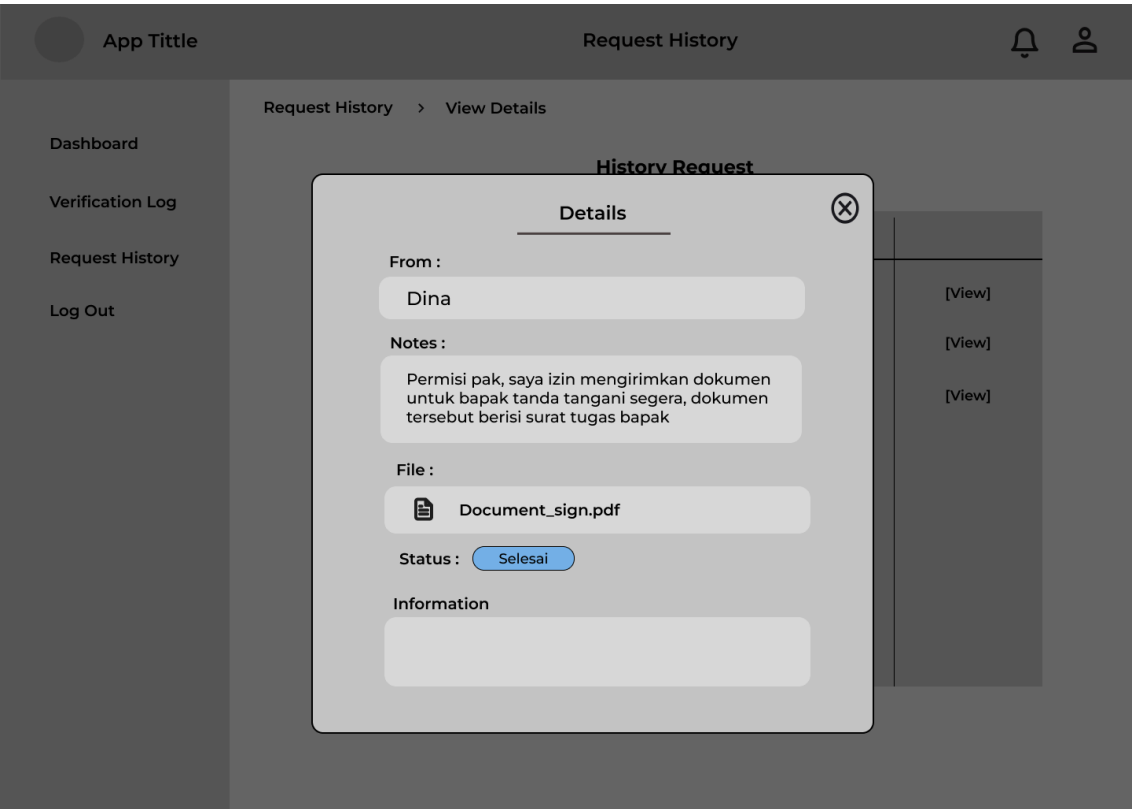
Halaman Log Verifikasi



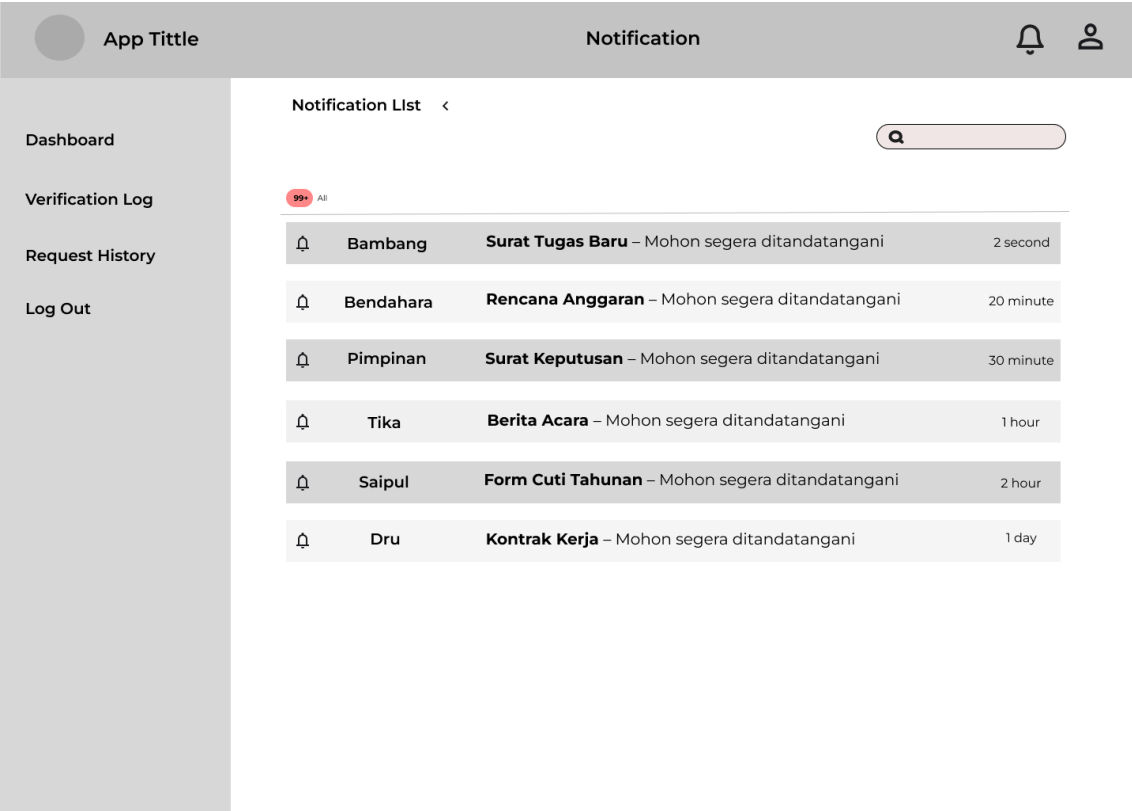


Halaman Riwayat Request

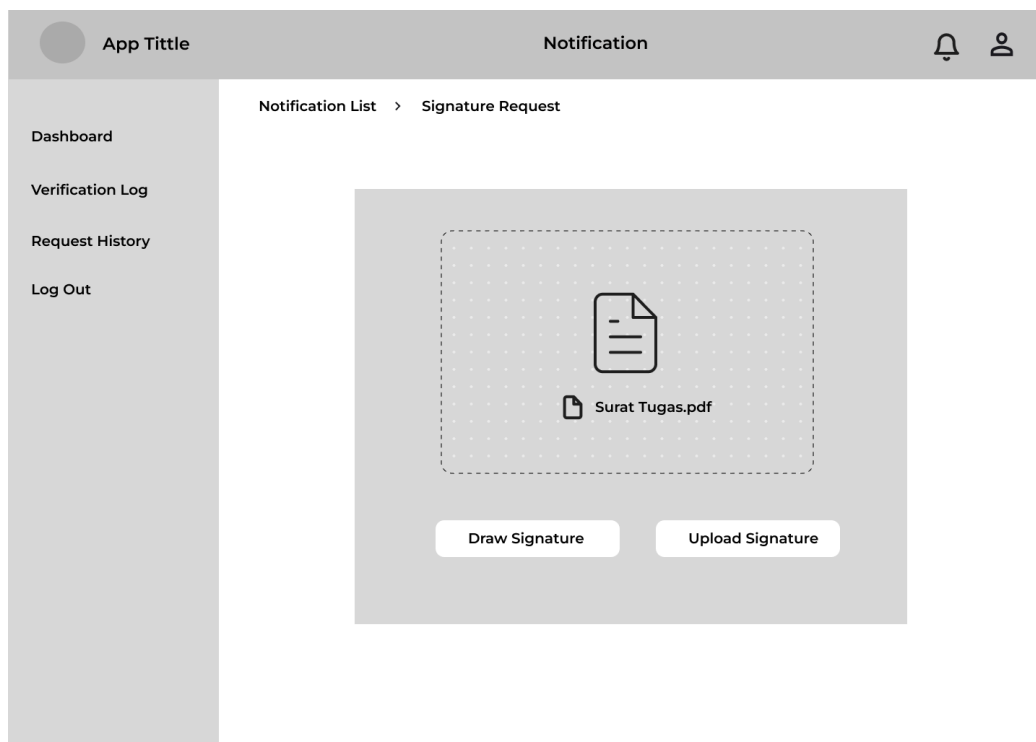
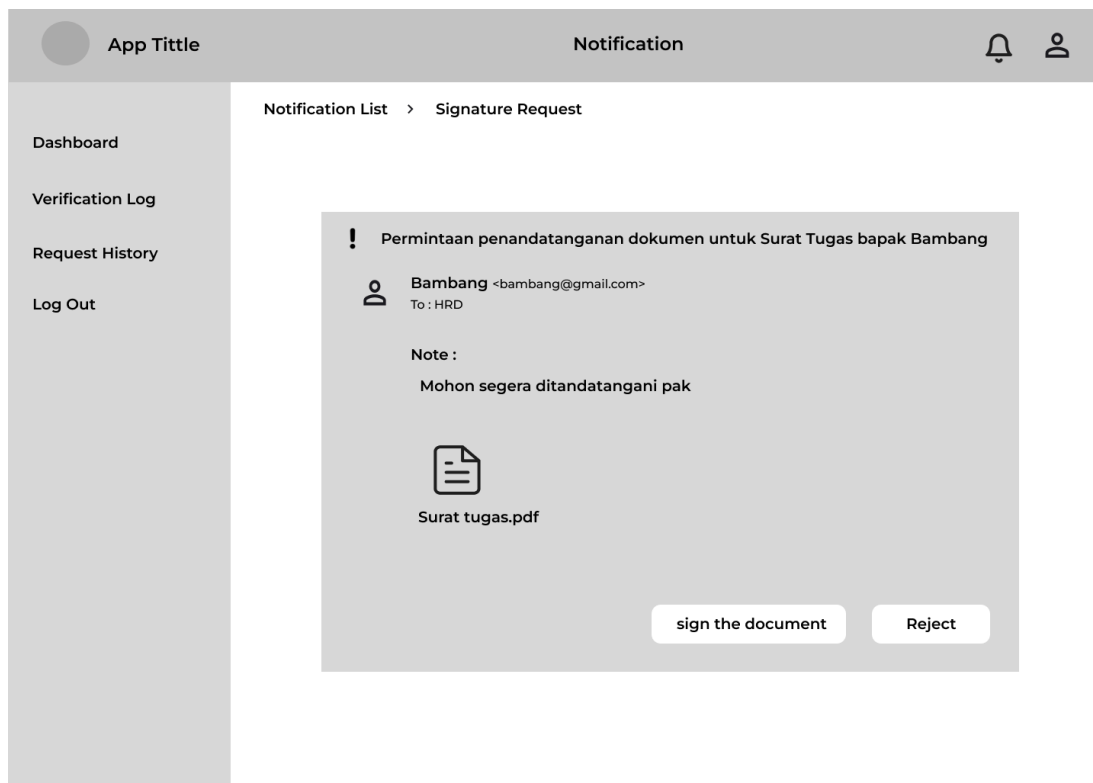




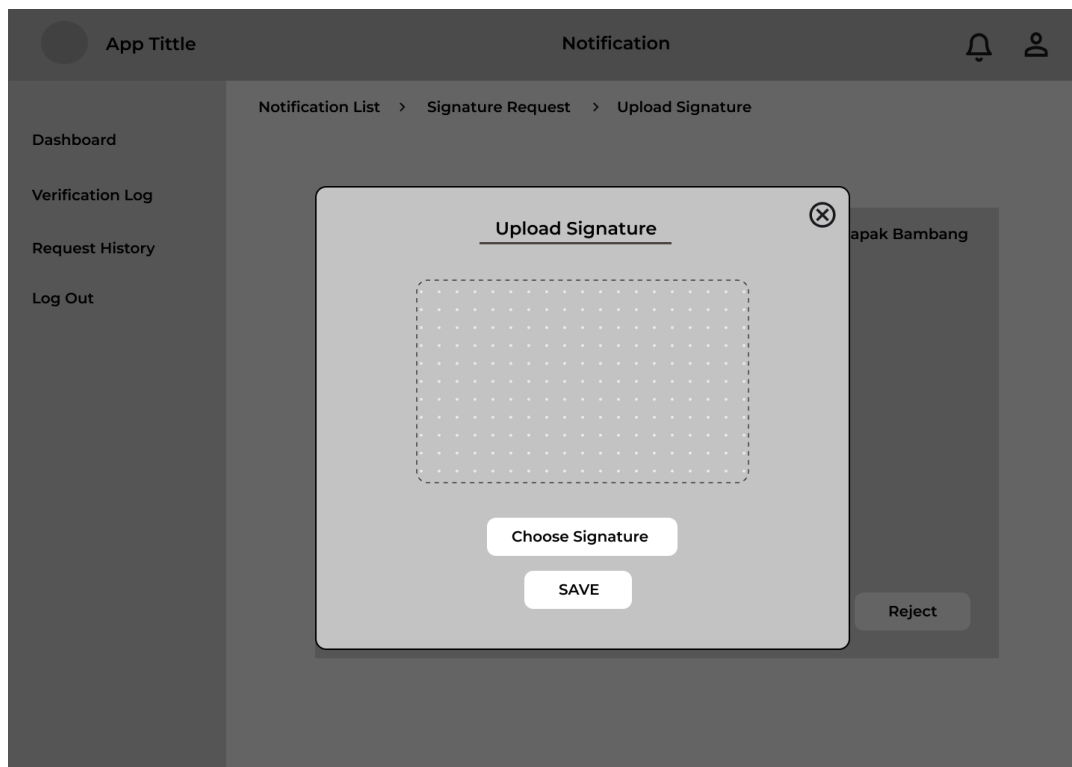
Halaman Notifikasi



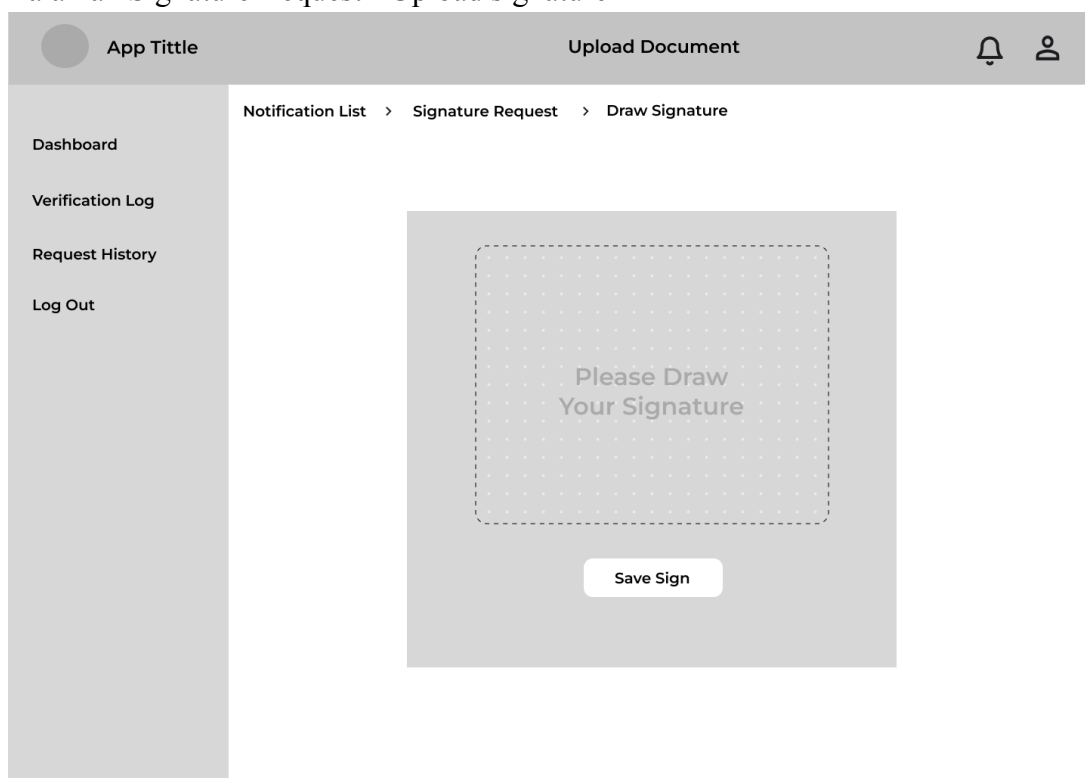
Halaman Signature Request



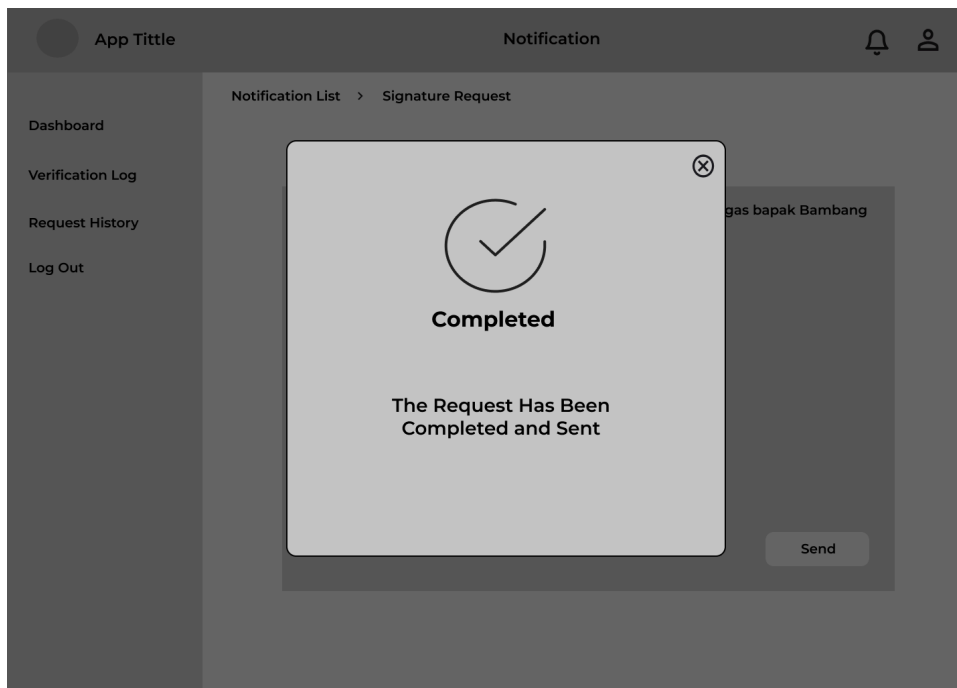
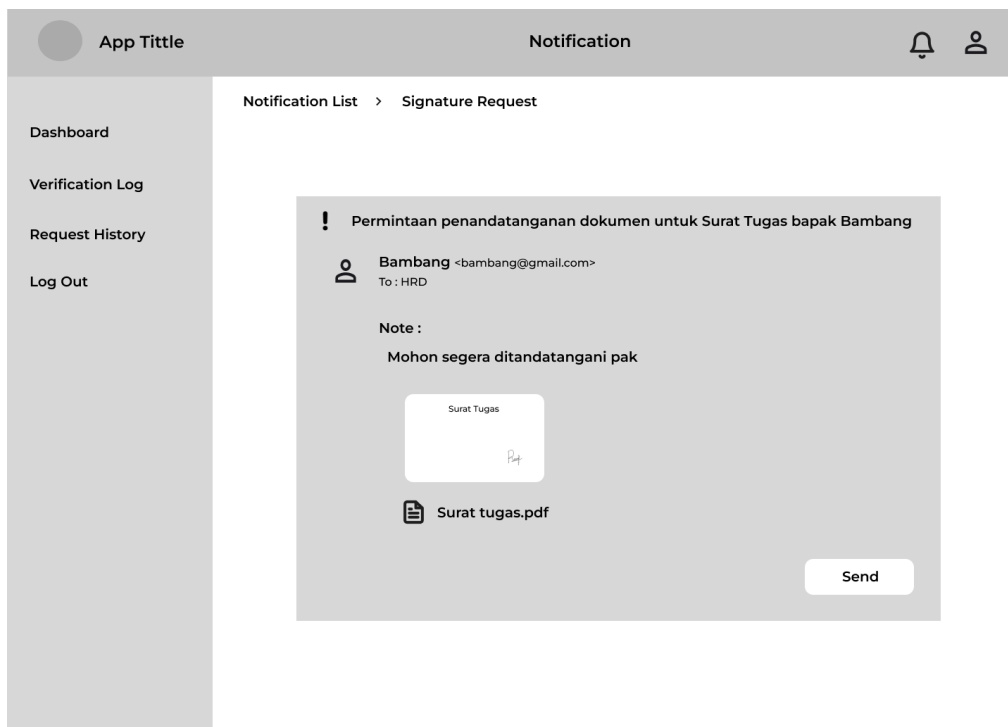
Halaman Signature Request - Upload signature



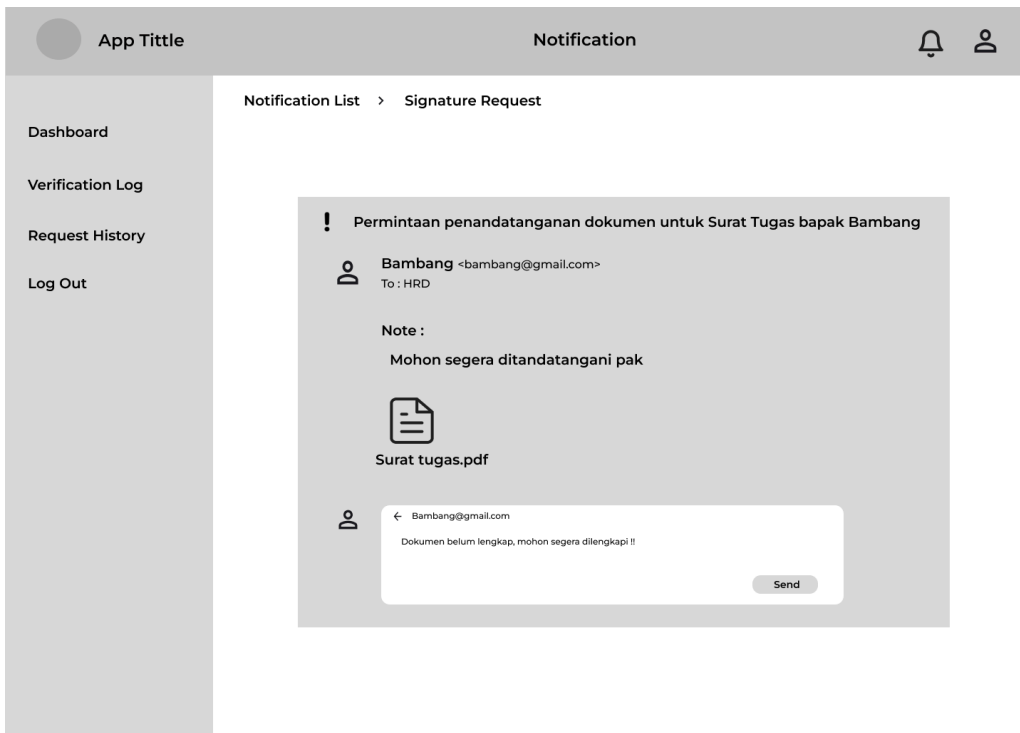
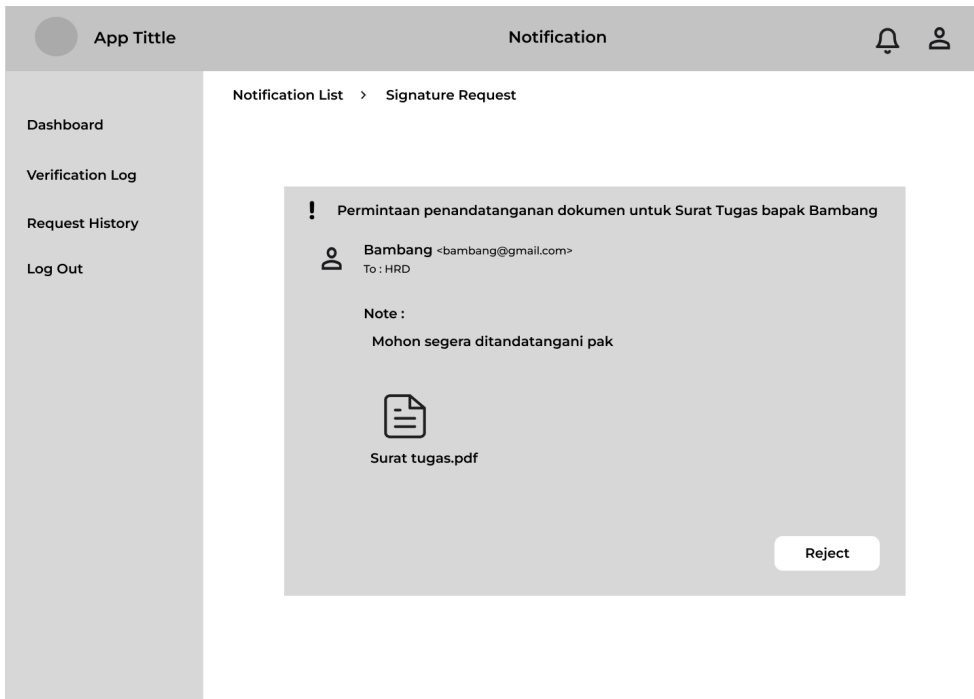
Halaman Signature Request - Upload signature



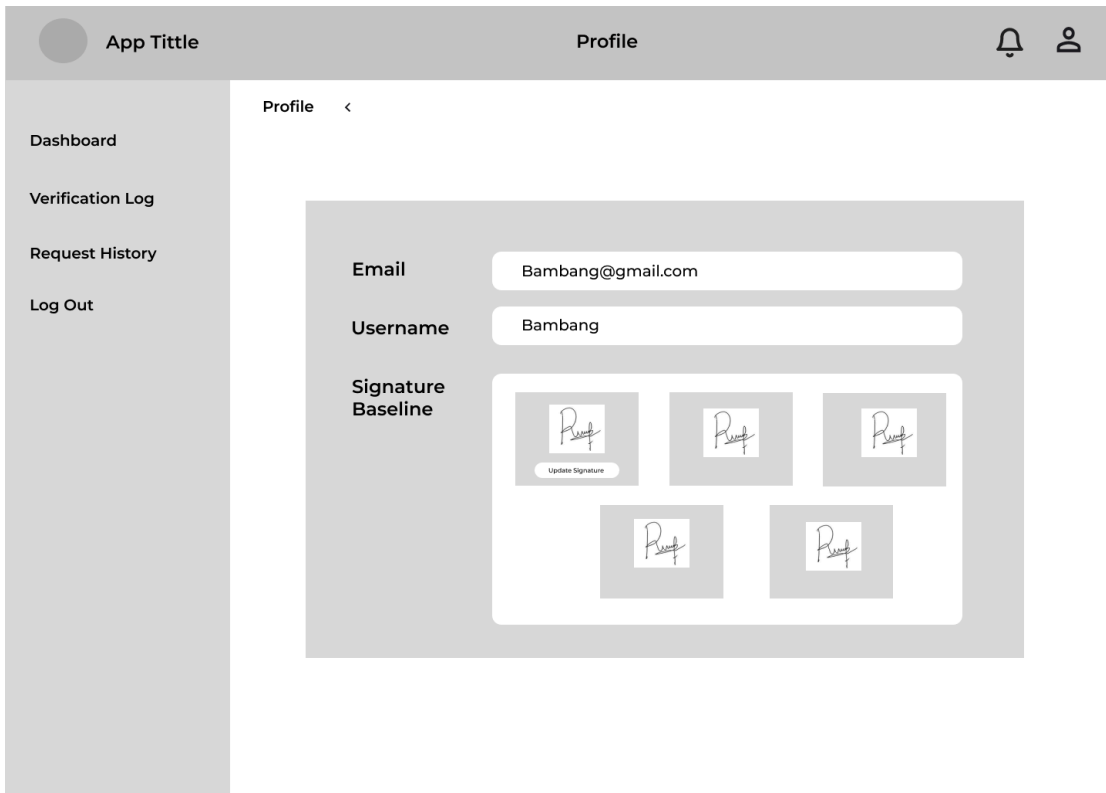
Halaman Signature Request - Jika selesai ditandatangani



Halaman Signature Request - jika request ditolak



Halaman Profile



Halaman Profile - Update Signature Baseline

